



Autostrada dei Fiori

Tronco A10: Savona – Ventimiglia (confine francese)

NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE

CARREGGIATA SUD / CARREGGIATA NORD
Progr. Km 47+545

PROGETTO DEFINITIVO

OPERE D'ARTE MAGGIORI
VIADOTTO AURELIA BIS
Relazione tecnica e di calcolo impalcato

| | | | |
|---|---|----------------|---|
| PROGETTISTA | RESPONSABILE INTEGRAZIONE ATTIVITÀ SPECIALISTICHE | IMPRESA | COMMITTENTE |
| Dott. Ing. Enrico GHISLANDI Ordine degli Ingegneri Provincia di Milano n° 16993 | Dott. Ing. Enrico GHISLANDI Ordine degli Ingegneri Provincia di Milano n° 16993 | | Autostrada dei Fiori S.p.A. Via della Repubblica, 46 18100 Imperia (IM) |

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | CONTR. | APPROV. | RIESAME | DATA | SCALA |
|------|---------------|--|---------|--------|---------|---------|------------------|-------|
| | | | | | | | GENNAIO 2020 | - |
| | | | | | | | N. PROGR. | |
| C | Marzo 2021 | RECEPIMENTO PRESCRIZIONI C.S.LL.PP. PARERE N°58/2020 - ADUNANZA DEL 19/11/2020 | SINA | DT/OC | DT | DT | | |
| B | Febbraio 2020 | REVISIONE INTERNA | SINA | DT/OC | DT | DT | | |
| A | Gennaio 2020 | PRIMA EMISSIONE | SINA | DT/OC | DT | DT | | |

| | | | | | | |
|-----------------|----------|-----|--------|-----------|-------|-----------------|
| CODIFICA | PROGETTO | LIV | TRONCO | DOCUMENTO | REV | WBS |
| | P280 | D | A10 | OMG RC | 011 C | A10IBT0001 |
| | | | | | | CUP |
| | | | | | | I44E14000810005 |

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO | VISTO DELLA COMMITTENTE |
| | |

INDICE

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | INTRODUZIONE | 5 |
| 1.1 | DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO | 5 |
| 1.2 | VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO..... | 8 |
| 1.3 | CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE | 9 |
| 2. | NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 11 |
| 3. | MATERIALI..... | 12 |
| 3.1 | ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA | 12 |
| 3.2 | BULLONI AD ALTA RESISTENZA | 12 |
| 3.3 | PIOLI DI CONNESSIONE | 12 |
| 3.4 | ACCIAIO PER ARMATURA CONVENZIONALE DI STRUTTURE IN C.A. | 13 |
| 3.5 | CONGLOMERATO CEMENTIZIO..... | 13 |
| 4. | ANALISI DEI CARICHI DALL'IMPALCATO | 14 |
| 4.1 | PESO PROPRIO CARPENTERIA METALLICA | 14 |
| 4.2 | PESO PROPRIO SOLETTA..... | 14 |
| 4.3 | CARICHI PERMANENTI | 15 |
| 4.4 | EFFETTI REOLOGICI: RITIRO E VISCOSITÀ (ε_2)..... | 15 |
| 4.5 | CARICHI MOBILI VARIABILI..... | 17 |
| 4.5.1 | DISPOSIZIONI TRASVERSALI | 17 |
| 4.5.2 | DISPOSIZIONI LONGITUDINALI | 19 |
| 4.6 | AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO E ACCELERAZIONE | 20 |
| 4.7 | AZIONE CENTRIFUGA..... | 21 |
| 4.8 | AZIONE DEL VENTO..... | 21 |
| 4.8.1 | VENTO TRASVERSALE SULLE STRUTTURE DI IMPALCATO..... | 22 |
| 4.9 | VARIAZIONI TERMICHE (ε_3) | 24 |
| 4.9.1 | VARIAZIONI TERMICHE UNIFORMI (Δ_{TN})..... | 24 |
| 4.9.2 | VARIAZIONI TERMICHE LINEARI (Δ_{TM}) | 24 |
| 4.10 | AZIONI SISMICHE | 24 |
| 4.10.1 | SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE | 25 |
| 4.10.2 | SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE VERTICALE | 26 |
| 5. | VERIFICA LOCALE DELLA SOLETTA..... | 27 |

| | | |
|---------|--|----|
| 5.1 | PREDALLES DI SOLETTA IN PRIMA FASE – TRALICCIO | |
| | D'ARMATURA TIPICO | 27 |
| 5.1.1 | PREDALLES CON SBALZO LATERALE..... | 28 |
| 5.1.1.1 | VERIFICA A FLESSIONE DELLA SEZIONE SULLO SBALZO..... | 29 |
| 5.1.1.2 | VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE SULLO SBALZO..... | 30 |
| 5.2 | ANALISI DELLO SBALZO DI SOLETTA | 30 |
| 5.2.1 | ANALISI DEI CARICHI E CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE | 31 |
| 5.2.1.1 | PESO PROPRIO SOLETTA..... | 31 |
| 5.2.1.2 | SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI | 31 |
| 5.2.1.3 | CARICHI MOBILI VARIABILI..... | 31 |
| 5.2.1.4 | URTO DI VEICOLO IN SVIO..... | 34 |
| 5.3 | VERIFICA DELLO SBALZO | 35 |
| 5.3.1 | VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE AGLI SLU | 35 |
| 5.3.2 | VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO..... | 36 |
| 5.3.3 | VERIFICA DI RESISTENZA A TENSO-FLESSIONE AGLI SLU..... | 37 |
| 5.3.4 | VERIFICA DELLE TENSIONI PER FLESSIONE AGLI SLE | 39 |
| 5.3.5 | VERIFICHE A FESSURAZIONE AGLI SLE..... | 39 |
| 5.4 | ANALISI DI CALCOLO DELLA SOLETTA CON MODELLO BI- DIMENSIONALE | 41 |
| 5.4.1 | PESO PROPRIO SOLETTA..... | 41 |
| 5.4.2 | CARICHI PERMANENTI..... | 41 |
| 5.4.3 | CARICHI MOBILI VARIABILI..... | 42 |
| 5.4.3.1 | CARICHI MOBILI VARIABILI – SCHEMA DI CARICO N. 1 | 42 |
| 5.4.3.2 | CARICHI MOBILI VARIABILI – SCHEMA DI CARICO N. 2 | 43 |
| 5.4.4 | VARIAZIONE TERMICA LINEARE IN SOLETTA | 44 |
| 5.5 | SINTESI TABULARE..... | 46 |
| 5.6 | VERIFICHE | 47 |
| 5.6.1 | VERIFICHE DI RESISTENZA A FLESSIONE AGLI SLU..... | 47 |
| 5.6.2 | VERIFICHE DI RESISTENZA A TAGLIO AGLI SLU..... | 49 |
| 5.6.3 | VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE..... | 50 |
| 5.6.4 | VERIFICHE A FESSURAZIONE AGLI SLE..... | 52 |
| 6. | CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE STRUTTURE DI IMPALCATO.... | 54 |
| 6.1 | DEFINIZIONE DELLA LARGHEZZA DI SOLETTA COLLABORANTE | 54 |
| 6.1.1 | COEFFICIENTI DI OMOGENEIZZAZIONE | 54 |
| 6.1.2 | CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVI PRINCIPALI LONGITUDINALI..... | 55 |
| 7. | ANALISI GLOBALE DI IMPALCATO | 66 |
| 7.1 | MODELLAZIONE A ELEMENTI FINITI..... | 66 |
| 7.2 | DIAGRAMMA DI SOLLECITAZIONE E CONFIGURAZIONI DEFORMATE..... | 68 |
| 7.3 | SINTESI TABULARE DELLE SOLLECITAZIONI..... | 74 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 7.3.1 | TRAVI PRINCIPALI LONGITUDINALI | 75 |
| 7.3.2 | TRAVERSI INTERMEDI DI ACCOPPIAMENTO..... | 83 |
| 7.3.3 | TRAVERSI DI TESTATA AGLI APPOGGI DI SPALLA..... | 83 |
| 7.3.4 | TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 1..... | 84 |
| 7.3.5 | TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 2..... | 84 |
| 7.3.6 | TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 3..... | 85 |
| 7.3.7 | TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 4..... | 85 |
| 7.3.8 | TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 5..... | 86 |
| 7.3.9 | TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 6..... | 86 |
| 8. | VERIFICHE DELLE STRUTTURE DI IMPALCATO | 87 |
| 8.1 | VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI SLU DELLE TRAVI PRINCIPALI..... | 87 |
| 8.1.1 | TRAVE DI BORDO | 89 |
| 8.1.2 | TRAVE INTERMEDIA..... | 97 |
| 8.2 | VERIFICHE DI RESISTENZA A TAGLIO AGLI SLU | 105 |
| 8.2.1 | TRAVE DI BORDO | 105 |
| 8.2.1.1 | TRAVE DI BORDO - CONCIO N. 4 (SOLETTA FESSURATA)..... | 106 |
| 8.2.2 | TRAVE INTERMEDIA..... | 107 |
| 8.2.2.1 | TRAVE INTERMEDIA - CONCIO N. 4 (SOLETTA FESSURATA) | 108 |
| 8.3 | TRAVERSI DI ACCOPPIAMENTO: VERIFICHE DI RESISTENZA | 109 |
| 8.3.1 | TRAVERSI INTERMEDI | 109 |
| 8.4 | VERIFICA DELLE CONNESSIONI TRAVI – SOLETTA | 110 |
| 8.5 | CONTROLLI DI DEFORMABILITÀ..... | 112 |
| 8.6 | CARATTERISTICHE DINAMICHE DELL'IMPALCATO E SPETTRI DI PROGETTO PER LE ANALISI SISMICHE | 113 |
| 8.6.1 | CARATTERISTICHE DINAMICHE MODALI..... | 114 |
| 8.6.2 | SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO..... | 116 |
| 9. | VERIFICHE ECCEZIONALI – URTO DI VEICOLO SOTTOPONTE..... | 118 |
| 9.1 | VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI DI IMPALCATO | 118 |
| 10. | APPOGGI E GIUNTI..... | 121 |
| 10.1 | APPOGGI ISOLATORI ELASTOMERICI..... | 121 |
| 10.1.1 | SINTESI TABELLARE DELLE AZIONI SUGLI APPOGGI | 121 |
| 10.1.2 | CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI DELL'APPOGGIO SU PILA | 130 |
| 10.1.3 | CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI DEGLI APPOGGI SU SPALLA..... | 131 |
| 10.2 | GIUNTI DI DILATAZIONE | 132 |
| 11. | GIUDIZIO MOTIVATO SUI RISULTATI | 133 |

1. INTRODUZIONE

La presente relazione viene redatta nell’ambito del Progetto Definitivo del “*Nuovo Svincolo Autostradale*” da realizzarsi lungo la “*Autostrada dei Fiori*” A10 in provincia di Savona, nel Comune di Vado Ligure.

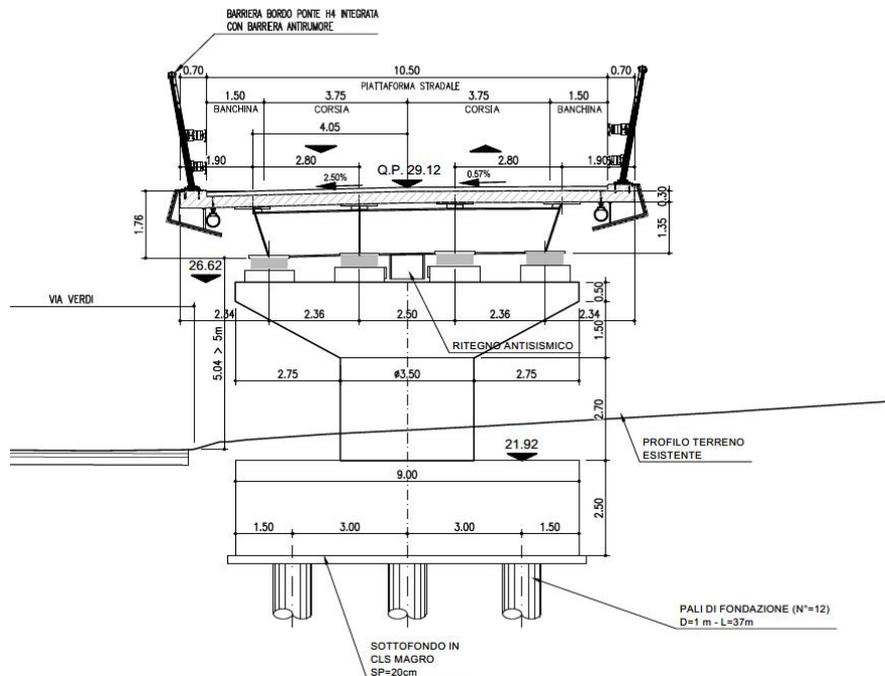
La presente relazione è volta al dimensionamento e verifica dell’impalcato metallico “Ponte Aurelia Bis”, posto lungo il tratto bidirezionale del ramo di svincolo Casello-Vado Ligure, necessario per il collegamento dell’arteria principale locale e il casello autostradale di futura costruzione.

1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Trattasi di un viadotto a 7 campate con andamento planimetrico in parte in retto e in parte in curve successive per una lunghezza complessiva tra gli assi di spalle pari a $46.5+47.5+25.0+40.0+52.5+40.0+44.0$ m = 295.5 m. Il minimo raggio di curvatura misurato all’asse dell’impalcato è pari a 203 m. L’impalcato è realizzato con sezione trasversale di tipo “mista” acciaio-calcestruzzo ed è composto da n. 4 travi affiancate e accoppiate mediante traversi a parete piena, completate superiormente da una soletta continua collaborante alla statica globale del manufatto. Le travi composte per assemblaggio in composizione saldata di piatti, hanno sezione a doppio T asimmetrica; le travi esterne hanno anime inclinate di circa 20° rispetto la verticale, mentre le travi interne sono caratterizzate da anime verticali. La sezione trasversale di impalcato pertanto ricorda le travate a cassone ad anime inclinate.

Longitudinalmente, in funzione delle caratteristiche geometriche del tracciato, i profili metallici sono caratterizzati da variabilità nell’altezza di trave con un massimo nella campata maggiore di circa 260 cm e un minimo invece nella campata minore con un’altezza netta di trave pari a 100 cm. La scelta di disegnare il profilo ad altezza variabile è stata dettata dalla presenza lungo il percorso di molte strade locali interferenti per le quali si è cercato di garantire un’altezza libera non inferiore a 5.0 m sotto trave.

Trasversalmente le travi sono previste con interassi pari 280 – 250 – 280 cm misurati in estradosso trave.



La sezione trasversale dell'impalcato larga 11.9 m è composta da:

- travi metalliche con interasse pari a 280-250-280 cm attrezzate sulle piattabande superiori con pioli connettori tipo Nelson;
- soletta gettata in opera su lastre cassero prefabbricate per uno spessore complessivo di 24+6 cm;
- traversi di accoppiamento a parete piena a sezione di doppio T simmetrico, collegati alle travi mediante giunti bullonati di forza;
- diagonali di controvento inferiori e superiori che conferiscono alla sezione globale di impalcato un comportamento torsio-rigido a cassone equivalente.

La sede stradale è suddivisa in una piattaforma carrabile centrale di larghezza pari a 1050 cm e due cordoli rialzati di estensione pari a 70 cm ciascuno, protetti da barriere sicurvita e anticaduta.

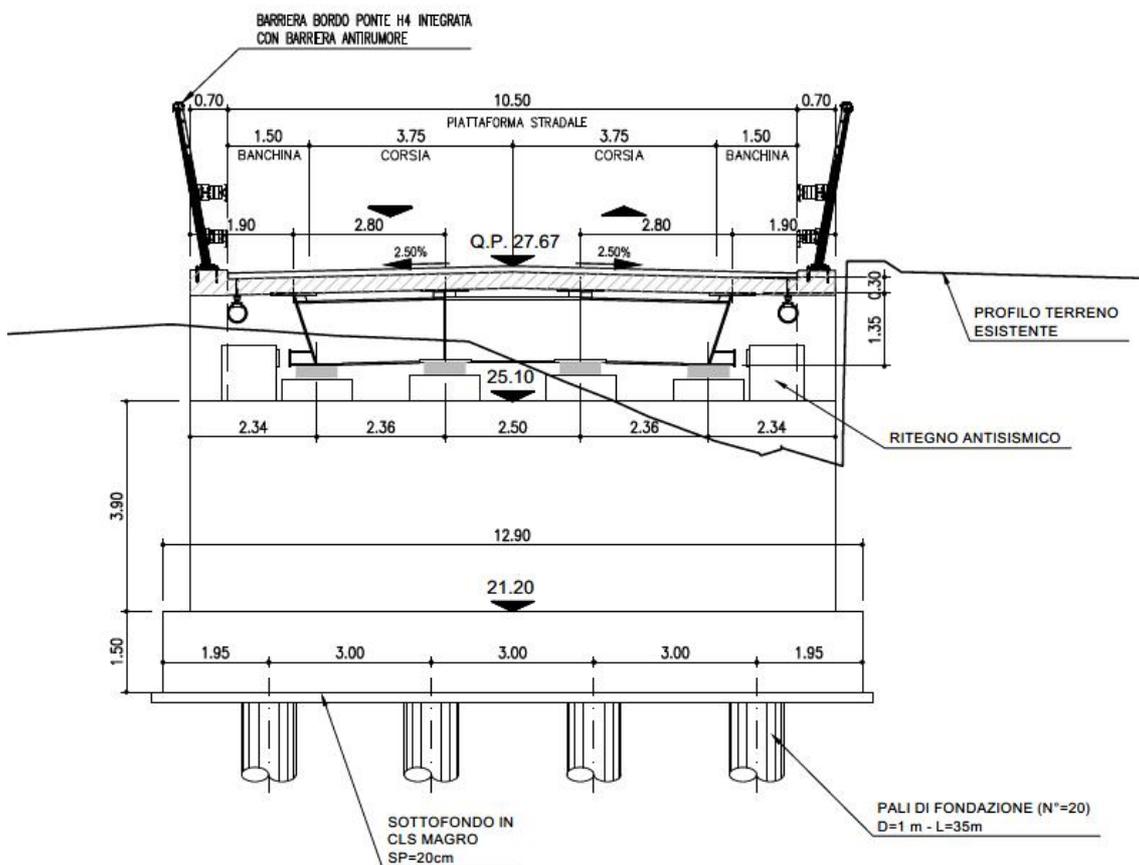
Per eventuali maggiori dettagli in merito all'ubicazione dell'opera ed alle relative caratteristiche geometriche si rimanda alla visione dell'elaborato grafico relativo.

Le sottostrutture di supporto dell'impalcato (spalle di estremità e pile) sono previste in c.a. ordinario e si configurano come muri di sostegno fondati su basamenti rettangolari o simili. La particolarità delle pile sta nel fatto che il fusto in elevazione a sezione circolare è coronato in sommità da un pulvino a forma di trapezio isoscele rovescio che supporta direttamente i quattro dispositivi di vincolo dell'impalcato afferente.

Le sottostrutture di supporto dell'impalcato (spalle di estremità e pile) sono previste in c.a. ordinario e si configurano come muri di sostegno fondati su basamenti rettangolari o simili. La particolarità della pila centrale sta nel fatto che parte delle strutture di fondazione dell'elevazione sono deputate anche a costituire le strutture portanti per la sede stradale inferiore della rampa autostradale in progetto.

Più in dettaglio, le pile sono composte sostanzialmente in modo analogo tra loro con un fusto ad altezza variabile e specializzato con la variabilità orografica del sito su cui sorge l'opera; i fusti sono coronati dai pulvini i quali sono attrezzati con risalti con funzione di ritegni fine corsa; i fusti sono a loro volta impostati su platee di fondazione di forma in pianta rettangolare 9m x 15m e spessore 2.5m; fa eccezione la pila n.6 che presenta una platea di fondazione di dimensione 12m x 15m e sempre di spessore 2.5m. Il fusto ha raggio pari a 175 cm. I pulvini sono orientati secondo gli assi di allineamento degli appoggi, in modo da ridurre effetti indesiderati di azioni parassite agli appoggi ed hanno una base pari a 350cm, la sezione presenta una altezza variabile pari a 250cm in mezzeria e pari a 50cm agli estremi.

Le spalle si compongono di un muro frontale su cui sono in diretto appoggio i dispositivi di vincolo dell'impalcato, dello spessore complessivo di 215 cm, e di un muro para-ghiaia retrostante l'impalcato di spessore contenuto e pari a 50 cm, la platea di base ha uno spessore di 1.5m. La spalla maggiore lato Casello (spalla 2) presenta un muro di spalla con altezza di 8.4 m.



Il muro para-ghiaia ha la funzione di proteggere l'impalcato dal terreno retrostante la spalla. Completano la struttura i muri d'ala laterali, impostati sul basamento, con la funzione di contenere le spinte laterali del terrapieno adiacente.

Tutte le platee di base sono fondate su pali trivellati di diametro 100cm disposti secondo una maglia regolare di 3m x 3m, in particolare si hanno: 20 pali sotto la spalla 1 di lunghezza 35m, 15 pali sotto le pile dalla 1 alla 5 di lunghezza 40m, 20 pali sotto la pila 6 di lunghezza 40m e 30 pali sotto la spalla 2 di lunghezza 40m.

I dispositivi di vincolo selezionati sono del tipo isolatori antisismici ad alto smorzamento (HDRB) con la capacità di dissipare le energie cinetiche durante un evento sismico. L'isolamento sismico permette di ridurre il cimento delle sottostrutture per le azioni orizzontali trasmesse dall'impalcato sia in condizione statica sia in condizione sismica.

1.2VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Per le opere in progetto, si definiscono i seguenti parametri di classificazione:

Tipo di costruzione: 3 (ponti e opere infrastrutturali di importanza strategica)
Vita nominale: $V_N \geq 100$ anni
Classe d'uso: IV (Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001 n. 6792)
Coefficiente d'uso: $C_u = 2.0$
Periodo di riferimento per le azioni sismiche: $V_R = V_N C_u = 200$ anni

La definizione delle azioni sismiche di progetto viene effettuata in funzione della "pericolosità sismica di base" del sito mediante i seguenti parametri:

- Accelerazione sismica al sito: a_g [m/s²]
- Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione: F_o
- Periodo del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione: T^*_c [s]

Tali parametri sono variabili a seconda dello stato limite considerato, della classe di importanza dell'opera e, delle coordinate geografiche di localizzazione dell'opera (latitudine e longitudine).

Con riferimento all'area di intervento, posta alle seguenti coordinate:

Comune: Vado Ligure (SV)
Zona Sismica 3B (ai sensi della D.G.R. n.1308 del 24/10/08 – Reg. Liguria)
latitudine: 44.2677
longitudine: 8.4157
elevazione: 50-60 m slm

Nella pagina che segue sono evidenziati i valori di a_g , F_o e T^*_c definiti interpolando tra i valori forniti per i vertici del reticolo di riferimento più prossimi al sito ("Allegato B - Tabella 1" della norma).

1.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Nella figura che segue sono evidenziati i quattro vertici del reticolo di riferimento che racchiudono il sito in esame, in termini di numero identificativo ed ubicazione geografica, e sono quindi elencati i parametri sismici associati al sito di costruzione.

Pericolosità sismica

Tipo costruzione (Art. 2.4.1)

Tipo 1 (Vn <= 10 anni)

Tipo 2 (Vn >= 50 anni)

Tipo 3 (Vn >= 100 anni)

Vita Nominale Vn (anni):

Classe d'uso (Art. 2.4.2)

Classe I

Classe II

Classe III

Classe IV

Periodo di riferimento per l'azione sismica (>=35): VR = Vn * Cu = 100.00 * 2.00 = 200.00 anni

Pvr % (Art. 3.2.1)

| | |
|-----|-------|
| SLD | 81.00 |
| SLD | 63.00 |
| SLV | 10.00 |
| SLC | 5.00 |

Periodo di ritorno Tr (anni)

| | |
|-----|---------|
| SLD | 120.43 |
| SLD | 201.16 |
| SLV | 1898.24 |
| SLC | 2475.00 |

Posizione del sito

Comune:

Longitudine:

Latitudine:

Isola:

Nodi intorno al sito

| ID | Longitudine: | Latitudine: | Distanza sito (l) |
|-------|--------------|-------------|-------------------|
| 17354 | 8.3921 | 44.2750 | 2.0488 |
| 17576 | 8.3963 | 44.2250 | 4.9979 |
| 17577 | 8.4659 | 44.2280 | 5.9617 |
| 17355 | 8.4618 | 44.2780 | 3.8486 |

Parametri di pericolosità sismica (Modificabili)

| | ag (g/10) | F0 (adim) | TC*(sec) |
|-----|-----------|-----------|----------|
| SLD | 0.3579 | 2.5824 | 0.2386 |
| SLD | 0.4337 | 2.5627 | 0.2715 |
| SLV | 0.9830 | 2.6391 | 0.3336 |
| SLC | 1.0789 | 2.6420 | 0.3382 |

N.B. Dal valore tabellato, per ottenere ag in (g), dividerlo per 10; per ottenerlo in m/sec^2, moltiplicarlo per 0.986

I parametri sismici per il sito di costruzione sono determinati come media ponderata tra i quattro vertici di cui sopra adottando come "peso" l'inverso delle relative distanze:

$$p = \frac{\sum_1^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_1^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p = valore del parametro di interesse;
- p_i = valori del parametro relativi ai quattro vertici del reticolo;
- d_i = distanze dei quattro vertici dal punto in esame.

Per il sito oggetto di studio si determinano pertanto i seguenti parametri sismici:

| SLD | | | SLV | | |
|----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| Tr = 200 | | | Tr = 1900 | | |
| ag /g | Fo | T'c | ag /g | Fo | T'c |
| 0.04337 | 2.5627 | 0.2715 | 0.09830 | 2.6391 | 0.3336 |

La risposta sismica locale deve poi essere corretta in relazione alla "Categoria del Suolo" e alle "Condizioni Topografiche" proprie del sito di costruzione mediante i relativi coefficienti di amplificazione.

In relazione a quanto emerso nel corso delle indagini geologiche e geognostiche, dal punto di vista sismico, si ritiene di classificare il terreno come appartenente alla **categoria "D"**: " *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s*".

Per tale categoria di sottosuolo il coefficiente di **amplificazione stratigrafica "S_s"** è posto pari a 1.80:

$$S_s = 1.80$$

Per quanto riguarda il coefficiente di **Amplificazione Topografica**, può essere assunto quello per la categoria topografica **T1** (*superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$*) pari a:

$$S_T = 1.00$$

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le opere oggetto della presente relazione di calcolo sono state sviluppate in base alle seguenti principali normative e istruzioni di riferimento.

- | | | |
|------|-------------------------|---|
| [1] | Legge 05.11.1971 n.1086 | "Norma per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica" |
| [2] | D.M. 17.01.2018 | "Norme Tecniche per le Costruzioni" |
| [3] | Circ. 21.01.2019 n.7 | Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17.01.2018 |
| [4] | UNI EN 1991-1-5 | Azioni sulle strutture – Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche |
| [5] | UNI EN 1991-2 | Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti |
| [6] | UNI EN 1992-1-1 | Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici |
| [7] | UNI EN 1993-1-1 | Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici |
| [8] | UNI EN 1993-1-5 | Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra |
| [9] | UNI EN 1993-1-8 | Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti |
| [10] | UNI EN 1993-1-9 | Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-9: Fatica |
| [11] | UNI EN 1993-1-10 | Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore |
| [12] | UNI EN 1993-2 | Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio |
| [13] | UNI EN 1994-1-1 | Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici |
| [14] | UNI EN 1994-2 | Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti |
| [15] | CNR–UNI 10011-1997 | Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione |
| [16] | CNR–UNI 10016-2000 | Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni |

3. MATERIALI

Si riportano le caratteristiche specifiche dei principali materiali da costruzione da utilizzare per la realizzazione degli impalcato per i ponti oggetto della presente Relazione.

3.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

- Elementi saldati in acciaio con $sp. \leq 20$ mm: Acciaio tipo S355 J0
- Elementi saldati in acciaio con $20 \text{ mm} < sp. \leq 40$ mm: Acciaio tipo S355 J2G3
- Elementi saldati in acciaio con $sp. > 40$ mm: Acciaio tipo S355 K2G3
- Elementi in acciaio non saldati, profili laminati: Acciaio tipo S355 J0

Le caratteristiche meccaniche e chimiche degli acciai dovranno essere conformi alla norma armonizzata UNI EN 10025.

Principali caratteristiche meccaniche:

- modulo elastico normale: $E_{na} = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico tangenziale: $E_{ga} = 80.770 \text{ N/mm}^2$
- tensione caratteristica di rottura ($sp. \leq 40$ mm): $f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$
- tensione caratteristica di snervamento ($sp. \leq 40$ mm): $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$
- tensione caratteristica di rottura ($sp. > 40$ mm): $f_{tk} = 470 \text{ N/mm}^2$
- tensione caratteristica di snervamento ($sp. > 40$ mm): $f_{yk} = 335 \text{ N/mm}^2$

3.2 BULLONI AD ALTA RESISTENZA

I bulloni ad alta resistenza devono essere conformi secondo la seguente classificazione:

Viti ad alta resistenza in classe 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1: 2001;

- tensione di snervamento viti cl. 10.9: $f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$
- tensione di rottura viti cl. 10.9: $f_{tb} = 1.000 \text{ N/mm}^2$

Dadi in classe 10 secondo UNI EN 20898-2: 1994;

- rosette in acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC 32÷40, secondo UNI EN 10083-2: 2006
- piastrine in acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC 32÷40, secondo UNI EN 10083-2: 2006

3.3 PIOLI DI CONNESSIONE

Pioli connettori tipo Nelson in Acciaio S235J2 + C450 (ex ST 37– 3K)

- tensione caratteristica di rottura $f_{ptk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- tensione caratteristica di snervamento $f_{pyk} \geq 350 \text{ N/mm}^2$
- allungamento $\geq 15 \%$
- strizione $\geq 50 \%$

3.4 ACCIAIO PER ARMATURA CONVENZIONALE DI STRUTTURE IN C.A.

Acciaio per calcestruzzo armato, laminato a caldo, tipo B450 C

- valore nominale della tensione di snervamento: $f_{y,nom} \Rightarrow 450 \text{ N/mm}^2$
- valore nominale della tensione di rottura: $f_{t,nom} \Rightarrow 540 \text{ N/mm}^2$
- tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq f_{y,nom}$
- tensione caratteristica di rottura: $f_{t,k} \geq f_{t,nom}$
- allungamento: $(A_{gt})_k \geq 7,5 \%$

3.5 CONGLOMERATO CEMENTIZIO

E' previsto l'impiego di calcestruzzo tipo C32/40 con le seguenti caratteristiche:

| | | | |
|--|--|---------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica a compressione | R_{ck} | = 40,00 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$ | = 32,00 | N/mm ² |
| Resistenza media cilindrica a compressione | $f_{cm} = f_{ck} + 8$ | = 40,00 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione semplice | $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$ | = 3,02 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione | $f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$ | = 2,12 | N/mm ² |
| Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata | α_{cc} | = 0,85 | |
| Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo | γ_C | = 1,50 | |
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C$ | = 18,13 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a trazione | $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$ | = 1,41 | N/mm ² |
| Modulo Elastico | $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ | = 33350 | N/mm ² |

- Classe di esposizione: XC4-XF4
- Classe di consistenza: S5
- Copriferro minimo: 55 mm
- Contenuto minimo di cemento: 300 kg/mc
- Massimo rapporto A/C: 0.50

4. ANALISI DEI CARICHI DALL’IMPALCATO

Per le verifiche relative alle opere in oggetto, le principali azioni considerate sono di seguito riassunte:

- peso proprio strutturale di impalcato;
- carichi permanenti portati di tipo non strutturale (pavimentazione stradale, barriere, parapetti ecc.);
- azioni variabili da traffico sulla sede stradale già comprensivi del coefficiente di incremento dinamico;
- azioni longitudinali di avviamento/frenamento;
- azioni trasversali centrifughe;
- azioni del vento;
- azioni sismiche.

Nelle sezioni seguenti si riportano a chiarimento i singoli contributi sopra menzionati.

4.1 PESO PROPRIO CARPENTERIA METALLICA

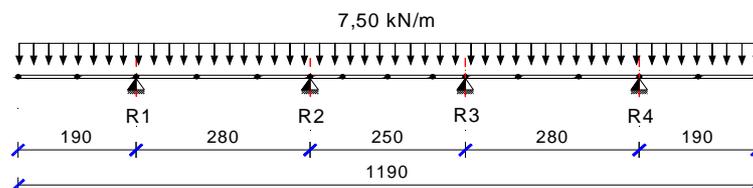
Per il calcolo del peso proprio degli elementi in carpenteria metallica è stato considerato il peso di volume dell'acciaio pari a $\gamma_{fe} = 78,5 \text{ kN/m}^3$ incrementato del 25% per tenere conto degli irrigidimenti, dei giunti saldati, dei pioli di connessione, ecc.

4.2 PESO PROPRIO SOLETTA

Il peso della soletta e delle lastre predalle risulta pari a:

- soletta (sp. 24+6): $0,30 \text{ m} \times 25,00 \text{ kN/m}^3 = 7,50 \text{ kN/m}^2$

Lo schema di calcolo delle azioni sulle travi principali longitudinali per il peso della soletta sull'unità di lunghezza del ponte è:



La distribuzione del carico lungo le travi è stata effettuata per larghezze di influenza, ricavando le reazioni al carico distribuito:

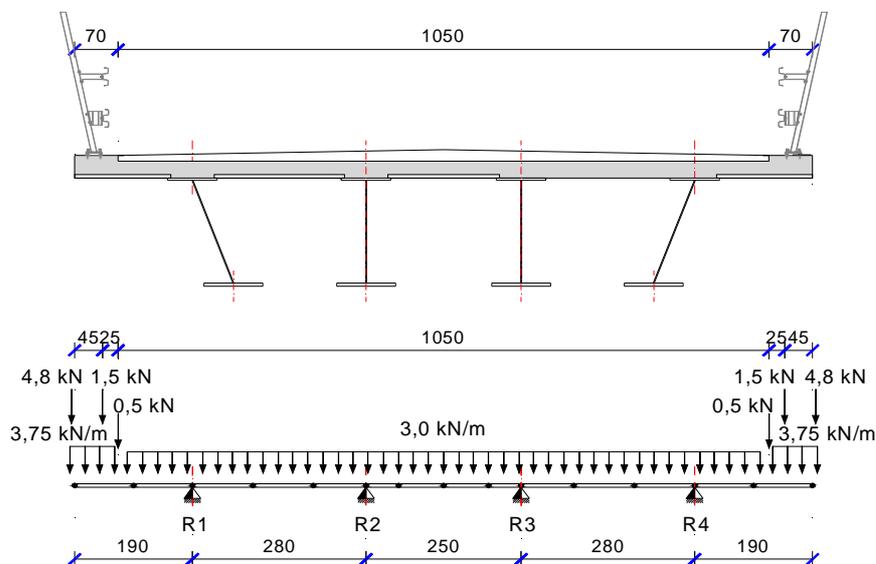
$$\begin{aligned} R1 = R4 &= 24,75 \text{ kN/m} && \text{(travi esterne)} \\ R2 = R3 &= 19,90 \text{ kN/m} && \text{(travi interne)} \end{aligned}$$

4.3 CARICHI PERMANENTI

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

- Velette di bordo (sp. 8 cm): = 2 x 0,80 kN/m
- Marciapiedi (sp. 15 cm): 0,15 m x 25,0 kN/m³ = 3,75 kN/m²
- Barriere sicurtia: = 2 x 1,50 kN/m
- Reti di protezione e parapetti: = 2 x 4,00 kN/m
- Tubazioni e impianti di evacuazione: = 2 x 0,50 kN/m
- Pavimentazione, sp. 10 cm: = 3,00 kN/m²

Lo schema di calcolo delle azioni sulle travi principali longitudinali per il sovraccarico permanente sull'unità di lunghezza del ponte è:



La distribuzione del carico lungo le travi è stata effettuata mediante analisi bidimensionale di trave in continuità su appoggi puntuali nelle posizioni geometriche delle strutture metalliche, ricavando le reazioni al carico distribuito:

$$R1 = R4 = 22,90 \text{ kN/m} \quad (\text{travi esterne})$$

$$R2 = R3 = 1,48 \text{ kN/m} \quad (\text{travi interne})$$

4.4 EFFETTI REOLOGICI: RITIRO E VISCOSITÀ (ϵ_2)

Gli effetti della viscosità, associati alle azioni di lunga durata (carichi permanenti portati non strutturali ed effetti del ritiro) sono valutati con il metodo algebrizzato AAEM (Age Adjusted Effective Modulus) semplificato mediante l'adozione di moduli elastici del calcestruzzo corretti come segue:

$$E_c^* = \frac{E_{c0}}{1 + \psi_L \cdot \phi(\infty, t_0)}$$



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

Dove:

$E_{c0} = 33.643 \text{ N/mm}^2$ è il modulo elastico istantaneo del calcestruzzo assunto per l'impalcato in progetto;

ψ_L è un coefficiente correttivo che dipende dal tipo di azione (v. prospetto seguente).

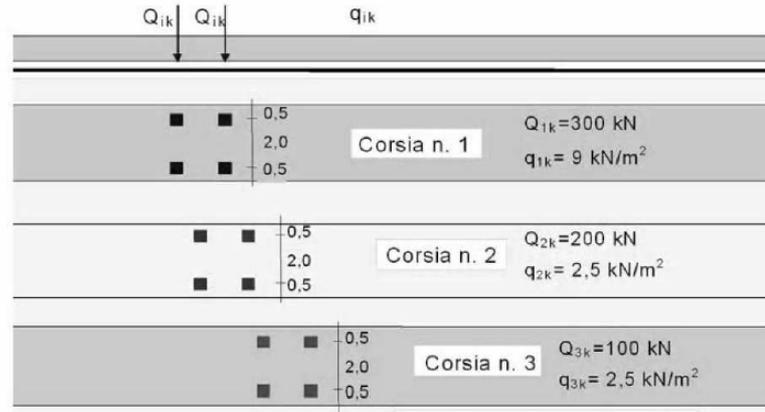
| Valori del coefficiente ψ_L suggeriti dall'EC4 | |
|--|-----------------|
| Carichi permanenti dopo che la connessione travi-soletta sia divenuta efficace | $\psi_L = 1,10$ |
| Effetti isostatici (primari) ed iperstatici (secondari) del ritiro | $\psi_L = 0,55$ |

Si riporta la valutazione degli effetti reologici per la parte gettata in opera.

| EuroCodice 1992-1-1 - Ritiro - Viscosità | | | |
|--|--|--------------------------------|---|
| $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca} ; \phi_{\infty, t_0}$ | | | |
| - Tipo di calcestruzzo | Rck = | 40 N/mm ² | |
| - Classe del calcestruzzo (S, N o R): | | N | |
| - per cementi di resistenza CEM 32,5 N -> Classe S | | | |
| - per cementi di resistenza CEM 32,5 R, CEM 42,5 N -> Classe N | | | |
| - per cementi di resistenza CEM 42,5 R, CEM 52,5 N e CEM 52,5 R -> Classe R | | | |
| - Area della sezione in c.a. | A_c = | 35700 cm ² | |
| - Perimetro della sezione in c.a. esposto all'aria | u = | 1238 cm | |
| - Dimensione fittizia (in mm) della sezione in c.a. pari al rapporto 2A _c /u | h₀ = | 577 mm | |
| - Umidità relativa | RH = | 60 % | |
| - Età del cls nel momento considerato (espresso in giorni) | t = | 25500 g | |
| - Età del cls a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento (normalmente il termine della maturazione, espresso in giorni) | t_s = | 1 g | |
| - Valore di k _h | k_h = | 0.700 | |
| - Deformazione da ritiro per essiccamento | ϵ_{c0} = | 0.418 × 10 ⁻³ | ϵ_{cd0} = 0.416 × 10 ⁻³ |
| - Def. da ritiro per essiccamento a tempo infinito e a tempo t | $\epsilon_{cd,\infty}$ = | 0.293 × 10 ⁻³ | $\epsilon_{cd(t)}$ = 0.285 × 10 ⁻³ |
| - Def. per ritiro autogeno a tempo infinito e a tempo t | $\epsilon_{ca,\infty}$ = | 0.058 × 10 ⁻³ | $\epsilon_{ca,t}$ = 0.058 × 10 ⁻³ |
| - Def. finale per ritiro a tempo infinito e a tempo t | $\epsilon_{cs,\infty}$ = | 0.351 × 10⁻³ | $\epsilon_{cs(t)}$ = 0.343 × 10 ⁻³ |
| - Giorno di riferimento dell'applicazione del carico per la valutazione degli effetti del ritiro | t_{0,rit} = | 1 g | n_{rit} = 17.66 |
| - Viscosità a tempo infinito e a tempo t per le azioni da ritiro | $\phi_{\infty,rit}$ = | 3.367 | $\phi_{t,rit}$ = 3.325 |
| - Giorno di riferimento dell'applicazione del carico per la valutazione degli effetti dei carichi permanenti | t_{0,perm} = | 28 g | n_{perm} = 18.51 |
| - Viscosità a tempo infinito e a tempo t per le azioni perm. | $\phi_{\infty,perm}$ = | 1.809 | $\phi_{t,perm}$ = 1.786 |
| - Modulo elastico normale istantaneo | E_{c0} = | 33643 N/mm ² | |
| - Modulo elastico tangenziale istantaneo | G_{c0} = | 14018 N/mm ² | |
| - Modulo elastico normale a tempo t _{0,perm} | E_{c,perm} = | 11347 N/mm ² | |
| - Modulo elastico tangenziale a tempo t _{0,perm} | G_{c,perm} = | 4728 N/mm² | |
| - Modulo elastico normale a tempo t _{0,rit} | E_{c,rit} = | 11894 N/mm ² | |
| - Modulo elastico tangenziale a tempo t _{0,rit} | G_{c,rit} = | 4956 N/mm² | |

4.5 CARICHI MOBILI VARIABILI

Per i carichi variabili da traffico si farà riferimento allo **Schema di carico 1** costituito da carichi concentrati su due assi in tandem ($Q_{i,k}$) e da carichi distribuiti uniformemente sulle corsie ($q_{i,k}$).



I carichi concentrati sugli assi in tandem ed i carichi uniformemente distribuiti dello **Schema di Carico 1**, comprensivi degli effetti dinamici, vanno differenziati per le diverse corsie convenzionali (larghezza corsia convenzionale 3,00 m) come indicato nel prospetto seguente.

| | Carico singolo asse ($Q_{i,k}$) | Carico uniforme ($q_{i,k}$) |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Corsia n. 1 | 300 kN (150 kN/impronta) | 9,0 kN/m ² |
| Corsia n. 2 | 200 kN (100 kN/impronta) | 2,5 kN/m ² |
| Corsia n. 3 | 100 kN (50 kN/impronta) | 2,5 kN/m ² |
| Parte carrabile rimanente | -- | 2,5 kN/m ² |

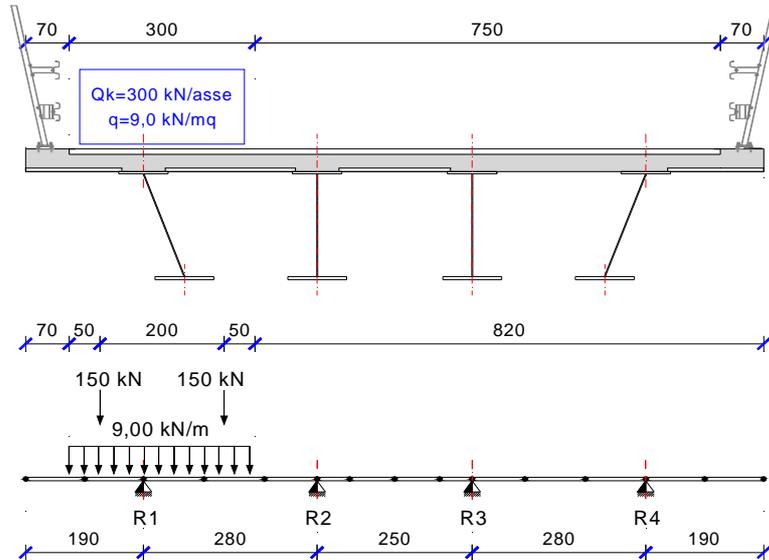
Le disposizioni trasversali dei carichi mobili sono assunte in modo da massimizzare gli effetti sulle strutture. Si riportano negli schemi grafici successivi le disposizioni trasversali e conseguentemente longitudinali che massimizzano gli effetti flettenti e taglianti sulla struttura di impalcato. In particolare si è fatto riferimento:

- a) Singola corsia di carico su impalcato con distribuzione fortemente eccentrica;
- b) Due corsie di carico su impalcato con distribuzione eccentrica;
- c) Impalcato a pieno carico (tre corsie di carico su impalcato).

4.5.1 DISPOSIZIONI TRASVERSALI

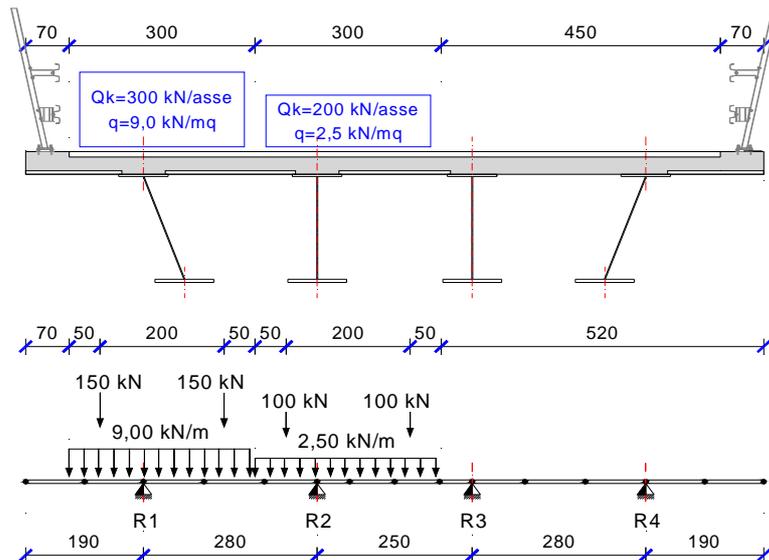
Si prendono in considerazione le seguenti disposizioni trasversali dei carichi mobili che massimizzano gli effetti di sollecitazione sulle travi principali longitudinali, per effetto del massimo carico e della massima eccentricità rispetto l'asse di simmetria dell'impalcato.

Disposizione A – Carico fortemente eccentrico



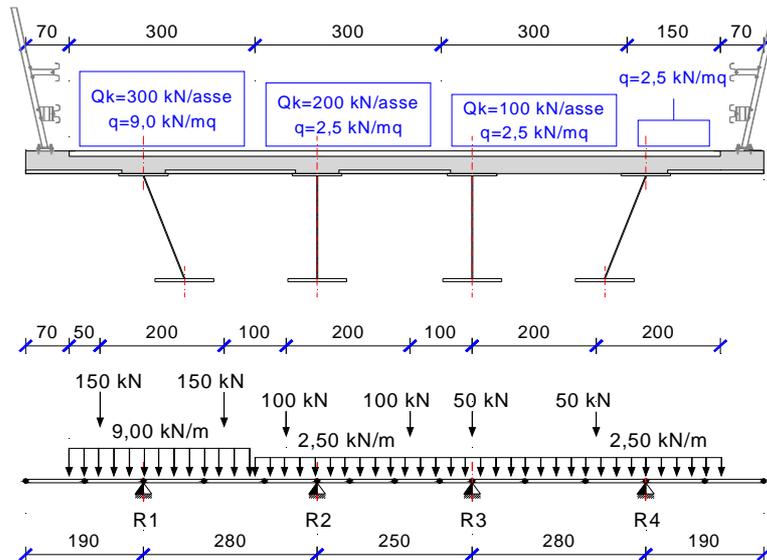
| | R1 | R2 | R3 | R4 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tandem (kN) | 262,99 | 43,71 | -7,83 | 1,13 |
| Distribuito (kN/m) | 23,6 | 4,11 | -0,82 | 0,12 |

Disposizione B – Ponte con due corsie di carico eccentrico



| | R1 | R2 | R3 | R4 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tandem (kN) | 267,97 | 187,49 | 48,47 | -3,93 |
| Distribuito (kN/m) | 23,61 | 9,95 | 2,30 | -0,11 |

Disposizione C – Ponte a pieno carico (a tre corsie)



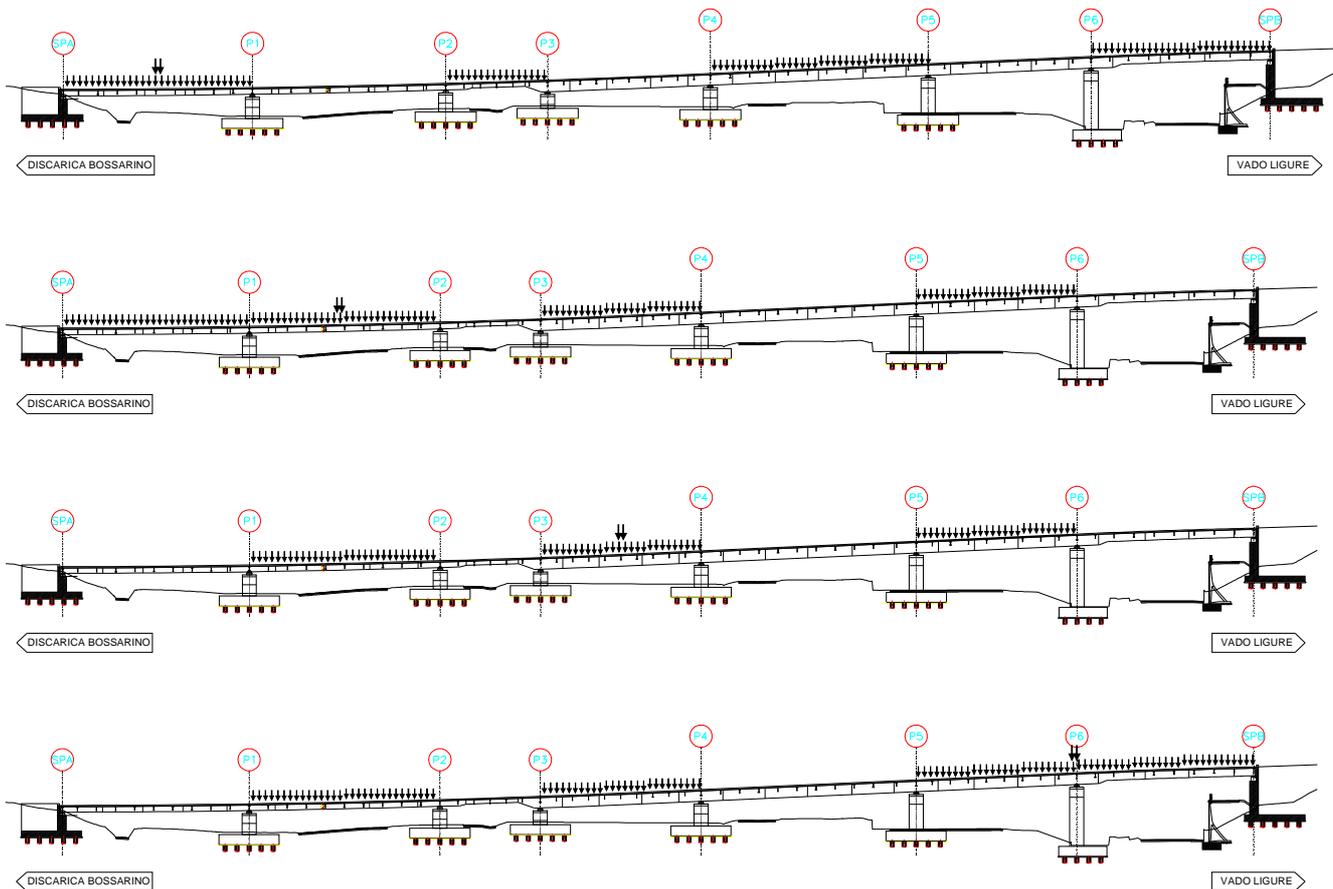
| | R1 | R2 | R3 | R4 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tandem (kN) | 268,82 | 181,61 | 121,42 | 28,15 |
| Distribuito (kN/m) | 23,68 | 9,45 | 5,89 | 6,73 |

Si precisa che le disposizioni trasversali qui illustrate sono state utilizzate anche per definire le massime sollecitazioni nei traversi di accoppiamento. Per valutazioni più dettagliate dello stato di sollecitazione dei traversi di accoppiamento si rimanda alla progettazione esecutiva.

4.5.2DISPOSIZIONI LONGITUDINALI

Le disposizioni longitudinali considerate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali in progetto (travi, traversi, apparecchi di appoggio) sono state definite per massimizzare gli effetti flettenti in mezzzeria o in corrispondenza delle sezioni di giunto tra i conci e i massimi tagli di bordo delle travi o in corrispondenza delle sezioni di giunto e le massime sollecitazione nei traversi di accoppiamento (sollecitati da carichi con componenti di torsione sull'impalcato) e massimi scarichi agli appoggi.

Si riportano alcune delle disposizioni longitudinali del carico mobile considerate nelle verifiche strutturali.



Oltre alle disposizioni longitudinali qui illustrate, nella modellazione è stato previsto di utilizzare, per gli assi in tandem, la tipologia di carico viaggiante con velocità pari a 1 m/s. Tale caratteristica di carico ha il vantaggio di definire le sollecitazioni in tutte le sezioni del modello, restituendo una disamina maggiormente accurata anche per gli elementi secondari quali i traversi di accoppiamento.

4.6 AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO E ACCELERAZIONE

La forza di frenamento o accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6(2Q_{1k}) + 0.10 q_{1k} w_1 L \leq 900 \text{ kN}$$

Nel caso specifico, essendo la lunghezza della campata pari a 297 m, la forza di frenamento vale: $q_3 = 900 \text{ kN}$

Tale azione sarà applicata su ciascuna trave longitudinale come azione distribuita linearmente secondo l'asse di sviluppo dell'impalcato, seguendo la curvatura in progetto.

4.7 AZIONE CENTRIFUGA

Il ponte in oggetto presenta andamento planimetrico curvilineo irregolare con differenti raggi di curvatura; il valore minimo tra i raggi che costruiscono il tracciato è circa pari a 200 m.

L'azione centrifuga è pertanto pari a (cfr. tab. 5.1.III): $Q_4 = 0.2 Q_v$

essendo Q_v il carico complessivo dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 presenti sul ponte.

Essendo presenti tre corsie convenzionali il carico totale agli assi tandem è pari a (cfr. tabella 5.1.II):

$$Q_4 = 0.2 \times 1200 = 240 \text{ kN}$$

4.8 AZIONE DEL VENTO

La pressione statica equivalente al vento sulle strutture d'impalcato è valutata in base all'espressione seguente:

$$p_v = q_b \times C_e \times C_p \times C_d$$

- $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b(TR)}^2$ è la pressione cinetica di riferimento, funzione della velocità di riferimento del vento e della densità dell'aria;
- ρ è la densità dell'aria assunta costante e pari a $1,25 \text{ kg/m}^3$;
- $v_{b(TR)} = \alpha_R \times v_b$ è la velocità di riferimento del vento riferita ad un generico periodo di ritorno e funzione di v_b e del parametro correttivo α_R ;
- v_b è la velocità di riferimento del vento a 10 m dal suolo, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni;
- C_e è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza sul suolo e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;
- C_p è il coefficiente di forma (coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;
- C_d è il coefficiente dinamico che tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

Ciò premesso, si evidenziano i parametri che definiscono l'azione del vento sulla struttura in esame:

- Zona 7 (Liguria);
- Velocità di riferimento del vento: $v_{b0} = 28 \text{ m/s}$ (101 km/hr);
- Classe di rugosità del terreno D – Aree prive di ostacoli.
- pressione cinetica di riferimento:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} 1,25 \cdot (1,125 \cdot 28)^2 = 620 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,620 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno circostante il coefficiente di esposizione è dato dalla formula seguente:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \times \left[7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad (\text{per } z \geq z_{\min})$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad (\text{per } z < z_{\min})$$

ove k_r , z_0 e z_{\min} sono assegnati in funzione della particolare categoria di esposizione che, in mancanza di analisi specifiche, può essere assegnata in funzione della posizione geografica del sito e della classe di rugosità del terreno. Il coefficiente di topografia c_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

| Categoria di esposizione del sito | k_r | z_0 [m] | z_{\min} [m] |
|-----------------------------------|-------|-----------|----------------|
| I | 0,17 | 0,01 | 2 |
| II | 0,19 | 0,05 | 4 |
| III | 0,20 | 0,10 | 5 |
| IV | 0,22 | 0,30 | 8 |
| V | 0,23 | 0,70 | 12 |

| ZONE 7,8 | | | |
|---|--------|--------|-------|
| | mare | | costa |
| | 1,5 km | 0,5 km | |
| A | -- | -- | IV |
| B | -- | -- | IV |
| C | -- | -- | III |
| D | I | II | * |
| * Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7 | | | |

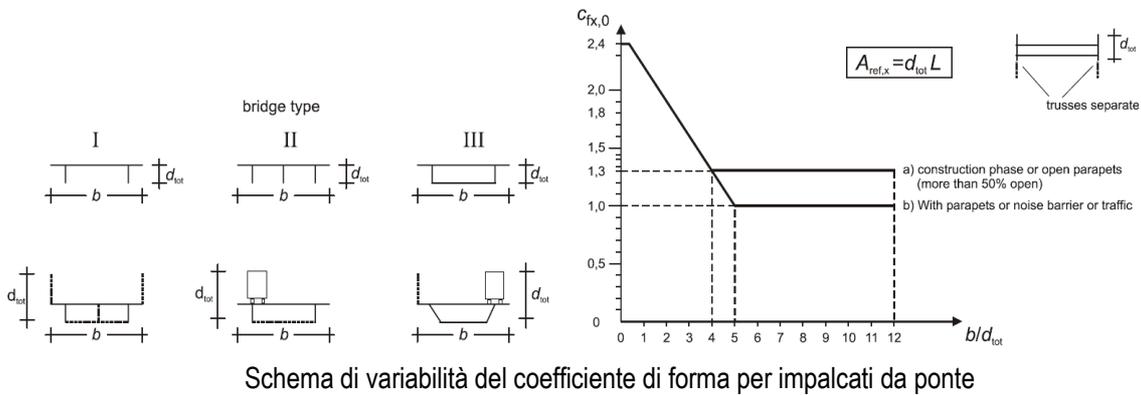
| | | |
|------------------------------|------------------------|--|
| Categoria di esposizione III | k _r = 0,20; | z ₀ = 0,10 m; z _{min} = 5,00 m |
|------------------------------|------------------------|--|

Si passa a valutare il coefficiente di esposizione c_e alla quota di estradosso dell'impalcato in corrispondenza della sezione di massima altezza dal suolo, assunta a favore di sicurezza pari a 17,80 m:

$$c_{e1} = c_e(z = 17,80 \text{ m}) = 0,20^2 \cdot 1,00 \cdot \ln\left(\frac{17,80}{0,10}\right) \times \left[7 + 1,00 \cdot \ln\left(\frac{17,80}{0,10}\right) \right] = 2,525$$

4.8.1 VENTO TRASVERSALE SULLE STRUTTURE DI IMPALCATO

Il coefficiente di forma è determinato sulla base del diagramma fornito al § 8.3.1 dall'Eurocodice 1 Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4) e qui di seguito riportato, che mette in relazione l'altezza e la larghezza dell'impalcato investito dall'azione cinetica del vento.



L'altezza di impalcato è determinata prendendo in considerazione i seguenti contributi:

- | | |
|---|--------|
| 1. Altezza massima impalcato | 2,90 m |
| 2. Altezza pavimentazione cumulata alla pendenza trasv. | 0,49 m |
| 3. Altezza cordolo laterale sopra pavimento | 0,10 m |
| 4. Altezza barriera di protezione | 5,00 m |
| 5. Altezza convenzionale della colonna di carico | 3,00 m |

Vento a ponte scarico/carico

$d = 11,90 \text{ m}$ $h_{\text{tot}} = 1+2+3+4 = 8,49 \text{ m}$ $d/h_{\text{tot}} = 1,402$ $c_p = 2,08$

- pressione trasversale

$$p_v = 0,62 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 2,525 \times 2,08 = 3,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- azione orizzontale per unità di lunghezza

$$h_v = 3,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 8,49 \text{ m} = 27,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- momento torcente per unità di lunghezza

$$mt_v = 27,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times \left(\frac{8,49}{2} - 2,02 \right) \text{ m} \approx 61,6 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Per la proprietà di rigidità torsionale dell'impalcato equivalente ad una sezione torsio-rigida a cassone chiusa, il momento trasversale dovuto al vento sarà introdotto come carico verticale distribuito uniformemente su ciascuna trave di bordo con ripartizione rigida alla Courbon, proporzionale alla distanza dal baricentro di impalcato.

Pertanto sulle travi si considereranno i seguenti carichi verticali aggiuntivi:

T1-T4 = $61,6 \text{ kNm/m} / 8,87 \text{ m} = 6,94 \text{ kN/m}$

T2-T3 = $61,6 \text{ kNm/m} / 28,74 \text{ m} = 2,14 \text{ kN/m}$

4.9 VARIAZIONI TERMICHE (ϵ_3)

Si fa riferimento ai criteri contenuti in EN 1991-1-5/NTC18, cap. 3.5, unitamente all’annesso nazionale, sia per quanto riguarda il calcolo del range di temperatura, sia per quanto riguarda l’approccio di calcolo.

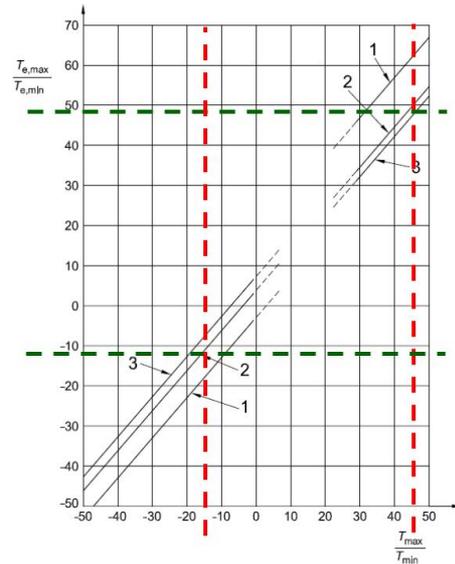
4.9.1 VARIAZIONI TERMICHE UNIFORMI (Δ_{TN})

Per l’Italia, il “range” di temperatura dell’aria è definito dai seguenti valori (NTC-08 cap. 3.5 – EN 1991-1-5+N.A.D.):

- $T_{min} = -15 \text{ °C}$
- $T_{max} = +45 \text{ °C}$

Per strutture da ponte di gruppo 2 (EN 1991-1-5, 6.1.1.), la temperatura della struttura risulta pertanto:

- $T_{e,min} = -11 \text{ °C}$
- $T_{e,max} = +49.3 \text{ °C}$



a cui corrisponde complessivamente un’escursione pari a: $\Delta_{TN} = 60.3 \text{ °C}$

4.9.2 VARIAZIONI TERMICHE LINEARI (Δ_{TM})

La componente lineare della variazione termica sulla soletta di impalcato è valutata in accordo alla procedura semplificata di cui al prospetto 6.2a – § 6.1.4.2 dell’Eurocodice 1 (EN 1991–1–5): Actions on structures – Part 1-5: General actions – Thermal actions tenendo conto di una variazione di temperatura uniforme sulla sola soletta in calcestruzzo pari alternativamente a $\Delta T_s = \pm 10 \text{ °C}$.

4.10 AZIONI SISMICHE

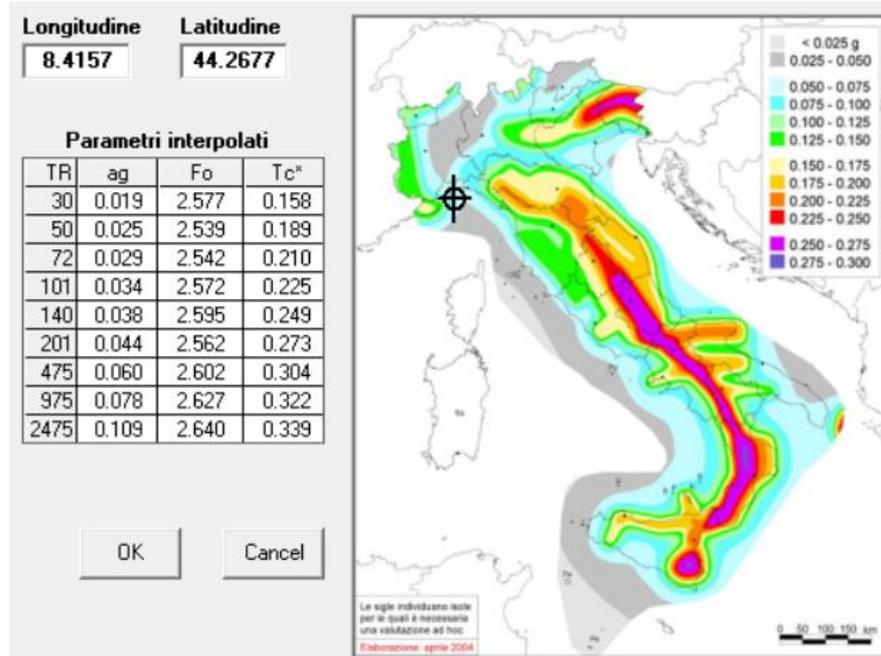
La valutazione dell’azione sismica sulle strutture è stata condotta in osservanza alle prescrizioni contenute nel D.M. 17.01.2018: “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Per quanto riguarda la vita nominale, le classi d’uso e il periodo di riferimento, secondo le definizioni di cui al § 2.4 del D.M. 17.01.2018:

- Tipo di costruzione: 3 (ponti e opere infrastrutturali di importanza strategica)
- Vita nominale: $V_N \geq 100$ anni
- Classe d’uso: IV (Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001 n. 6792)
- Coefficiente d’uso: $C_u = 2.0$
- Periodo di riferimento per le azioni sismiche: $V_R = V_N C_u = 200$ anni

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, si è assunta la categoria di sottosuolo B. Le caratteristiche della superficie topografica rientrano nella categoria T2.

I parametri caratteristici adottati per l'individuazione delle azioni sismiche sono i seguenti:



Sismicità del sito in esame

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico è lo spettro di risposta elastico di cui al § 3.2.3 del D.M. 17.01.2018.

In sede di analisi e verifiche si è fatto riferimento al seguente stato limite ultimo:

SLV – Stato Limite di salvaguardia della Vita. Si considera una probabilità di superamento PVR dello SLU nella vita di riferimento pari al 10% che, unitamente al valore VR della vita di riferimento delle opere, determina il seguente periodo di ritorno dell'azione sismica (cfr. Allegato A del D.M. 14.01.2008):

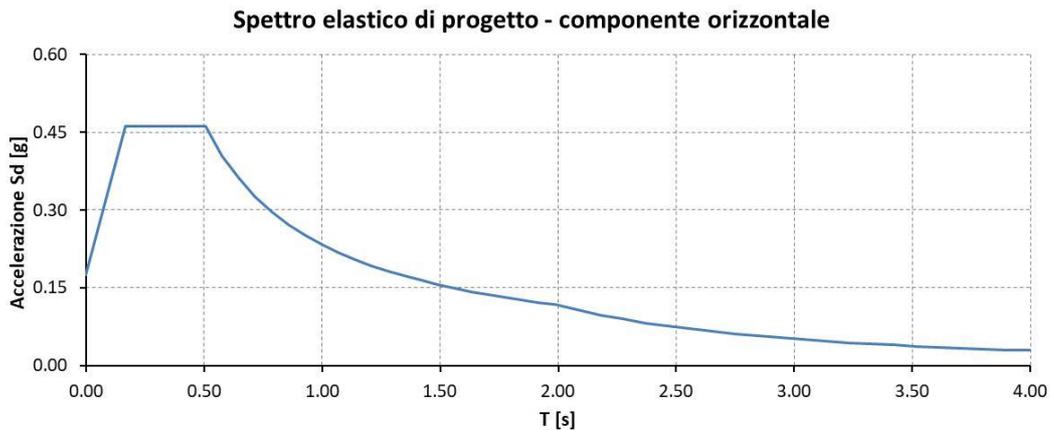
$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0,10)} = 1898 \text{ anni}$$

L'analisi sismica del ponte oggetto della presente relazione di calcolo è stata effettuata mediante analisi lineare dinamica (analisi modale con spettro di risposta) ai sensi di quanto indicato al § 7.10.5.3.2 del D.M. 17.01.2018. La verifica degli elementi portanti e costituenti le sottostrutture (spalle) è condotta introducendo un fattore di struttura “q” con valore unitario intendendo che tali elementi rimangano sostanzialmente in campo elastico durante un evento sismico.

4.10.1 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali (longitudinale e trasversale), per uno smorzamento viscoso convenzionale $\xi = 5\%$ ($\eta =$

1), così ottenuto per lo stato limite di salvaguardia della vita è illustrato alla figura seguente:



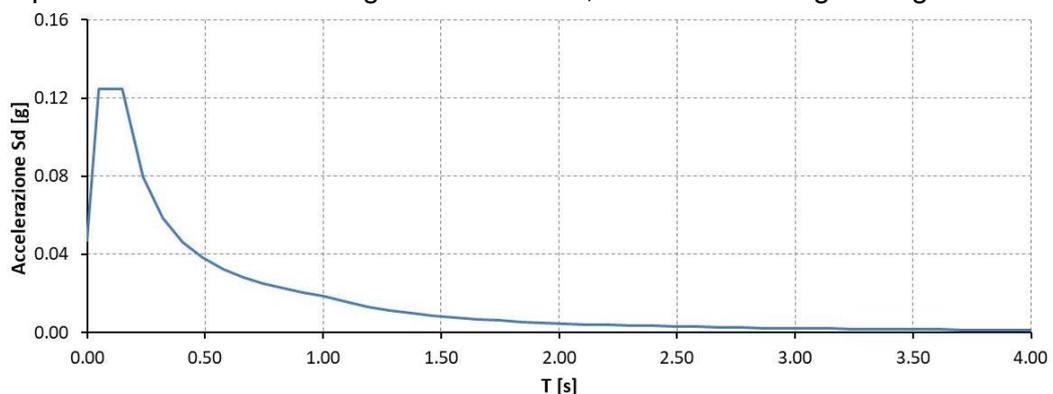
Spettro elastico delle componenti orizzontali

Nel caso di **ponti con isolamento sismico**, lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali (longitudinale e trasversale) va ridotto per tutto il campo di periodi $T \geq 0,8 T_{is}$, essendo T_{is} il periodo di vibrazione della struttura isolata, assumendo per il coefficiente riduttivo η il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_{esi} del sistema di isolamento pari a 15%. Il fattore η di alterazione dello spettro elastico assume il valore seguente:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi_{esi}}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 15}} = 0,707$$

4.10.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE VERTICALE

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale, ottenuto per lo stato limite di salvaguardia della vita, è illustrato alla figura seguente:



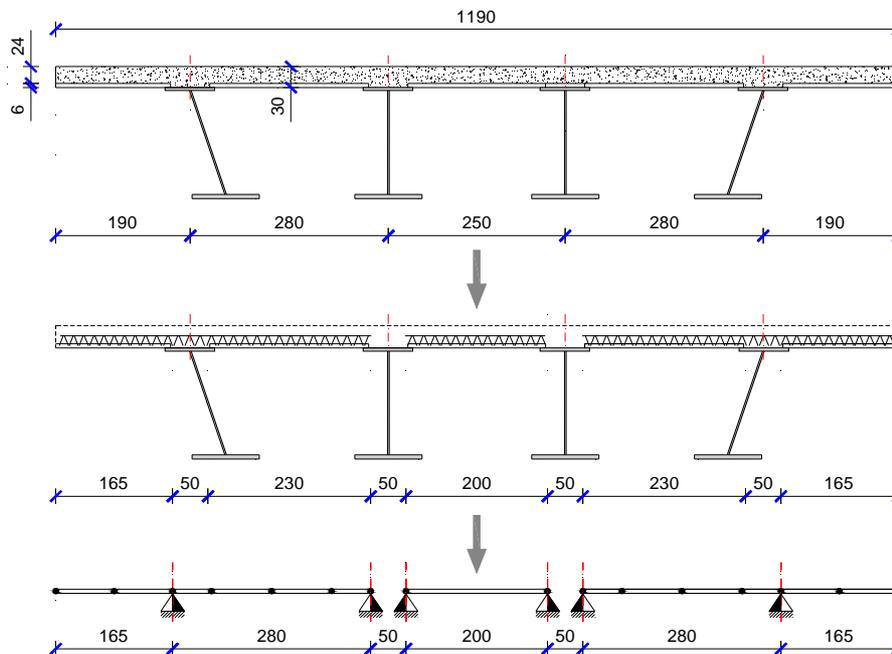
Spettro elastico della componente verticale

5. VERIFICA LOCALE DELLA SOLETTA

Si riportano le verifiche strutturali della soletta di impalcato con riferimento alla sezione trasversale tipica. L'analisi è finalizzata al controllo delle sollecitazioni indotte dai modelli di carico che schematizzano gli automezzi in transito. Preliminarmente alle analisi della soletta si sviluppano le verifiche relative alle lastre cassero tralicciate di fondo per il getto della soletta integrativa.

5.1 PREDALLES DI SOLETTA IN PRIMA FASE – TRALICCIO D'ARMATURA TIPICO

Si riportano le analisi e le verifiche di resistenza e stabilità dei tralicci delle lastre cassero; si prevede di utilizzare lastre con geometria regolare aventi larghezza massima pari a 240 cm ed irrigidite da n. 4 tralicci disposti a interasse di 60 cm. Nelle parti terminali si utilizzeranno predalle a taglio irregolare e speciale con lato maggiore comunque inferiore a 240 cm. Trasversalmente si prevede di accostare n. 3 predalle di cui due esterne munite di sbalzi e poggianti sulle coppie di travi lato interno o lato esterno curva, e una centrale in semplice appoggio.



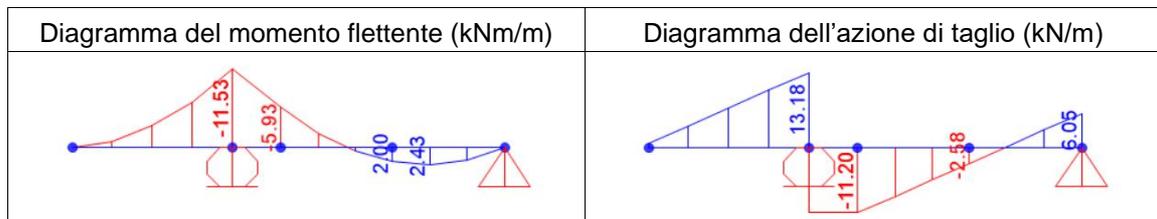
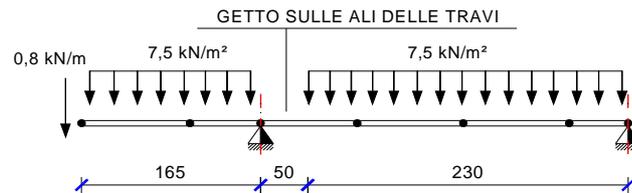
Schema di calcolo delle lastre predalles

- peso predalle (sp. 6 cm) = 1,50 kN/m²
- peso getto cls in opera (sp. 24 cm) 0,24 m x 25,00 kN/m³ = 6,00 kN/m²
- sovraccarico temporaneo per mezzi d'opera = 1,00 kN/m²
- peso veletta di bordo = 0,80 kN/m

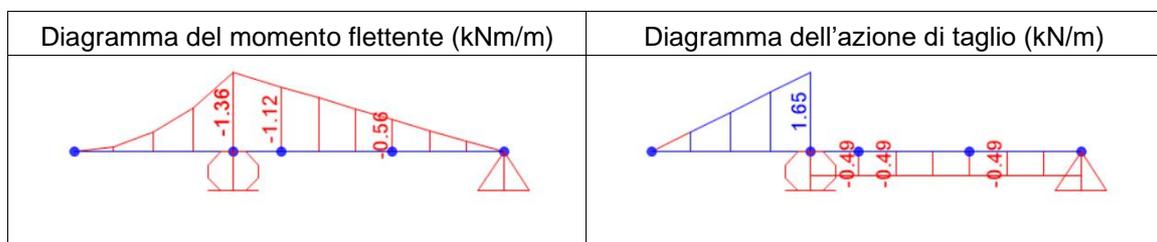
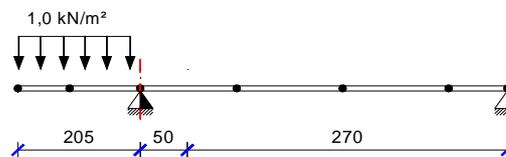
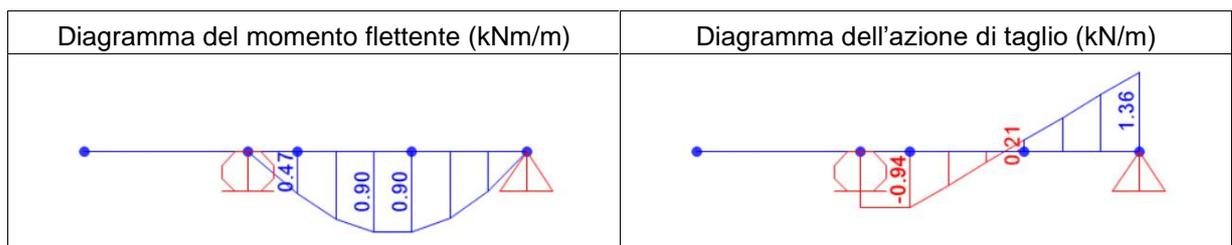
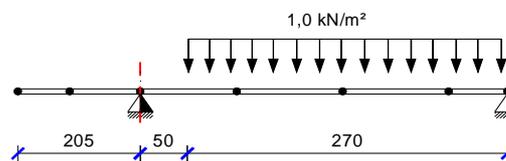
Lo schema statico delle predalles è di trave in continuità munita di sbalzo laterale.

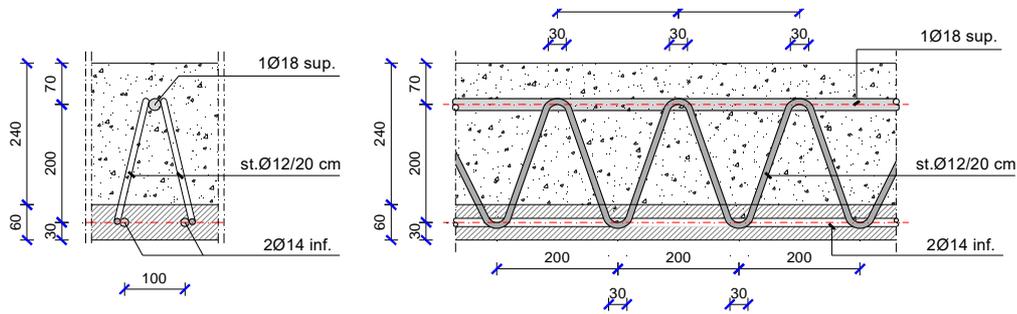
5.1.1 PREDALLES CON SBALZO LATERALE

a) Schema statico e di carico: p.p. predalles + getto in opera + veletta laterale



b) Schema statico e di carico: sovraccarico temporaneo per mezzi d'opera





Traliccio d'armatura tipico

Inclinazione staffe rispetto alla verticale: $\alpha = \arctg \frac{(10-3)}{20} = \arctg \frac{7,0}{20} = 19^\circ,3$

5.1.1.1 VERIFICA A FLESSIONE DELLA SEZIONE SULLO SBALZO

Per ogni traliccio (passo 60 cm) $M_{Ed} = -0,60 \times [(1,50 \times 11,5) + (1,35 \times 1,4)] \cong -11,5 \text{ kNm}$

Armatura superiore traliccio 1 ϕ 18 Verifica di resistenza

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h_{\text{traliccio}}} = \frac{11,5 \text{ kNm}}{0,20 \text{ m}} \approx 58 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} A_{\phi 18} = \frac{450 \text{ N/mm}^2}{1,15} \times 254 \text{ mm}^2 \cdot 10^{-3} = 99,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Rd}}{N_{Ed}} = \frac{99,4 \text{ kN}}{58 \text{ kN}} = 1,71 > 1,0$$

Armatura inferiore traliccio 2 ϕ 14 Verifica di stabilità

La verifica di stabilità del corrente compresso è eseguita con riferimento ad una lunghezza di inflessione equivalente al passo delle staffe pari a 20 cm.

lunghezza di libera inflessione del corr. compresso

$$l_0 = 200 \text{ mm}$$

raggio di inerzia del corrente compresso

$$i_{\phi 14} = \frac{14 \text{ mm}}{4} = 3,5 \text{ mm}$$

snellezza del corrente compresso

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\phi 14}} = \frac{200 \text{ mm}}{3,5 \text{ mm}} = 57,2$$

snellezza di proporzionalità

$$\lambda_p = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{yk}}} = 67,9$$

snellezza adimensionalizzata

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_p} = 0,842$$

fattore di imperfezione $\alpha = 0,49$

$$\Phi = 1,012$$

coefficiente di rid. della resistenza per instabilità

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,636$$

$$N_{Rd} = \chi \frac{f_{yk}}{\gamma_s} 2A_{\phi 14} = 0,636 \frac{450 \text{ N/mm}^2}{1,15} \times 306 \text{ mm}^2 \cdot 10^{-3} = 76 \text{ kN} > N_{Ed}$$

5.1.1.2 VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE SULLO SBALZO

Per ogni traliccio (passo 60 cm) $V_{Ed} = 0,60 \times [(1,50 \times 13,2) + (1,35 \times 1,7)] \cong 13,3 \text{ kN}$

Azione di scorrimento su $\Delta l = 20 \text{ cm}$ $S_{Ed} = \frac{13,3 \text{ kN}}{20} \times 20 = 13,3 \text{ kN} / 20 \text{ cm}$

Staffe del traliccio n. 4 staffe $\phi 12$

Azione assiale sulle staffe $N_{Ed, st} = \frac{1}{2} \times \frac{S_{Ed}}{2 \sin \alpha} = \frac{13,3 \text{ kN}}{4 \cdot \sin 19^\circ 3} = 10,1 \text{ kN}$

Verifica di stabilità delle staffe

lunghezza di inflessione del corr. compresso $l_0 = \sqrt{100^2 + 200^2 + 50^2} = 229 \text{ mm}$

raggio di inerzia delle staffe $i_{\phi 12} = \frac{12 \text{ mm}}{4} = 3,0 \text{ mm}$

snellezza del corrente compresso $\lambda = \frac{229 \text{ mm}}{3,0 \text{ mm}} = 76,3$

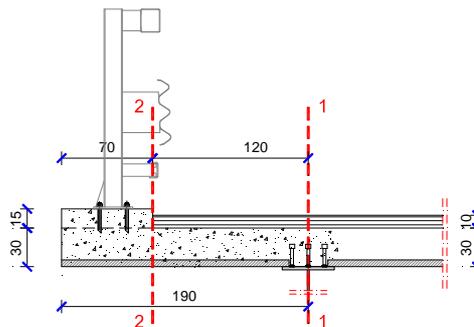
snellezza adimensionalizzata $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_p} = 1,124$

fattore di imperfezione $\alpha = 0,49$ $\Phi = 1,358$

coefficiente di rid. della resistenza per instabilità $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,472$

$$N_{Rd, st} = \chi \frac{f_{yk}}{\gamma_s} A_{\phi 12} = 0,472 \frac{450 \text{ N/mm}^2}{1,15} \times 113 \text{ mm}^2 \cdot 10^{-3} = 20,9 \text{ kN} > V_{Ed}$$

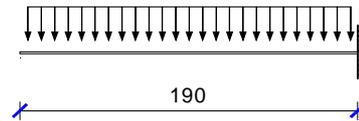
5.2 ANALISI DELLO SBALZO DI SOLETTA



Si espone la verifica della porzione di soletta a sbalzo, per l'azione dei carichi permanentemente presenti, dei carichi mobili variabili e per quelli eccezionali (urto di un veicolo in svio). L'analisi è riferita allo schema statico di trave a mensola incastrata in corrispondenza dell'anima della trave metallica, per una profondità unitaria in direzione asse ponte (asse longitudinale). Si tiene conto della diffusione dei carichi variabili e delle azioni eccezionali definendo le larghezze collaboranti per le varie situazioni considerate.

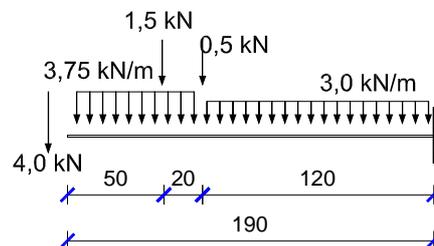
5.2.1 ANALISI DEI CARICHI E CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

5.2.1.1 PESO PROPRIO SOLETTA



| Descrizione del carico | Sez. 1-1 | | | Sez. 2-2 | | |
|-----------------------------|--------------|-----------|---------------|--------------|-----------|---------------|
| | T1-1 [kN] | d1 [m] | M1-1 [kNm] | T2-2 [kN] | d2 [m] | M2-2 [kNm] |
| a1) Peso soletta + predalle | 14.3 | 0.95 | -13.5 | 5.3 | 0.35 | -1.8 |
| a2) Veletta di bordo | 0.8 | 1.90 | -1.5 | 0.8 | 0.75 | -0.6 |
| a1) + a2) | 15.1 | | -15.1 | 6.1 | | -2.4 |

5.2.1.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI



| Descrizione del carico | Sez. 1-1 | | | Sez. 2-2 | | |
|------------------------------------|--------------|-----------|---------------|--------------|-----------|---------------|
| | T1-1 [kN] | d1 [m] | M1-1 [kNm] | T2-2 [kN] | d2 [m] | M2-2 [kNm] |
| b1) Pavimentazione (3 kN/m) | 3.6 | 0.60 | -2.2 | | | |
| b2) Barriera anti-caduta | 4.0 | 1.90 | -7.6 | 4.0 | 0.70 | -2.8 |
| b3) Sicurvia | 1.5 | 1.40 | -2.1 | 1.5 | 0.20 | -0.3 |
| b4) Tubazioni | 0.5 | 1.20 | -0.6 | | | |
| b5) Cordolo laterale | 2.6 | 1.55 | -4.1 | 2.6 | 0.35 | -0.9 |
| b1) + b2) + b3) + b4) + b5) | 12.2 | | -16.53 | 8.1 | | -4.02 |

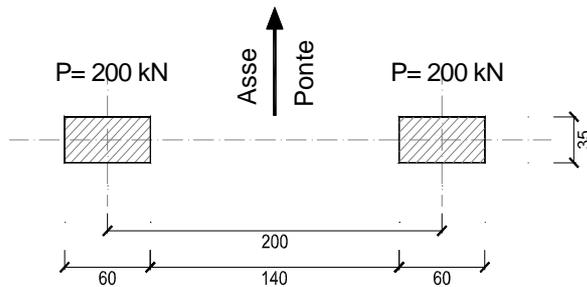
5.2.1.3 CARICHI MOBILI VARIABILI

Ai fini delle analisi locali dello sbalzo di soletta si sono considerati i carichi previsti al §5.1.3.3.3 del D.M. 17.01.2018 e di seguito illustrati.

a) Carichi mobili variabili – schema di carico n. 1

b) Carichi mobili variabili – schema di carico n. 2

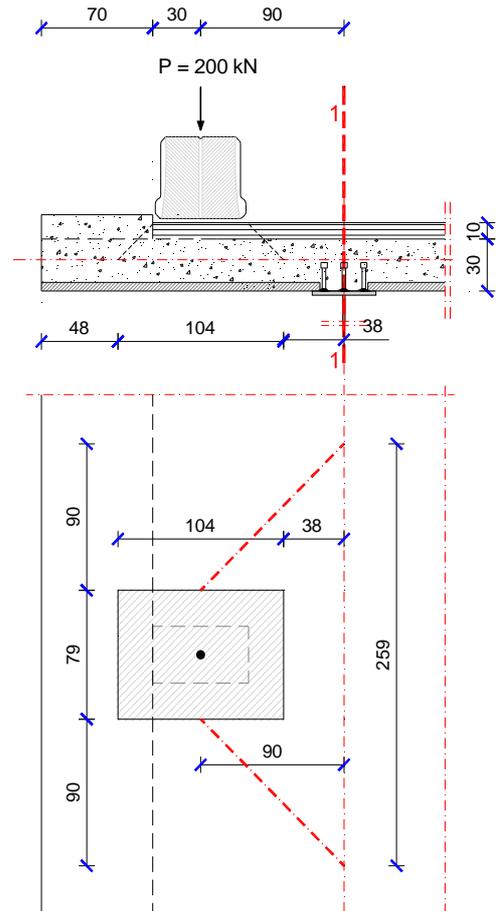
Lo schema di carico è costituito da un singolo asse applicato con due impronte da 200 kN/cad di forma rettangolare, da 35 cm di larghezza e 60 cm di lunghezza. Tale schema di carico va considerato autonomamente, agente in modo isolato e nella posizione più gravosa.



Effettuando la diffusione a 45° nello spessore del manto stradale e della soletta, le impronte di carico assumono dimensioni 79 cm x 104 cm, in corrispondenza del piano medio di soletta.

$$M_{1-1} = -200 \text{ kN} \times \frac{0,90 \text{ m}}{2,59 \text{ m}} = -69,5 \text{ kNm/m}$$

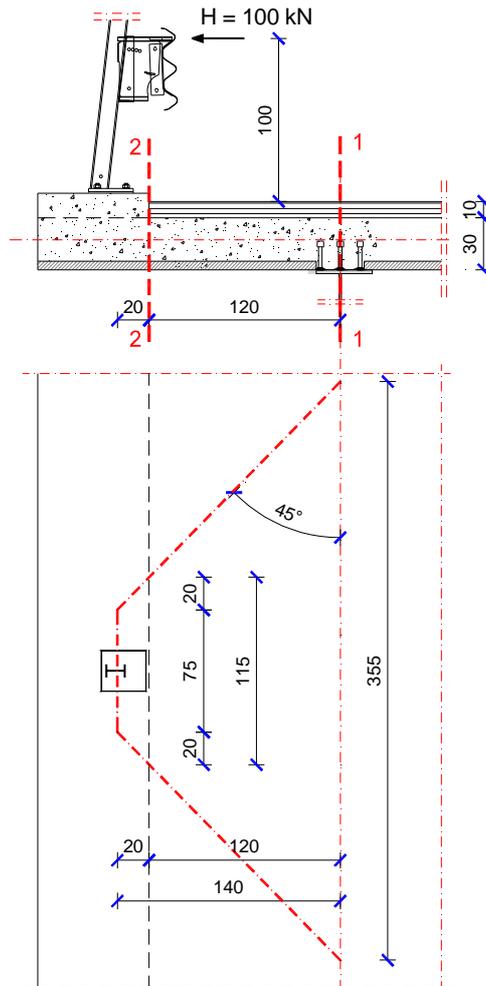
$$T_{1-1} = \frac{200 \text{ kN}}{2,59 \text{ m}} = 77,2 \text{ kN/m}$$



Sbalzo laterale: schema di carico n. 2 – disposizioni b

5.2.1.4URTO DI VEICOLO IN SVIO

Sezione in campata



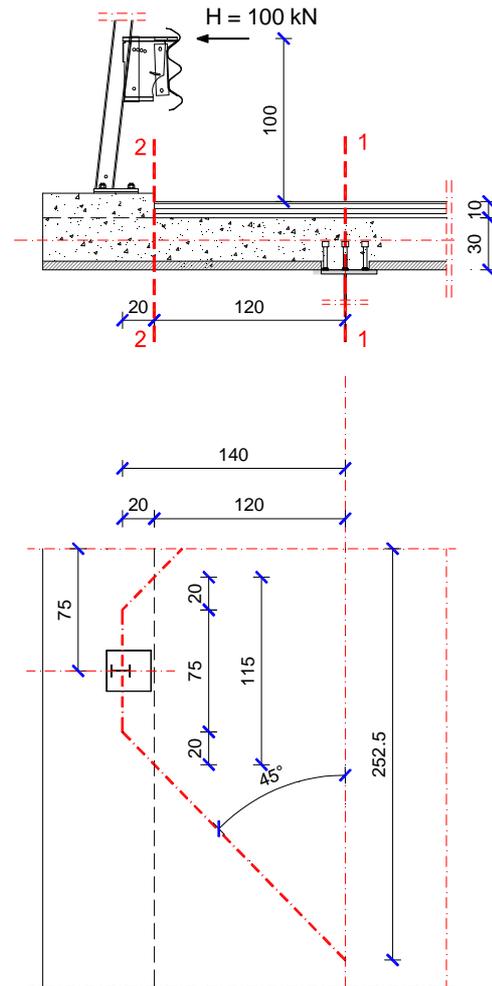
$$M_{1-1} = -100 \text{ kN} \times \frac{1,24 \text{ m}}{3,55 \text{ m}} = -34,9 \text{ kNm/m}$$

$$N_{1-1} = -28,2 \text{ kN/m}$$

$$M_{2-2} = -100 \text{ kN} \times \frac{1,24 \text{ m}}{1,15 \text{ m}} = -107,8 \text{ kNm/m}$$

$$N_{2-2} = -87 \text{ kN/m}$$

Sezione in zona di bordo impalcato



$$M_{1-1} = -100 \text{ kN} \times \frac{1,24 \text{ m}}{2,525 \text{ m}} = -49,1 \text{ kNm/m}$$

$$N_{1-1} = -39,6 \text{ kN/m}$$

$$M_{2-2} = -100 \text{ kN} \times \frac{1,24 \text{ m}}{1,15 \text{ m}} = -107,8 \text{ kNm/m}$$

$$N_{2-2} = -87 \text{ kN/m}$$

Sbalzo laterale: urto di veicolo sul sicurvia

5.3 VERIFICA DELLO SBALZO

5.3.1 VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE AGLI SLU

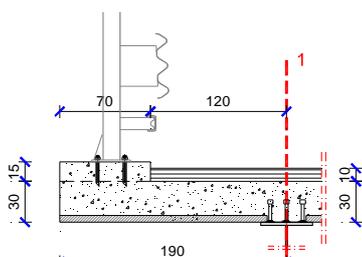
| Sbalzo soletta d'impalcato: Sezione 1 - 1 in asse alla trave calcestruzzo C 32/40 | m (kN×m/m) |
|--|---------------|
| a) P. p. soletta in c.a. | -15.1 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.5 |
| c ₁) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | -74.3 |
| c ₂) Carichi mobili variabili - Schema di carico 2 | -69.5 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| Comb. delle azioni di calcolo D.M. 17 Gennaio 20108 - S.L.U. Combinazione $E_d = \gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \gamma_i \times Q_{ki}$ | m _{Ed} (kN×m/m) |
|---|-----------------------------|
| Ed 1,35 a) + 1,5 b) + 1,35 c1) | -145.4 |

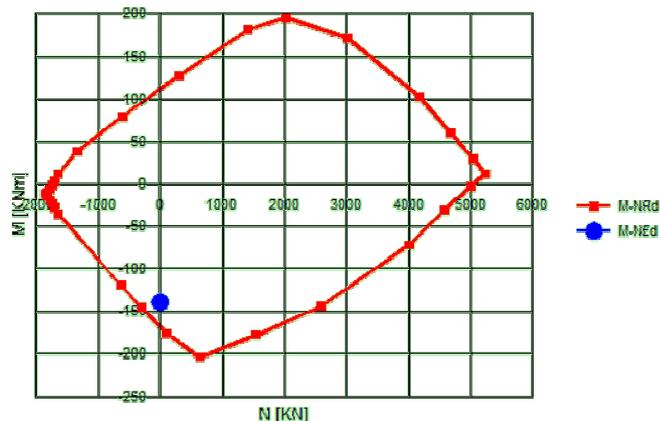
- Altezza della sezione resistente H = 24 cm
- Larghezza della sezione resistente b = 100 cm
- Armatura inferiore 1φ20/20 – acciaio B450C
- Profondità armatura inferiore 4 cm
- Armatura superiore 1φ20/10 –acciaio B450C
- Profondità armatura superiore 17 cm

NOTA: si trascura il contributo dell'armatura resistente nelle lastre cassero tipo predalles.



$$M_{Rd} = -174 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

$$FS = 1,20 > 1,0$$



5.3.2 VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

| Sbalzo soletta d'impalcato: Sezione 1 - 1 in asse alla trave calcestruzzo C 32/40 | v (kN/m) |
|--|-------------|
| a) P. p. soletta in c.a. | 15.1 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | 12.2 |
| c ₁) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | 74.3 |
| c ₂) Carichi mobili variabili - Schema di carico 2 | 77.2 |

| Comb. delle azioni di calcolo D.M. 14 Gennaio 2008 - S.L.U. Combinazione $E_d = \gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \gamma_i \times Q_{ki}$ | V _{Ed} (kN/m) |
|--|---------------------------|
| Ed 1,35 a) + 1,5 b) + 1,35 c ₂) | 142.9 |

Si considerano le staffe dei tralicci delle predelle quali idonee armature a taglio composte da staffe $\phi 12$ a due bracci a passo 20 cm.

Essendo:

- Altezza della sezione resistente H = 24 cm
- Larghezza della sezione resistente B = 100 cm
- Calcestruzzo in classe di resistenza C32/40
- Barre di armatura B450C
- Diametro staffe $\phi 12$
- Passo delle staffe 20 cm
- Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo $\theta = 45^\circ$
- Inclinazione delle staffe di armatura $\alpha = 70,7^\circ$

$$v_{Rd,st} = 0,9 \times 200 \times \frac{1,67 \times 4 \times 113}{200} \times 391,3 \times (0,331 + 1) \times 0,943 \cdot 10^{-3} = 333,7 \text{ kN}$$

$$FS = \frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} = \frac{333,7 \text{ kN}}{142,9 \text{ kN}} = 2,34 > 1,0$$

5.3.3 VERIFICA DI RESISTENZA A TENSO-FLESSIONE AGLI SLU

| Sbalzo soletta d'impalcato: Sezione 1 - 1 in asse alla trave calcestruzzo C 32/40 | Zona in campata | | Zona di bordo | |
|--|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| | n (kN/m) | m (kN×m/m) | n (kN/m) | m (kN×m/m) |
| a) P. p. soletta in c.a. | 0.0 | -15.1 | 0.0 | -15.1 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | 0.0 | -16.5 | 0.0 | -16.5 |
| c) Carichi mobili variabili: schema di carico 1 | 0.0 | -74.3 | 0.0 | -74.3 |
| e) Urto di veicolo in svio | -28.2 | -34.9 | -39.6 | -49.1 |

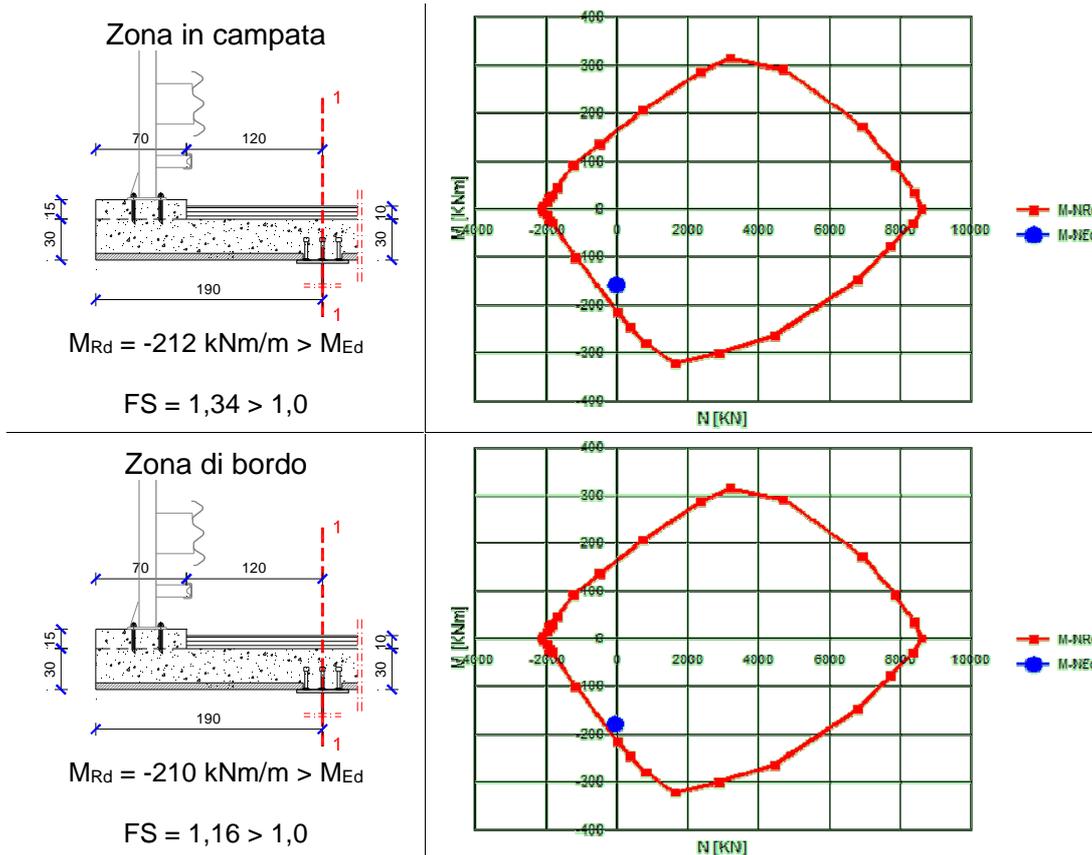
Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

Azioni assiale positive se di compressione

| Comb. delle azioni di calcolo D.M. 17 Gennaio 2018 - S.L.U. Combinazione $E_d = G_1 + G_2 + A_d + \Sigma(\psi_{21} \times Q_{ki})$ | n_{Ed} (kN/m) | m_{Ed} (kN×m/m) | n_{Ed} (kN/m) | m_{Ed} (kN×m/m) |
|---|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Ed 1,0 a) + 1,0 b) + 1,0 c) + 1,5 e) | -42.3 | -158.3 | -59.4 | -179.6 |

- Altezza della sezione resistente $H = 24 \text{ cm}$
- Larghezza della sezione resistente $b = 100 \text{ cm}$
- Armatura inferiore $1\phi 20/20$ – acciaio B450C
- Profondità armatura inferiore 4 cm
- Armatura superiore $1\phi 20/10$ – acciaio B450C
- Profondità armatura superiore 17 cm

NOTA: si trascura il contributo dell'armatura resistente nelle lastre cassero tipo predalles.



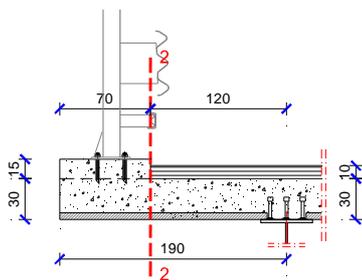
| Sbalzo soletta d'impalcato: Sezione 2 - 2 a filo cordolo calcestruzzo C 32/40 | n (kN/m) | m (kN×m/m) |
|--|-------------|---------------|
| a) P. p. soletta in c.a. | 0.0 | -2.4 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | 0.0 | -4.0 |
| e) Urto di veicolo in svio | -87.0 | -107.8 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

Azioni assiale positive se di compressione

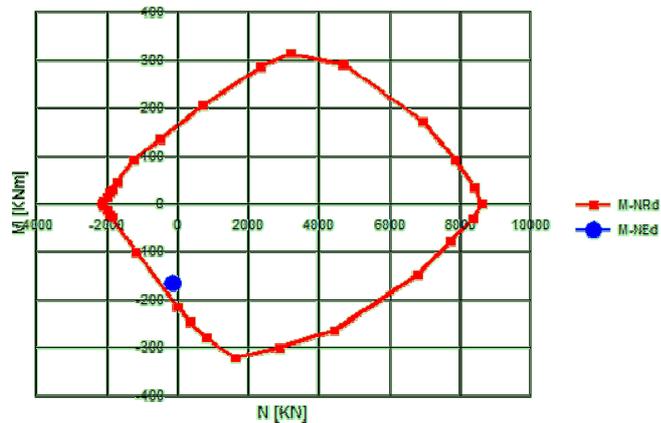
| Comb. delle azioni di calcolo D.M. 17 Gennaio 2018 - S.L.U. Combinazione $E_d = G_1 + G_2 + A_d + \Sigma(\psi_{2i} \times Q_{ki})$ | n_{Ed} (kN/m) | m_{Ed} (kN×m/m) |
|---|--------------------|----------------------|
| Ed 1,0 a) + 1,0 b) + 1,5 e) | -130.5 | -168.1 |

- Altezza della sezione resistente $H = 24 \text{ cm}$
- Larghezza della sezione resistente $b = 100 \text{ cm}$
- Armatura inferiore $1\phi 20/20$ – acciaio B450C
- Profondità armatura inferiore 4 cm
- Armatura superiore $1\phi 20/10$ – acciaio B450C
- Profondità armatura superiore 17 cm



$$M_{Rd} = -203 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

$$FS = 1,21 > 1,0$$



5.3.4 VERIFICA DELLE TENSIONI PER FLESSIONE AGLI SLE

| Sbalzo soletta d'impalcato: Sezione 1 - 1 in asse alla trave calcestruzzo C 32/40 | m (kN×m/m) |
|--|---------------|
| a) P. p. soletta in c.a. | -15.1 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.5 |
| c) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | -74.3 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

Comb. delle azioni di calcolo D.M. 17 Gennaio 2018 - Stati Limite di Esercizio

Comb. caratteristica (rara): $E_d = G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$

| Combinazione di calcolo | m _{Ed} (kN×m/m) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Ed 1,0 a) + 1,0 b) + 1,0 c) | -105.9 |

- Altezza della sezione resistente H = 24 cm
- Larghezza della sezione resistente b = 100 cm
- Armatura inferiore 1φ20/20 – acciaio B450C
- Profondità armatura inferiore 4 cm
- Armatura superiore 1φ20/10 – acciaio B450C
- Profondità armatura superiore 17 cm

⇒ Tensione di compressione nel cls:

$$\sigma_c = 12,9 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 22,41 \text{ N/mm}^2$$

⇒ Tensione nell'armatura tesa:

$$\sigma_s = -230,9 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,0 \text{ N/mm}^2$$

5.3.5 VERIFICHE A FESSURAZIONE AGLI SLE

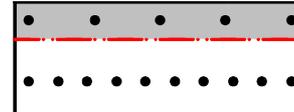
| Sbalzo soletta d'impalcato: Sezione 1 - 1 in asse alla trave calcestruzzo C 32/40 | m (kN×m/m) |
|--|---------------|
| a) P. p. soletta in c.a. | -15.1 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.5 |
| c) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | -74.3 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| D.M. 14 Gennaio 2008 - Combinazione statica agli S.L.E. Comb. frequente: $E_d = G_1 + G_2 + \psi_{1i} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{2i} \times Q_{ki})$ | m _{Ed} (kN×m/m) |
|---|-----------------------------|
| Ed 1,0 a) + 1,0 b) + 0,75 c) | -87.3 |

Verifica a fessurazione di solette in c.a. per ponti

| | | | |
|--|----------------------|-------------------|--|
| Larghezza sezione, b : | 100 | cm | |
| Altezza sezione, h: | 24 | cm | |
| Azione flettente sollecitante, M_{ed} : | 87.3 | kNm | <i>da inserire sempre con segno positivo</i> |
| | Armature inf. | | Armature sup. |
| Numero barre, n: | 10 | | 5 |
| Diametro equivalente barre, ϕ : | 20 | mm | 20 |
| Area armatura, A_f / A_f' : | 3142 | mm ² | 1571 |
| Copriferro all'asse delle armature, d: | 70 | mm | 40 |
| coeff. "m" di omogeneizzazione delle barre: | 15 | | |
| Tensione di compressione nel cls, σ_c : | 11.94 | N/mm ² | |
| Tensione di trazione nelle barre, σ_f : | -198.18 | N/mm ² | |
| Posizione dell'asse neutro, x: | 80.7 | mm | |
| Inerzia flessionale della sezione, J: | 59005.89 | cm ⁴ | |



Classe di resistenza del cls:

C32/40

| Rck N/mm ² | fck N/mm ² | fcm N/mm ² | Ecls N/mm ² | fcd N/mm ² | fctm N/mm ² | fctd N/mm ² |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 40 | 33.2 | 41.2 | 33643 | 18.81 | 3.10 | 1.45 |

| | | | |
|--|--------------|-------------------|--------------------------------|
| Modulo elastico dell'armatura, E_s : | 210000 | N/mm ² | |
| coeff. di omogeneizzazione acciaio/cls, a_e : | 6.24 | | |
| Altezza ricoprimento effettivo, $h_{c,eff}$: | 53.1 | mm | |
| Area efficace del cls teso, $A_{c,eff}$: | 53100 | mm ² | |
| Rapporto geometrico delle barre, ρ_{eff} : | 0.0592 | | |
| Fattore che dipende dalla durata del carico, k_1 : | 0.6 | | (carico di breve durata) |
| Fattore relativo alla qualità delle barre, k_2 : | 0.8 | | (barre ad aderenza migliorata) |
| Fattore relativo al tipo di carico, k_3 : | 0.5 | | (sezione soggetta a flessione) |
| Fattore k_4 : | 3.4 | | |
| Fattore k_5 : | 0.425 | | |
| Ricoprimento netto dell'armatura tesa, c: | 60 | mm | |
| Deformazione unitaria media delle barre, ϵ_{sm} : | 7.39E-04 | > | 5.66E-04 |
| Distanza massima tra le fessure, $\Delta_{s,max}$: | 261 | mm | |
| Valore di calcolo delle aperture delle fessure, w_d: | 0.193 | mm | |

5.4 ANALISI DI CALCOLO DELLA SOLETTA CON MODELLO BI-DIMENSIONALE

Nella presente sezione si espongono le verifiche in senso trasversale della soletta di impalcato in esercizio. In particolare, l'esame del comportamento statico è valutato in funzione dei carichi di progetto in accordo con quanto stabilito dalla normativa vigente di riferimento.

Ciò premesso, alle pagine seguenti si illustrano gli schemi di carico e i diagrammi di sollecitazione per:

- pesi propri
- sovraccarichi permanenti
- carichi mobili variabili
- variazione termica lineare nello spessore della soletta

5.4.1 PESO PROPRIO SOLETTA

peso soletta, sp. 24+6 cm = 7,50 kN/m²

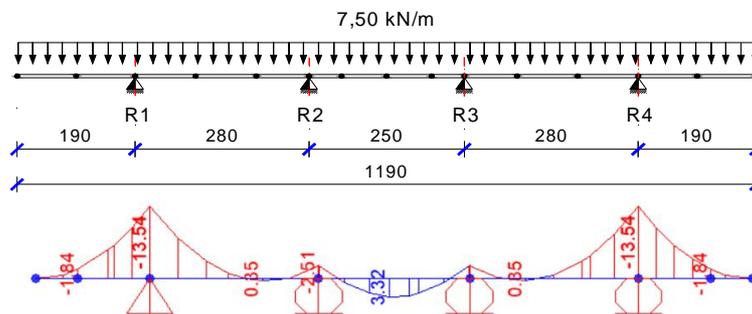


Diagramma del momento flettente per pesi propri (kNm/m)

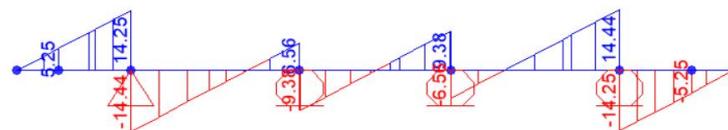


Diagramma del taglio per pesi propri (kN)

5.4.2 CARICHI PERMANENTI

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

- Velette di bordo (sp. 8 cm): = 2 x 0,80 kN/m
- Marciapiedi (sp. 15 cm): 0,15 m x 25,0 kN/m³ = 3,75 kN/m²
- Barriere sicurvia: = 2 x 1,50 kN/m
- Reti di protezione e parapetti: = 2 x 4,00 kN/m
- Tubazioni e impianti di evacuazione: = 2 x 0,50 kN/m
- Pavimentazione, sp. 10 cm: = 3,00 kN/m²

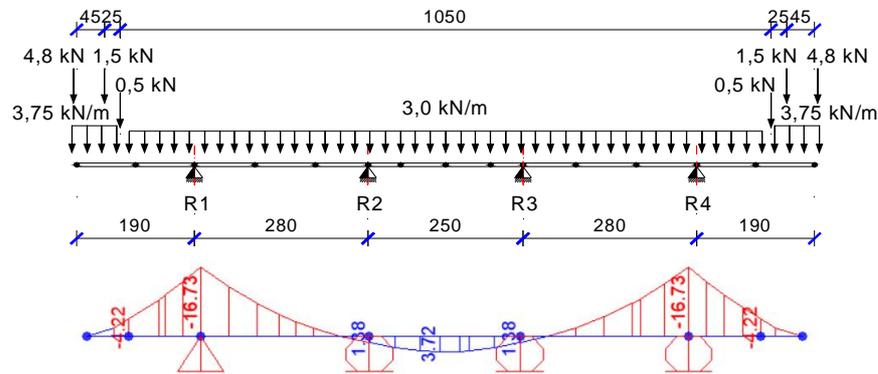


Diagramma del momento flettente per carichi permanenti (kNm)

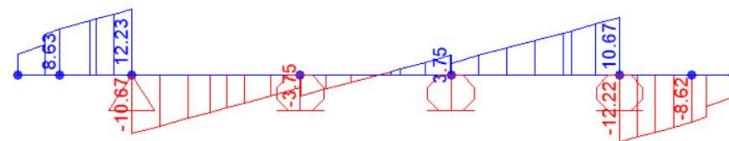


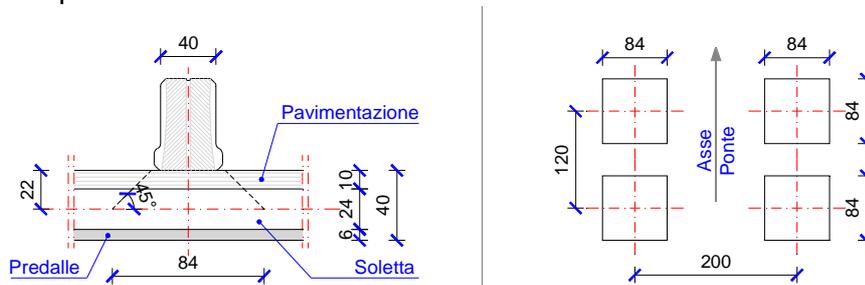
Diagramma del taglio per carichi permanenti (kN)

5.4.3 CARICHI MOBILI VARIABILI

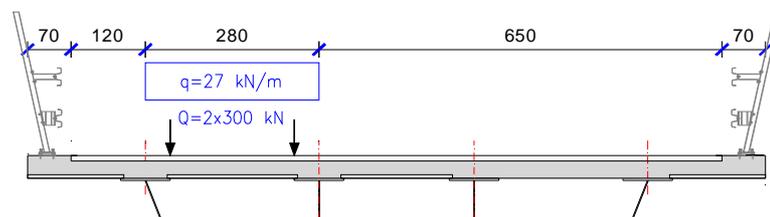
Ai fini delle analisi locali della soletta, come già svolto per lo sbalzo analizzato in precedenza, si sono considerati i carichi previsti al §5.1.3.3.3 del D.M. 17.01.2018 e di seguito illustrati.

5.4.3.1 CARICHI MOBILI VARIABILI – SCHEMA DI CARICO N. 1

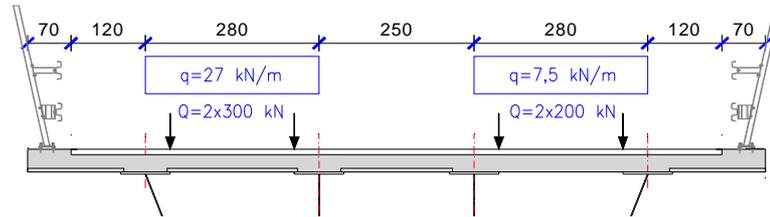
Si considerano le impronte di carico su due assi in tandem (carichi Q_{ik}) relativi alla corsia maggiormente carica (corsia n. 1), applicate su impronte quadrate da 0,40 m di lato (150 kN/impronta comprensivi degli effetti dinamici). Effettuando una diffusione a 45° nello spessore della pavimentazione fino a metà spessore della soletta, le impronte di carico assumono dimensioni di 84 cm x 84 cm.



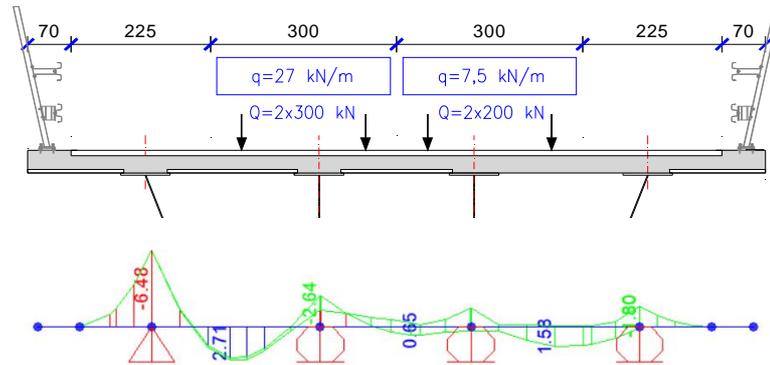
- Disposizione 1A



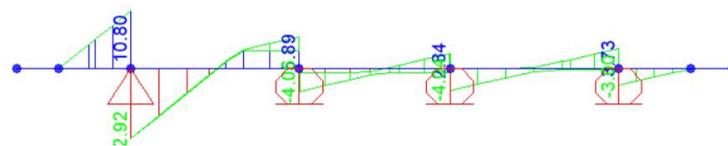
- Disposizione 1B



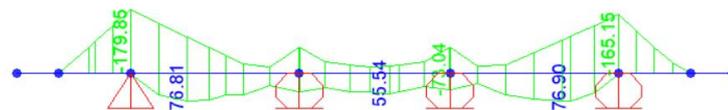
- Disposizione 1C



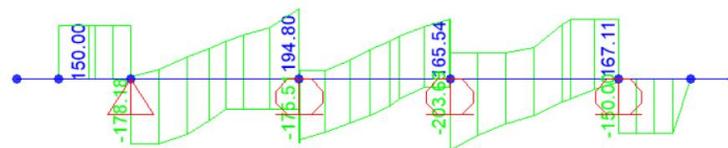
Inviluppo del diagramma del momento flettente per carichi distribuiti q_{ik} (kNm)



Inviluppo del diagramma del taglio per carichi distribuiti q_{ik} (kN)



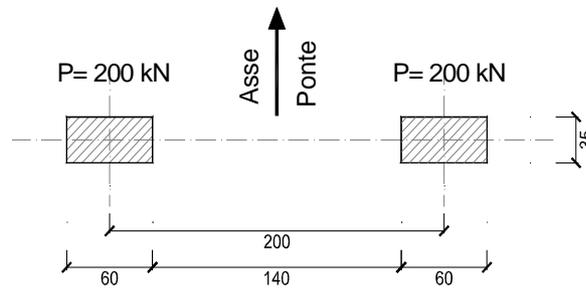
Inviluppo del diagramma del momento flettente per carichi tandem Q_{ik} (kNm)



Inviluppo del diagramma del taglio per carichi tandem Q_{ik} (kN)

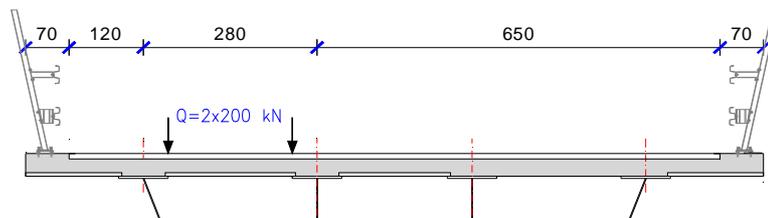
5.4.3.2 CARICHI MOBILI VARIABILI – SCHEMA DI CARICO N. 2

Lo schema di carico è costituito da un singolo asse applicato con due impronte da 200 kN/cad di forma rettangolare, da 35 cm di larghezza e 60 cm di lunghezza.

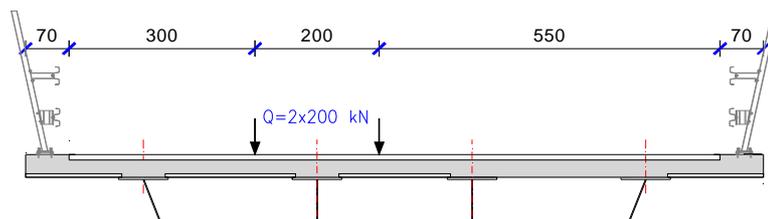


Effettuando la diffusione a 45° nello spessore del manto stradale e della soletta, le impronte di carico assumono dimensioni 79 cm x 104 cm, in corrispondenza del piano medio di soletta.

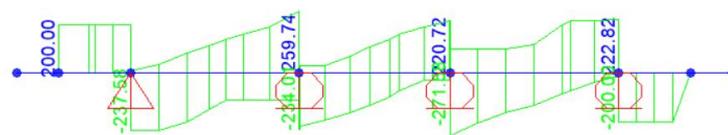
- Disposizione 2A



- Disposizione 2B



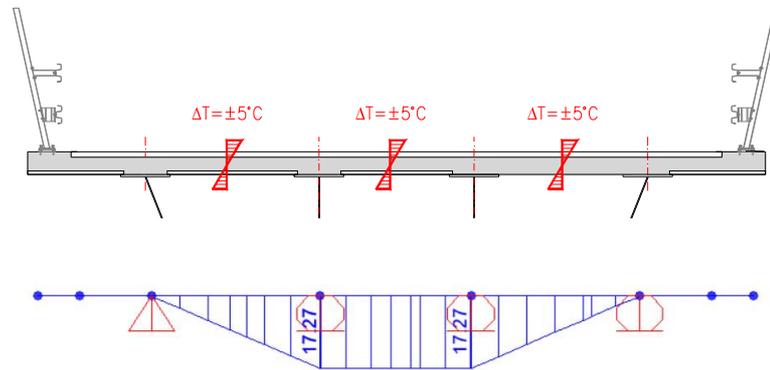
Inviluppo del diagramma del momento flettente per schema di carico 2 (kNm)



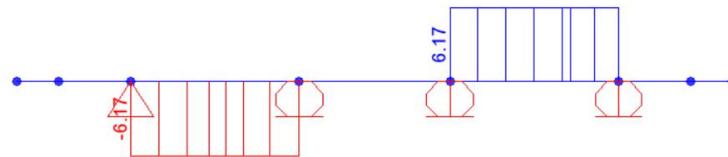
Inviluppo del diagramma del taglio per schema di carico 2 (kN)

5.4.4 VARIAZIONE TERMICA LINEARE IN SOLETTA

Si tiene conto di un gradiente termico pari a $\pm 5^\circ$ sullo spessore della soletta.



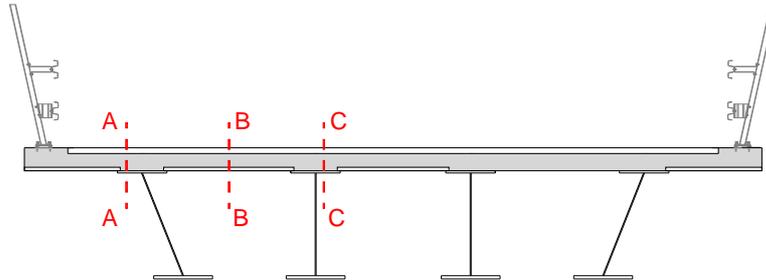
Inviluppo del diagramma del momento flettente per variazione termica in soletta (kNm)



Inviluppo del diagramma del taglio per variazione termica in soletta (kN)

5.5 SINTESI TABULARE

Con riferimento alle sezioni indicate al seguente schema, si riporta la sintesi tabulare delle azioni in esercizio.



Le caratteristiche di sollecitazione indotte dai carichi mobili variabili vengono distribuite su una larghezza collaborante b_{eff} pari all'ingombro longitudinale diffuso degli assi in tandem, o delle singole impronte di carico, più la distanza tra gli assi tandem e gli assi delle travi principali per ciascun lato, ovvero:

- Schema di carico n. 1: $1,20\text{ m} + 0,84\text{ m} + 2 \times 1,40\text{ m} = 4,84\text{ m}$
- Schema di carico n. 2: $0,79\text{ m} + 2 \times 1,40\text{ m} = 3,59\text{ m}$

| Condizione di carico | | Momento flettente M (kNm) | | | Taglio V (kN) | |
|----------------------|---|---------------------------|--------|--------|---------------|--------|
| | | Sez. A | Sez. B | Sez. C | Sez. A | Sez. C |
| a) | Peso proprio soletta | -13.5 | 0.0 | -2.5 | 14.5 | 6.6 |
| b) | Sovracc. Permanenti | -16.8 | 0.0 | 0.0 | 12.2 | 0.0 |
| a)+b) | | -30.3 | 0.0 | -2.5 | 26.7 | 6.6 |
| c1) | Inv. Schema di carico 1 (Tandem) | -359.8 | 153.6 | -150.2 | 356.0 | 389.6 |
| | Inv. Schema di carico 1/ $b_{eff,1}$ | -74.3 | 31.7 | -31.0 | 73.6 | 80.5 |
| c2) | Inv. carichi distribuiti q_{ik} | -6.5 | 2.7 | -2.8 | 10.8 | 6.9 |
| d) | Schema di carico 2 (Disp. A) | -239.8 | 102.4 | -93.4 | 237.6 | 259.7 |
| | Schema di carico 2 (Disp. A)/ $b_{eff,2}$ | -66.8 | 28.5 | -26.0 | 66.2 | 72.3 |
| e) | Variazione termica lineare (+5°) | 0.0 | 8.7 | -17.3 | 6.2 | 6.2 |
| Totale | ΣM | -111.1 | 38.8 | -37.2 | | |
| Totale | ΣV | | | | 114.2 | 97.1 |

5.6 VERIFICHE

5.6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA A FLESSIONE AGLI SLU

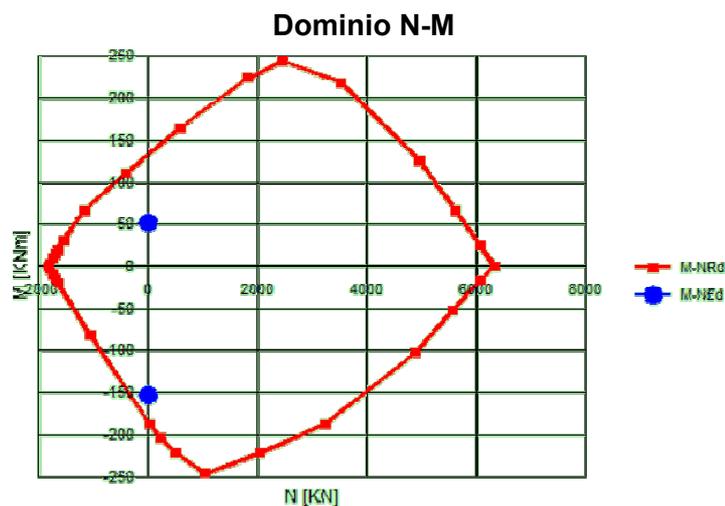
| | Sez. A-A | Sez. B-B |
|---|----------|----------|
| Verifica locale soletta | m | m |
| calcestruzzo C 32/40 | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| a) P. p. soletta in c.a. | -13.5 | 0.0 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.8 | 0.0 |
| d) Carichi mobili variabili - Schema di carico 2 | -80.8 | 34.4 |
| e) Variazione termica lineare | 0.0 | 8.7 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| D.M. 17 Gennaio 2018 - Cobinazione statica agli S.L.U. | m_{Ed} | m_{Ed} |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Combinazione $E_d = \gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \gamma_i \times Q_{ki}$ | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| Ed 1,35 a) + 1,5 b) + 1,35 d) + 0,72 e) | -152.5 | 52.7 |

- Altezza della sezione resistente H = 24 cm
- Larghezza della sezione resistente b = 100 cm
- Armatura inferiore 1φ20/20 – acciaio B450C
- Profondità armatura inferiore 4 cm
- Armatura superiore 1φ20/10 –acciaio B450C
- Profondità armatura superiore 17 cm

NOTA: si trascura il contributo dell'armatura resistente nelle lastre cassero tipo predalles.



$$M_{Rd}(\text{sez A-A e C-C}) = -186 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd}(\text{sez B-B}) = 134 \text{ kNm}$$

I punti di sollecitazione sono all'interno del dominio resistente della sezione.

Si ripete la verifica nelle zone di bordo della soletta considerando un coefficiente di amplificazione dinamico dei carichi accidentali per tenere conto della discontinuità della soletta in prossimità del giunto di dilatazione di impalcato.

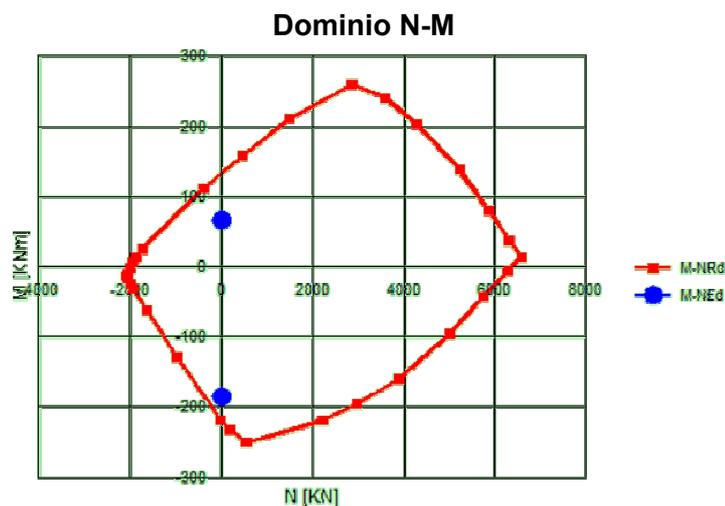
| | Sez. A-A | Sez. B-B |
|---|-----------------|-----------------|
| Verifica locale soletta in zona di bordo | m | m |
| calcestruzzo C 32/40 | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| a) P. p. soletta in c.a. | -13.5 | 0.0 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.8 | 0.0 |
| d) Carichi mobili variabili - Schema di carico 2 | -80.8 | 34.4 |
| e) Variazione termica lineare | 0.0 | 8.7 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| D.M. 17 Gennaio 2018 - Cobinazione statica agli S.L.U. | m_{Ed} | m_{Ed} |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Combinazione $E_d = \gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \gamma_i \times Q_{ki}$ | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| Ed 1,35 a) + 1,5 b) + 1,3 x 1,35 d) + 0,72 e) | -185.2 | 66.6 |

- Altezza della sezione resistente H = 24 cm
- Larghezza della sezione resistente b = 100 cm
- Armatura inferiore 1φ20/20 – acciaio B450C
- Profondità armatura inferiore 4 cm
- Armatura superiore 1φ22/10 –acciaio B450C
- Profondità armatura superiore 17 cm

NOTA: si trascura il contributo dell'armatura resistente nelle lastre cassero tipo predalles.



$M_{Rd}(\text{sez A-A e C-C}) = -220 \text{ kNm}$

$M_{Rd}(\text{sez B-B}) = 134 \text{ kNm}$

5.6.2 VERIFICHE DI RESISTENZA A TAGLIO AGLI SLU

| | Sez. A-A | Sez. C-C |
|---|--------------------|--------------------|
| Verifica locale soletta calcestruzzo C 32/40 | v (kN/m) | v (kN/m) |
| a) P. p. soletta in c.a. | 14.5 | 6.6 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | 12.2 | 0.0 |
| c) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | 84.4 | 87.4 |
| e) Variazione termica lineare | 6.2 | 6.2 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| D.M. 17 Gennaio 2018 - Cobinazione statica agli S.L.U. Combinazione $E_d = \gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \gamma_i \times Q_{ki}$ | V_{Ed} (kN/m) | V_{Ed} (kN/m) |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Ed 1,35 a) + 1,5 b) + 1,35 c) + 0,72 e) | 156.3 | 131.4 |

Si considerano le staffe dei tralicci delle predelle quali idonee armature a taglio composte da staffe $\phi 12$ a due bracci a passo 20 cm.

Essendo:

- Altezza della sezione resistente H = 24 cm
- Larghezza della sezione resistente B = 100 cm
- Calcestruzzo in classe di resistenza C32/40
- Barre di armatura B450C
- Diametro staffe $\phi 12$
- Passo delle staffe 20 cm
- Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo $\theta = 45^\circ$
- Inclinazione delle staffe di armatura $\alpha = 70,7^\circ$

$$V_{Rd,st} = 0,9 \times 200 \times \frac{1,67 \times 4 \times 113}{200} \times 391,3 \times (0,331 + 1) \times 0,943 \cdot 10^{-3} = 333,7 \text{ kN}$$

$$FS = \frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} = \frac{333,7 \text{ kN}}{156,3 \text{ kN}} = 2,14 > 1,0$$

La verifica appare soddisfatta anche per le zone di bordo dove si tiene conto dell'incremento dinamico dei carichi mobili per effetto della discontinuità della soletta in zona di giunto.

5.6.3 VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE

| | Sez. A-A | Sez. B-B |
|---|-----------------|-----------------|
| Verifica locale soletta | m | m |
| calcestruzzo C 32/40 | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| a) P. p. soletta in c.a. | -13.5 | 0.0 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.8 | 0.0 |
| c) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | -80.8 | 34.4 |
| e) Variazione termica lineare | 0.0 | 8.7 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| D.M. 17 Gennaio 2018 - Cobinazione statica agli S.L.E. | m_{Ed} | m_{Ed} |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Comb. caratteristica (rara): $E_d = G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| Ed 1,0 a) + 1,0 b) + 1,0 c) + 0,6 e) | -111.1 | 39.6 |

- Altezza della sezione resistente H = 24 cm
- Larghezza della sezione resistente b = 100 cm
- Armatura inferiore 1φ20/20 – acciaio B450C
- Profondità armatura inferiore 10 cm
- Armatura superiore 1φ20/10 – acciaio B450C
- Profondità armatura superiore 17 cm

Sez. A-A

⇒ Tensione di compressione nel cls:

$$\sigma_c = 13,5 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 22,41 \text{ N/mm}^2$$

⇒ Tensione nell'armatura tesa:

$$\sigma_s = -242,2 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,0 \text{ N/mm}^2$$

Sez. B-B

⇒ Tensione di compressione nel cls:

$$\sigma_c = 4,8 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 22,41 \text{ N/mm}^2$$

⇒ Tensione nell'armatura tesa:

$$\sigma_s = -133 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,0 \text{ N/mm}^2$$

Infine nella zona di bordo dell'impalcato si registrano le seguenti tensioni.

| | Sez. A-A | Sez. B-B |
|---|-----------------|-----------------|
| Verifica locale soletta in zona di bordo | m | m |
| calcestruzzo C 32/40 | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| a) P. p. soletta in c.a. | -13.5 | 0.0 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.8 | 0.0 |
| c) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | -80.8 | 34.4 |
| e) Variazione termica lineare | 0.0 | 8.7 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| D.M. 17 Gennaio 2018 - Cobinazione statica agli S.L.E. | m_{Ed} | m_{Ed} |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Comb. caratteristica (rara): $E_d = G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| Ed 1,0 a) + 1,0 b) + 1,3 x 1,0 c) + 0,6 e) | -135.3 | 49.9 |

Sez. A-A

⇒ Tensione di compressione nel cls:

$$\sigma_c = 15,7 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 22,41 \text{ N/mm}^2$$

⇒ Tensione nell'armatura tesa:

$$\sigma_s = -246,2 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,0 \text{ N/mm}^2$$

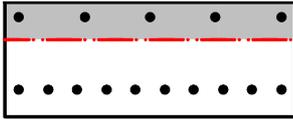
5.6.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE AGLI SLE

| | Sez. A-A | Sez. B-B |
|---|-----------------|-----------------|
| Verifica locale soletta | m | m |
| calcestruzzo C 32/40 | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| a) P. p. soletta in c.a. | -13.5 | 0.0 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.8 | 0.0 |
| c) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | -80.8 | 34.4 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| D.M. 17 Gennaio 2018 - Cobinazione statica agli S.L.E. | m_{Ed} | m_{Ed} |
|--|-----------------------|-----------------------|
| Comb. frequente: $E_d = G_1 + G_2 + \psi_{1i} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{2i} \times Q_{ki})$ | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| Ed 1,0 a) + 1,0 b) + 0,75 c) | -90.9 | 25.8 |

Sez. A-A

| Verifica a fessurazione di solette in c.a. per ponti | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----|------|------|-------|-------|------|------|--|
| Larghezza sezione, b : | 100 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Altezza sezione, h: | 30 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azione flettente sollecitante, M _{ed} : | 90.9 | kNm <i>da inserire sempre con segno positivo</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Armature inf. Armature sup. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Numero barre, n: | 10 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diametro equivalente barre, φ: | 20 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Area armatura, Af / Af': | 3142 | 1571 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Copriferro all'asse delle armature, d: | 70 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| coeff. "m" di omogeneizzazione delle barre: | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tensione di compressione nel cls, σ _c : | 7.36 | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tensione di trazione nelle barre, σ _f : | -147.90 | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Posizione dell'asse neutro, x: | 98.3 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inerzia flessionale della sezione, J: | 121418 | cm ⁴ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Classe di resistenza del cls: | C32/40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Rck</th> <th>fck</th> <th>fc_m</th> <th>E_{cls}</th> <th>f_{cd}</th> <th>f_{ctm}</th> <th>f_{ctd}</th> </tr> <tr> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>33.2</td> <td>41.2</td> <td>33643</td> <td>18.81</td> <td>3.10</td> <td>1.45</td> </tr> </tbody> </table> | Rck | fck | fc _m | E _{cls} | f _{cd} | f _{ctm} | f _{ctd} | N/mm ² | 40 | 33.2 | 41.2 | 33643 | 18.81 | 3.10 | 1.45 | |
| Rck | fck | fc _m | E _{cls} | f _{cd} | f _{ctm} | f _{ctd} | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 33.2 | 41.2 | 33643 | 18.81 | 3.10 | 1.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modulo elastico dell'armatura, E _s : | 210000 | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| coeff. di omogeneizzazione acciaio/cls, α _e : | 6.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Altezza ricoprimento effettiv, h _{c,eff} : | 67.2 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Area efficace del cls teso, A _{c,eff} : | 67200 | mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rapporto geometrico delle barre, ρ _{eff} : | 0.0468 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore che dipende dalla durata del carico, k ₁ : | 0.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore relativo alla qualità delle barre, k ₂ : | 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore relativo al tipo di carico, k ₃ : | 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore k ₃ : | 3.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore k ₄ : | 0.425 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ricoprimento netto dell'armatura tesa, c: | 60 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deformazione unitaria media delle barre, ε _{sm} : | 4.60E-04 | > 4.23E-04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distanza massima tra le fessure, Δ _{s,max} : | 277 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valore di calcolo delle aperture delle fessure, w_d: | 0.127 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | Sez. A-A | Sez. B-B |
|---|----------|----------|
| Verifica locale soletta | m | m |
| calcestruzzo C 32/40 | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| a) P. p. soletta in c.a. | -13.5 | 0.0 |
| b) Sovraccarichi permanenti non strutturali | -16.8 | 0.0 |
| c) Carichi mobili variabili - Schema di carico 1 | -80.8 | 34.4 |

Momenti flettenti positivi se tendono le fibre d'intradosso

| D.M. 17 Gennaio 2018 - Cobinazione statica agli S.L.E. | m_{Ed} | m_{Ed} |
|--|----------|----------|
| Comb. frequente: $E_d = G_1 + G_2 + \psi_{1i} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{2i} \times Q_{ki})$ | (kN×m/m) | (kN×m/m) |
| Ed 1,0 a) + 1,0 b) + 1,3 x 0,75 c) | -109.1 | 33.5 |

Sez. A-A

| Verifica a fessurazione di solette in c.a. per ponti | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----|------|------|-------|-------|------|------|
| Larghezza sezione, b : | 100 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Altezza sezione, h: | 30 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azione flettente sollecitante, M_{ed} : | 109.1 | kNm <i>da inserire sempre con segno positivo</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Armature inf. Armature sup. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Numero barre, n: | 10 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diametro equivalente barre, ϕ : | 22 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Area armatura, A_f / A_f' : | 3801 | 1571 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Copriferro all'asse delle armature, d: | 70 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| coeff. "m" di omogeneizzazione delle barre: | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tensione di compressione nel cls, σ_c : | 8.36 | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tensione di trazione nelle barre, σ_f : | -148.16 | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Posizione dell'asse neutro, x: | 105.4 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inerzia flessionale della sezione, J: | 137626 | cm ⁴ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Classe di resistenza del cls:</div> <div style="margin-left: 10px;">C32/40</div> <div style="margin-left: 10px;">▼</div> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Rck</th> <th>fck</th> <th>fc_m</th> <th>E_{cls}</th> <th>fcd</th> <th>ft_m</th> <th>ft_d</th> </tr> <tr> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> <th>N/mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">40</td> <td style="text-align: center;">33.2</td> <td style="text-align: center;">41.2</td> <td style="text-align: center;">33643</td> <td style="text-align: center;">18.81</td> <td style="text-align: center;">3.10</td> <td style="text-align: center;">1.45</td> </tr> </tbody> </table> | | | Rck | fck | fc _m | E _{cls} | fcd | ft _m | ft _d | N/mm ² | 40 | 33.2 | 41.2 | 33643 | 18.81 | 3.10 | 1.45 |
| Rck | fck | fc _m | E _{cls} | fcd | ft _m | ft _d | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 33.2 | 41.2 | 33643 | 18.81 | 3.10 | 1.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modulo elastico dell'armatura, E_s : | 210000 | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| coeff. di omogeneizzazione acciaio/cls, a_e : | 6.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Altezza ricoprimento effettivo, $h_{c,eff}$: | 64.9 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Area efficace del cls teso, $A_{c,eff}$: | 64900 | mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rapporto geometrico delle barre, ρ_{eff} : | 0.0586 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore che dipende dalla durata del carico, k_1 : | 0.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore relativo alla qualità delle barre, k_2 : | 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore relativo al tipo di carico, k_3 : | 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore k_4 : | 3.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fattore k_5 : | 0.425 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ricoprimento netto dell'armatura tesa, c: | 59 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deformazione unitaria media delle barre, ϵ_{sm} : | 4.99E-04 | > 4.23E-04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distanza massima tra le fessure, $\Delta_{s,max}$: | 264 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valore di calcolo delle aperture delle fessure, w_d: | 0.132 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(carico di breve durata)

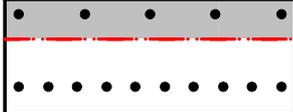
▼

(barre ad aderenza migliorata)

▼

(sezione soggetta a flessione)

▼



6. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE STRUTTURE DI IMPALCATO

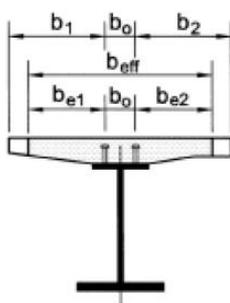
Travi e traversi in acciaio da carpenteria S355

Soletta in c.a.: calcestruzzo in classe di resistenza C32/40

6.1 DEFINIZIONE DELLA LARGHEZZA DI SOLETTA COLLABORANTE

La larghezza della soletta collaborante con le travi principali longitudinali in acciaio viene definita secondo le indicazioni dell'Eurocodice 4 “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti” (UNI EN 1994-2).

La larghezza collaborante di soletta b_{eff} è definita in generale dalla seguente espressione: $b_{eff} = b_o + b_{e1} + b_{e2}$



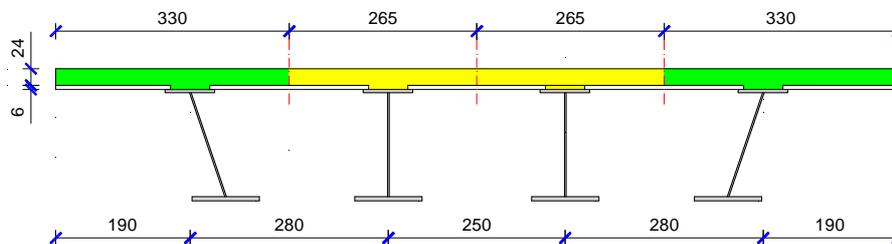
- b_o è la larghezza direttamente impegnata dai connettori (pioli);
- b_{e1} e b_{e2} sono le larghezze efficaci da ciascun lato della trave in acciaio, comunque inferiori o al limite uguali alla semi-larghezza trasversale b_i tra le travi e il filo esterno (veletta di bordo).

Per le larghezze efficaci della soletta da ciascun lato della trave si assume che:

$$b_{ei} = \min\left(\frac{L_e}{8}, b_i\right)$$

La lunghezza L_e nelle campate in continuità è assunta facendo riferimento a quanto indicato dalle norme tecniche di settore (DM 17.01.2018 e UNI EN 1994-2) e di seguito riportato.

In sintesi, per le travi di bordo si assume una larghezza di soletta collaborante pari a 330 cm mentre per le travi intermedie si considera una larghezza di soletta collaborante pari a 265 cm.



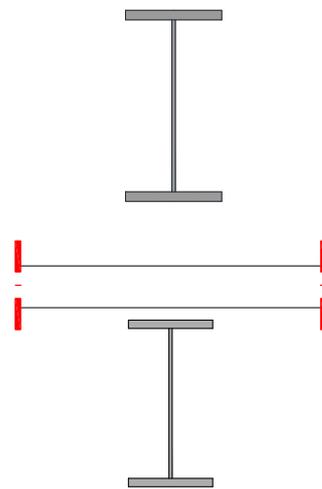
6.1.1 COEFFICIENTI DI OMOGENEIZZAZIONE

Nella definizione delle caratteristiche resistenti delle strutture miste d'impalcato (travi in acciaio con soletta collaborante) si adotteranno i seguenti coefficienti di omogeneizzazione del calcestruzzo di soletta nelle varie fasi di calcolo:

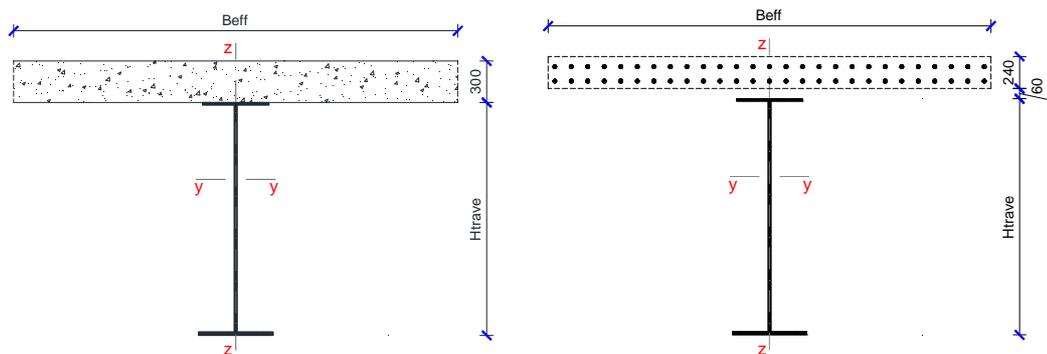
| | | | |
|--|----------------|-------------------------------|--|
| - Modulo elastico normale istantaneo | $E_{c0} =$ | 33643 N/mm ² | $n = \frac{E_{acciaio}}{E_{c0}} = 6,2$ |
| - Modulo elastico tangenziale istantaneo | $G_{c0} =$ | 14018 N/mm ² | |
| - Modulo elastico normale a tempo $t_{0,perm}$ | $E_{c,perm} =$ | 11347 N/mm ² | $n = \frac{E_{acciaio}}{E_{c,perm}} = 18,5$ |
| - Modulo elastico tangenziale a tempo $t_{0,perm}$ | $G_{c,perm} =$ | 4728 N/mm ² | |
| - Modulo elastico normale a tempo $t_{0,rit}$ | $E_{c,rit} =$ | 11894 N/mm ² | $n = \frac{E_{acciaio}}{E_{c,ritto}} = 17,7$ |
| - Modulo elastico tangenziale a tempo $t_{0,rit}$ | $G_{c,rit} =$ | 4956 N/mm ² | |

In sede di analisi e verifica delle travi d'impalcato si sono considerate le caratteristiche sezionali associate alle varie fasi di evoluzione della struttura, ovvero:

- sezioni resistenti costituite dalle sole **travi in acciaio** nella fase di costruzione in cui le travi sono soggette al loro peso, al peso delle lastre cassero e del getto in opera di calcestruzzo fluido non collaborante.
- sezioni costituite dalle travi in acciaio più la pertinente fascia di soletta collaborante assunte come sezioni resistenti per le fasi successive al getto ed alla presa della soletta.



6.1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVI PRINCIPALI LONGITUDINALI



Nella sezione che segue si riportano in forma tabulare le principali caratteristiche geometriche delle sezioni resistenti delle travi principali sia con riferimento alla sola sezione metallica (Fase I – n=0) sia con riferimento alla sezione accoppiata acciaio-clc (Fasi II – III e IV). In particolare saranno riportati i valori di: area della sezione (**A**); posizione del baricentro rispetto la fibra inferiore (g_z); momento principale di inerzia rispetto l'asse orizzontale y-y (I_{yy}); modulo di resistenza a flessione rispettivamente per le fibre inferiori della trave metallica ($W_{y,feinf}$), per le fibre superiori della trave metallica ($W_{y,fesup}$), per le fibre di intradosso del getto di soletta in opera ($W_{y,so11}$), per le fibre di



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

estradosso della soletta gettata in opera ($W_{y,soi2}$); costante torsionale (I_t), per le armature longitudinali in soletta ($W_{y,arm1}$ per lo strato inferiore e $W_{y,arm2}$ per lo strato superiore).

Travi di bordo

| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C4fess | C5 | C7 | C7fess | C8 | C9 | C9fess |
|----------------------|-----------------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Htrave | mm | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 |
| sp. anima | mm | 20 | 18 | 16 | 18 | 18 | 22 | 20 | 20 | 18 | 18 | 18 |
| Lala sup. | mm | 850 | 950 | 950 | 950 | 950 | 1150 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| sp. ala | mm | 40 | 50 | 50 | 55 | 55 | 65 | 55 | 55 | 40 | 40 | 40 |
| Lala inf. | mm | 950 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1250 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 |
| sp. ala | mm | 50 | 60 | 60 | 55 | 55 | 75 | 50 | 50 | 40 | 40 | 40 |
| h anima | mm | 1260 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1210 | 1245 | 1245 | 1270 | 1270 | 1270 |
| Area | cm ² | 1067 | 1328.2 | 1303.4 | 1323.2 | 1323.2 | 1951.2 | 1296.5 | 1296.5 | 1028.6 | 1028.6 | 1028.6 |
| Area,w | cm ² | 252 | 223.2 | 198.4 | 223.2 | 223.2 | 266.2 | 249 | 249 | 228.6 | 228.6 | 228.6 |
| Y _{g,inf} | cm | 59.6 | 60.2 | 60.1 | 64.8 | 64.8 | 61.6 | 67.2 | 67.2 | 65 | 65 | 65 |
| Y _{g,sup} | cm | 75.4 | 74.8 | 74.9 | 70.2 | 70.2 | 73.4 | 67.8 | 67.8 | 70 | 70 | 70 |
| I _y | cm ⁴ | 3733085 | 4846675 | 4813373 | 4891001 | 4891001 | 7158639 | 4732699 | 4732699 | 3733853 | 3733853 | 3733853 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 62636 | 80510 | 80089 | 75478 | 75478 | 116212 | 70427 | 70427 | 57444 | 57444 | 57444 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 49510 | 64795 | 64264 | 69672 | 69672 | 97529 | 69804 | 69804 | 53341 | 53341 | 53341 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| Ct | cm ⁴ | 5856 | 11579 | 11561 | 11152 | 11152 | 28213 | 9727 | 9727 | 4328 | 4328 | 4328 |
| n = 18.51 | | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1495 | 1756 | 1731 | 1751 | 1530 | 2158 | 1724 | 1504 | 1456 | 1456 | 1236 |
| Area,w | cm ² | 252 | 223.2 | 198.4 | 223.2 | 223.2 | 266.2 | 249 | 249 | 228.6 | 228.6 | 228.6 |
| Y _{g,inf} | cm | 86.3 | 82.8 | 83.1 | 86.4 | 76.5 | 70.2 | 88.5 | 78.8 | 90.8 | 90.8 | 79.5 |
| Y _{g,sup} | cm | 78.7 | 82.2 | 81.9 | 78.6 | 88.5 | 94.8 | 76.5 | 86.2 | 74.2 | 74.2 | 85.5 |
| I _y | cm ⁴ | 6417854 | 7654198 | 7614020 | 7426764 | 6246614 | 8681498 | 7121521 | 6011235 | 6094455 | 6094455 | 5033204 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 74367 | 92442 | 91625 | 85958 | 81655 | 123668 | 80469 | 76285 | 67120 | 67120 | 63311 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 131783 | 146632 | 146706 | 152814 | 106780 | 133974 | 153151 | 106961 | 137884 | 137884 | 90688 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 2171745 | 2434351 | 2434119 | 2517755 | 91191 | 116063 | 2510845 | 90804 | 2247179 | 2247179 | 76843 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1509460 | 1723591 | 1720824 | 1748975 | 76646 | 98878 | 1723129 | 75899 | 1520328 | 1520328 | 64117 |
| Ct | cm ⁴ | 28539 | 30037 | 29909 | 28497 | 15543 | 16849 | 27598 | 15066 | 26614 | 26614 | 14921 |
| n = 17.66 | | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1515 | 1777 | 1752 | 1772 | 1530 | 2158 | 1745 | 1504 | 1477 | 1477 | 1236 |
| Area,w | cm ² | 252 | 223.2 | 198.4 | 223.2 | 223.2 | 266.2 | 249 | 249 | 228.6 | 228.6 | 228.6 |
| Y _{g,inf} | cm | 87.2 | 83.7 | 83.9 | 87.1 | 76.5 | 70.2 | 89.3 | 78.8 | 91.7 | 91.7 | 79.5 |
| Y _{g,sup} | cm | 77.8 | 81.3 | 81.1 | 77.9 | 88.5 | 94.8 | 75.7 | 86.2 | 73.3 | 73.3 | 85.5 |
| I _y | cm ⁴ | 6509128 | 7755478 | 7714561 | 7518166 | 5072133 | 7302950 | 7207206 | 4907156 | 6173874 | 6173874 | 3950116 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 74646 | 92658 | 91949 | 86316 | 66302 | 104031 | 80708 | 62274 | 67327 | 67327 | 49687 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 136174 | 151179 | 150970 | 156955 | 86703 | 112700 | 157707 | 87316 | 142584 | 142584 | 71173 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 2136639 | 2390257 | 2385975 | 2463280 | 74046 | 97633 | 2461881 | 74126 | 2211574 | 2211574 | 60307 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1477522 | 1684646 | 1679891 | 1704375 | 62235 | 83177 | 1681364 | 61959 | 1487457 | 1487457 | 50320 |
| Ct | cm ⁴ | 29509 | 31079 | 30989 | 29554 | 15543 | 16849 | 28568 | 15066 | 27491 | 27491 | 14921 |
| n = 6.24 | | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 2336 | 2597 | 2573 | 2592 | 1530 | 2158 | 2566 | 1504 | 2298 | 2298 | 1236 |
| Area,w | cm ² | 252 | 223.2 | 198.4 | 223.2 | 223.2 | 266.2 | 249 | 249 | 228.6 | 228.6 | 228.6 |
| Y _{g,inf} | cm | 110.3 | 105.6 | 105.9 | 108 | 76.5 | 70.2 | 109.7 | 78.8 | 113.6 | 113.6 | 79.5 |
| Y _{g,sup} | cm | 54.7 | 59.4 | 59.1 | 57 | 88.5 | 94.8 | 55.3 | 86.2 | 51.4 | 51.4 | 85.5 |
| I _y | cm ⁴ | 8850897 | 10496887 | 10424034 | 9991525 | 5072133 | 7302950 | 9515093 | 4907156 | 8194591 | 8194591 | 3950116 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 80244 | 99402 | 98433 | 92514 | 66302 | 104031 | 86737 | 62274 | 72135 | 72135 | 49687 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 358336 | 357037 | 358214 | 370056 | 86703 | 112700 | 376091 | 87316 | 382925 | 382925 | 71173 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 1799010 | 1850299 | 1853162 | 1889307 | 74046 | 97633 | 1896939 | 74126 | 1866213 | 1866213 | 60307 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1009682 | 1102703 | 1100609 | 1093809 | 62235 | 83177 | 1073674 | 61959 | 994830 | 994830 | 50320 |
| Ct | cm ⁴ | 54196 | 60162 | 59781 | 57115 | 15543 | 16849 | 54958 | 15066 | 50008 | 50008 | 14921 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C15fess | C16 | C17 | C17fess |
|----------------------|-----------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Htrave | mm | 1000 | 1000 | 1000 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 |
| sp. anima | mm | 20 | 14 | 20 | 18 | 18 | 20 | 20 | 22 | 20 | 20 |
| Lala sup. | mm | 800 | 800 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| sp. ala | mm | 50 | 35 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 35 | 35 |
| Lala inf. | mm | 900 | 900 | 900 | 950 | 950 | 950 | 950 | 1050 | 950 | 950 |
| sp. ala | mm | 60 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 50 | 40 | 40 |
| h anima | mm | 890 | 925 | 920 | 2520 | 2520 | 2520 | 2520 | 2510 | 2525 | 2525 |
| Area | cm ² | 1118 | 769.5 | 1304 | 1213.6 | 1213.6 | 1264 | 1264 | 1457.2 | 1217.5 | 1217.5 |
| Area,w | cm ² | 178 | 129.5 | 504 | 453.6 | 453.6 | 504 | 504 | 552.2 | 505 | 505 |
| Y _{g,inf} | cm | 44.4 | 45.1 | 126.1 | 130 | 130 | 130 | 130 | 117.6 | 125.2 | 125.2 |
| Y _{g,sup} | cm | 55.6 | 54.9 | 133.9 | 130 | 130 | 130 | 130 | 142.4 | 134.8 | 134.8 |
| I _y | cm ⁴ | 2179954 | 1556255 | 15755333 | 14853305 | 14853305 | 15120021 | 15120021 | 17438414 | 14350547 | 14350547 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 49098 | 34507 | 124943 | 114256 | 114256 | 116308 | 116308 | 148286 | 114621 | 114621 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 39208 | 28347 | 117665 | 114256 | 114256 | 116308 | 116308 | 122461 | 106458 | 106458 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| Ct | cm ⁴ | 9873 | 3084 | 4435 | 4176 | 4176 | 4221 | 4221 | 6624 | 3553 | 3553 |
| n = 18.51 | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1325 | 1197 | 1511 | 1641 | 1641 | 1692 | 1471 | 1664 | 1645 | 1425 |
| Area,w | cm ² | 178 | 129.5 | 504 | 453.6 | 453.6 | 504 | 504 | 552.2 | 505 | 505 |
| Y _{g,inf} | cm | 55.7 | 71.2 | 146.7 | 168.6 | 168.6 | 167.4 | 150.6 | 137.4 | 164.9 | 147.2 |
| Y _{g,sup} | cm | 74.3 | 58.8 | 143.3 | 121.4 | 121.4 | 122.6 | 139.4 | 152.6 | 125.1 | 142.8 |
| I _y | cm ⁴ | 3097559 | 3038137 | 19809042 | 21803042 | 21803042 | 22142535 | 18950090 | 22028298 | 21763208 | 18413313 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 55611 | 42670 | 135031 | 129318 | 129318 | 132273 | 125831 | 160322 | 131978 | 125090 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 69922 | 105491 | 174837 | 238545 | 238545 | 239120 | 173218 | 179676 | 228846 | 163239 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 57045 | 1615974 | 160657 | 4143473 | 4143473 | 4156778 | 158711 | 166126 | 3984540 | 149946 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 46026 | 956393 | 145334 | 3324335 | 3324335 | 3343053 | 143128 | 151293 | 3220120 | 135591 |
| Ct | cm ⁴ | 12600 | 20025 | 26900 | 46810 | 46810 | 47323 | 26092 | 28827 | 48393 | 26796 |
| n = 17.66 | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1325 | 1218 | 1511 | 1662 | 1662 | 1712 | 1471 | 1664 | 1666 | 1425 |
| Area,w | cm ² | 178 | 129.5 | 504 | 453.6 | 453.6 | 504 | 504 | 552.2 | 505 | 505 |
| Y _{g,inf} | cm | 55.7 | 72 | 146.7 | 169.9 | 169.9 | 168.8 | 150.6 | 137.4 | 166.3 | 147.2 |
| Y _{g,sup} | cm | 74.3 | 58 | 143.3 | 120.1 | 120.1 | 121.2 | 139.4 | 152.6 | 123.7 | 142.8 |
| I _y | cm ⁴ | 2322711 | 3083564 | 16308698 | 22047553 | 22047553 | 22392281 | 15656412 | 18009695 | 22024212 | 14939817 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 41700 | 42827 | 111170 | 129768 | 129768 | 132656 | 103960 | 131075 | 132437 | 101493 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 52431 | 110127 | 143943 | 244701 | 244701 | 245529 | 143112 | 146898 | 235050 | 132445 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 42776 | 1601639 | 132268 | 4051611 | 4051611 | 4068392 | 131126 | 135820 | 3901179 | 121660 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 34513 | 938892 | 119653 | 3241963 | 3241963 | 3262770 | 118251 | 123693 | 3144281 | 110013 |
| Ct | cm ⁴ | 12600 | 20630 | 26900 | 48480 | 48480 | 48973 | 26092 | 28827 | 50094 | 26796 |
| n = 6.24 | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1325 | 2039 | 1511 | 2483 | 2483 | 2533 | 1471 | 1664 | 2487 | 1425 |
| Area,w | cm ² | 178 | 129.5 | 504 | 453.6 | 453.6 | 504 | 504 | 552.2 | 505 | 505 |
| Y _{g,inf} | cm | 55.7 | 90.5 | 146.7 | 205.7 | 205.7 | 204.2 | 150.6 | 137.4 | 203.2 | 147.2 |
| Y _{g,sup} | cm | 74.3 | 39.5 | 143.3 | 84.3 | 84.3 | 85.8 | 139.4 | 152.6 | 86.8 | 142.8 |
| I _y | cm ⁴ | 2322711 | 4163096 | 16308698 | 28503388 | 28503388 | 29052863 | 15656412 | 18009695 | 28920137 | 14939817 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 41700 | 46001 | 111170 | 138568 | 138568 | 142277 | 103960 | 131075 | 142324 | 101493 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 52431 | 438221 | 143943 | 524924 | 524924 | 520661 | 143112 | 146898 | 509157 | 132445 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 42776 | 1675982 | 132268 | 2949604 | 2949604 | 2933493 | 131126 | 135820 | 2873593 | 121660 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 34513 | 657664 | 119653 | 2109859 | 2109859 | 2112935 | 118251 | 123693 | 2079051 | 110013 |
| Ct | cm ⁴ | 12600 | 34904 | 26900 | 91765 | 91765 | 93669 | 26092 | 28827 | 94938 | 26796 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | | C18 | C19 | C20 | C20fess | C21 | C22 | C22fess | C23 |
|----------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|
| Htrave | mm | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 |
| sp. anima | mm | 18 | 18 | 20 | 20 | 22 | 20 | 20 | 18 |
| Lala sup. | mm | 800 | 800 | 800 | 800 | 900 | 800 | 800 | 800 |
| sp. ala | mm | 35 | 35 | 35 | 35 | 45 | 35 | 35 | 35 |
| Lala inf. | mm | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| sp. ala | mm | 40 | 40 | 40 | 40 | 45 | 40 | 40 | 40 |
| h anima | mm | 2525 | 2525 | 2525 | 2525 | 2510 | 2525 | 2525 | 2525 |
| Area | cm² | 1114.5 | 1114.5 | 1165 | 1165 | 1384.7 | 1165 | 1165 | 1114.5 |
| Area,w | cm² | 454.5 | 454.5 | 505 | 505 | 552.2 | 505 | 505 | 454.5 |
| Y_{g,inf} | cm | 118.7 | 118.7 | 119.2 | 119.2 | 127.9 | 119.2 | 119.2 | 118.7 |
| Y_{g,sup} | cm | 141.3 | 141.3 | 140.8 | 140.8 | 132.1 | 140.8 | 140.8 | 141.3 |
| I_y | cm⁴ | 13104147 | 13104147 | 13378922 | 13378922 | 16480987 | 13378922 | 13378922 | 13104147 |
| W_{inf,fe} | cm³ | 110397 | 110397 | 112239 | 112239 | 128858 | 112239 | 112239 | 110397 |
| W_{sup,fe} | cm³ | 92740 | 92740 | 95021 | 95021 | 124761 | 95021 | 95021 | 92740 |
| W_{inf,sol} | cm³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| W_{sup,sol} | cm³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| Ct | cm⁴ | 3293 | 3293 | 3338 | 3338 | 5842 | 3338 | 3338 | 3293 |
| n = 18.51 | | | | | | | | | |
| Area | cm² | 1542 | 1542 | 1593 | 1372 | 1592 | 1593 | 1372 | 1542 |
| Area,w | cm² | 454.5 | 454.5 | 505 | 505 | 552.2 | 505 | 505 | 454.5 |
| Y_{g,inf} | cm | 162.9 | 162.9 | 161.8 | 142.9 | 147.3 | 161.8 | 142.9 | 162.9 |
| Y_{g,sup} | cm | 127.1 | 127.1 | 128.2 | 147.1 | 142.7 | 128.2 | 147.1 | 127.1 |
| I_y | cm⁴ | 20970533 | 20970533 | 21291036 | 17741065 | 20470271 | 21291036 | 17741065 | 20970533 |
| W_{inf,fe} | cm³ | 128733 | 128733 | 131589 | 124150 | 138970 | 131589 | 124150 | 128733 |
| W_{sup,fe} | cm³ | 215968 | 215968 | 216813 | 151504 | 181635 | 216813 | 151504 | 215968 |
| W_{inf,sol} | cm³ | 3764933 | 3764933 | 3782122 | 139584 | 166832 | 3782122 | 139584 | 3764933 |
| W_{sup,sol} | cm³ | 3054009 | 3054009 | 3074080 | 126631 | 150849 | 3074080 | 126631 | 3054009 |
| Ct | cm⁴ | 49249 | 49249 | 49719 | 27687 | 26775 | 49719 | 27687 | 49249 |
| n = 17.66 | | | | | | | | | |
| Area | cm² | 1563 | 1563 | 1613 | 1372 | 1592 | 1613 | 1372 | 1563 |
| Area,w | cm² | 454.5 | 454.5 | 505 | 505 | 552.2 | 505 | 505 | 454.5 |
| Y_{g,inf} | cm | 164.4 | 164.4 | 163.3 | 142.9 | 147.3 | 163.3 | 142.9 | 164.4 |
| Y_{g,sup} | cm | 125.6 | 125.6 | 126.7 | 147.1 | 142.7 | 126.7 | 147.1 | 125.6 |
| I_y | cm⁴ | 21240797 | 21240797 | 21566278 | 14033291 | 17002133 | 21566278 | 14033291 | 21240797 |
| W_{inf,fe} | cm³ | 129202 | 129202 | 132065 | 98204 | 115425 | 132065 | 98204 | 129202 |
| W_{sup,fe} | cm³ | 222184 | 222184 | 223023 | 119840 | 150862 | 223023 | 119840 | 222184 |
| W_{inf,sol} | cm³ | 3692052 | 3692052 | 3708476 | 110411 | 138567 | 3708476 | 110411 | 3692052 |
| W_{sup,sol} | cm³ | 2986564 | 2986564 | 3006002 | 100166 | 125292 | 3006002 | 100166 | 2986564 |
| Ct | cm⁴ | 50946 | 50946 | 51440 | 27687 | 26775 | 51440 | 27687 | 50946 |
| n = 6.24 | | | | | | | | | |
| Area | cm² | 2384 | 2384 | 2434 | 1372 | 1592 | 2434 | 1372 | 2384 |
| Area,w | cm² | 454.5 | 454.5 | 505 | 505 | 552.2 | 505 | 505 | 454.5 |
| Y_{g,inf} | cm | 203.5 | 203.5 | 202 | 142.9 | 147.3 | 202 | 142.9 | 203.5 |
| Y_{g,sup} | cm | 86.5 | 86.5 | 88 | 147.1 | 142.7 | 88 | 147.1 | 86.5 |
| I_y | cm⁴ | 28224032 | 28224032 | 28757975 | 14033291 | 17002133 | 28757975 | 14033291 | 28224032 |
| W_{inf,fe} | cm³ | 138693 | 138693 | 142366 | 98204 | 115425 | 142366 | 98204 | 138693 |
| W_{sup,fe} | cm³ | 499540 | 499540 | 495827 | 119840 | 150862 | 495827 | 119840 | 499540 |
| W_{inf,sol} | cm³ | 2817887 | 2817887 | 2803903 | 110411 | 138567 | 2803903 | 110411 | 2817887 |
| W_{sup,sol} | cm³ | 2036046 | 2036046 | 2039202 | 100166 | 125292 | 2039202 | 100166 | 2036046 |
| Ct | cm⁴ | 94558 | 94558 | 96462 | 27687 | 26775 | 96462 | 27687 | 94558 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | | C24 | C24fess | C25 | C26 | C26fess | C27 | C28 | C29 |
|----------------------------|-----------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|------------|------------|
| Htrave | mm | 2600 | 2600 | 2600 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 |
| sp. anima | mm | 20 | 20 | 22 | 20 | 20 | 18 | 20 | 20 |
| Lala sup. | mm | 800 | 800 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 800 |
| sp. ala | mm | 40 | 40 | 45 | 40 | 40 | 50 | 50 | 35 |
| Lala inf. | mm | 950 | 950 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 950 |
| sp. ala | mm | 40 | 40 | 50 | 45 | 45 | 65 | 65 | 40 |
| h anima | mm | 2520 | 2520 | 2505 | 1815 | 1815 | 1785 | 1785 | 1825 |
| Area | cm ² | 1204 | 1204 | 1481.1 | 1195.5 | 1195.5 | 1453.8 | 1489.5 | 1025 |
| Area,w | cm ² | 504 | 504 | 551.1 | 363 | 363 | 321.3 | 357 | 365 |
| Y_{g,inf} | cm | 123.6 | 123.6 | 119.8 | 86.4 | 86.4 | 80.7 | 81.1 | 86.1 |
| Y_{g,sup} | cm | 136.4 | 136.4 | 140.2 | 103.6 | 103.6 | 109.3 | 108.9 | 103.9 |
| Iy | cm ⁴ | 14087913 | 14087913 | 17874623 | 8088211 | 8088211 | 10156013 | 10258669 | 6653778 |
| W_{inf,fe} | cm ³ | 113980 | 113980 | 149204 | 93614 | 93614 | 125849 | 126494 | 77280 |
| W_{sup,fe} | cm ³ | 103284 | 103284 | 127494 | 78072 | 78072 | 92919 | 94203 | 64040 |
| W_{inf,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| W_{sup,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| Ct | cm ⁴ | 3901 | 3901 | 7331 | 5230 | 5230 | 13449 | 13481 | 3292 |
| n = 18.51 | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1632 | 1411 | 1688 | 1623 | 1403 | 1882 | 1917 | 1453 |
| Area,w | cm ² | 504 | 504 | 551.1 | 363 | 363 | 321.3 | 357 | 365 |
| Y_{g,inf} | cm | 164.1 | 146.1 | 139.1 | 118.5 | 104.2 | 109.7 | 109.4 | 122 |
| Y_{g,sup} | cm | 125.9 | 143.9 | 150.9 | 101.5 | 115.8 | 110.3 | 110.6 | 98 |
| Iy | cm ⁴ | 21634248 | 18230136 | 22347508 | 12768004 | 10644576 | 15533724 | 15631935 | 11159924 |
| W_{inf,fe} | cm ³ | 131836 | 124778 | 160658 | 107747 | 102155 | 141602 | 142888 | 91475 |
| W_{sup,fe} | cm ³ | 225592 | 160054 | 184843 | 178573 | 124063 | 193446 | 193945 | 164117 |
| W_{inf,sol} | cm ³ | 3929833 | 147136 | 170722 | 3049494 | 111112 | 3331741 | 3341191 | 2791489 |
| W_{sup,sol} | cm ³ | 3180698 | 133164 | 155299 | 2328431 | 97836 | 2606793 | 2616158 | 2107859 |
| Ct | cm ⁴ | 48735 | 27024 | 28475 | 38295 | 21201 | 42060 | 42189 | 36797 |
| n = 17.66 | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1652 | 1411 | 1688 | 1644 | 1403 | 1902 | 1938 | 1473 |
| Area,w | cm ² | 504 | 504 | 551.1 | 363 | 363 | 321.3 | 357 | 365 |
| Y_{g,inf} | cm | 165.5 | 146.1 | 139.1 | 119.6 | 104.2 | 110.7 | 110.5 | 123.2 |
| Y_{g,sup} | cm | 124.5 | 143.9 | 150.9 | 100.4 | 115.8 | 109.3 | 109.5 | 96.8 |
| Iy | cm ⁴ | 21899157 | 14697438 | 18426318 | 12932070 | 8466993 | 15731766 | 15830939 | 11311099 |
| W_{inf,fe} | cm ³ | 132321 | 100598 | 132468 | 108128 | 81257 | 142112 | 143266 | 91811 |
| W_{sup,fe} | cm ³ | 231737 | 129038 | 152410 | 183694 | 98683 | 198383 | 199131 | 169328 |
| W_{inf,sol} | cm ³ | 3848150 | 118623 | 140766 | 2989272 | 88382 | 3257010 | 3269876 | 2743874 |
| W_{sup,sol} | cm ³ | 3106338 | 107359 | 128049 | 2274705 | 77822 | 2541839 | 2553191 | 2063574 |
| Ct | cm ⁴ | 50453 | 27024 | 28475 | 39645 | 21201 | 43636 | 43726 | 38030 |
| n = 6.24 | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 2473 | 1411 | 1688 | 2465 | 1403 | 2723 | 2759 | 2294 |
| Area,w | cm ² | 504 | 504 | 551.1 | 363 | 363 | 321.3 | 357 | 365 |
| Y_{g,inf} | cm | 202.8 | 146.1 | 139.1 | 149 | 104.2 | 140 | 139.5 | 153.5 |
| Y_{g,sup} | cm | 87.2 | 143.9 | 150.9 | 71 | 115.8 | 80 | 80.5 | 66.5 |
| Iy | cm ⁴ | 28878646 | 14697438 | 18426318 | 17252204 | 8466993 | 21198133 | 21355170 | 15140963 |
| W_{inf,fe} | cm ³ | 142400 | 100598 | 132468 | 115787 | 81257 | 151415 | 153084 | 98638 |
| W_{sup,fe} | cm ³ | 504871 | 129038 | 152410 | 420785 | 98683 | 423963 | 422875 | 414821 |
| W_{inf,sol} | cm ³ | 2851309 | 118623 | 140766 | 2290505 | 88382 | 2362078 | 2358518 | 2223050 |
| W_{sup,sol} | cm ³ | 2066545 | 107359 | 128049 | 1516250 | 77822 | 1653454 | 1655357 | 1420746 |
| Ct | cm ⁴ | 95446 | 27024 | 28475 | 74885 | 21201 | 86308 | 86942 | 69173 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

Travi intermedie

| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C4fess | C5 | C7 | C7fess | C8 | C9 | C9fess |
|----------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Htrave | mm | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 |
| sp. anima | mm | 20 | 18 | 16 | 18 | 18 | 22 | 20 | 20 | 18 | 18 | 18 |
| Lala sup. | mm | 850 | 950 | 950 | 950 | 950 | 1150 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| sp. ala | mm | 40 | 50 | 50 | 55 | 55 | 65 | 55 | 55 | 40 | 40 | 40 |
| Lala inf. | mm | 950 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1250 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 |
| sp. ala | mm | 50 | 60 | 60 | 55 | 55 | 75 | 50 | 50 | 40 | 40 | 40 |
| h anima | mm | 1260 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1210 | 1245 | 1245 | 1270 | 1270 | 1270 |
| Area | cm ² | 1067 | 1328.2 | 1303.4 | 1323.2 | 1323.2 | 1951.2 | 1296.5 | 1296.5 | 1028.6 | 1028.6 | 1028.6 |
| Area,w | cm ² | 252 | 223.2 | 198.4 | 223.2 | 223.2 | 266.2 | 249 | 249 | 228.6 | 228.6 | 228.6 |
| Y _{g,inf} | cm | 59.6 | 60.2 | 60.1 | 64.8 | 64.8 | 61.6 | 67.2 | 67.2 | 65 | 65 | 65 |
| Y _{g,sup} | cm | 75.4 | 74.8 | 74.9 | 70.2 | 70.2 | 73.4 | 67.8 | 67.8 | 70 | 70 | 70 |
| I _y | cm ⁴ | 3733085 | 4846675 | 4813373 | 4891001 | 4891001 | 7158639 | 4732699 | 4732699 | 3733853 | 3733853 | 3733853 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 62636 | 80510 | 80089 | 75478 | 75478 | 116212 | 70427 | 70427 | 57444 | 57444 | 57444 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 49510 | 64795 | 64264 | 69672 | 69672 | 97529 | 69804 | 69804 | 53341 | 53341 | 53341 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 1E-10 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1E-10 |
| Ct | cm ⁴ | 5856 | 11579 | 11561 | 11152 | 11152 | 28213 | 9727 | 9727 | 4328 | 4328 | 4328 |
| n = 18.51 | | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1411 | 1672 | 1647 | 1667 | 1490 | 2118 | 1640 | 1463 | 1372 | 1372 | 1195 |
| Area,w | cm ² | 252 | 223.2 | 198.4 | 223.2 | 223.2 | 266.2 | 249 | 249 | 228.6 | 228.6 | 228.6 |
| Y _{g,inf} | cm | 82.3 | 79.3 | 79.5 | 83 | 74.5 | 68.6 | 85.2 | 76.8 | 87 | 87 | 77 |
| Y _{g,sup} | cm | 82.7 | 85.7 | 85.5 | 82 | 90.5 | 96.4 | 79.8 | 88.2 | 78 | 78 | 88 |
| I _y | cm ⁴ | 6016864 | 7214026 | 7176615 | 7029421 | 6009236 | 8404986 | 6748723 | 5787854 | 5744901 | 5744901 | 4812675 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 73109 | 90971 | 90272 | 84692 | 80661 | 122522 | 79210 | 75363 | 66033 | 66033 | 62502 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 114172 | 129516 | 129308 | 135181 | 99326 | 126581 | 135517 | 99448 | 119685 | 119685 | 82977 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 1897311 | 2164208 | 2159986 | 2243355 | 85237 | 110013 | 2238689 | 84866 | 1969224 | 1969224 | 70775 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1346701 | 1558129 | 1553674 | 1586763 | 71967 | 94015 | 1565399 | 71279 | 1363309 | 1363309 | 59416 |
| Ct | cm ⁴ | 24292 | 25323 | 25254 | 24052 | 12814 | 13796 | 23296 | 12432 | 22677 | 22677 | 12398 |
| n = 17.66 | | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1427 | 1688 | 1664 | 1683 | 1490 | 2118 | 1657 | 1463 | 1389 | 1389 | 1195 |
| Area,w | cm ² | 252 | 223.2 | 198.4 | 223.2 | 223.2 | 266.2 | 249 | 249 | 228.6 | 228.6 | 228.6 |
| Y _{g,inf} | cm | 83.1 | 80 | 80.2 | 83.7 | 74.5 | 68.6 | 85.9 | 76.8 | 87.8 | 87.8 | 77 |
| Y _{g,sup} | cm | 81.9 | 85 | 84.8 | 81.3 | 90.5 | 96.4 | 79.1 | 88.2 | 77.2 | 77.2 | 88 |
| I _y | cm ⁴ | 6099250 | 7303833 | 7265908 | 7110496 | 5015501 | 7254248 | 6824838 | 4852184 | 5816799 | 5816799 | 3881971 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 73397 | 91298 | 90597 | 84952 | 67322 | 105747 | 79451 | 63179 | 66251 | 66251 | 50415 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 117519 | 132797 | 132590 | 138606 | 82901 | 109251 | 138999 | 83371 | 123237 | 123237 | 66931 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 1860324 | 2114519 | 2110460 | 2191472 | 71142 | 94951 | 2187416 | 71146 | 1930915 | 1930915 | 57088 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1315174 | 1517479 | 1513160 | 1544543 | 60066 | 81144 | 1523725 | 59756 | 1330630 | 1330630 | 47926 |
| Ct | cm ⁴ | 25173 | 26290 | 26218 | 24957 | 12814 | 13796 | 24165 | 12432 | 23481 | 23481 | 12398 |
| n = 6.24 | | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 2086 | 2347 | 2323 | 2342 | 1490 | 2118 | 2316 | 1463 | 2048 | 2048 | 1195 |
| Area,w | cm ² | 252 | 223.2 | 198.4 | 223.2 | 223.2 | 266.2 | 249 | 249 | 228.6 | 228.6 | 228.6 |
| Y _{g,inf} | cm | 105.2 | 100.5 | 100.9 | 103.2 | 74.5 | 68.6 | 105 | 76.8 | 108.8 | 108.8 | 77 |
| Y _{g,sup} | cm | 59.8 | 64.5 | 64.1 | 61.8 | 90.5 | 96.4 | 60 | 88.2 | 56.2 | 56.2 | 88 |
| I _y | cm ⁴ | 8329465 | 9861969 | 9798598 | 9418795 | 5015501 | 7254248 | 8982421 | 4852184 | 7747293 | 7747293 | 3881971 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 79177 | 98129 | 97112 | 91267 | 67322 | 105747 | 85547 | 63179 | 71207 | 71207 | 50415 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 279512 | 285854 | 287349 | 296189 | 82901 | 109251 | 299414 | 83371 | 295698 | 295698 | 66931 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 1451840 | 1519474 | 1524769 | 1554849 | 71142 | 94951 | 1556953 | 71146 | 1501339 | 1501339 | 57088 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 869162 | 954088 | 953873 | 951024 | 60066 | 81144 | 934172 | 59756 | 860198 | 860198 | 47926 |
| Ct | cm ⁴ | 48719 | 53510 | 53102 | 50758 | 12814 | 13796 | 48923 | 12432 | 45050 | 45050 | 12398 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C15fess | C16 | C17 | C17fess |
|----------------------|-----------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Htrave | mm | 1000 | 1000 | 1000 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 |
| sp. anima | mm | 20 | 14 | 20 | 18 | 18 | 20 | 20 | 22 | 20 | 20 |
| Lala sup. | mm | 800 | 800 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| sp. ala | mm | 50 | 35 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 35 | 35 |
| Lala inf. | mm | 900 | 900 | 900 | 950 | 950 | 950 | 950 | 1050 | 950 | 950 |
| sp. ala | mm | 60 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 50 | 40 | 40 |
| h anima | mm | 890 | 925 | 920 | 2520 | 2520 | 2520 | 2520 | 2510 | 2525 | 2525 |
| Area | cm ² | 1118 | 769.5 | 1304 | 1213.6 | 1213.6 | 1264 | 1264 | 1457.2 | 1217.5 | 1217.5 |
| Area,w | cm ² | 178 | 129.5 | 504 | 453.6 | 453.6 | 504 | 504 | 552.2 | 505 | 505 |
| Y _{g,inf} | cm | 44.4 | 45.1 | 126.1 | 130 | 130 | 130 | 130 | 117.6 | 125.2 | 125.2 |
| Y _{g,sup} | cm | 55.6 | 54.9 | 133.9 | 130 | 130 | 130 | 130 | 142.4 | 134.8 | 134.8 |
| I _y | cm ⁴ | 2179954 | 1556255 | 15755333 | 14853305 | 14853305 | 15120021 | 15120021 | 17438414 | 14350547 | 14350547 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 49098 | 34507 | 124943 | 114256 | 114256 | 116308 | 116308 | 148286 | 114621 | 114621 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 39208 | 28347 | 117665 | 114256 | 114256 | 116308 | 116308 | 122461 | 106458 | 106458 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| Ct | cm ⁴ | 9873 | 3084 | 4435 | 4176 | 4176 | 4221 | 4221 | 6624 | 3553 | 3553 |
| n = 18.51 | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1284 | 1113 | 1470 | 1557 | 1557 | 1608 | 1430 | 1624 | 1561 | 1384 |
| Area,w | cm ² | 178 | 129.5 | 504 | 453.6 | 453.6 | 504 | 504 | 552.2 | 505 | 505 |
| Y _{g,inf} | cm | 53.7 | 67.6 | 143.1 | 162.7 | 162.7 | 161.6 | 147 | 133.9 | 158.8 | 143.4 |
| Y _{g,sup} | cm | 76.3 | 62.4 | 146.9 | 127.3 | 127.3 | 128.4 | 143 | 156.1 | 131.2 | 146.6 |
| I _y | cm ⁴ | 2940015 | 2835101 | 19100757 | 20735311 | 20735311 | 21054090 | 18283254 | 21216720 | 20623610 | 17709095 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 54749 | 41939 | 133478 | 127445 | 127445 | 130285 | 124376 | 158452 | 129872 | 123494 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 63499 | 87503 | 163394 | 213107 | 213107 | 213964 | 161799 | 168253 | 203791 | 151879 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 52221 | 1366607 | 150518 | 3715495 | 3715495 | 3732866 | 148644 | 155891 | 3561036 | 139882 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 42424 | 840989 | 136531 | 3015009 | 3015009 | 3035134 | 134436 | 142299 | 2909627 | 126856 |
| Ct | cm ⁴ | 10451 | 17317 | 22200 | 39617 | 39617 | 39995 | 21551 | 23731 | 40957 | 22151 |
| n = 17.66 | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1284 | 1130 | 1470 | 1574 | 1574 | 1624 | 1430 | 1624 | 1578 | 1384 |
| Area,w | cm ² | 178 | 129.5 | 504 | 453.6 | 453.6 | 504 | 504 | 552.2 | 505 | 505 |
| Y _{g,inf} | cm | 53.7 | 68.4 | 143.1 | 163.9 | 163.9 | 162.8 | 147 | 133.9 | 160.1 | 143.4 |
| Y _{g,sup} | cm | 76.3 | 61.6 | 146.9 | 126.1 | 126.1 | 127.2 | 143 | 156.1 | 129.9 | 146.6 |
| I _y | cm ⁴ | 2276650 | 2877287 | 16132189 | 20953813 | 20953813 | 21276548 | 15485317 | 17825578 | 20856798 | 14753832 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 42396 | 42066 | 112734 | 127845 | 127845 | 130691 | 105342 | 133126 | 130274 | 102886 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 49172 | 91053 | 138000 | 218042 | 218042 | 218895 | 137038 | 141361 | 208777 | 126534 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 40438 | 1351407 | 127125 | 3624332 | 3624332 | 3640929 | 125897 | 130974 | 3478102 | 116539 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 32852 | 824885 | 115312 | 2934531 | 2934531 | 2953961 | 113863 | 119555 | 2835497 | 105686 |
| Ct | cm ⁴ | 10451 | 17863 | 22200 | 41092 | 41092 | 41488 | 21551 | 23731 | 42460 | 22151 |
| n = 6.24 | | | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1284 | 1789 | 1470 | 2233 | 2233 | 2283 | 1430 | 1624 | 2237 | 1384 |
| Area,w | cm ² | 178 | 129.5 | 504 | 453.6 | 453.6 | 504 | 504 | 552.2 | 505 | 505 |
| Y _{g,inf} | cm | 53.7 | 86.7 | 143.1 | 197.6 | 197.6 | 196.1 | 147 | 133.9 | 194.8 | 143.4 |
| Y _{g,sup} | cm | 76.3 | 43.3 | 146.9 | 92.4 | 92.4 | 93.9 | 143 | 156.1 | 95.2 | 146.6 |
| I _y | cm ⁴ | 2276650 | 3935374 | 16132189 | 27036559 | 27036559 | 27528228 | 15485317 | 17825578 | 27352595 | 14753832 |
| W _{inf,fe} | cm ³ | 42396 | 45391 | 112734 | 136825 | 136825 | 140379 | 105342 | 133126 | 140414 | 102886 |
| W _{sup,fe} | cm ³ | 49172 | 295893 | 138000 | 433278 | 433278 | 430802 | 137038 | 141361 | 419518 | 126534 |
| W _{inf,sol} | cm ³ | 40438 | 1272370 | 127125 | 2466493 | 2466493 | 2457456 | 125897 | 130974 | 2397194 | 116539 |
| W _{sup,sol} | cm ³ | 32852 | 567130 | 115312 | 1825846 | 1825846 | 1829352 | 113863 | 119555 | 1792859 | 105686 |
| Ct | cm ⁴ | 10451 | 31902 | 22200 | 81946 | 81946 | 83475 | 21551 | 23731 | 84800 | 22151 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

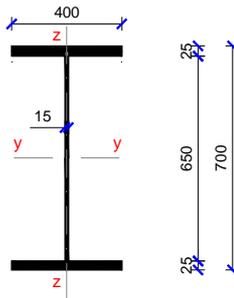
| | | C18 | C19 | C20 | C20fess | C21 | C22 | C22fess | C23 |
|----------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|
| Htrave | mm | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 |
| sp. anima | mm | 18 | 18 | 20 | 20 | 22 | 20 | 20 | 18 |
| Lala sup. | mm | 800 | 800 | 800 | 800 | 900 | 800 | 800 | 800 |
| sp. ala | mm | 35 | 35 | 35 | 35 | 45 | 35 | 35 | 35 |
| Lala inf. | mm | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| sp. ala | mm | 40 | 40 | 40 | 40 | 45 | 40 | 40 | 40 |
| h anima | mm | 2525 | 2525 | 2525 | 2525 | 2510 | 2525 | 2525 | 2525 |
| Area | cm² | 1114.5 | 1114.5 | 1165 | 1165 | 1384.7 | 1165 | 1165 | 1114.5 |
| Area,w | cm² | 454.5 | 454.5 | 505 | 505 | 552.2 | 505 | 505 | 454.5 |
| Y_{g,inf} | cm | 118.7 | 118.7 | 119.2 | 119.2 | 127.9 | 119.2 | 119.2 | 118.7 |
| Y_{g,sup} | cm | 141.3 | 141.3 | 140.8 | 140.8 | 132.1 | 140.8 | 140.8 | 141.3 |
| I_y | cm⁴ | 13104147 | 13104147 | 13378922 | 13378922 | 16480987 | 13378922 | 13378922 | 13104147 |
| W_{inf,fe} | cm³ | 110397 | 110397 | 112239 | 112239 | 128858 | 112239 | 112239 | 110397 |
| W_{sup,fe} | cm³ | 92740 | 92740 | 95021 | 95021 | 124761 | 95021 | 95021 | 92740 |
| W_{inf,sol} | cm³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| W_{sup,sol} | cm³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| Ct | cm⁴ | 3293 | 3293 | 3338 | 3338 | 5842 | 3338 | 3338 | 3293 |
| n = 18.51 | | | | | | | | | |
| Area | cm² | 1458 | 1458 | 1509 | 1331 | 1551 | 1509 | 1331 | 1458 |
| Area,w | cm² | 454.5 | 454.5 | 505 | 505 | 552.2 | 505 | 505 | 454.5 |
| Y_{g,inf} | cm | 156.2 | 156.2 | 155.4 | 138.8 | 143.9 | 155.4 | 138.8 | 156.2 |
| Y_{g,sup} | cm | 133.8 | 133.8 | 134.6 | 151.2 | 146.1 | 134.6 | 151.2 | 133.8 |
| I_y | cm⁴ | 19785265 | 19785265 | 20086617 | 16989037 | 19768624 | 20086617 | 16989037 | 19785265 |
| W_{inf,fe} | cm³ | 126666 | 126666 | 129258 | 122399 | 137378 | 129258 | 122399 | 126666 |
| W_{sup,fe} | cm³ | 190609 | 190609 | 192033 | 140174 | 170272 | 192033 | 140174 | 190609 |
| W_{inf,sol} | cm³ | 3335385 | 3335385 | 3361693 | 129490 | 156769 | 3361693 | 129490 | 3335385 |
| W_{sup,sol} | cm³ | 2737109 | 2737109 | 2762283 | 117816 | 142118 | 2762283 | 117816 | 2737109 |
| Ct | cm⁴ | 41850 | 41850 | 42125 | 22916 | 22067 | 42125 | 22916 | 41850 |
| n = 17.66 | | | | | | | | | |
| Area | cm² | 1475 | 1475 | 1525 | 1331 | 1551 | 1525 | 1331 | 1475 |
| Area,w | cm² | 454.5 | 454.5 | 505 | 505 | 552.2 | 505 | 505 | 454.5 |
| Y_{g,inf} | cm | 157.6 | 157.6 | 156.7 | 138.8 | 143.9 | 156.7 | 138.8 | 157.6 |
| Y_{g,sup} | cm | 132.4 | 132.4 | 133.3 | 151.2 | 146.1 | 133.3 | 151.2 | 132.4 |
| I_y | cm⁴ | 20028494 | 20028494 | 20333417 | 13826468 | 16835470 | 20333417 | 13826468 | 20028494 |
| W_{inf,fe} | cm³ | 127084 | 127084 | 129760 | 99614 | 116994 | 129760 | 99614 | 127084 |
| W_{sup,fe} | cm³ | 195591 | 195591 | 196839 | 114080 | 145008 | 196839 | 114080 | 195591 |
| W_{inf,sol} | cm³ | 3262945 | 3262945 | 3285344 | 105385 | 133509 | 3285344 | 105385 | 3262945 |
| W_{sup,sol} | cm³ | 2671474 | 2671474 | 2693835 | 95884 | 121031 | 2693835 | 95884 | 2671474 |
| Ct | cm⁴ | 43360 | 43360 | 43684 | 22916 | 22067 | 43684 | 22916 | 43360 |
| n = 6.24 | | | | | | | | | |
| Area | cm² | 2134 | 2134 | 2184 | 1331 | 1551 | 2184 | 1331 | 2134 |
| Area,w | cm² | 454.5 | 454.5 | 505 | 505 | 552.2 | 505 | 505 | 454.5 |
| Y_{g,inf} | cm | 194.8 | 194.8 | 193.3 | 138.8 | 143.9 | 193.3 | 138.8 | 194.8 |
| Y_{g,sup} | cm | 95.2 | 95.2 | 96.7 | 151.2 | 146.1 | 96.7 | 151.2 | 95.2 |
| I_y | cm⁴ | 26662733 | 26662733 | 27136692 | 13826468 | 16835470 | 27136692 | 13826468 | 26662733 |
| W_{inf,fe} | cm³ | 136872 | 136872 | 140386 | 99614 | 116994 | 140386 | 99614 | 136872 |
| W_{sup,fe} | cm³ | 408938 | 408938 | 406847 | 114080 | 145008 | 406847 | 114080 | 408938 |
| W_{inf,sol} | cm³ | 2336734 | 2336734 | 2329202 | 105385 | 133509 | 2329202 | 105385 | 2336734 |
| W_{sup,sol} | cm³ | 1747641 | 1747641 | 1751116 | 95884 | 121031 | 1751116 | 95884 | 1747641 |
| Ct | cm⁴ | 84800 | 84800 | 86329 | 22916 | 22067 | 86329 | 22916 | 84800 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

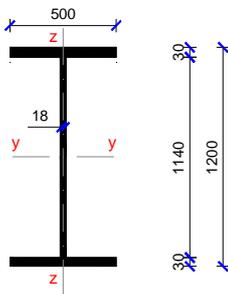
| | | C24 | C24fess | C25 | C26 | C26fess | C27 | C28 | C29 |
|----------------------------|-----------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|------------|------------|
| Htrave | mm | 2600 | 2600 | 2600 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 |
| sp. anima | mm | 20 | 20 | 22 | 20 | 20 | 18 | 20 | 20 |
| Lala sup. | mm | 800 | 800 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 800 |
| sp. ala | mm | 40 | 40 | 45 | 40 | 40 | 50 | 50 | 35 |
| Lala inf. | mm | 950 | 950 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 950 |
| sp. ala | mm | 40 | 40 | 50 | 45 | 45 | 65 | 65 | 40 |
| h anima | mm | 2520 | 2520 | 2505 | 1815 | 1815 | 1785 | 1785 | 1825 |
| Area | cm ² | 1204 | 1204 | 1481.1 | 1195.5 | 1195.5 | 1453.8 | 1489.5 | 1025 |
| Area,w | cm ² | 504 | 504 | 551.1 | 363 | 363 | 321.3 | 357 | 365 |
| Y_{g,inf} | cm | 123.6 | 123.6 | 119.8 | 86.4 | 86.4 | 80.7 | 81.1 | 86.1 |
| Y_{g,sup} | cm | 136.4 | 136.4 | 140.2 | 103.6 | 103.6 | 109.3 | 108.9 | 103.9 |
| Iy | cm ⁴ | 14087913 | 14087913 | 17874623 | 8088211 | 8088211 | 10156013 | 10258669 | 6653778 |
| W_{inf,fe} | cm ³ | 113980 | 113980 | 149204 | 93614 | 93614 | 125849 | 126494 | 77280 |
| W_{sup,fe} | cm ³ | 103284 | 103284 | 127494 | 78072 | 78072 | 92919 | 94203 | 64040 |
| W_{inf,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| W_{sup,sol} | cm ³ | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 | 1E-10 |
| Ct | cm ⁴ | 3901 | 3901 | 7331 | 5230 | 5230 | 13449 | 13481 | 3292 |
| n = 18.51 | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1548 | 1370 | 1648 | 1539 | 1362 | 1797 | 1833 | 1369 |
| Area,w | cm ² | 504 | 504 | 551.1 | 363 | 363 | 321.3 | 357 | 365 |
| Y_{g,inf} | cm | 157.9 | 142.2 | 135.7 | 113.6 | 101.1 | 105.1 | 104.9 | 116.7 |
| Y_{g,sup} | cm | 132.1 | 147.8 | 154.3 | 106.4 | 118.9 | 114.9 | 115.1 | 103.3 |
| Iy | cm ⁴ | 20476962 | 17513113 | 21555308 | 12051108 | 10202364 | 14676198 | 14771188 | 10494167 |
| W_{inf,fe} | cm ³ | 129683 | 123158 | 158845 | 106084 | 100914 | 139640 | 140812 | 89924 |
| W_{sup,fe} | cm ³ | 200558 | 148668 | 173414 | 157737 | 114762 | 172865 | 173574 | 143167 |
| W_{inf,sol} | cm ³ | 3506277 | 137035 | 160501 | 2707112 | 103158 | 2988519 | 3001259 | 2449521 |
| W_{sup,sol} | cm ³ | 2869255 | 124383 | 146336 | 2096485 | 91174 | 2364286 | 2375453 | 1880417 |
| Ct | cm ⁴ | 41266 | 22350 | 23432 | 32436 | 17541 | 35356 | 35425 | 31371 |
| n = 17.66 | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 1564 | 1370 | 1648 | 1556 | 1362 | 1814 | 1850 | 1385 |
| Area,w | cm ² | 504 | 504 | 551.1 | 363 | 363 | 321.3 | 357 | 365 |
| Y_{g,inf} | cm | 159.2 | 142.2 | 135.7 | 114.6 | 101.1 | 106 | 105.8 | 117.8 |
| Y_{g,sup} | cm | 130.8 | 147.8 | 154.3 | 105.4 | 118.9 | 114 | 114.2 | 102.2 |
| Iy | cm ⁴ | 20713858 | 14504449 | 18249060 | 12197874 | 8346546 | 14850717 | 14946247 | 10631157 |
| W_{inf,fe} | cm ³ | 130112 | 102000 | 134481 | 106439 | 82557 | 140101 | 141269 | 90248 |
| W_{sup,fe} | cm ³ | 205495 | 123128 | 146815 | 161776 | 93887 | 176794 | 177509 | 147246 |
| W_{inf,sol} | cm ³ | 3425157 | 113493 | 135883 | 2646369 | 84394 | 2914041 | 2926283 | 2400847 |
| W_{sup,sol} | cm ³ | 2796687 | 103015 | 123890 | 2043780 | 74589 | 2300558 | 2311302 | 1837047 |
| Ct | cm ⁴ | 42784 | 22350 | 23432 | 33637 | 17541 | 36734 | 36806 | 32484 |
| n = 6.24 | | | | | | | | | |
| Area | cm ² | 2223 | 1370 | 1648 | 2215 | 1362 | 2473 | 2509 | 2044 |
| Area,w | cm ² | 504 | 504 | 551.1 | 363 | 363 | 321.3 | 357 | 365 |
| Y_{g,inf} | cm | 194.4 | 142.2 | 135.7 | 142.4 | 101.1 | 133.2 | 132.6 | 146.9 |
| Y_{g,sup} | cm | 95.6 | 147.8 | 154.3 | 77.6 | 118.9 | 86.8 | 87.4 | 73.1 |
| Iy | cm ⁴ | 27295418 | 14504449 | 18249060 | 16272339 | 8346546 | 19914610 | 20052609 | 14296760 |
| W_{inf,fe} | cm ³ | 140409 | 102000 | 134481 | 114272 | 82557 | 149509 | 151226 | 97323 |
| W_{sup,fe} | cm ³ | 416089 | 123128 | 146815 | 341856 | 93887 | 350609 | 349349 | 331711 |
| W_{inf,sol} | cm ³ | 2378819 | 113493 | 135883 | 1894392 | 84394 | 1978777 | 1973632 | 1816941 |
| W_{sup,sol} | cm ³ | 1781626 | 103015 | 123890 | 1308497 | 74589 | 1431649 | 1431674 | 1220407 |
| Ct | cm ⁴ | 85208 | 22350 | 23432 | 66862 | 17541 | 76238 | 76850 | 62275 |

Traversi intermedi, H = 700 mm



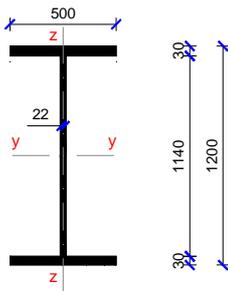
| | |
|--|------------------------|
| Area, A = | 298 cm ² |
| Area anima, A _w = | 97,5 cm ² |
| Momento di inerzia rispetto all'asse y, I _{yy} = | 262245 cm ⁴ |
| Modulo di resistenza alla fibra estrema, W = | 7493 cm ³ |
| Modulo di resistenza all'attacco d'anima, W _w = | 8069 cm ³ |
| Momento di inerzia rispetto all'asse z, I _{zz} = | 26685 cm ⁴ |
| Costante torsionale primaria, I _t = | 490 cm ⁴ |

Traversi di spalla, H = 1200 mm



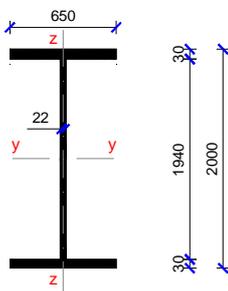
| | |
|--|-------------------------|
| Area, A = | 505,2 cm ² |
| Area anima, A _w = | 205,2 cm ² |
| Momento di inerzia rispetto all'asse y, I _{yy} = | 1249132 cm ⁴ |
| Modulo di resistenza alla fibra estrema, W = | 20819 cm ³ |
| Modulo di resistenza all'attacco d'anima, W _w = | 20819 cm ³ |
| Momento di inerzia rispetto all'asse z, I _{zz} = | 62555 cm ⁴ |
| Costante torsionale primaria, I _t = | 1122 cm ⁴ |

Traversi di pila P1 e P2, H = 1200 mm



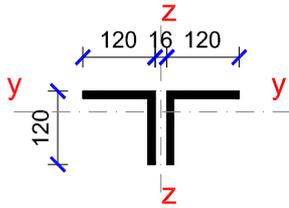
| | |
|--|-------------------------|
| Area, A = | 550,8 cm ² |
| Area anima, A _w = | 250,8 cm ² |
| Momento di inerzia rispetto all'asse y, I _{yy} = | 1298516 cm ⁴ |
| Modulo di resistenza alla fibra estrema, W = | 21642 cm ³ |
| Modulo di resistenza all'attacco d'anima, W _w = | 22781 cm ³ |
| Momento di inerzia rispetto all'asse z, I _{zz} = | 62601 cm ⁴ |
| Costante torsionale primaria, I _t = | 1305 cm ⁴ |

Traverso di pila P3 ÷ P6, H = 2000 mm



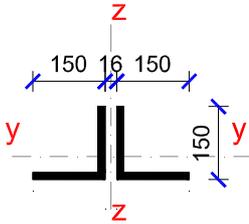
| | |
|--|-------------------------|
| Area, A = | 778,0 cm ² |
| Area anima, A _w = | 388,0 cm ² |
| Momento di inerzia rispetto all'asse y, I _{yy} = | 5001067 cm ⁴ |
| Modulo di resistenza alla fibra estrema, W = | 50011 cm ³ |
| Modulo di resistenza all'attacco d'anima, W _w = | 50011 cm ³ |
| Momento di inerzia rispetto all'asse z, I _{zz} = | 137442 cm ⁴ |
| Costante torsionale primaria, I _t = | 1687 cm ⁴ |

Diagonali di controvento superiori, 2L 120x120x13 mm



| | | |
|--|--|-----------------------|
| | Area, $A =$ | 59,38 cm ² |
| | Area anima, $A_w =$ | 27,82 cm ² |
| | Momento di inerzia rispetto all'asse y, $I_{yy} =$ | 788 cm ⁴ |
| | Raggio minimo rispetto l'asse y, $i_y =$ | 3,64 cm |
| | Momento di inerzia rispetto all'asse z, $I_{zz} =$ | 1853 cm ⁴ |
| | Raggio minimo rispetto l'asse z, $i_z =$ | 5,59 cm |
| Sezione moderatamente snella in classe 3 | | |

Diagonali di controvento inferiori, 2L 150x150x18 mm



| | | |
|------------------------------|--|-----------------------|
| | Area, $A =$ | 102,1 cm ² |
| | Area anima, $A_w =$ | 4,52 cm ² |
| | Momento di inerzia rispetto gli assi y, $I_{yy} =$ | 435 cm ⁴ |
| | Raggio minimo rispetto gli assi y, $i_y =$ | 2,92 cm |
| | Momento di inerzia rispetto all'asse inclinato, $I_{vv} =$ | 4822 cm ⁴ |
| | Raggio minimo rispetto l'asse inclinato, $i_v =$ | 6,87 cm |
| Sezione compatta in classe 2 | | |

7. ANALISI GLOBALE DI IMPALCATO

7.1 MODELLAZIONE A ELEMENTI FINITI

Le analisi globali dell'impalcato sono state condotte mediante il codice di calcolo automatico SAP2000, che implementa il metodo degli Elementi Finiti, utilizzando un modello strutturale a graticcio che riproduce le caratteristiche elastiche e geometriche dell'opera.

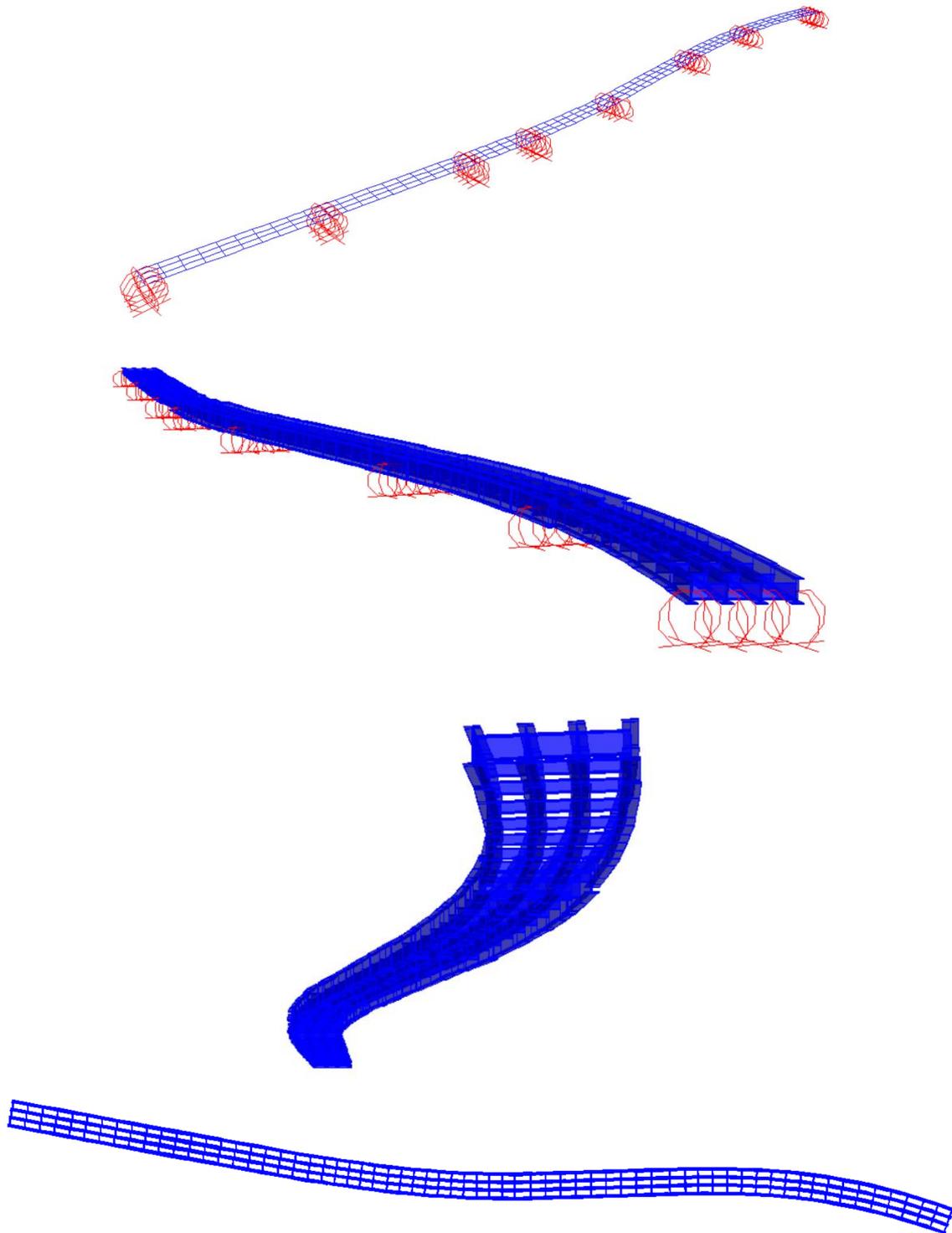
Gli elementi che concorrono a formare il graticcio d'impalcato sono le travi longitudinali principali e i diaframmi trasversali. Il contributo resistente della soletta, in senso longitudinale al viadotto, è stato considerato nella definizione delle caratteristiche sezionali omogeneizzando le fasce del getto in opera collaborante alle travi in acciaio (v. precedente capitolo).

I vincoli sono stati definiti rigidi verticalmente e elastici e cedevoli nelle due direzioni orizzontali in modo del tutto analogo al comportamento degli apparecchi isolatori previsti in progetto. La rigidità orizzontale degli appoggi è stata inserita con pari valore di rigidità degli appoggi selezionati.

Per tenere conto delle fasi costruttive dell'opera, sono stati utilizzati differenti modelli spaziali, introducendo per ciascuno il valore corretto del contributo della soletta collaborante:

- **Fase 1:** montaggio delle strutture metalliche di impalcato. Le sezioni resistenti sono rappresentate dagli elementi metallici (travi e traversi); i carichi agenti sono il peso proprio delle strutture metalliche di impalcato e il peso del getto della soletta e delle lastre predalles. Il coefficiente di omogeneizzazione n è pari a 0 (collaborazione non attiva).
- **Fase 2:** maturazione del getto della soletta e attivazione della collaborazione. Le sezioni resistenti sono rappresentate dalle travi principali longitudinali con soletta collaborante e traversi metallici; i carichi sono riferiti alle finiture permanentemente presenti (cordoli, pavimentazione, barriere, ecc). Il coefficiente di omogeneizzazione acciaio – calcestruzzo per i carichi a lungo termine è pari a $n = 18,5$.
- **Fase 3:** fenomeni di ritiro e viscosità della soletta. Le sezioni resistenti sono rappresentate dalle travi principali longitudinali con soletta collaborante e traversi metallici; i carichi sono riferiti ai fenomeni di ritiro in soletta. Il coefficiente di omogeneizzazione acciaio – calcestruzzo è pari a $n = 17,7$.
- **Fase 4:** carichi istantanei variabili (carichi da traffico, vento, variazioni termiche). Le sezioni resistenti sono rappresentate dalle travi principali longitudinali con soletta collaborante e traversi metallici. Il coefficiente di omogeneizzazione acciaio – calcestruzzo è pari a $n = 6,2$.

Si riportano viste della modellazione sviluppata.

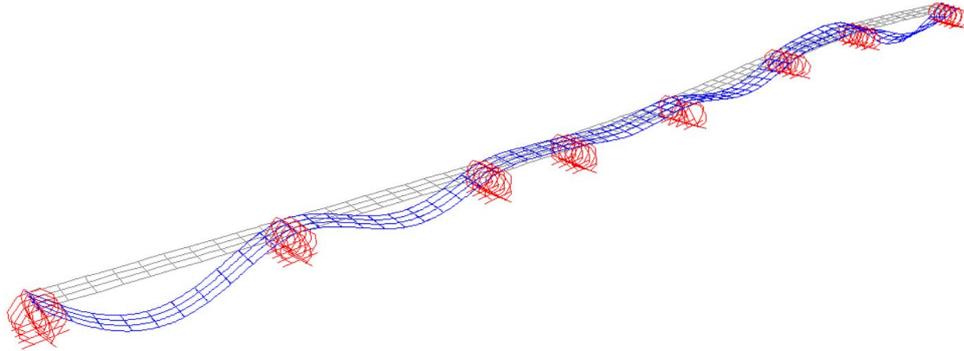


Viste tridimensionali della modellazione a elementi finiti

La modellazione consta di 424 punti nodali, 618 elementi trave a due nodi, 32x2 elementi elastici (molle) che simulano gli apparecchi di appoggio isolatori, per un totale di 2508 gradi di libertà

7.2DIAGRAMMA DI SOLLECITAZIONE E CONFIGURAZIONI DEFORMATE

Peso proprio strutture di impalcato



Deformata sotto carico, $\delta_{zmax} = 109,1$ mm

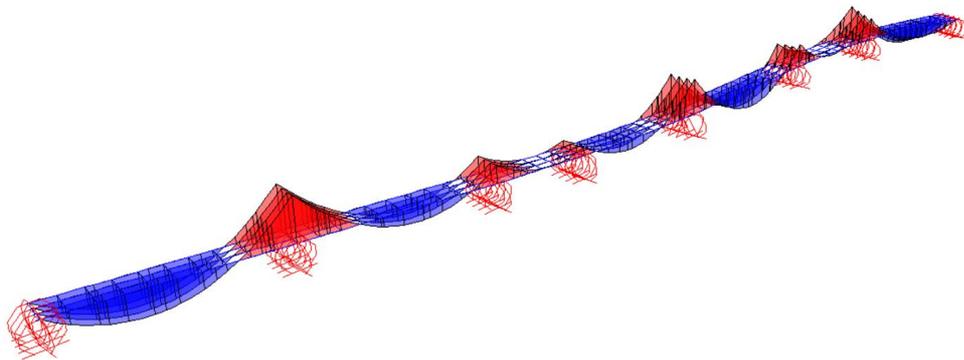


Diagramma del momento flettente M_y

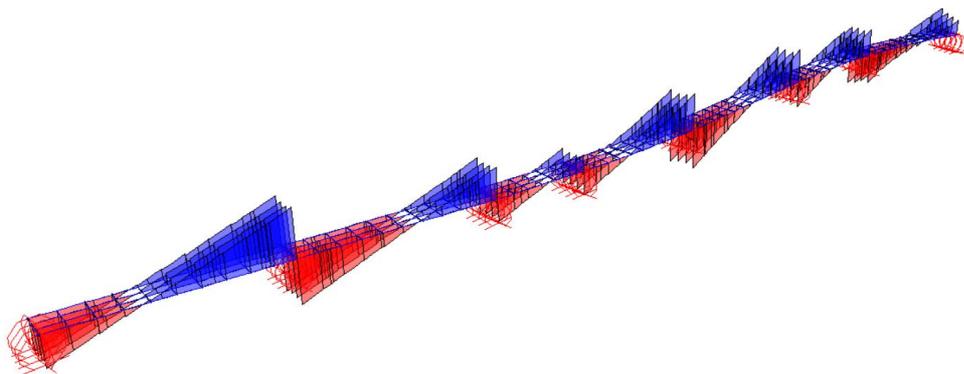
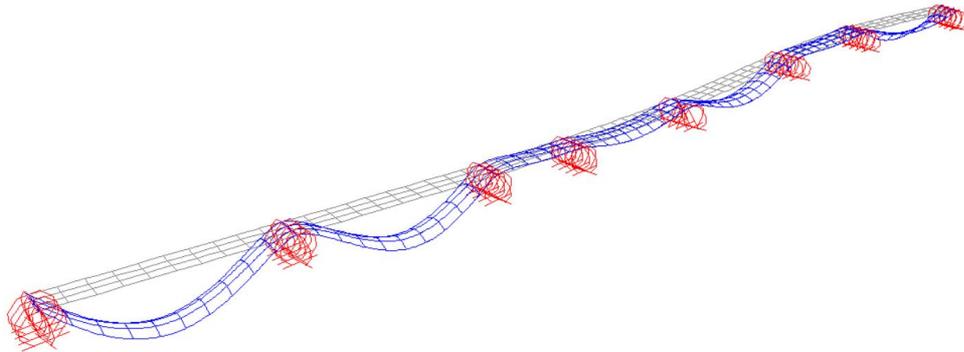


Diagramma dell'azione di taglio V_z

Sovraccarichi permanenti non strutturali



Deformata sotto carico, $\delta_{zmax} = 15,7$ mm

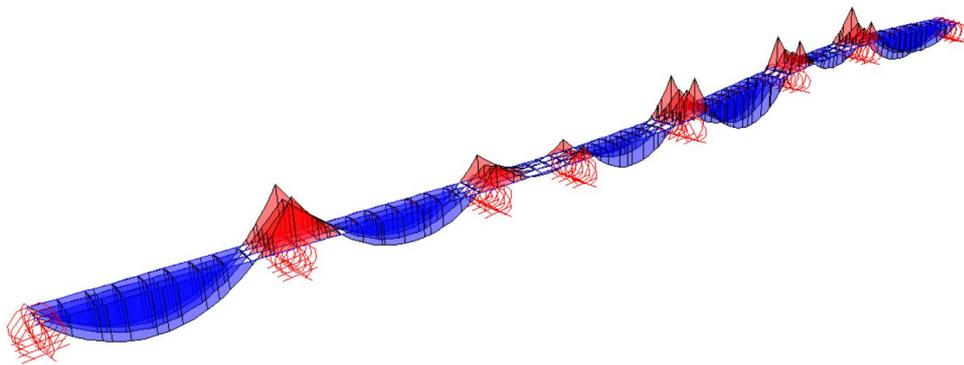


Diagramma del momento flettente M_y

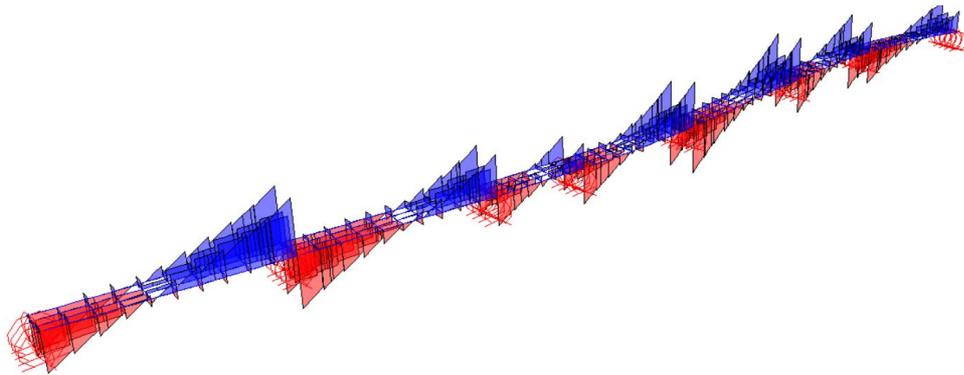
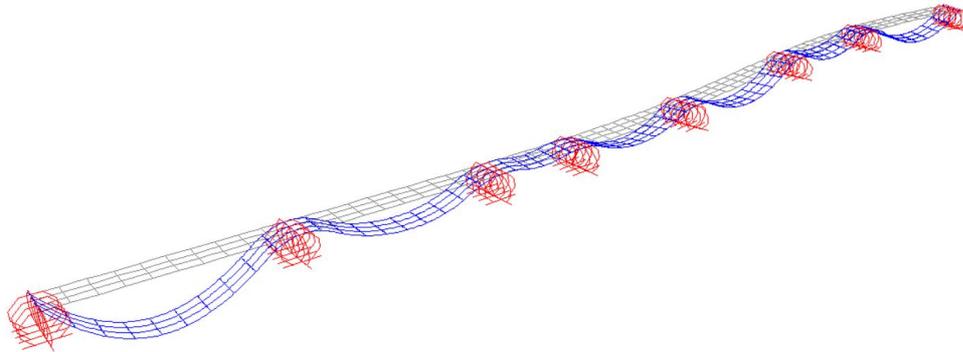


Diagramma dell'azione di taglio V_z

Ritiro in soletta (effetti secondari)



Deformata sotto carico, $\delta_{zmax} = 30,3$ mm

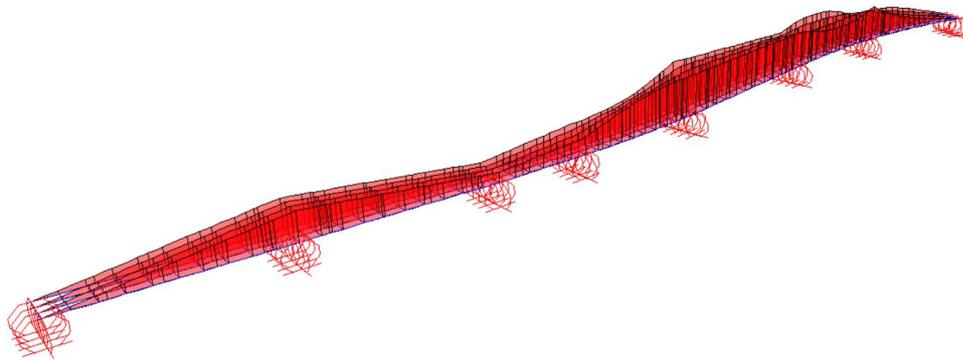


Diagramma del momento flettente M_y

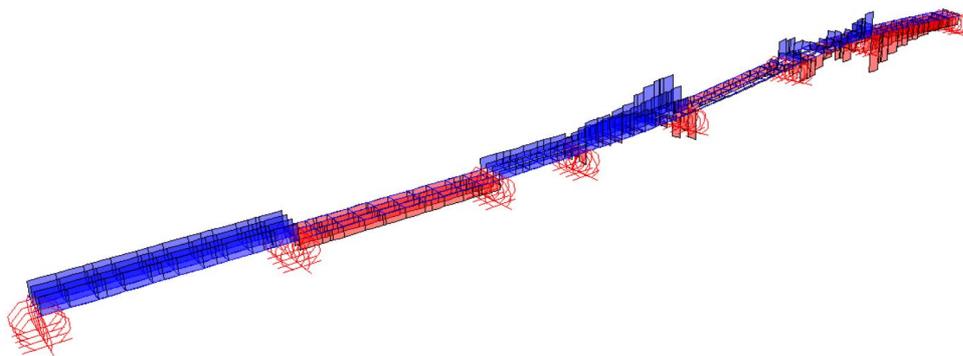
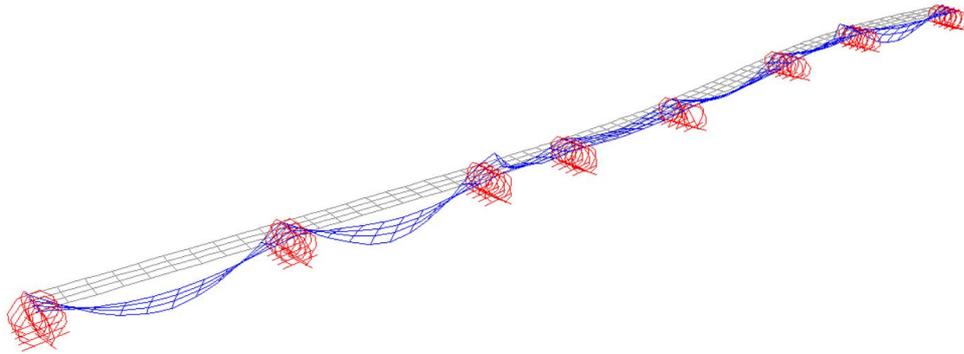


Diagramma dell'azione di taglio V_z

Carichi mobili – Inviluppo



Deformata sotto carico, $\delta_{zmax} = 61,0$ mm

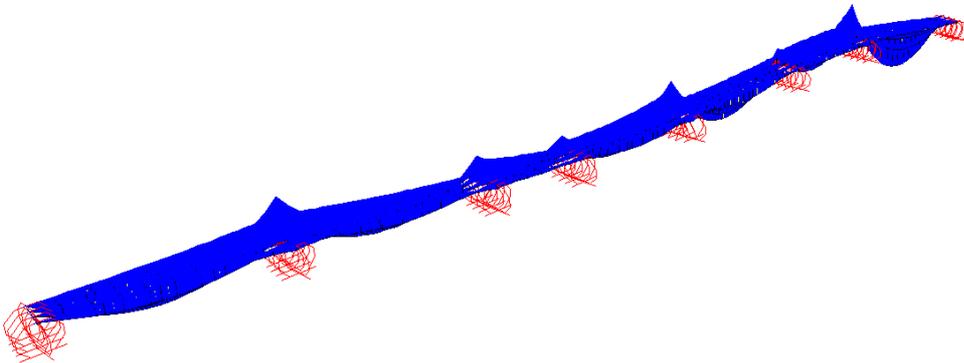


Diagramma del momento flettente M_y

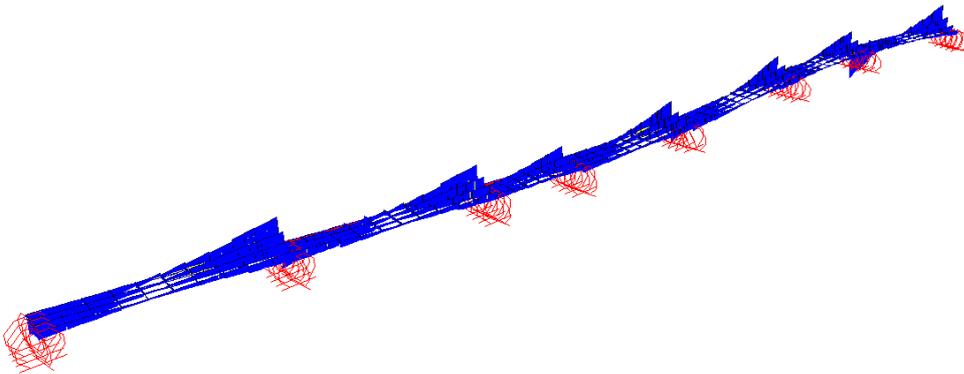
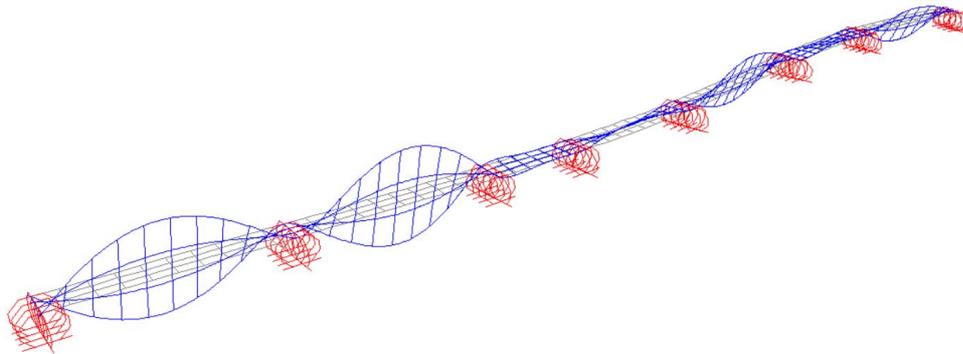


Diagramma dell'azione di taglio V_z

Vento trasversale sull'impalcato – componente del momento trasversale M_t



Deformata sotto carico, $\delta_{zmax} = 12,8$ mm

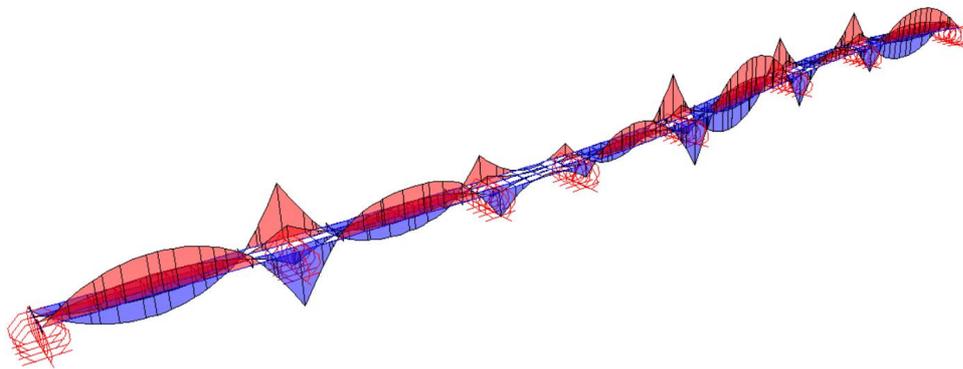


Diagramma del momento flettente M_y

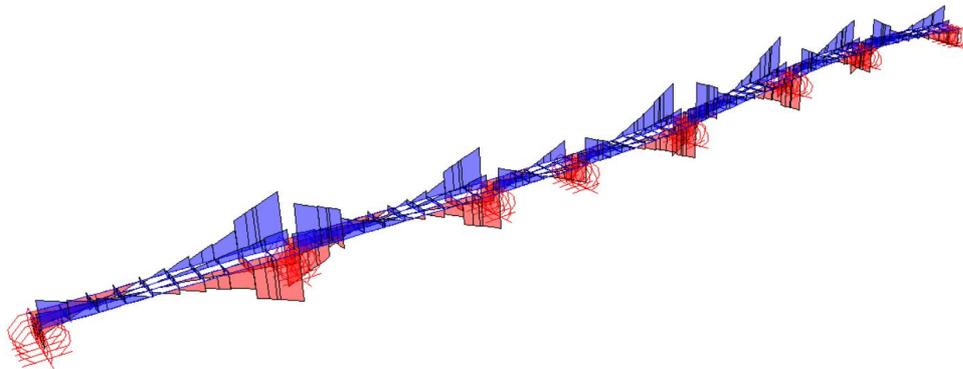
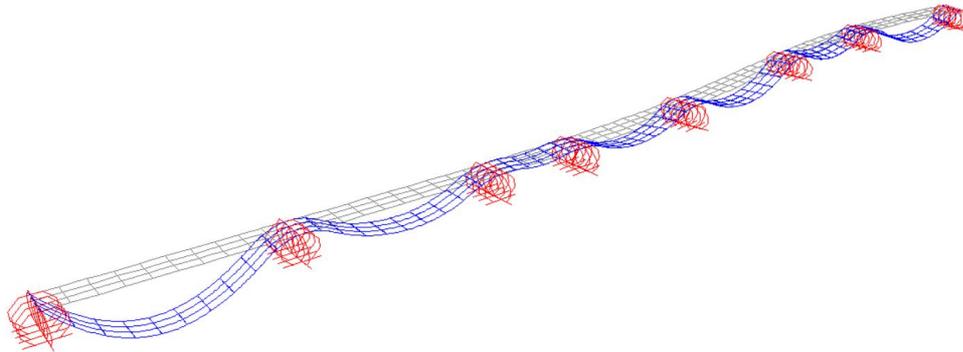


Diagramma dell'azione di taglio V_z

Variazione termica in soletta (effetti secondari)



Deformata sotto carico, $\delta_{zmax} = 11,9$ mm

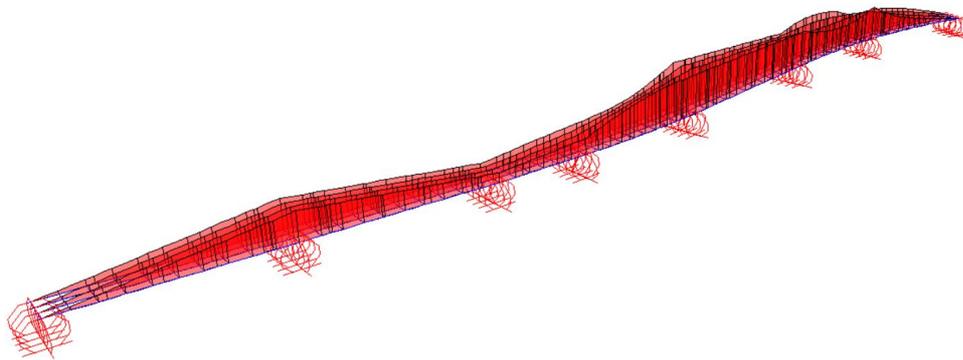


Diagramma del momento flettente M_y

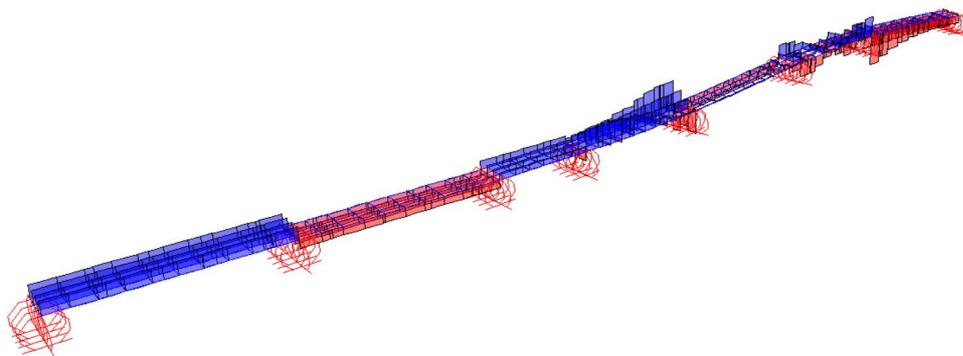


Diagramma dell'azione di taglio V_z

7.3 SINTESI TABULARE DELLE SOLLECITAZIONI

Nella presente sezione si riportano in forma tabulare le caratteristiche di sollecitazione in termini di momento flettente e taglio nel piano verticale delle travi di impalcato indagate, per effetto delle condizioni di carico precedentemente illustrate.

La convenzione di segno utilizzata è la seguente:

- **N** azione assiale, positiva di compressione
- **M_y** azione flettente nel piano verticale dell'elemento, positivo se tende le fibre di intradosso
- **V_z** azione di taglio lungo l'asse verticale dell'elemento



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

7.3.1 TRAVI PRINCIPALI LONGITUDINALI

Alla tabella seguente sono riportate le azioni interne negli elementi della trave intermedia della modellazione FEM lungo lo sviluppo longitudinale del ponte.

| | Elem. | m | Peso Proprio | | Carichi permanenti | | Ritiro eff. primari | | Ritiro eff. secondari | |
|---------|-------|---|--------------|------------|--------------------|------------|---------------------|------------|-----------------------|------------|
| | | | Vz KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m | N KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m |
| C1 | 396 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3640 | 2545 | 0 | 0 |
| C1 | 397 | 0 | -649 | -4 | -191 | 0 | 3640 | 2545 | 74 | 0 |
| C1 | 398 | 0 | -479 | 2705 | -154 | 891 | 3640 | 2545 | 74 | -352 |
| C1 | 399 | 0 | -302 | 4608 | -100 | 1606 | 3640 | 2545 | 74 | -706 |
| C2 | 400 | 0 | -252 | 5029 | -98 | 1756 | 3640 | 2657 | 74 | -819 |
| C2 | 401 | 0 | -124 | 5669 | -42 | 2065 | 3640 | 2657 | 74 | -1059 |
| C2 | 402 | 0 | 54 | 5886 | 19 | 2246 | 3640 | 2657 | 74 | -1411 |
| C3 | 403 | 0 | 120 | 5712 | 22 | 2204 | 3640 | 2650 | 74 | -1560 |
| C3 | 404 | 0 | 231 | 5257 | 80 | 2138 | 3640 | 2650 | 74 | -1764 |
| C3 | 405 | 0 | 409 | 3784 | 140 | 1741 | 3640 | 2650 | 75 | -2117 |
| C4 | 406 | 0 | 491 | 2659 | 144 | 1386 | 3640 | 2523 | 75 | -2304 |
| C4 | 407 | 0 | 584 | 1469 | 195 | 1059 | 3640 | 2523 | 75 | -2472 |
| C4 | 408 | 0 | 755 | -1677 | 229 | 114 | 3640 | 2523 | 75 | -2828 |
| C4fess | 409 | 0 | 833 | -3563 | 233 | -435 | 0 | 0 | 75 | -3006 |
| C5 | 410 | 0 | 887 | -4961 | 235 | -815 | 0 | 0 | 75 | -3128 |
| C5 | 411 | 0 | 918 | -5636 | 254 | -992 | 0 | 0 | 75 | -3184 |
| C5 | 412 | 0 | -987 | -10373 | -236 | -2217 | 0 | 0 | -50 | -3540 |
| C5 | 413 | 0 | -822 | -6059 | -211 | -1113 | 0 | 0 | -50 | -3303 |
| C7fess | 414 | 0 | -764 | -4670 | -209 | -746 | 0 | 0 | -50 | -3216 |
| C7 | 415 | 0 | -744 | -4203 | -208 | -617 | 3640 | 2443 | -50 | -3185 |
| C7 | 416 | 0 | -651 | -2526 | -178 | -127 | 3640 | 2443 | -49 | -3067 |
| C7 | 417 | 0 | -476 | 194 | -123 | 702 | 3640 | 2443 | -49 | -2832 |
| C8 | 418 | 0 | -335 | 1919 | -117 | 1213 | 3640 | 2373 | -49 | -2623 |
| C8 | 419 | 0 | -299 | 2083 | -63 | 1271 | 3640 | 2373 | -49 | -2599 |
| C8 | 420 | 0 | -121 | 3129 | -1 | 1554 | 3640 | 2373 | -49 | -2366 |
| C8 | 421 | 0 | 57 | 3331 | 61 | 1541 | 3640 | 2373 | -49 | -2133 |
| C9 | 422 | 0 | 106 | 3211 | 63 | 1450 | 3640 | 2373 | -49 | -2061 |
| C9 | 423 | 0 | 233 | 2688 | 118 | 1237 | 3640 | 2373 | -49 | -1901 |
| C9 | 424 | 0 | 405 | 1208 | 155 | 660 | 3640 | 2373 | -49 | -1670 |
| C9fess | 425 | 0 | 484 | 156 | 159 | 288 | 0 | 0 | -49 | -1554 |
| C10 | 426 | 0 | 537 | -666 | 161 | 31 | 0 | 0 | -49 | -1476 |
| C10 | 427 | 0 | 569 | -1078 | 183 | -91 | 0 | 0 | -49 | -1439 |
| C10 | 428 | 0 | -539 | -4157 | -106 | -976 | 0 | 0 | 49 | -1208 |
| C10 | 429 | 0 | -383 | -2067 | -84 | -513 | 0 | 0 | 49 | -1427 |
| C11 | 430 | 0 | -317 | -1368 | -81 | -349 | 3640 | 1806 | 49 | -1524 |
| C11 | 431 | 0 | -239 | -804 | -52 | -191 | 3640 | 1806 | 49 | -1621 |
| C11 | 432 | 0 | -94 | -117 | -8 | 4 | 3640 | 1806 | 50 | -1815 |
| C11 | 433 | 0 | 48 | -5 | 20 | 25 | 3640 | 1806 | 51 | -2014 |
| C12 | 434 | 0 | 114 | -165 | 23 | -17 | 0 | 0 | 51 | -2115 |
| C12 | 435 | 0 | 185 | -459 | 39 | -65 | 0 | 0 | 51 | -2217 |
| C12 | 436 | 0 | -508 | -1629 | -107 | -256 | 0 | 0 | 68 | -2447 |
| C12 | 437 | 0 | -372 | 139 | -90 | 159 | 0 | 0 | 71 | -2720 |
| C13 | 438 | 0 | -322 | 660 | -88 | 293 | 3640 | 4154 | 71 | -2828 |
| C13 | 439 | 0 | -233 | 1362 | -69 | 509 | 3640 | 4154 | 73 | -3007 |
| C13 | 440 | 0 | -90 | 2031 | -30 | 772 | 3640 | 4154 | 78 | -3299 |
| C14 | 441 | 0 | -9 | 2152 | -26 | 841 | 3640 | 4154 | 78 | -3489 |
| C14 | 442 | 0 | 54 | 2130 | 15 | 878 | 3640 | 4154 | 87 | -3605 |
| C14 | 443 | 0 | 199 | 1647 | 59 | 808 | 3640 | 4088 | 95 | -3953 |
| C14 | 444 | 0 | 346 | 583 | 102 | 560 | 3640 | 4154 | 104 | -4333 |
| C15 | 445 | 0 | 395 | 33 | 104 | 407 | 3640 | 4194 | 104 | -4488 |
| C15 | 446 | 0 | 488 | -1032 | 138 | 147 | 3640 | 4194 | 109 | -4742 |
| C15 | 447 | 0 | 629 | -3251 | 155 | -416 | 3640 | 4194 | 111 | -5179 |
| C15fess | 448 | 0 | 697 | -4596 | 158 | -734 | 0 | 0 | 111 | -5403 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Elem. | m | Peso Proprio | | Carichi permanenti | | Ritiro eff. primari | | Ritiro eff. secondari | |
|---------|-------|---|--------------|------------|--------------------|------------|---------------------|------------|-----------------------|------------|
| | | | Vz KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m | N KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m |
| C16 | 449 | 0 | 712 | -4928 | 159 | -808 | 0 | 0 | 111 | -5456 |
| C16 | 450 | 0 | 766 | -6034 | 169 | -1048 | 0 | 0 | 115 | -5622 |
| C16 | 451 | 0 | -1029 | -9364 | -230 | -1736 | 0 | 0 | -28 | -6083 |
| C16 | 452 | 0 | -861 | -4721 | -208 | -628 | 0 | 0 | -28 | -5945 |
| C17fess | 453 | 0 | -841 | -4211 | -207 | -504 | 0 | 0 | -28 | -5928 |
| C17 | 454 | 0 | -758 | -2213 | -203 | 8 | 3640 | 4292 | -28 | -5857 |
| C17 | 455 | 0 | -692 | -1005 | -182 | 342 | 3640 | 4292 | -29 | -5810 |
| C17 | 456 | 0 | -519 | 1910 | -134 | 1190 | 3640 | 4292 | -29 | -5674 |
| C18 | 457 | 0 | -466 | 2698 | -131 | 1401 | 3640 | 4383 | -29 | -5628 |
| C18 | 458 | 0 | -343 | 4002 | -77 | 1807 | 3640 | 4383 | -29 | -5539 |
| C18 | 459 | 0 | -165 | 5255 | -16 | 2155 | 3640 | 4383 | -30 | -5402 |
| C19 | 460 | 0 | -77 | 5577 | -13 | 2193 | 3640 | 4383 | -30 | -5324 |
| C19 | 461 | 0 | 12 | 5666 | 44 | 2216 | 3640 | 4383 | -32 | -5261 |
| C19 | 462 | 0 | 188 | 5234 | 102 | 1990 | 3640 | 4383 | -34 | -5111 |
| C20 | 463 | 0 | 326 | 4165 | 108 | 1553 | 3640 | 4416 | -34 | -4969 |
| C20 | 464 | 0 | 362 | 3966 | 153 | 1489 | 3640 | 4416 | -35 | -4948 |
| C20 | 465 | 0 | 534 | 1871 | 184 | 745 | 3640 | 4416 | -26 | -4782 |
| C20fess | 466 | 0 | 621 | 365 | 187 | 262 | 0 | 0 | -26 | -4713 |
| C21 | 467 | 0 | 705 | -1324 | 191 | -221 | 0 | 0 | -26 | -4646 |
| C21 | 468 | 0 | 742 | -1753 | 209 | -336 | 0 | 0 | -3 | -4630 |
| C21 | 469 | 0 | -620 | -5788 | -132 | -1376 | 0 | 0 | 42 | -4617 |
| C21 | 470 | 0 | -506 | -3575 | -117 | -858 | 0 | 0 | 20 | -4785 |
| C22fess | 471 | 0 | -457 | -2853 | -115 | -684 | 0 | 0 | 20 | -4815 |
| C22 | 472 | 0 | -438 | -2601 | -114 | -620 | 3640 | 4416 | 20 | -4826 |
| C22 | 473 | 0 | -362 | -1613 | -98 | -340 | 3640 | 4416 | -6 | -4878 |
| C22 | 474 | 0 | -182 | -300 | -55 | 95 | 3640 | 4416 | -12 | -4851 |
| C23 | 475 | 0 | -132 | -65 | -53 | 176 | 3640 | 4383 | -12 | -4834 |
| C23 | 476 | 0 | -6 | 185 | -2 | 332 | 3640 | 4383 | -22 | -4795 |
| C23 | 477 | 0 | 72 | 109 | 1 | 333 | 3640 | 4383 | -22 | -4745 |
| C23 | 478 | 0 | 164 | -140 | 50 | 326 | 3640 | 4383 | -33 | -4695 |
| C24 | 479 | 0 | 268 | -822 | 55 | 158 | 3640 | 4416 | -33 | -4588 |
| C24 | 480 | 0 | 332 | -1246 | 93 | 77 | 3640 | 4416 | -41 | -4541 |
| C24 | 481 | 0 | 487 | -3128 | 117 | -369 | 3640 | 4325 | -46 | -4352 |
| C24fess | 482 | 0 | 572 | -4483 | 120 | -673 | 0 | 0 | -46 | -4233 |
| C25 | 483 | 0 | 589 | -4793 | 121 | -738 | 0 | 0 | -46 | -4209 |
| C25 | 484 | 0 | 672 | -5714 | 137 | -921 | 0 | 0 | -45 | -4140 |
| C25 | 485 | 0 | -1052 | -8669 | -227 | -1480 | 0 | 0 | -72 | -3959 |
| C25 | 486 | 0 | -863 | -4104 | -199 | -432 | 0 | 0 | -65 | -3620 |
| C26fess | 487 | 0 | -836 | -3414 | -198 | -270 | 0 | 0 | -65 | -3569 |
| C26 | 488 | 0 | -797 | -2458 | -196 | -40 | 3640 | 3400 | -65 | -3493 |
| C26 | 489 | 0 | -694 | -475 | -171 | 470 | 3640 | 3400 | -76 | -3324 |
| C26 | 490 | 0 | -497 | 2648 | -113 | 1329 | 3640 | 3400 | -85 | -2934 |
| C27 | 491 | 0 | -421 | 3698 | -110 | 1586 | 3640 | 3713 | -85 | -2741 |
| C27 | 492 | 0 | -291 | 4759 | -45 | 1892 | 3640 | 3713 | -93 | -2501 |
| C27 | 493 | 0 | -205 | 5403 | -42 | 2005 | 3640 | 3713 | -93 | -2260 |
| C27 | 494 | 0 | -74 | 5816 | 23 | 2106 | 3640 | 3713 | -99 | -2023 |
| C28 | 495 | 0 | 22 | 5890 | 27 | 2032 | 3640 | 3720 | -99 | -1736 |
| C28 | 496 | 0 | 126 | 5761 | 85 | 1969 | 3640 | 3720 | -102 | -1515 |
| C28 | 497 | 0 | 341 | 4676 | 142 | 1512 | 3640 | 3720 | -106 | -991 |
| C29 | 498 | 0 | 468 | 3127 | 147 | 956 | 3640 | 3284 | -106 | -585 |
| C29 | 499 | 0 | 506 | 2749 | 175 | 840 | 3640 | 3284 | -106 | -501 |
| C29 | 500 | 0 | -17 | -4 | -1 | 0 | 3640 | 3284 | 0 | 0 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Elem. | m | Mobili _ Involuppo | | | Vento trasversale | | DT lineare = 10°C | | DT lineare = -4°C | |
|---------|-------|---|--------------------|-----------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | | Vz KN | T KN-m | My KN-m | Vz KN | My KN-m | N KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m |
| C1 | 396 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3003 | 1435 | 0 | 0 |
| C1 | 397 | 0 | -629 | 400 | -1 | -31 | 0 | 3003 | 1435 | 29 | 0 |
| C1 | 398 | 0 | -521 | 362 | 2644 | -23 | 121 | 3003 | 1435 | 29 | -139 |
| C1 | 399 | 0 | -421 | 281 | 4590 | -16 | 206 | 3003 | 1435 | 29 | -279 |
| C2 | 400 | 0 | -388 | 281 | 5053 | -12 | 228 | 3003 | 1576 | 29 | -324 |
| C2 | 401 | 0 | -327 | 190 | 5848 | -10 | 257 | 3003 | 1576 | 29 | -419 |
| C2 | 402 | 0 | 191 | 92 | 6474 | -4 | 278 | 3003 | 1576 | 29 | -558 |
| C3 | 403 | 0 | 207 | 92 | 6544 | 0 | 282 | 3003 | 1564 | 29 | -617 |
| C3 | 404 | 0 | 263 | 108 | 6504 | 2 | 274 | 3003 | 1564 | 29 | -698 |
| C3 | 405 | 0 | 366 | 191 | 5969 | 11 | 239 | 3003 | 1564 | 29 | -837 |
| C4 | 406 | 0 | 407 | 191 | 5433 | 16 | 205 | 3003 | 1495 | 29 | -911 |
| C4 | 407 | 0 | 473 | 252 | 4842 | 23 | 163 | 3003 | 1495 | 30 | -978 |
| C4 | 408 | 0 | 565 | 10 | -2038 | 32 | 30 | 3003 | 1495 | 30 | -1118 |
| C4fess | 409 | 0 | 602 | 10 | -2174 | 37 | -51 | 0 | 0 | 30 | -1189 |
| C5 | 410 | 0 | 626 | 10 | -2268 | 40 | -114 | 0 | 0 | 30 | -1237 |
| C5 | 411 | 0 | 658 | 10 | -2311 | 46 | -144 | 0 | 0 | 30 | -1259 |
| C5 | 412 | 0 | -708 | 10 | -4073 | -55 | -388 | 0 | 0 | -20 | -1400 |
| C5 | 413 | 0 | -613 | 14 | -2405 | -40 | -151 | 0 | 0 | -20 | -1304 |
| C7fess | 414 | 0 | -584 | 16 | -2276 | -36 | -85 | 0 | 0 | -20 | -1269 |
| C7 | 415 | 0 | -574 | 13 | -2236 | -35 | -63 | 3003 | 1441 | -20 | -1257 |
| C7 | 416 | 0 | -524 | 299 | -2083 | -32 | 13 | 3003 | 1441 | -20 | -1209 |
| C7 | 417 | 0 | -418 | 248 | 4386 | -20 | 140 | 3003 | 1441 | -20 | -1114 |
| C8 | 418 | 0 | -337 | 248 | 5175 | -10 | 203 | 3003 | 1327 | -20 | -1030 |
| C8 | 419 | 0 | -318 | 145 | 5242 | -11 | 209 | 3003 | 1327 | -20 | -1020 |
| C8 | 420 | 0 | -225 | 97 | 5507 | -5 | 237 | 3003 | 1327 | -20 | -926 |
| C8 | 421 | 0 | 297 | 221 | 5228 | 2 | 237 | 3003 | 1327 | -20 | -832 |
| C9 | 422 | 0 | 323 | 221 | 5012 | 5 | 231 | 3003 | 1327 | -20 | -803 |
| C9 | 423 | 0 | 409 | 298 | 4362 | 13 | 202 | 3003 | 1327 | -20 | -738 |
| C9 | 424 | 0 | 505 | 5 | 2873 | 21 | 116 | 3003 | 1327 | -20 | -644 |
| C9fess | 425 | 0 | 545 | 5 | 1939 | 26 | 60 | 0 | 0 | -20 | -598 |
| C10 | 426 | 0 | 571 | 5 | -708 | 30 | 15 | 0 | 0 | -20 | -566 |
| C10 | 427 | 0 | 609 | 4 | -797 | 36 | -8 | 0 | 0 | -20 | -551 |
| C10 | 428 | 0 | -582 | 2 | -2905 | -31 | -203 | 0 | 0 | 18 | -458 |
| C10 | 429 | 0 | -463 | 4 | -1980 | -21 | -84 | 0 | 0 | 18 | -539 |
| C11 | 430 | 0 | -406 | 4 | -1753 | -17 | -45 | 3003 | 940 | 18 | -575 |
| C11 | 431 | 0 | -350 | 77 | -1527 | -13 | -15 | 3003 | 940 | 18 | -611 |
| C11 | 432 | 0 | -229 | 91 | -1069 | -4 | 19 | 3003 | 940 | 19 | -683 |
| C11 | 433 | 0 | 372 | 2 | -793 | 5 | 19 | 3003 | 940 | 19 | -757 |
| C12 | 434 | 0 | 418 | 2 | -744 | 9 | 6 | 0 | 0 | 19 | -794 |
| C12 | 435 | 0 | 474 | 1 | -818 | 13 | -16 | 0 | 0 | 19 | -832 |
| C12 | 436 | 0 | -629 | 1 | -2291 | -37 | -98 | 0 | 0 | 28 | -917 |
| C12 | 437 | 0 | -545 | 1 | 1719 | -28 | 32 | 0 | 0 | 29 | -1030 |
| C13 | 438 | 0 | -517 | 1 | 2350 | -25 | 72 | 3003 | 2414 | 29 | -1074 |
| C13 | 439 | 0 | -466 | 71 | 3283 | -20 | 127 | 3003 | 2414 | 30 | -1148 |
| C13 | 440 | 0 | -374 | 43 | 4399 | -11 | 191 | 3003 | 2414 | 32 | -1268 |
| C14 | 441 | 0 | -319 | 153 | 4817 | -5 | 210 | 3003 | 2414 | 32 | -1345 |
| C14 | 442 | 0 | 195 | 46 | 4992 | -1 | 216 | 3003 | 2414 | 35 | -1393 |
| C14 | 443 | 0 | 263 | 60 | 5110 | 7 | 201 | 3003 | 2369 | 38 | -1534 |
| C14 | 444 | 0 | 356 | 158 | 4803 | 16 | 157 | 3003 | 2414 | 42 | -1688 |
| C15 | 445 | 0 | 383 | 52 | 4559 | 19 | 132 | 3003 | 2459 | 42 | -1751 |
| C15 | 446 | 0 | 447 | 78 | -2350 | 25 | 78 | 3003 | 2459 | 44 | -1853 |
| C15 | 447 | 0 | 526 | 1 | -2632 | 32 | -39 | 3003 | 2459 | 45 | -2029 |
| C15fess | 448 | 0 | 561 | 1 | -2775 | 37 | -109 | 0 | 0 | 45 | -2120 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Elem. | m | Mobili _ Inviluppo | | | Vento trasversale | | DT lineare = 10°C | | DT lineare = -4°C | |
|---------|-------|---|--------------------|-----------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | | Vz KN | T KN-m | My KN-m | Vz KN | My KN-m | N KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m |
| C16 | 449 | 0 | 570 | 1 | -2813 | 38 | -127 | 0 | 0 | 45 | -2141 |
| C16 | 450 | 0 | 602 | 1 | -2943 | 41 | -186 | 0 | 0 | 46 | -2208 |
| C16 | 451 | 0 | -744 | 1 | -4123 | -59 | -368 | 0 | 0 | -11 | -2394 |
| C16 | 452 | 0 | -653 | 1 | -1712 | -45 | -107 | 0 | 0 | -11 | -2339 |
| C17fess | 453 | 0 | -643 | 1 | -1515 | -44 | -80 | 0 | 0 | -11 | -2332 |
| C17 | 454 | 0 | -605 | 1 | -1341 | -38 | 22 | 3003 | 2498 | -11 | -2304 |
| C17 | 455 | 0 | -575 | 162 | -1304 | -38 | 81 | 3003 | 2498 | -11 | -2285 |
| C17 | 456 | 0 | -478 | 143 | 4801 | -26 | 236 | 3003 | 2498 | -11 | -2231 |
| C18 | 457 | 0 | -446 | 143 | 5290 | -23 | 275 | 3003 | 2498 | -11 | -2213 |
| C18 | 458 | 0 | -378 | 95 | 6100 | -16 | 337 | 3003 | 2498 | -11 | -2177 |
| C18 | 459 | 0 | -280 | 42 | 6811 | -7 | 389 | 3003 | 2498 | -12 | -2123 |
| C19 | 460 | 0 | -225 | 42 | 6943 | -1 | 400 | 3003 | 2498 | -12 | -2091 |
| C19 | 461 | 0 | 212 | 67 | 6951 | 2 | 398 | 3003 | 2498 | -13 | -2067 |
| C19 | 462 | 0 | 318 | 122 | 6509 | 12 | 365 | 3003 | 2498 | -14 | -2007 |
| C20 | 463 | 0 | 388 | 122 | 5624 | 21 | 296 | 3003 | 2543 | -14 | -1950 |
| C20 | 464 | 0 | 425 | 151 | 5466 | 23 | 283 | 3003 | 2543 | -14 | -1942 |
| C20 | 465 | 0 | 518 | 19 | 3817 | 31 | 148 | 3003 | 2543 | -10 | -1876 |
| C20fess | 466 | 0 | 559 | 2 | 2689 | 36 | 60 | 0 | 0 | -10 | -1849 |
| C21 | 467 | 0 | 599 | 16 | -1611 | 42 | -39 | 0 | 0 | -10 | -1822 |
| C21 | 468 | 0 | 626 | 1 | -1624 | 46 | -65 | 0 | 0 | -1 | -1816 |
| C21 | 469 | 0 | -631 | 1 | -2585 | -43 | -317 | 0 | 0 | 16 | -1810 |
| C21 | 470 | 0 | -544 | 20 | -2423 | -33 | -160 | 0 | 0 | 8 | -1876 |
| C22fess | 471 | 0 | -518 | 29 | -2390 | -30 | -114 | 0 | 0 | 8 | -1888 |
| C22 | 472 | 0 | -509 | 29 | -2378 | -28 | -97 | 3003 | 2543 | 8 | -1892 |
| C22 | 473 | 0 | -457 | 118 | -2324 | -23 | -33 | 3003 | 2543 | -2 | -1913 |
| C22 | 474 | 0 | -359 | 159 | -2209 | -13 | 48 | 3003 | 2543 | -5 | -1902 |
| C23 | 475 | 0 | -326 | 48 | -2172 | -10 | 66 | 3003 | 2498 | -5 | -1895 |
| C23 | 476 | 0 | -242 | 38 | 4848 | -3 | 86 | 3003 | 2498 | -8 | -1881 |
| C23 | 477 | 0 | 221 | 38 | 4926 | 2 | 88 | 3003 | 2498 | -8 | -1861 |
| C23 | 478 | 0 | 295 | 58 | -2221 | 7 | 78 | 3003 | 2498 | -13 | -1841 |
| C24 | 479 | 0 | 357 | 169 | -2350 | 14 | 45 | 3003 | 2543 | -13 | -1799 |
| C24 | 480 | 0 | 398 | 112 | -2410 | 15 | 23 | 3003 | 2543 | -16 | -1781 |
| C24 | 481 | 0 | 494 | 69 | -2638 | 25 | -70 | 3003 | 2510 | -18 | -1707 |
| C24fess | 482 | 0 | 542 | 69 | -3129 | 30 | -140 | 0 | 0 | -18 | -1661 |
| C25 | 483 | 0 | 552 | 47 | -3235 | 31 | -157 | 0 | 0 | -18 | -1651 |
| C25 | 484 | 0 | 592 | 2 | -3539 | 37 | -207 | 0 | 0 | -18 | -1624 |
| C25 | 485 | 0 | -901 | 3 | -4455 | -57 | -370 | 0 | 0 | -28 | -1554 |
| C25 | 486 | 0 | -770 | 38 | -1508 | -40 | -129 | 0 | 0 | -25 | -1420 |
| C26fess | 487 | 0 | -756 | 18 | -1340 | -38 | -97 | 0 | 0 | -25 | -1400 |
| C26 | 488 | 0 | -732 | 18 | -1319 | -36 | -53 | 3003 | 1970 | -25 | -1371 |
| C26 | 489 | 0 | -653 | 285 | -1272 | -32 | 34 | 3003 | 1970 | -30 | -1304 |
| C26 | 490 | 0 | -499 | 325 | 5346 | -22 | 169 | 3003 | 1970 | -33 | -1151 |
| C27 | 491 | 0 | -445 | 63 | 6142 | -17 | 214 | 3003 | 2246 | -33 | -1075 |
| C27 | 492 | 0 | -334 | 44 | 6925 | -11 | 252 | 3003 | 2246 | -37 | -981 |
| C27 | 493 | 0 | -265 | 44 | 7284 | -6 | 274 | 3003 | 2246 | -37 | -887 |
| C27 | 494 | 0 | -211 | 74 | 7448 | -3 | 282 | 3003 | 2246 | -39 | -794 |
| C28 | 495 | 0 | 263 | 347 | 7261 | 3 | 281 | 3003 | 2264 | -39 | -681 |
| C28 | 496 | 0 | 341 | 306 | 6948 | 3 | 268 | 3003 | 2264 | -40 | -594 |
| C28 | 497 | 0 | 514 | 360 | 5468 | 15 | 222 | 3003 | 2264 | -42 | -389 |
| C29 | 498 | 0 | 604 | 461 | 3584 | 23 | 147 | 3003 | 1835 | -42 | -229 |
| C29 | 499 | 0 | 632 | 439 | 3138 | 22 | 128 | 3003 | 1835 | -42 | -197 |
| C29 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 3003 | 1835 | 0 | 0 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

Alla tabella seguente sono riportate le azioni interne negli elementi della trave di bordo maggiormente sollecitata della modellazione FEM lungo lo sviluppo longitudinale del ponte.

| | | | Peso Proprio | | Carichi permanenti | | Ritiro eff. primari | | Ritiro eff. secondari | |
|---------|-------|---|--------------|------------|--------------------|------------|---------------------|------------|-----------------------|------------|
| | Elem. | m | Vz KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m | N KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m |
| C1 | 396 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3640 | 2395 | 0 | 0 |
| C1 | 397 | 0 | -679 | -5 | -282 | -3 | 3640 | 2395 | 73 | 0 |
| C1 | 398 | 0 | -496 | 2756 | -204 | 1080 | 3640 | 2395 | 73 | -349 |
| C1 | 399 | 0 | -317 | 4654 | -141 | 1795 | 3640 | 2395 | 73 | -700 |
| C2 | 400 | 0 | -255 | 5083 | -107 | 1981 | 3640 | 2523 | 73 | -810 |
| C2 | 401 | 0 | -142 | 5695 | -84 | 2208 | 3640 | 2523 | 73 | -1049 |
| C2 | 402 | 0 | 34 | 5902 | -29 | 2349 | 3640 | 2523 | 73 | -1398 |
| C3 | 403 | 0 | 116 | 5752 | 17 | 2362 | 3640 | 2515 | 73 | -1545 |
| C3 | 404 | 0 | 209 | 5276 | 26 | 2230 | 3640 | 2515 | 73 | -1747 |
| C3 | 405 | 0 | 386 | 3816 | 81 | 1850 | 3640 | 2515 | 73 | -2096 |
| C4 | 406 | 0 | 489 | 2724 | 138 | 1576 | 3640 | 2399 | 73 | -2279 |
| C4 | 407 | 0 | 564 | 1520 | 142 | 1206 | 3640 | 2399 | 73 | -2444 |
| C4 | 408 | 0 | 746 | -1623 | 224 | 275 | 3640 | 2399 | 73 | -2792 |
| C4fess | 409 | 0 | 844 | -3511 | 278 | -321 | 0 | 0 | 73 | -2966 |
| C5 | 410 | 0 | 911 | -4938 | 315 | -803 | 0 | 0 | 73 | -3085 |
| C5 | 411 | 0 | 936 | -5633 | 314 | -1046 | 0 | 0 | 73 | -3140 |
| C5 | 412 | 0 | -1039 | -10543 | -397 | -2798 | 0 | 0 | -43 | -3488 |
| C5 | 413 | 0 | -849 | -6073 | -306 | -1170 | 0 | 0 | -42 | -3285 |
| C7fess | 414 | 0 | -776 | -4651 | -266 | -670 | 0 | 0 | -42 | -3212 |
| C7 | 415 | 0 | -751 | -4187 | -252 | -513 | 3640 | 2319 | -42 | -3187 |
| C7 | 416 | 0 | -667 | -2508 | -224 | 24 | 3640 | 2319 | -42 | -3088 |
| C7 | 417 | 0 | -488 | 194 | -163 | 829 | 3640 | 2319 | -42 | -2888 |
| C8 | 418 | 0 | -313 | 1897 | -65 | 1313 | 3640 | 2231 | -42 | -2708 |
| C8 | 419 | 0 | -312 | 2049 | -107 | 1343 | 3640 | 2231 | -43 | -2686 |
| C8 | 420 | 0 | -137 | 3067 | -53 | 1593 | 3640 | 2231 | -43 | -2484 |
| C8 | 421 | 0 | 39 | 3251 | 1 | 1588 | 3640 | 2231 | -43 | -2281 |
| C9 | 422 | 0 | 98 | 3152 | 34 | 1562 | 3640 | 2231 | -43 | -2218 |
| C9 | 423 | 0 | 216 | 2600 | 60 | 1324 | 3640 | 2231 | -44 | -2075 |
| C9 | 424 | 0 | 397 | 1108 | 138 | 781 | 3640 | 2231 | -44 | -1868 |
| C9fess | 425 | 0 | 495 | 56 | 192 | 391 | 0 | 0 | -44 | -1765 |
| C10 | 426 | 0 | 560 | -777 | 228 | 59 | 0 | 0 | -44 | -1697 |
| C10 | 427 | 0 | 583 | -1208 | 225 | -119 | 0 | 0 | -44 | -1664 |
| C10 | 428 | 0 | -612 | -4447 | -255 | -1446 | 0 | 0 | -32 | -1458 |
| C10 | 429 | 0 | -433 | -2110 | -168 | -529 | 0 | 0 | -32 | -1314 |
| C11 | 430 | 0 | -350 | -1328 | -123 | -239 | 3640 | 1675 | -32 | -1251 |
| C11 | 431 | 0 | -282 | -724 | -103 | -43 | 3640 | 1675 | -34 | -1189 |
| C11 | 432 | 0 | -136 | 67 | -54 | 185 | 3640 | 1675 | -34 | -1055 |
| C11 | 433 | 0 | 12 | 281 | 3 | 222 | 3640 | 1675 | -33 | -921 |
| C12 | 434 | 0 | 93 | 179 | 48 | 172 | 0 | 0 | -33 | -856 |
| C12 | 435 | 0 | 167 | -89 | 73 | 31 | 0 | 0 | -33 | -790 |
| C12 | 436 | 0 | -517 | -1261 | -246 | -530 | 0 | 0 | 95 | -641 |
| C12 | 437 | 0 | -358 | 476 | -174 | 269 | 0 | 0 | 95 | -1022 |
| C13 | 438 | 0 | -297 | 967 | -139 | 503 | 3640 | 3935 | 95 | -1165 |
| C13 | 439 | 0 | -205 | 1580 | -113 | 780 | 3640 | 3935 | 103 | -1404 |
| C13 | 440 | 0 | -71 | 2069 | -65 | 1050 | 3640 | 3935 | 117 | -1818 |
| C14 | 441 | 0 | 26 | 2120 | -11 | 1139 | 3640 | 3935 | 117 | -2090 |
| C14 | 442 | 0 | 41 | 2040 | -27 | 1132 | 3640 | 3935 | 136 | -2259 |
| C14 | 443 | 0 | 189 | 1546 | 21 | 1058 | 3640 | 3866 | 143 | -2802 |
| C14 | 444 | 0 | 338 | 458 | 71 | 789 | 3640 | 3935 | 175 | -3373 |
| C15 | 445 | 0 | 397 | -72 | 104 | 663 | 3640 | 3975 | 175 | -3625 |
| C15 | 446 | 0 | 481 | -1113 | 124 | 357 | 3640 | 3975 | 197 | -4032 |
| C15 | 447 | 0 | 637 | -3366 | 199 | -323 | 3640 | 3975 | 209 | -4819 |
| C15fess | 448 | 0 | 723 | -4782 | 247 | -787 | 0 | 0 | 209 | -5255 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Peso Proprio | | Carichi permanenti | | Ritiro eff. primari | | Ritiro eff. secondari | | | |
|---------|--------------|---|--------------------|------------|---------------------|------------|-----------------------|------------|----------|------------|
| | Elem. | m | Vz KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m | N KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m |
| C16 | 449 | 0 | 740 | -5088 | 256 | -892 | 0 | 0 | 209 | -5342 |
| C16 | 450 | 0 | 799 | -6244 | 282 | -1302 | 0 | 0 | 208 | -5656 |
| C16 | 451 | 0 | -1107 | -9772 | -435 | -2613 | 0 | 0 | -43 | -6491 |
| C16 | 452 | 0 | -910 | -4844 | -337 | -755 | 0 | 0 | -43 | -6280 |
| C17fess | 453 | 0 | -885 | -4305 | -324 | -556 | 0 | 0 | -43 | -6254 |
| C17 | 454 | 0 | -785 | -2285 | -268 | 160 | 3640 | 4066 | -43 | -6149 |
| C17 | 455 | 0 | -725 | -987 | -247 | 589 | 3640 | 4066 | -42 | -6074 |
| C17 | 456 | 0 | -545 | 1992 | -180 | 1506 | 3640 | 4066 | -41 | -5877 |
| C18 | 457 | 0 | -479 | 2811 | -143 | 1765 | 3640 | 4135 | -41 | -5812 |
| C18 | 458 | 0 | -368 | 4116 | -122 | 2103 | 3640 | 4135 | -40 | -5683 |
| C18 | 459 | 0 | -193 | 5400 | -66 | 2422 | 3640 | 4135 | -40 | -5493 |
| C19 | 460 | 0 | -85 | 5761 | -7 | 2517 | 3640 | 4135 | -40 | -5389 |
| C19 | 461 | 0 | -17 | 5849 | -11 | 2479 | 3640 | 4135 | -39 | -5304 |
| C19 | 462 | 0 | 161 | 5463 | 46 | 2274 | 3640 | 4135 | -39 | -5117 |
| C20 | 463 | 0 | 330 | 4456 | 140 | 1892 | 3640 | 4175 | -39 | -4958 |
| C20 | 464 | 0 | 341 | 4233 | 111 | 1796 | 3640 | 4175 | -39 | -4933 |
| C20 | 465 | 0 | 526 | 2147 | 197 | 1009 | 3640 | 4175 | -37 | -4750 |
| C20fess | 466 | 0 | 630 | 685 | 255 | 437 | 0 | 0 | -37 | -4656 |
| C21 | 467 | 0 | 736 | -1071 | 314 | -294 | 0 | 0 | -37 | -4561 |
| C21 | 468 | 0 | 750 | -1520 | 312 | -486 | 0 | 0 | -54 | -4539 |
| C21 | 469 | 0 | -660 | -5689 | -349 | -2289 | 0 | 0 | 104 | -4275 |
| C21 | 470 | 0 | -516 | -3378 | -270 | -1076 | 0 | 0 | 92 | -4693 |
| C22fess | 471 | 0 | -454 | -2651 | -236 | -697 | 0 | 0 | 92 | -4830 |
| C22 | 472 | 0 | -428 | -2373 | -221 | -553 | 3640 | 4175 | 92 | -4888 |
| C22 | 473 | 0 | -339 | -1449 | -182 | -79 | 3640 | 4175 | 52 | -5114 |
| C22 | 474 | 0 | -165 | -316 | -110 | 521 | 3640 | 4175 | 6 | -5356 |
| C23 | 475 | 0 | -103 | -113 | -75 | 661 | 3640 | 4135 | 6 | -5367 |
| C23 | 476 | 0 | 11 | 5 | -45 | 784 | 3640 | 4135 | -18 | -5386 |
| C23 | 477 | 0 | 108 | -135 | 9 | 827 | 3640 | 4135 | -18 | -5343 |
| C23 | 478 | 0 | 184 | -494 | 20 | 746 | 3640 | 4135 | -45 | -5301 |
| C24 | 479 | 0 | 316 | -1291 | 93 | 563 | 3640 | 4175 | -45 | -5154 |
| C24 | 480 | 0 | 348 | -1798 | 94 | 402 | 3640 | 4175 | -103 | -5090 |
| C24 | 481 | 0 | 516 | -3865 | 183 | -285 | 3640 | 4095 | -160 | -4608 |
| C24fess | 482 | 0 | 622 | -5315 | 241 | -826 | 0 | 0 | -160 | -4199 |
| C25 | 483 | 0 | 648 | -5713 | 256 | -983 | 0 | 0 | -160 | -4098 |
| C25 | 484 | 0 | 621 | -6731 | 273 | -1392 | 0 | 0 | -192 | -3858 |
| C25 | 485 | 0 | -1103 | -9551 | -466 | -2669 | 0 | 0 | 55 | -3090 |
| C25 | 486 | 0 | -991 | -4749 | -378 | -701 | 0 | 0 | 0 | -3351 |
| C26fess | 487 | 0 | -961 | -4049 | -362 | -435 | 0 | 0 | 0 | -3353 |
| C26 | 488 | 0 | -905 | -2792 | -331 | 32 | 3640 | 3218 | 0 | -3353 |
| C26 | 489 | 0 | -824 | -572 | -274 | 818 | 3640 | 3218 | -32 | -3354 |
| C26 | 490 | 0 | -601 | 3150 | -187 | 1931 | 3640 | 3218 | -65 | -3188 |
| C27 | 491 | 0 | -505 | 4431 | -134 | 2305 | 3640 | 3542 | -65 | -3039 |
| C27 | 492 | 0 | -350 | 5714 | -111 | 2595 | 3640 | 3542 | -90 | -2854 |
| C27 | 493 | 0 | -243 | 6483 | -52 | 2806 | 3640 | 3542 | -90 | -2621 |
| C27 | 494 | 0 | -104 | 6972 | -34 | 2862 | 3640 | 3542 | -105 | -2388 |
| C28 | 495 | 0 | 17 | 7098 | 33 | 2861 | 3640 | 3549 | -105 | -2078 |
| C28 | 496 | 0 | 173 | 6956 | 51 | 2728 | 3640 | 3549 | -123 | -1841 |
| C28 | 497 | 0 | 379 | 5502 | 128 | 2152 | 3640 | 3549 | -124 | -1202 |
| C29 | 498 | 0 | 541 | 3693 | 218 | 1468 | 3640 | 3087 | -124 | -714 |
| C29 | 499 | 0 | 593 | 3279 | 219 | 1299 | 3640 | 3087 | -131 | -621 |
| C29 | 500 | 0 | -21 | -5 | -11 | -3 | 3640 | 3087 | 0 | 0 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

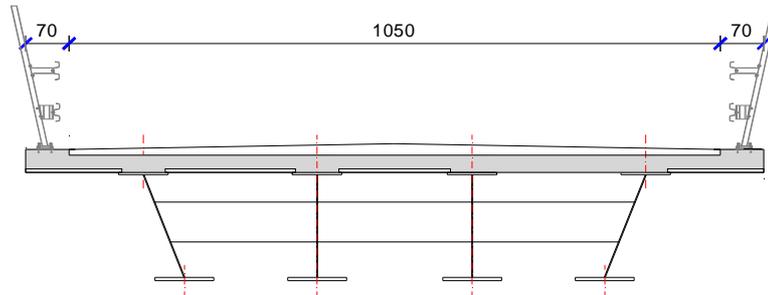
| | Elem. | m | Mobili _ Inviluppo | | | DT lineare = 10°C | | DT lineare = -4°C | |
|----------------|-------|---|--------------------|-----------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | | Vz KN | T KN-m | My KN-m | N KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m |
| C1 | 396 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3003 | 1282 | 0.0 | 0.0 |
| C1 | 397 | 0 | 957 | 152 | 0 | 3003 | 1282 | 29.1 | 0.0 |
| C1 | 398 | 0 | 787 | 135 | 3932 | 3003 | 1282 | 29.1 | -138.1 |
| C1 | 399 | 0 | 628 | 106 | 6749 | 3003 | 1282 | 29.1 | -277.0 |
| C2 | 400 | 0 | 571 | 106 | 7435 | 3003 | 1423 | 29.1 | -320.6 |
| C2 | 401 | 0 | 479 | 69 | 8525 | 3003 | 1423 | 29.1 | -415.1 |
| C2 | 402 | 0 | 342 | 28 | 9350 | 3003 | 1423 | 29.1 | -553.2 |
| C3 | 403 | 0 | 316 | 28 | 9448 | 3003 | 1414 | 29.1 | -611.4 |
| C3 | 404 | 0 | 380 | 48 | 9299 | 3003 | 1414 | 29.1 | -691.3 |
| C3 | 405 | 0 | 524 | 81 | 8432 | 3003 | 1414 | 29.0 | -829.4 |
| C4 | 406 | 0 | 614 | 81 | 7676 | 3003 | 1351 | 29.0 | -902.0 |
| C4 | 407 | 0 | 668 | 105 | 6784 | 3003 | 1351 | 29.0 | -967.3 |
| C4 | 408 | 0 | 847 | 34 | -3336 | 3003 | 1351 | 29.0 | -1105.0 |
| C4fess | 409 | 0 | 925 | 34 | -3566 | 0 | 0 | 29.0 | -1173.8 |
| C5 | 410 | 0 | 978 | 34 | -3723 | 0 | 0 | 29.0 | -1220.9 |
| C5 | 411 | 0 | 1002 | 23 | -4003 | 0 | 0 | 29.0 | -1242.6 |
| C5 | 412 | 0 | 1117 | 22 | -7041 | 0 | 0 | -17.4 | -1380.4 |
| C5 | 413 | 0 | 965 | 29 | -4258 | 0 | 0 | -17.0 | -1297.7 |
| C7fess | 414 | 0 | 904 | 29 | -3840 | 0 | 0 | -17.0 | -1268.0 |
| C7 | 415 | 0 | 884 | 29 | -3770 | 3003 | 1300 | -17.0 | -1257.7 |
| C7 | 416 | 0 | 791 | 92 | -3501 | 3003 | 1300 | -17.2 | -1217.1 |
| C7 | 417 | 0 | 640 | 70 | 6040 | 3003 | 1300 | -17.3 | -1135.3 |
| C8 | 418 | 0 | 479 | 70 | 7183 | 3003 | 1183 | -17.3 | -1061.8 |
| C8 | 419 | 0 | 490 | 41 | 7266 | 3003 | 1183 | -17.4 | -1053.2 |
| C8 | 420 | 0 | 356 | 36 | 7666 | 3003 | 1183 | -17.5 | -970.6 |
| C8 | 421 | 0 | 414 | 70 | 7267 | 3003 | 1183 | -17.6 | -887.5 |
| C9 | 422 | 0 | 467 | 70 | 7001 | 3003 | 1183 | -17.6 | -862.2 |
| C9 | 423 | 0 | 566 | 92 | 6052 | 3003 | 1183 | -17.8 | -803.9 |
| C9 | 424 | 0 | 760 | 17 | 4013 | 3003 | 1183 | -17.8 | -719.4 |
| C9fess | 425 | 0 | 840 | 17 | 2749 | 0 | 0 | -17.8 | -677.5 |
| C10 | 426 | 0 | 894 | 17 | -1464 | 0 | 0 | -17.8 | -649.4 |
| C10 | 427 | 0 | 919 | 9 | -1799 | 0 | 0 | -17.7 | -636.1 |
| C10 | 428 | 0 | 933 | 6 | -5146 | 0 | 0 | -12.2 | -552.0 |
| C10 | 429 | 0 | 745 | 9 | -3395 | 0 | 0 | -12.2 | -497.0 |
| C11 | 430 | 0 | 654 | 9 | -3015 | 3003 | 826 | -12.2 | -472.6 |
| C11 | 431 | 0 | 563 | 30 | -2653 | 3003 | 826 | -13.1 | -448.7 |
| C11 | 432 | 0 | 404 | 28 | 3419 | 3003 | 826 | -13.1 | -397.2 |
| C11 | 433 | 0 | 495 | 9 | 2929 | 3003 | 826 | -12.7 | -345.7 |
| C12 | 434 | 0 | 590 | 9 | 2345 | 0 | 0 | -12.7 | -321.0 |
| C12 | 435 | 0 | 681 | 6 | -994 | 0 | 0 | -12.7 | -295.7 |
| C12 | 436 | 0 | 955 | 6 | -2587 | 0 | 0 | 37.9 | -238.5 |
| C12 | 437 | 0 | 802 | 6 | 2464 | 0 | 0 | 37.9 | -390.1 |
| C13 | 438 | 0 | 741 | 6 | 3399 | 3003 | 2171 | 37.9 | -446.8 |
| C13 | 439 | 0 | 635 | 16 | 4706 | 3003 | 2171 | 41.0 | -541.6 |
| C13 | 440 | 0 | 503 | 86 | 6040 | 3003 | 2171 | 46.2 | -706.0 |
| C14 | 441 | 0 | 409 | 152 | 6506 | 3003 | 2171 | 46.2 | -814.1 |
| C14 | 442 | 0 | 411 | 15 | 6698 | 3003 | 2171 | 53.6 | -880.8 |
| C14 | 443 | 0 | 406 | 21 | 6899 | 3003 | 2129 | 56.3 | -1095.4 |
| C14 | 444 | 0 | 530 | 147 | 6331 | 3003 | 2171 | 68.9 | -1320.9 |
| C15 | 445 | 0 | 585 | 74 | 6017 | 3003 | 2216 | 68.9 | -1420.3 |
| C15 | 446 | 0 | 650 | 21 | -3937 | 3003 | 2216 | 77.6 | -1581.1 |
| C15 | 447 | 0 | 814 | 6 | -4690 | 3003 | 2216 | 82.4 | -1891.3 |
| C15fess | 448 | 0 | 893 | 6 | -5103 | 0 | 0 | 82.4 | -2062.9 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Elem. | m | Mobili _ Inviluppo | | | DT lineare = 10°C | | DT lineare = -4°C | |
|----------------|-------|---|--------------------|-----------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | | Vz KN | T KN-m | My KN-m | N KN | My KN-m | Vz KN | My KN-m |
| C16 | 449 | 0 | 909 | 6 | -5186 | 0 | 0 | 82.4 | -2097.4 |
| C16 | 450 | 0 | 965 | 3 | -5562 | 0 | 0 | 82.1 | -2221.0 |
| C16 | 451 | 0 | 1184 | 5 | -7982 | 0 | 0 | -17.0 | -2550.1 |
| C16 | 452 | 0 | 1038 | 6 | -3761 | 0 | 0 | -17.1 | -2466.7 |
| C17fess | 453 | 0 | 1019 | 6 | -3422 | 0 | 0 | -17.1 | -2456.4 |
| C17 | 454 | 0 | 941 | 6 | -2483 | 3003 | 2246 | -17.1 | -2415.2 |
| C17 | 455 | 0 | 878 | 46 | -2403 | 3003 | 2246 | -16.4 | -2386.7 |
| C17 | 456 | 0 | 731 | 40 | 6293 | 3003 | 2246 | -16.0 | -2307.9 |
| C18 | 457 | 0 | 675 | 40 | 7005 | 3003 | 2237 | -16.0 | -2282.3 |
| C18 | 458 | 0 | 583 | 27 | 8130 | 3003 | 2237 | -15.8 | -2231.7 |
| C18 | 459 | 0 | 434 | 14 | 9180 | 3003 | 2237 | -15.7 | -2156.5 |
| C19 | 460 | 0 | 340 | 14 | 9422 | 3003 | 2237 | -15.7 | -2115.8 |
| C19 | 461 | 0 | 301 | 19 | 9420 | 3003 | 2237 | -15.5 | -2082.1 |
| C19 | 462 | 0 | 428 | 34 | 8859 | 3003 | 2237 | -15.3 | -2008.5 |
| C20 | 463 | 0 | 575 | 34 | 7723 | 3003 | 2282 | -15.3 | -1945.8 |
| C20 | 464 | 0 | 579 | 42 | 7479 | 3003 | 2282 | -15.2 | -1936.9 |
| C20 | 465 | 0 | 748 | 6 | 5291 | 3003 | 2282 | -14.6 | -1863.5 |
| C20fess | 466 | 0 | 835 | 6 | 3847 | 0 | 0 | -14.6 | -1826.6 |
| C21 | 467 | 0 | 919 | 6 | -3155 | 0 | 0 | -14.6 | -1789.1 |
| C21 | 468 | 0 | 939 | 5 | -3196 | 0 | 0 | -21.2 | -1780.3 |
| C21 | 469 | 0 | 1002 | 4 | -5043 | 0 | 0 | 40.9 | -1676.6 |
| C21 | 470 | 0 | 882 | 43 | -4241 | 0 | 0 | 36.0 | -1840.5 |
| C22fess | 471 | 0 | 833 | 43 | -4216 | 0 | 0 | 36.0 | -1894.3 |
| C22 | 472 | 0 | 810 | 43 | -4205 | 3003 | 2282 | 36.0 | -1917.0 |
| C22 | 473 | 0 | 727 | 44 | -4171 | 3003 | 2282 | 20.5 | -2005.7 |
| C22 | 474 | 0 | 532 | 175 | 6142 | 3003 | 2282 | 2.3 | -2100.9 |
| C23 | 475 | 0 | 474 | 67 | 6595 | 3003 | 2237 | 2.3 | -2104.9 |
| C23 | 476 | 0 | 367 | 15 | 7151 | 3003 | 2237 | -7.0 | -2112.4 |
| C23 | 477 | 0 | 345 | 15 | 7315 | 3003 | 2237 | -7.0 | -2095.9 |
| C23 | 478 | 0 | 422 | 94 | 7253 | 3003 | 2237 | -17.8 | -2079.5 |
| C24 | 479 | 0 | 544 | 219 | -4226 | 3003 | 2282 | -17.8 | -2021.8 |
| C24 | 480 | 0 | 638 | 45 | -4368 | 3003 | 2282 | -40.5 | -1996.6 |
| C24 | 481 | 0 | 791 | 124 | -5203 | 3003 | 2258 | -62.8 | -1807.5 |
| C24fess | 482 | 0 | 883 | 124 | -6131 | 0 | 0 | -62.8 | -1647.3 |
| C25 | 483 | 0 | 905 | 105 | -6385 | 0 | 0 | -62.8 | -1607.8 |
| C25 | 484 | 0 | 950 | 4 | -7025 | 0 | 0 | -75.4 | -1513.5 |
| C25 | 485 | 0 | 1652 | 6 | -8830 | 0 | 0 | 21.5 | -1212.5 |
| C25 | 486 | 0 | 1442 | 94 | -3348 | 0 | 0 | 0.0 | -1314.9 |
| C26fess | 487 | 0 | 1405 | 31 | -2972 | 0 | 0 | 0.0 | -1315.4 |
| C26 | 488 | 0 | 1333 | 31 | -2864 | 3003 | 1772 | 0.0 | -1315.5 |
| C26 | 489 | 0 | 1221 | 100 | 4929 | 3003 | 1772 | -12.4 | -1315.8 |
| C26 | 490 | 0 | 907 | 381 | 9679 | 3003 | 1772 | -25.4 | -1250.9 |
| C27 | 491 | 0 | 772 | 228 | 11214 | 3003 | 2042 | -25.4 | -1192.4 |
| C27 | 492 | 0 | 615 | 26 | 12540 | 3003 | 2042 | -35.2 | -1119.8 |
| C27 | 493 | 0 | 467 | 26 | 13322 | 3003 | 2042 | -35.2 | -1028.4 |
| C27 | 494 | 0 | 334 | 292 | 13679 | 3003 | 2042 | -41.3 | -936.8 |
| C28 | 495 | 0 | 385 | 435 | 13549 | 3003 | 2057 | -41.3 | -815.4 |
| C28 | 496 | 0 | 572 | 102 | 12943 | 3003 | 2057 | -48.2 | -722.3 |
| C28 | 497 | 0 | 809 | 68 | 9897 | 3003 | 2057 | -48.7 | -471.8 |
| C29 | 498 | 0 | 1041 | 275 | 6623 | 3003 | 1636 | -48.7 | -280.0 |
| C29 | 499 | 0 | 1122 | 132 | 5867 | 3003 | 1636 | -51.2 | -243.8 |
| C29 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3003 | 1636 | 0.0 | 0.0 |

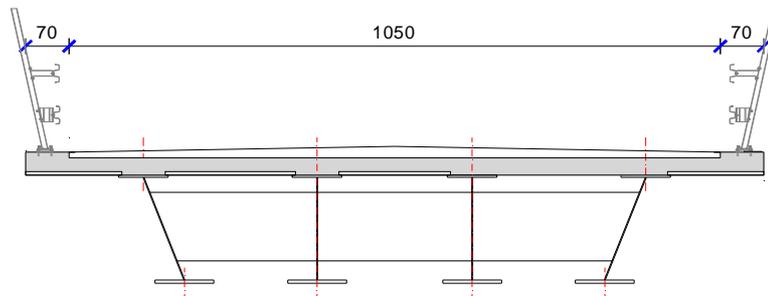
7.3.2 TRAVERSI INTERMEDI DI ACCOPPIAMENTO



Involuppo delle massime azioni

| Condizione di carico | N (kN) | My (kNm) | Vz (kN) |
|---------------------------------------|--------|----------|---------|
| Peso proprio impalcato | | -227 | 95 |
| Sovraccarichi permanenti | | -165 | 55 |
| Ritiro in soletta (effetti secondari) | | -123 | 66 |
| Carichi mobili accidentali | | -350 | 157 |
| Vento trasversale | 185 | -66 | 35 |

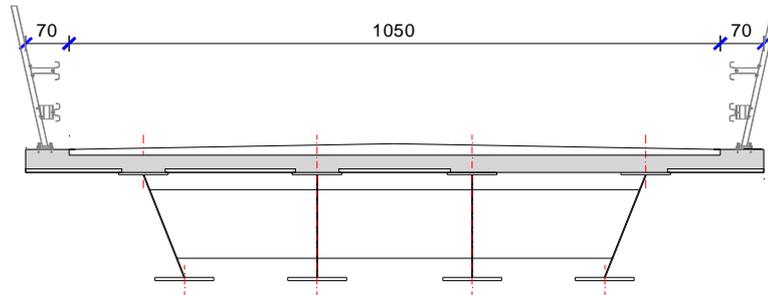
7.3.3 TRAVERSI DI TESTATA AGLI APPOGGI DI SPALLA



Involuppo delle massime azioni

| Condizione di carico | N (kN) | My (kNm) | Vz (kN) |
|---------------------------------------|--------|----------|---------|
| Peso proprio impalcato | | | |
| Sovraccarichi permanenti | | -115 | 60 |
| Ritiro in soletta (effetti secondari) | | -30 | 15 |
| Carichi mobili accidentali | | -574 | 310 |
| Vento trasversale | 85 | -115 | 65 |

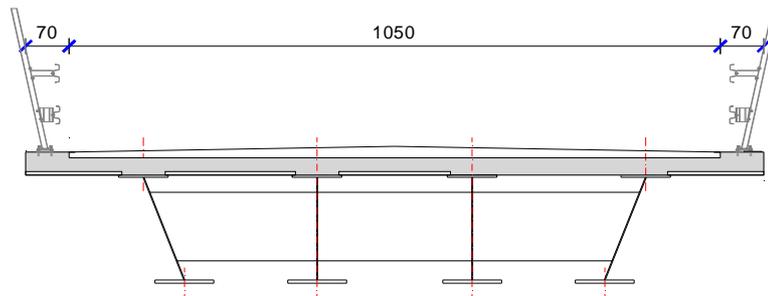
7.3.4 TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 1



Inviluppo delle massime azioni

| Condizione di carico | N (kN) | My (kNm) | Vz (kN) |
|---------------------------------------|--------|----------|---------|
| Peso proprio impalcato | | -47 | 26 |
| Sovraccarichi permanenti | | -14 | 7 |
| Ritiro in soletta (effetti secondari) | | -16 | 9 |
| Carichi mobili accidentali | | -33 | 17 |
| Vento trasversale | 110 | -8 | 11 |

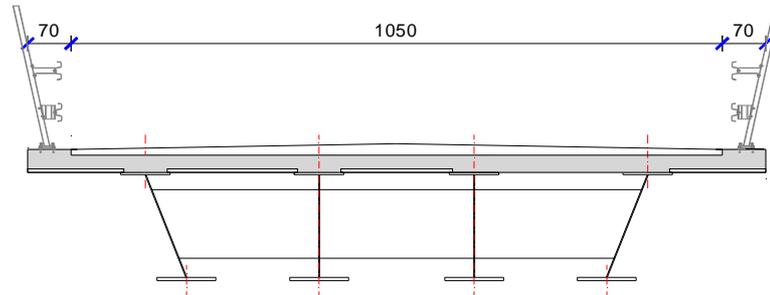
7.3.5 TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 2



Inviluppo delle massime azioni

| Condizione di carico | N (kN) | My (kNm) | Vz (kN) |
|---------------------------------------|--------|----------|---------|
| Peso proprio impalcato | | -169 | 98 |
| Sovraccarichi permanenti | | -56 | 30 |
| Ritiro in soletta (effetti secondari) | | -46 | 28 |
| Carichi mobili accidentali | | -169 | 90 |
| Vento trasversale | 110 | -26 | 20 |

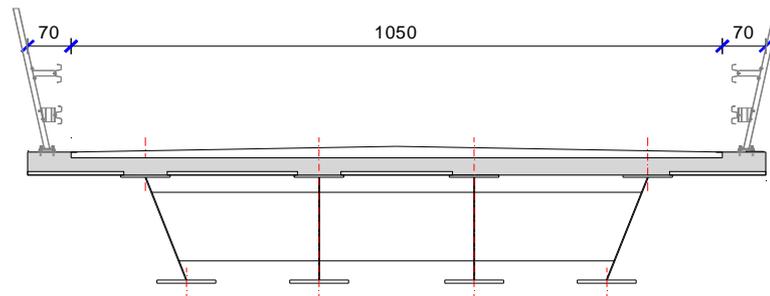
7.3.6 TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 3



Inviluppo delle massime azioni

| Condizione di carico | N (kN) | My (kNm) | Vz (kN) |
|---------------------------------------|--------|----------|---------|
| Peso proprio impalcato | | -79 | 57 |
| Sovraccarichi permanenti | | -37 | 20 |
| Ritiro in soletta (effetti secondari) | | -119 | 70 |
| Carichi mobili accidentali | | -165 | 87 |
| Vento trasversale | 110 | -16 | 15 |

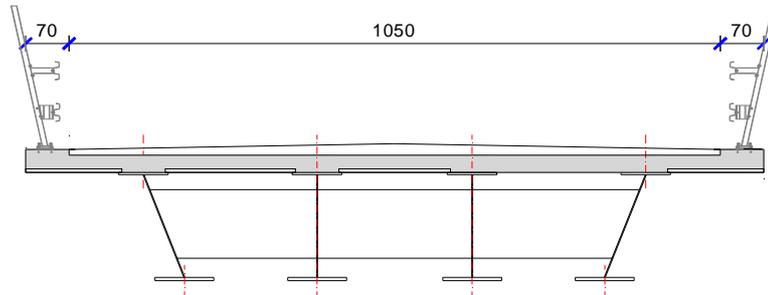
7.3.7 TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 4



Inviluppo delle massime azioni

| Condizione di carico | N (kN) | My (kNm) | Vz (kN) |
|---------------------------------------|--------|----------|---------|
| Peso proprio impalcato | | -492 | 280 |
| Sovraccarichi permanenti | | -131 | 70 |
| Ritiro in soletta (effetti secondari) | | -325 | 181 |
| Carichi mobili accidentali | | -323 | 157 |
| Vento trasversale | 110 | -63 | 34 |

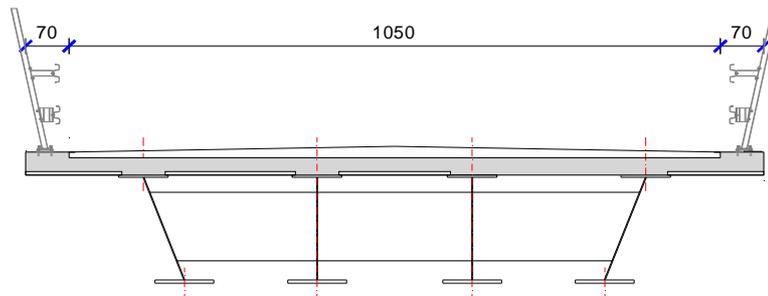
7.3.8 TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 5



Inviluppo delle massime azioni

| Condizione di carico | N (kN) | My (kNm) | Vz (kN) |
|---------------------------------------|--------|----------|---------|
| Peso proprio impalcato | | 85 | 59 |
| Sovraccarichi permanenti | | 34 | 17 |
| Ritiro in soletta (effetti secondari) | | 64 | 46 |
| Carichi mobili accidentali | | 63 | 29 |
| Vento trasversale | 110 | 15 | 17 |

7.3.9 TRAVERSO DI APPOGGIO SU PILA 6



Inviluppo delle massime azioni

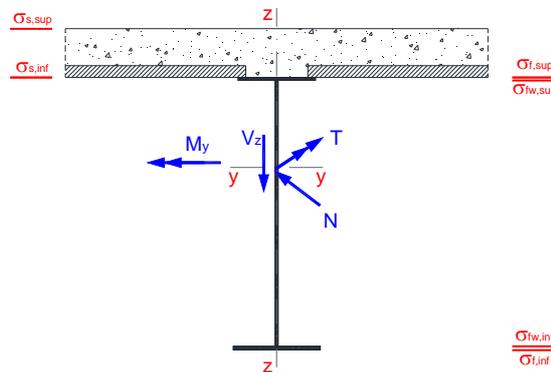
| Condizione di carico | N (kN) | My (kNm) | Vz (kN) |
|---------------------------------------|--------|----------|---------|
| Peso proprio impalcato | | 253 | 139 |
| Sovraccarichi permanenti | | 70 | 33 |
| Ritiro in soletta (effetti secondari) | | 82 | 78 |
| Carichi mobili accidentali | | 205 | 98 |
| Vento trasversale | 110 | 27 | 22 |

8. VERIFICHE DELLE STRUTTURE DI IMPALCATO

Le verifiche di resistenza delle travi principali e dei traversi sono condotte controllando che lo stato tensionale in un qualunque punto della sezione resistente non ecceda il valore limite di resistenza per il materiale componente (acciaio o calcestruzzo) opportunamente ridotto del fattore di sicurezza.

In particolare la verifica di resistenza a flessione è condotta in campo elastico, ipotizzando le sezioni delle travi metalliche “**moderatamente snelle in classe 3**”, controllando in secondo momento l’effettiva classe della sezione in base al regime tensionale calcolato.

Per facilitare la lettura dei risultati si riporta alla figura seguente la convenzione delle sollecitazioni interne e i simboli principali dei risultati.



8.1 VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI SLU DELLE TRAVI PRINCIPALI

Si riportano in forma sintetica le verifiche di resistenza nelle sezioni verticali più significative delle travi principali, con riferimento alla sintesi tabulare delle sollecitazioni interne esposte in precedenza alla presente relazione. Le tensioni calcolate e sintetizzate nella tabella seguente sono derivate dalla seguente combinazione di calcolo:

- **Combinazione SLU n. 1:** sono stati considerati, con i coefficienti correlati di combinazione, le condizioni di carico per pesi propri, sovraccarichi permanenti, ritiro in soletta (effetti primari), carichi variabili da traffico (nella configurazione più penalizzante), variazione termica di contrazione (negativa) in soletta (effetti primari);
- **Combinazione SLU n. 2:** sono stati considerati, con i coefficienti correlati di combinazione, le condizioni di carico per pesi propri, sovraccarichi permanenti, ritiro in soletta (effetti primari e secondari), carichi variabili da traffico (nella configurazione più penalizzante), variazione termica di contrazione (negativa) in soletta (effetti primari e secondari).

Le azioni dovute al vento trasversale, componente torsionale, sono state trascurate in quanto poco rilevanti in termini di sforzi negli elementi metallici (circa pari a 3,0 N/mmq).

I valori limite delle tensioni di progetto sono:

- Max tensione per elementi metallici con sp. < 40 mm $f_{ad} = 338 \text{ N/mm}^2$
- Max tensione per elementi metallici con sp. > 40 mm $f_{ad} = 319 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di compressione per elementi in cls (C32/40) $f_{cd} = 18,81 \text{ N/mm}^2$
- Max tensione per barre di armatura $f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$

La tabella di verifica riporta il quadro tensionale nei piatti principali di composizione delle travi longitudinali, il controllo della riclassificazione delle sezioni in funzione dello stato di sforzo calcolato e, per le sezioni snelle in **classe 4**, la porzione di anima da decurtare per la verifica della sezione efficace.



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

8.1.1 TRAVE DI BORDO

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 1 | | | | | | | | ψ | Classe | ρ | An. elim. mm |
|---------|--|---|---|--|---|---|---|---|-------|--------|-------|-----------------|
| | σ _{fe,inf} N/mm ² | σ _{w,inf} N/mm ² | σ _{w,sup} N/mm ² | σ _{fe,sup} N/mm ² | σ _{sol,inf} N/mm ² | σ _{sol,sup} N/mm ² | σ _{arm,inf} N/mm ² | σ _{arm,sup} N/mm ² | | | | |
| C1 | -12.5 | -9.6 | 62.4 | 64.7 | -3.1 | -2.0 | | | -0.15 | 4 | 0.912 | 96.4 |
| C1 | -12.3 | -9.5 | 62.3 | 64.5 | -2.8 | -1.7 | | | -0.15 | 4 | 0.911 | 97.5 |
| C1 | -159.8 | -147.7 | 157.3 | 167.0 | 0.9 | 4.6 | | | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C1 | -262.5 | -244.0 | 222.7 | 237.5 | 3.2 | 8.8 | | | -1.10 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -228.9 | -209.3 | 196.5 | 212.9 | 3.4 | 8.6 | | | -1.06 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -257.7 | -235.9 | 213.9 | 232.1 | 4.3 | 10.1 | | | -1.10 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -274.6 | -251.7 | 221.9 | 241.0 | 5.0 | 11.2 | | | -1.13 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -275.5 | -252.6 | 220.5 | 239.6 | 4.8 | 11.1 | | | -1.15 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -263.3 | -241.5 | 209.5 | 227.7 | 4.9 | 11.1 | | | -1.15 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -220.6 | -202.3 | 174.7 | 189.9 | 4.1 | 9.7 | | | -1.16 | 3 | 1.000 | |
| C4 | -199.6 | -185.3 | 138.6 | 153.0 | 2.7 | 8.1 | | | -1.34 | 3 | 1.000 | |
| C4 | -158.6 | -147.2 | 111.3 | 122.7 | 2.2 | 7.0 | | | -1.32 | 3 | 1.000 | |
| C4 | 79.1 | 73.1 | -63.7 | -69.8 | | | -53.1 | -61.6 | -0.87 | 3 | 1.000 | |
| C4fess | 127.7 | 117.7 | -107.6 | -117.6 | sez. fessurata | | -66.7 | -77.7 | -0.91 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 107.7 | 95.4 | -104.1 | -114.9 | sez. fessurata | | -61.9 | -71.3 | -1.09 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 121.8 | 107.8 | -117.9 | -130.0 | sez. fessurata | | -68.3 | -78.8 | -1.09 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 233.3 | 206.5 | -225.0 | -248.2 | sez. fessurata | | -126.7 | -147.2 | -1.09 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 131.2 | 116.2 | -127.0 | -140.1 | sez. fessurata | | -72.9 | -84.1 | -1.09 | 3 | 1.000 | |
| C7fess | 170.3 | 158.5 | -134.9 | -147.8 | sez. fessurata | | -76.4 | -89.8 | -0.85 | 3 | 1.000 | |
| C7 | 157.1 | 146.2 | -123.8 | -135.8 | sez. fessurata | | -72.8 | -85.5 | -0.85 | 3 | 1.000 | |
| C7 | 109.6 | 102.1 | -84.1 | -92.4 | sez. fessurata | | -60.3 | -70.4 | -0.82 | 3 | 1.000 | |
| C7 | -125.6 | -117.6 | 81.1 | 89.9 | 1.4 | 5.9 | | | -1.45 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -221.6 | -210.5 | 139.5 | 150.5 | 3.2 | 9.2 | | | -1.51 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -227.3 | -216.0 | 143.6 | 155.0 | 2.9 | 9.0 | | | -1.50 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -264.3 | -251.0 | 171.6 | 184.9 | 3.7 | 10.1 | | | -1.46 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -261.1 | -247.8 | 174.8 | 188.1 | 3.4 | 9.6 | | | -1.42 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -253.2 | -240.2 | 171.4 | 184.3 | 2.8 | 8.9 | | | -1.40 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -217.1 | -205.8 | 153.1 | 164.4 | 2.3 | 7.7 | | | -1.34 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -131.8 | -124.5 | 106.3 | 113.6 | 0.5 | 4.4 | | | -1.17 | 3 | 1.000 | |
| C9fess | -69.2 | -65.7 | 45.3 | 48.8 | sez. fessurata | | 47.3 | 58.4 | -1.45 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 34.4 | 31.4 | -32.0 | -34.5 | sez. fessurata | | -29.7 | -33.6 | -1.02 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 49.8 | 45.4 | -46.8 | -50.5 | sez. fessurata | | -37.9 | -43.2 | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 207.6 | 186.2 | -192.5 | -210.3 | sez. fessurata | | -129.5 | -154.2 | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 154.7 | 136.4 | -134.3 | -149.5 | sez. fessurata | | -102.9 | -125.4 | -0.98 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 163.3 | 151.3 | -126.1 | -136.6 | sez. fessurata | | -100.1 | -124.1 | -0.83 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 120.0 | 111.5 | -87.3 | -94.9 | sez. fessurata | | -84.2 | -104.0 | -0.78 | 3 | 1.000 | |
| C11 | -123.4 | -115.0 | 78.1 | 85.4 | 0.5 | 6.5 | | | -1.47 | 3 | 1.000 | |
| C11 | -118.7 | -110.2 | 87.2 | 94.6 | 0.2 | 5.5 | | | -1.26 | 3 | 1.000 | |
| C12 | -90.6 | -84.8 | 49.9 | 55.7 | sez. fessurata | | 54.4 | 71.7 | -1.70 | 3 | 1.000 | |
| C12 | 16.2 | 15.5 | -11.8 | -12.4 | sez. fessurata | | -20.5 | -22.3 | -0.76 | 4 | 0.984 | 15.6 |
| C12 | 45.4 | 44.1 | -37.7 | -39.0 | sez. fessurata | | -35.0 | -37.8 | -0.86 | 4 | 0.747 | 344.1 |
| C12 | -32.8 | -31.8 | 25.9 | 26.8 | sez. fessurata | | 14.6 | 17.0 | -1.23 | 4 | 0.903 | 109.2 |
| C13 | -63.7 | -61.4 | 81.3 | 83.5 | -1.5 | -0.2 | | | -0.76 | 4 | 0.643 | 513.0 |
| C13 | -86.9 | -84.1 | 93.0 | 95.9 | -0.8 | 0.7 | | | -0.90 | 4 | 0.698 | 400.1 |
| C13 | -108.8 | -105.5 | 103.4 | 106.8 | -0.4 | 1.3 | | | -1.02 | 4 | 0.743 | 320.6 |
| C14 | -115.0 | -111.5 | 105.7 | 109.1 | 0.2 | 2.0 | | | -1.06 | 4 | 0.756 | 298.9 |
| C14 | -115.8 | -112.4 | 105.2 | 108.6 | 0.3 | 2.1 | | | -1.07 | 4 | 0.761 | 291.2 |
| C14 | -114.9 | -111.5 | 99.6 | 103.0 | 0.4 | 2.3 | | | -1.12 | 4 | 0.780 | 261.5 |
| C14 | -89.6 | -86.9 | 84.1 | 86.8 | 0.0 | 1.8 | | | -1.03 | 4 | 0.748 | 312.7 |
| C15 | -77.6 | -75.2 | 76.0 | 78.4 | -0.2 | 1.4 | | | -0.99 | 4 | 0.804 | 248.6 |
| C15 | 50.9 | 49.5 | -39.1 | -40.5 | sez. fessurata | | -38.7 | -42.0 | -0.79 | 4 | 0.720 | 394.1 |
| C15 | 93.2 | 90.6 | -75.8 | -78.4 | sez. fessurata | | -51.2 | -55.9 | -0.84 | 4 | 0.739 | 358.2 |
| C15fess | 119.6 | 116.2 | -98.7 | -102.1 | sez. fessurata | | -59.5 | -65.0 | -0.85 | 4 | 0.744 | 348.6 |

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 1 | | | | | | | | ψ | Classe | ρ | An. elim. mm |
|----------------|---|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|----------|-------|-----------------|
| | σ _{fe,inf} N/mmq | σ _{w,inf} N/mmq | σ _{w,sup} N/mmq | σ _{fe,sup} N/mmq | σ _{sol,inf} N/mmq | σ _{sol,sup} N/mmq | σ _{arm,inf} N/mmq | σ _{arm,sup} N/mmq | | | | |
| C16 | 98.3 | 94.5 | -99.4 | -102.5 | sez. fessurata | | -58.5 | -63.4 | -1.05 | 4 | 0.906 | 114.8 |
| C16 | 115.9 | 111.3 | -117.8 | -121.5 | sez. fessurata | | -65.2 | -70.8 | -1.06 | 4 | 0.909 | 110.9 |
| C16 | 180.6 | 173.5 | -183.8 | -189.5 | sez. fessurata | | -97.1 | -105.7 | -1.06 | 4 | 0.909 | 110.5 |
| C16 | 82.8 | 79.5 | -85.3 | -88.0 | sez. fessurata | | -45.6 | -49.3 | -1.07 | 4 | 0.915 | 102.7 |
| C17fess | 94.3 | 91.5 | -85.6 | -88.0 | sez. fessurata | | -44.6 | -48.5 | -0.93 | 4 | 0.779 | 288.6 |
| C17 | 51.8 | 50.3 | -46.7 | -48.0 | sez. fessurata | | -29.0 | -31.2 | -0.93 | 4 | 0.776 | 292.7 |
| C17 | 30.5 | 29.6 | -26.2 | -27.0 | sez. fessurata | | -24.3 | -26.0 | -0.88 | 4 | 0.758 | 324.5 |
| C17 | -114.2 | -110.7 | 110.6 | 113.6 | 0.4 | 2.3 | | | -1.00 | 4 | 0.808 | 242.4 |
| C18 | -136.8 | -132.5 | 134.1 | 137.8 | 1.3 | 3.3 | | | -0.99 | 4 | 0.730 | 343.5 |
| C18 | -167.6 | -162.5 | 157.7 | 162.1 | 1.6 | 3.9 | | | -1.03 | 4 | 0.746 | 316.1 |
| C18 | -197.3 | -191.4 | 180.7 | 185.9 | 2.6 | 5.1 | | | -1.06 | 4 | 0.756 | 299.0 |
| C19 | -205.1 | -199.0 | 187.1 | 192.5 | 2.7 | 5.3 | | | -1.06 | 4 | 0.758 | 296.1 |
| C19 | -205.7 | -199.6 | 188.1 | 193.5 | 2.3 | 4.9 | | | -1.06 | 4 | 0.757 | 297.6 |
| C19 | -193.2 | -187.4 | 179.8 | 184.9 | 2.3 | 4.8 | | | -1.04 | 4 | 0.750 | 309.2 |
| C20 | -162.6 | -157.6 | 157.8 | 162.2 | 1.6 | 3.8 | | | -1.00 | 4 | 0.806 | 245.1 |
| C20 | -156.5 | -151.7 | 153.5 | 157.7 | 1.1 | 3.2 | | | -0.99 | 4 | 0.802 | 252.0 |
| C20 | -101.7 | -98.3 | 113.7 | 116.7 | 0.1 | 1.7 | | | -0.86 | 4 | 0.749 | 339.5 |
| C20fess | -55.4 | -53.8 | 46.9 | 48.3 | sez. fessurata | | 33.6 | 37.9 | -1.15 | 4 | 0.866 | 157.2 |
| C21 | 45.0 | 43.6 | -36.0 | -37.5 | sez. fessurata | | -36.4 | -39.4 | -0.83 | 4 | 0.802 | 271.6 |
| C21 | 52.2 | 50.5 | -42.5 | -44.2 | sez. fessurata | | -38.5 | -41.7 | -0.84 | 4 | 0.809 | 259.9 |
| C21 | 133.3 | 129.0 | -113.6 | -117.9 | sez. fessurata | | -69.7 | -76.2 | -0.88 | 4 | 0.827 | 230.8 |
| C21 | 88.2 | 85.4 | -74.1 | -77.0 | sez. fessurata | | -52.3 | -56.9 | -0.87 | 4 | 0.821 | 240.1 |
| C22fess | 86.2 | 83.6 | -79.9 | -82.1 | sez. fessurata | | -56.5 | -61.5 | -0.96 | 4 | 0.788 | 274.1 |
| C22 | 81.0 | 78.5 | -74.5 | -76.7 | sez. fessurata | | -54.9 | -59.6 | -0.95 | 4 | 0.785 | 278.6 |
| C22 | 63.7 | 61.9 | -56.9 | -58.5 | sez. fessurata | | -49.5 | -53.7 | -0.92 | 4 | 0.772 | 299.4 |
| C22 | -74.6 | -72.2 | 78.5 | 80.6 | 0.3 | 2.0 | | | -0.92 | 4 | 0.772 | 299.8 |
| C23 | -84.1 | -81.5 | 84.1 | 86.4 | 0.6 | 2.5 | | | -0.97 | 4 | 0.722 | 356.6 |
| C23 | -92.4 | -89.6 | 88.0 | 90.5 | 0.9 | 2.9 | | | -1.02 | 4 | 0.741 | 323.8 |
| C23 | -92.8 | -90.0 | 86.7 | 89.2 | 1.0 | 3.0 | | | -1.04 | 4 | 0.748 | 311.7 |
| C23 | -86.9 | -84.3 | 81.0 | 83.2 | 1.0 | 3.0 | | | -1.04 | 4 | 0.750 | 309.8 |
| C24 | 54.7 | 53.1 | -49.0 | -50.4 | sez. fessurata | | -43.1 | -46.6 | -0.92 | 4 | 0.774 | 296.6 |
| C24 | 64.3 | 62.3 | -58.8 | -60.5 | sez. fessurata | | -46.2 | -50.1 | -0.94 | 4 | 0.782 | 282.8 |
| C24 | 105.5 | 102.4 | -93.9 | -97.1 | sez. fessurata | | -58.9 | -64.2 | -0.92 | 4 | 0.773 | 298.4 |
| C24fess | 139.2 | 135.1 | -124.8 | -128.9 | sez. fessurata | | -72.9 | -79.7 | -0.92 | 4 | 0.775 | 294.1 |
| C25 | 114.5 | 110.1 | -111.1 | -115.1 | sez. fessurata | | -67.4 | -73.3 | -1.01 | 4 | 0.889 | 138.8 |
| C25 | 132.9 | 127.8 | -129.3 | -133.9 | sez. fessurata | | -76.0 | -82.8 | -1.01 | 4 | 0.890 | 137.5 |
| C25 | 185.5 | 178.4 | -180.8 | -187.3 | sez. fessurata | | -101.5 | -110.8 | -1.01 | 4 | 0.891 | 136.1 |
| C25 | 92.0 | 87.8 | -91.5 | -95.3 | sez. fessurata | | -46.9 | -51.3 | -1.04 | 3 | 1.000 | |
| C26fess | 104.1 | 99.0 | -103.2 | -107.6 | sez. fessurata | | -50.2 | -55.9 | -1.04 | 3 | 1.000 | |
| C26 | 77.7 | 73.9 | -75.8 | -79.1 | sez. fessurata | | -42.6 | -47.3 | -1.02 | 3 | 1.000 | |
| C26 | -72.5 | -69.0 | 72.0 | 75.1 | 0.3 | 2.7 | | | -0.96 | 3 | 1.000 | |
| C26 | -197.1 | -188.5 | 156.5 | 164.1 | 3.6 | 7.6 | | | -1.20 | 3 | 1.000 | |
| C27 | -181.1 | -168.9 | 167.2 | 176.6 | 4.2 | 7.9 | | | -1.01 | 3 | 1.000 | |
| C27 | -209.7 | -195.7 | 190.9 | 201.7 | 5.0 | 9.1 | | | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C27 | -227.2 | -212.0 | 205.3 | 217.0 | 5.6 | 9.9 | | | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C27 | -236.2 | -220.4 | 213.5 | 225.7 | 5.8 | 10.2 | | | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C28 | -234.8 | -219.0 | 213.1 | 225.2 | 5.7 | 10.1 | | | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C28 | -226.5 | -211.2 | 208.5 | 220.2 | 5.3 | 9.5 | | | -1.01 | 3 | 1.000 | |
| C28 | -178.1 | -165.6 | 175.6 | 185.2 | 3.3 | 6.7 | | | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C29 | -193.1 | -185.2 | 172.8 | 179.7 | 2.1 | 5.5 | | | -1.07 | 3 | 1.000 | |
| C29 | -172.7 | -165.6 | 160.7 | 166.9 | 1.6 | 4.6 | | | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C29 | -13.7 | -12.0 | 65.2 | 66.7 | -2.7 | -1.9 | | | -0.18 | 4 | 0.680 | 492.8 |

Le verifiche tensionali appaiono soddisfatte in tutte le sezioni; le massime tensioni di trazione e compressione nei piatti di composizione sono rispettivamente pari a -287.1 N/mmq e 253.9 N/mmq. Si evidenzia che alcuni conci sono in classe 4 e pertanto si ripete la verifica considerando la sezione efficace riducendo lo spessore dell'anima al 50%, trascurando in via cautelativa gli effetti degli irrigidimenti longitudinali presenti.



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 1 | | | | | | | |
|---------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{fe,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,sup}$ N/mm ² |
| C1 | -10.4 | -7.5 | 64.7 | 67.0 | -3.0 | -1.9 | | |
| C1 | -10.2 | -7.4 | 64.6 | 66.9 | -2.6 | -1.5 | | |
| C1 | -165.2 | -152.7 | 163.4 | 173.5 | 1.0 | 4.8 | | |
| C1 | -273.2 | -253.9 | 231.4 | 246.8 | 3.2 | 9.0 | | |
| C2 | -235.1 | -215.0 | 201.4 | 218.2 | 3.4 | 8.7 | | |
| C2 | -264.9 | -242.6 | 219.2 | 237.8 | 4.3 | 10.3 | | |
| C2 | -282.6 | -259.0 | 227.2 | 246.8 | 5.0 | 11.4 | | |
| C3 | -282.4 | -259.0 | 225.3 | 244.8 | 4.8 | 11.2 | | |
| C3 | -269.9 | -247.6 | 213.9 | 232.5 | 4.9 | 11.3 | | |
| C3 | -226.1 | -207.5 | 178.1 | 193.6 | 4.1 | 9.9 | | |
| C4 | -206.6 | -191.9 | 140.5 | 155.2 | 2.7 | 8.2 | | |
| C4 | -164.1 | -152.3 | 112.6 | 124.3 | 2.2 | 7.1 | | |
| C4 | 81.7 | 75.5 | -65.0 | -71.3 | sez. fessurata | | -53.7 | -62.5 |
| C4fess | 131.7 | 121.4 | -110.2 | -120.4 | sez. fessurata | | -67.5 | -78.7 |
| C5 | 109.7 | 97.0 | -106.8 | -117.8 | sez. fessurata | | -62.9 | -72.4 |
| C5 | 124.0 | 109.7 | -121.0 | -133.4 | sez. fessurata | | -69.4 | -80.0 |
| C5 | 237.5 | 210.1 | -230.8 | -254.5 | sez. fessurata | | -128.7 | -149.7 |
| C5 | 133.6 | 118.2 | -130.3 | -143.7 | sez. fessurata | | -74.1 | -85.5 |
| C7fess | 177.1 | 164.9 | -138.2 | -151.6 | sez. fessurata | | -77.3 | -91.1 |
| C7 | 163.4 | 152.1 | -126.9 | -139.2 | sez. fessurata | | -73.7 | -86.7 |
| C7 | 114.0 | 106.3 | -86.0 | -94.5 | sez. fessurata | | -61.0 | -71.4 |
| C7 | -131.0 | -122.8 | 81.6 | 90.6 | 1.4 | 6.1 | | |
| C8 | -232.9 | -221.4 | 141.6 | 153.0 | 3.1 | 9.4 | | |
| C8 | -238.9 | -227.2 | 145.9 | 157.6 | 2.8 | 9.2 | | |
| C8 | -277.7 | -263.9 | 174.8 | 188.7 | 3.6 | 10.3 | | |
| C8 | -274.1 | -260.2 | 178.4 | 192.2 | 3.3 | 9.8 | | |
| C9 | -265.7 | -252.2 | 174.9 | 188.4 | 2.8 | 9.0 | | |
| C9 | -227.5 | -215.8 | 156.3 | 168.1 | 2.3 | 7.9 | | |
| C9 | -137.4 | -129.9 | 108.4 | 115.9 | 0.5 | 4.5 | | |
| C9fess | -72.7 | -69.1 | 45.9 | 49.5 | sez. fessurata | | 48.2 | 59.7 |
| C10 | 35.4 | 32.2 | -33.0 | -35.6 | sez. fessurata | | -30.1 | -34.1 |
| C10 | 51.2 | 46.6 | -48.3 | -52.1 | sez. fessurata | | -38.5 | -43.9 |
| C10 | 212.6 | 190.7 | -197.8 | -216.1 | sez. fessurata | | -131.4 | -156.6 |
| C10 | 158.0 | 139.3 | -137.9 | -153.5 | sez. fessurata | | -104.2 | -127.2 |
| C11 | 168.4 | 156.1 | -128.7 | -139.4 | sez. fessurata | | -100.9 | -125.5 |
| C11 | 123.9 | 115.1 | -88.8 | -96.5 | sez. fessurata | | -84.9 | -105.1 |
| C11 | -127.7 | -119.1 | 78.4 | 85.8 | 0.5 | 6.6 | | |
| C11 | -122.4 | -113.7 | 88.0 | 95.6 | 0.1 | 5.7 | | |
| C12 | -95.4 | -89.3 | 49.9 | 56.0 | sez. fessurata | | 54.8 | 72.7 |
| C12 | 17.3 | 16.7 | -12.1 | -12.8 | sez. fessurata | | -20.8 | -22.8 |
| C12 | 49.7 | 48.3 | -40.2 | -41.6 | sez. fessurata | | -36.2 | -39.3 |
| C12 | -36.0 | -35.0 | 27.3 | 28.3 | sez. fessurata | | 15.7 | 18.4 |
| C13 | -67.1 | -64.8 | 85.3 | 87.7 | -1.3 | 0.0 | | |
| C13 | -93.2 | -90.2 | 97.5 | 100.5 | -0.6 | 1.0 | | |
| C13 | -117.8 | -114.3 | 108.2 | 111.8 | -0.2 | 1.6 | | |
| C14 | -124.8 | -121.1 | 110.4 | 114.1 | 0.3 | 2.3 | | |
| C14 | -125.8 | -122.1 | 109.8 | 113.5 | 0.4 | 2.4 | | |
| C14 | -125.6 | -122.1 | 103.6 | 107.1 | 0.5 | 2.6 | | |
| C14 | -96.9 | -94.1 | 87.2 | 90.1 | 0.1 | 2.0 | | |
| C15 | -84.2 | -81.7 | 78.9 | 81.5 | -0.1 | 1.8 | | |
| C15 | 56.5 | 55.0 | -41.4 | -42.9 | sez. fessurata | | -40.1 | -43.6 |
| C15 | 103.2 | 100.3 | -80.9 | -83.8 | sez. fessurata | | -53.1 | -58.2 |
| C15fess | 132.3 | 128.6 | -105.6 | -109.4 | sez. fessurata | | -61.7 | -67.7 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 1 | | | | | | | |
|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{fe,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,sup}$ N/mm ² |
| C16 | 105.7 | 101.5 | -108.5 | -111.8 | sez. fessurata | | -61.5 | -66.7 |
| C16 | 124.5 | 119.6 | -128.7 | -132.7 | sez. fessurata | | -68.6 | -74.6 |
| C16 | 194.1 | 186.4 | -200.8 | -207.0 | sez. fessurata | | -102.4 | -111.7 |
| C16 | 88.9 | 85.4 | -93.4 | -96.3 | sez. fessurata | | -47.9 | -51.8 |
| C17fess | 103.8 | 100.7 | -93.2 | -95.9 | sez. fessurata | | -46.5 | -50.7 |
| C17 | 57.0 | 55.4 | -50.8 | -52.3 | sez. fessurata | | -30.1 | -32.5 |
| C17 | 33.7 | 32.7 | -28.3 | -29.1 | sez. fessurata | | -25.2 | -27.0 |
| C17 | -124.5 | -120.7 | 116.8 | 120.1 | 0.7 | 2.6 | | |
| C18 | -148.0 | -143.4 | 142.7 | 146.7 | 1.5 | 3.6 | | |
| C18 | -182.0 | -176.6 | 168.6 | 173.4 | 1.8 | 4.2 | | |
| C18 | -214.7 | -208.4 | 193.9 | 199.4 | 2.7 | 5.4 | | |
| C19 | -223.4 | -216.8 | 200.9 | 206.7 | 2.9 | 5.6 | | |
| C19 | -224.1 | -217.4 | 202.0 | 207.8 | 2.5 | 5.3 | | |
| C19 | -210.1 | -203.8 | 193.1 | 198.6 | 2.5 | 5.1 | | |
| C20 | -177.6 | -172.1 | 170.2 | 175.0 | 1.8 | 4.1 | | |
| C20 | -170.8 | -165.5 | 165.4 | 170.0 | 1.3 | 3.6 | | |
| C20 | -109.5 | -105.9 | 121.9 | 125.1 | 0.3 | 2.1 | | |
| C20fess | -61.1 | -59.4 | 50.4 | 51.9 | sez. fessurata | | 36.2 | 40.8 |
| C21 | 49.7 | 48.2 | -38.3 | -39.9 | sez. fessurata | | -37.8 | -41.1 |
| C21 | 57.6 | 55.8 | -45.4 | -47.2 | sez. fessurata | | -40.0 | -43.5 |
| C21 | 146.8 | 142.1 | -122.1 | -126.8 | sez. fessurata | | -72.7 | -79.8 |
| C21 | 97.2 | 94.1 | -79.5 | -82.6 | sez. fessurata | | -54.5 | -59.5 |
| C22fess | 94.7 | 91.9 | -87.5 | -90.0 | sez. fessurata | | -59.4 | -64.8 |
| C22 | 89.0 | 86.4 | -81.5 | -83.9 | sez. fessurata | | -57.7 | -62.9 |
| C22 | 70.2 | 68.1 | -61.8 | -63.6 | sez. fessurata | | -51.9 | -56.5 |
| C22 | -80.4 | -77.9 | 81.7 | 84.0 | 0.5 | 2.4 | | |
| C23 | -90.6 | -87.8 | 87.4 | 89.8 | 0.8 | 2.8 | | |
| C23 | -99.9 | -96.9 | 91.5 | 94.1 | 1.1 | 3.2 | | |
| C23 | -100.4 | -97.4 | 89.9 | 92.5 | 1.2 | 3.4 | | |
| C23 | -94.0 | -91.2 | 83.4 | 85.9 | 1.2 | 3.3 | | |
| C24 | 60.2 | 58.4 | -53.3 | -54.8 | sez. fessurata | | -45.2 | -49.0 |
| C24 | 70.7 | 68.6 | -64.2 | -66.1 | sez. fessurata | | -48.5 | -52.7 |
| C24 | 116.2 | 112.8 | -102.0 | -105.5 | sez. fessurata | | -61.6 | -67.4 |
| C24fess | 153.3 | 148.8 | -135.7 | -140.2 | sez. fessurata | | -76.4 | -83.7 |
| C25 | 123.3 | 118.5 | -120.4 | -124.7 | sez. fessurata | | -70.7 | -77.0 |
| C25 | 143.1 | 137.5 | -140.1 | -145.1 | sez. fessurata | | -79.9 | -87.1 |
| C25 | 199.7 | 191.9 | -196.1 | -203.0 | sez. fessurata | | -106.8 | -116.7 |
| C25 | 97.9 | 93.4 | -98.6 | -102.6 | sez. fessurata | | -48.7 | -53.3 |
| C26fess | 109.8 | 104.5 | -110.1 | -114.8 | sez. fessurata | | -51.8 | -57.8 |
| C26 | 82.0 | 78.0 | -80.7 | -84.2 | sez. fessurata | | -43.9 | -48.8 |
| C26 | -76.0 | -72.4 | 73.5 | 76.7 | 0.4 | 2.9 | | |
| C26 | -209.7 | -200.7 | 162.5 | 170.5 | 3.7 | 7.9 | | |
| C27 | -187.5 | -174.8 | 173.0 | 182.8 | 4.3 | 8.1 | | |
| C27 | -217.3 | -202.7 | 197.8 | 209.1 | 5.1 | 9.4 | | |
| C27 | -235.5 | -219.7 | 213.0 | 225.1 | 5.7 | 10.1 | | |
| C27 | -244.8 | -228.5 | 221.6 | 234.2 | 5.9 | 10.5 | | |
| C28 | -244.0 | -227.6 | 222.1 | 234.7 | 5.8 | 10.3 | | |
| C28 | -235.3 | -219.4 | 217.4 | 229.6 | 5.4 | 9.7 | | |
| C28 | -184.4 | -171.5 | 183.3 | 193.2 | 3.4 | 6.9 | | |
| C29 | -207.1 | -198.7 | 182.9 | 190.2 | 2.2 | 5.8 | | |
| C29 | -184.8 | -177.2 | 170.1 | 176.7 | 1.7 | 4.9 | | |
| C29 | -10.6 | -8.9 | 68.9 | 70.4 | -2.4 | -1.6 | | |

I massimi valori di tensione nei piatti risultano pari a -299.0 N/mm² in trazione e 263.8 N/mm² in compressione e risultano inferiori ai valori limite di riferimento. La verifica è soddisfatta. Si ripete il controllo per la combinazione di carico SLU 2.



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 2 | | | | | | | | ψ | Classe | ρ | An. elim. mm |
|---------|--|---|---|--|---|---|---|---|-------|--------|-------|-----------------|
| | σ _{fe,inf} N/mm ² | σ _{w,inf} N/mm ² | σ _{w,sup} N/mm ² | σ _{fe,sup} N/mm ² | σ _{sol,inf} N/mm ² | σ _{sol,sup} N/mm ² | σ _{arm,inf} N/mm ² | σ _{arm,sup} N/mm ² | | | | |
| C1 | -12.5 | -9.6 | 62.4 | 64.7 | -3.1 | -2.0 | | | -0.15 | 4 | 0.912 | 96.4 |
| C1 | -12.3 | -9.5 | 60.7 | 63.0 | -2.8 | -1.7 | | | -0.16 | 4 | 0.913 | 94.8 |
| C1 | -152.6 | -140.6 | 152.5 | 162.0 | 0.6 | 4.2 | | | -0.92 | 3 | 1.000 | |
| C1 | -248.0 | -229.7 | 215.7 | 230.1 | 2.6 | 8.0 | | | -1.06 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -215.3 | -196.0 | 188.8 | 204.7 | 2.8 | 7.7 | | | -1.04 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -240.1 | -218.8 | 203.8 | 221.3 | 3.6 | 9.0 | | | -1.07 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -251.2 | -228.8 | 209.7 | 227.9 | 4.1 | 9.8 | | | -1.09 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -249.4 | -227.1 | 206.8 | 225.0 | 3.7 | 9.5 | | | -1.10 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -233.7 | -212.7 | 193.6 | 210.7 | 3.7 | 9.3 | | | -1.10 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -185.1 | -167.7 | 156.5 | 170.4 | 2.6 | 7.6 | | | -1.07 | 3 | 1.000 | |
| C4 | -158.6 | -145.0 | 120.0 | 132.7 | 1.2 | 5.7 | | | -1.21 | 3 | 1.000 | |
| C4 | -114.6 | -104.0 | 90.7 | 100.4 | 0.5 | 4.5 | | | -1.15 | 3 | 1.000 | |
| C4 | 132.3 | 124.6 | -103.2 | -111.4 | sez. fessurata | | -100.8 | -118.3 | -0.83 | 3 | 1.000 | |
| C4fess | 184.2 | 172.4 | -149.2 | -161.5 | sez. fessurata | | -117.3 | -137.9 | -0.87 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 146.6 | 132.2 | -138.4 | -150.9 | sez. fessurata | | -103.3 | -119.8 | -1.05 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 161.3 | 145.2 | -154.0 | -168.1 | sez. fessurata | | -110.4 | -128.2 | -1.06 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 277.2 | 248.2 | -262.5 | -287.8 | sez. fessurata | | -173.4 | -202.1 | -1.06 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 172.5 | 155.4 | -162.8 | -177.9 | sez. fessurata | | -116.9 | -135.8 | -1.05 | 3 | 1.000 | |
| C7fess | 235.8 | 222.3 | -178.8 | -194.4 | sez. fessurata | | -131.4 | -155.6 | -0.80 | 3 | 1.000 | |
| C7 | 222.0 | 209.5 | -167.0 | -181.5 | sez. fessurata | | -127.4 | -150.8 | -0.80 | 3 | 1.000 | |
| C7 | 172.5 | 163.4 | -125.3 | -136.1 | sez. fessurata | | -113.1 | -133.7 | -0.77 | 3 | 1.000 | |
| C7 | -70.0 | -62.9 | 59.3 | 65.9 | -0.6 | 2.9 | | | -1.06 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -159.1 | -148.8 | 116.1 | 125.3 | 1.2 | 6.1 | | | -1.28 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -165.4 | -154.8 | 121.2 | 130.7 | 0.9 | 5.9 | | | -1.28 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -207.1 | -194.4 | 150.9 | 162.5 | 1.9 | 7.3 | | | -1.29 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -208.6 | -195.9 | 155.3 | 167.0 | 1.7 | 7.0 | | | -1.26 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -202.1 | -189.8 | 152.8 | 164.3 | 1.2 | 6.3 | | | -1.24 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -169.4 | -158.6 | 136.1 | 146.0 | 0.8 | 5.3 | | | -1.17 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -88.9 | -82.1 | 90.6 | 96.6 | -0.9 | 2.2 | | | -0.91 | 3 | 1.000 | |
| C9fess | -26.1 | -23.5 | 17.0 | 19.2 | sez. fessurata | | 11.8 | 15.9 | -1.38 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 64.2 | 60.0 | -56.3 | -60.0 | sez. fessurata | | -59.5 | -68.7 | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 79.0 | 73.5 | -69.6 | -74.4 | sez. fessurata | | -67.1 | -77.6 | -0.95 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 237.2 | 214.6 | -215.5 | -234.6 | sez. fessurata | | -159.4 | -190.1 | -1.00 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 191.1 | 171.1 | -160.9 | -177.9 | sez. fessurata | | -138.3 | -169.4 | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 211.8 | 198.5 | -155.7 | -167.8 | sez. fessurata | | -140.0 | -174.5 | -0.78 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 166.1 | 156.3 | -114.7 | -123.8 | sez. fessurata | | -122.2 | -151.9 | -0.73 | 3 | 1.000 | |
| C11 | -85.5 | -77.6 | 67.8 | 73.8 | -0.5 | 4.6 | | | -1.14 | 3 | 1.000 | |
| C11 | -85.7 | -77.5 | 77.9 | 84.2 | -0.7 | 3.9 | | | -0.99 | 3 | 1.000 | |
| C12 | -58.4 | -53.3 | 32.8 | 37.4 | sez. fessurata | | 30.3 | 41.0 | -1.62 | 3 | 1.000 | |
| C12 | 29.9 | 29.1 | -20.8 | -21.8 | sez. fessurata | | -31.9 | -35.5 | -0.72 | 4 | 0.962 | 38.2 |
| C12 | 52.7 | 51.3 | -44.5 | -45.9 | sez. fessurata | | -41.1 | -44.5 | -0.87 | 4 | 0.752 | 334.2 |
| C12 | -21.1 | -20.3 | 16.5 | 17.3 | sez. fessurata | | 4.8 | 6.2 | -1.23 | 4 | 0.902 | 110.8 |
| C13 | -49.8 | -47.7 | 74.4 | 76.5 | -1.9 | -0.9 | | | -0.64 | 4 | 0.601 | 612.2 |
| C13 | -70.2 | -67.5 | 84.5 | 87.0 | -1.3 | 0.0 | | | -0.80 | 4 | 0.658 | 478.9 |
| C13 | -87.1 | -83.9 | 93.0 | 96.0 | -1.2 | 0.4 | | | -0.90 | 4 | 0.697 | 400.8 |
| C14 | -90.0 | -86.7 | 94.0 | 97.1 | -0.7 | 0.9 | | | -0.92 | 4 | 0.705 | 386.5 |
| C14 | -88.8 | -85.6 | 91.7 | 94.7 | -0.7 | 0.9 | | | -0.93 | 4 | 0.709 | 379.0 |
| C14 | -80.2 | -77.1 | 83.1 | 85.9 | -0.8 | 0.8 | | | -0.93 | 4 | 0.707 | 383.0 |
| C14 | -49.2 | -46.8 | 65.3 | 67.4 | -1.4 | -0.1 | | | -0.72 | 4 | 0.628 | 545.9 |
| C15 | -35.2 | -33.1 | 55.4 | 57.2 | -1.8 | -0.5 | | | -0.60 | 4 | 0.645 | 560.8 |
| C15 | 100.7 | 98.7 | -77.2 | -79.4 | sez. fessurata | | -78.2 | -85.8 | -0.78 | 4 | 0.717 | 400.0 |
| C15 | 152.7 | 149.4 | -119.6 | -123.1 | sez. fessurata | | -98.4 | -108.2 | -0.80 | 4 | 0.724 | 386.0 |
| C15fess | 184.5 | 180.4 | -145.1 | -149.5 | sez. fessurata | | -110.9 | -122.0 | -0.80 | 4 | 0.726 | 382.8 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 2 | | | | | | | | ψ | Classe | ρ | An. elim. mm |
|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|--------|--------|--------|-----------------|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{fe,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,sup}$ N/mm ² | | | | |
| C16 | 150.1 | 145.3 | -145.8 | -149.7 | sez. fessurata | | -108.4 | -118.2 | -1.00 | 4 | 0.885 | 144.6 |
| C16 | 170.7 | 165.1 | -168.7 | -173.2 | sez. fessurata | | -118.1 | -128.9 | -1.02 | 4 | 0.893 | 133.4 |
| C16 | 243.5 | 235.3 | -238.3 | -244.9 | sez. fessurata | | -157.8 | -172.4 | -1.01 | 4 | 0.888 | 139.1 |
| C16 | 143.7 | 139.4 | -138.6 | -142.2 | sez. fessurata | | -104.4 | -113.8 | -0.99 | 4 | 0.880 | 151.3 |
| C17fess | 172.0 | 168.3 | -143.6 | -147.1 | sez. fessurata | | -109.4 | -120.1 | -0.85 | 4 | 0.745 | 347.7 |
| C17 | 128.2 | 125.7 | -103.9 | -106.3 | sez. fessurata | | -92.7 | -101.7 | -0.83 | 4 | 0.734 | 368.3 |
| C17 | 105.9 | 104.2 | -82.3 | -84.1 | sez. fessurata | | -87.3 | -95.6 | -0.79 | 4 | 0.719 | 396.9 |
| C17 | -45.3 | -42.3 | 77.6 | 79.7 | -2.1 | -1.0 | | | -0.55 | 4 | 0.625 | 613.2 |
| C18 | -66.9 | -63.2 | 99.9 | 102.6 | -1.4 | 0.0 | | | -0.63 | 4 | 0.598 | 622.1 |
| C18 | -99.3 | -94.7 | 124.4 | 127.9 | -1.0 | 0.6 | | | -0.76 | 4 | 0.643 | 511.4 |
| C18 | -131.2 | -125.8 | 148.4 | 152.6 | 0.1 | 1.9 | | | -0.85 | 4 | 0.675 | 443.3 |
| C19 | -140.3 | -134.7 | 155.3 | 159.8 | 0.3 | 2.2 | | | -0.87 | 4 | 0.683 | 428.9 |
| C19 | -142.0 | -136.3 | 157.1 | 161.6 | 0.0 | 1.9 | | | -0.87 | 4 | 0.683 | 428.6 |
| C19 | -131.7 | -126.3 | 149.8 | 154.1 | 0.0 | 1.8 | | | -0.84 | 4 | 0.674 | 447.2 |
| C20 | -104.3 | -99.7 | 128.5 | 132.1 | -0.6 | 0.9 | | | -0.78 | 4 | 0.713 | 407.7 |
| C20 | -98.5 | -94.1 | 124.7 | 128.2 | -1.1 | 0.4 | | | -0.75 | 4 | 0.705 | 425.2 |
| C20 | -45.8 | -42.9 | 85.8 | 88.0 | -2.1 | -1.0 | | | -0.50 | 4 | 0.609 | 658.9 |
| C20fess | 2.9 | 3.8 | 0.4 | 1.0 | sez. fessurata | | -18.2 | -19.2 | 0.10 | 4 | 0.448 | 1392.9 |
| C21 | 96.0 | 93.9 | -74.1 | -76.4 | sez. fessurata | | -78.9 | -86.4 | -0.79 | 4 | 0.786 | 300.6 |
| C21 | 102.9 | 100.6 | -79.6 | -82.1 | sez. fessurata | | -80.7 | -88.4 | -0.79 | 4 | 0.787 | 298.8 |
| C21 | 181.1 | 176.1 | -150.7 | -155.9 | sez. fessurata | | -109.4 | -120.2 | -0.86 | 4 | 0.816 | 249.3 |
| C21 | 140.7 | 137.1 | -113.8 | -117.5 | sez. fessurata | | -95.9 | -105.2 | -0.83 | 4 | 0.804 | 268.8 |
| C22fess | 146.6 | 143.2 | -128.8 | -131.9 | sez. fessurata | | -110.3 | -120.7 | -0.90 | 4 | 0.764 | 314.0 |
| C22 | 142.1 | 138.9 | -124.7 | -127.7 | sez. fessurata | | -109.3 | -119.6 | -0.90 | 4 | 0.763 | 315.0 |
| C22 | 127.7 | 125.0 | -109.4 | -111.9 | sez. fessurata | | -106.4 | -116.4 | -0.88 | 4 | 0.754 | 331.6 |
| C22 | -11.6 | -9.7 | 46.7 | 48.0 | -2.1 | -1.0 | | | -0.21 | 4 | 0.516 | 1011.2 |
| C23 | -19.6 | -17.5 | 52.2 | 53.6 | -1.8 | -0.6 | | | -0.34 | 4 | 0.503 | 938.7 |
| C23 | -27.7 | -25.4 | 56.1 | 57.7 | -1.5 | -0.2 | | | -0.45 | 4 | 0.538 | 802.8 |
| C23 | -28.6 | -26.3 | 55.1 | 56.7 | -1.4 | 0.0 | | | -0.48 | 4 | 0.546 | 776.0 |
| C23 | -23.2 | -21.0 | 49.8 | 51.3 | -1.4 | -0.1 | | | -0.42 | 4 | 0.529 | 836.5 |
| C24 | 119.2 | 116.7 | -100.7 | -103.0 | sez. fessurata | | -100.4 | -109.9 | -0.86 | 4 | 0.749 | 340.8 |
| C24 | 127.9 | 125.2 | -108.2 | -110.7 | sez. fessurata | | -102.8 | -112.5 | -0.86 | 4 | 0.749 | 339.9 |
| C24 | 162.8 | 159.1 | -136.2 | -140.2 | sez. fessurata | | -107.5 | -118.0 | -0.86 | 4 | 0.747 | 343.0 |
| C24fess | 191.5 | 186.7 | -164.4 | -169.3 | sez. fessurata | | -117.3 | -128.7 | -0.88 | 4 | 0.757 | 325.5 |
| C25 | 154.1 | 149.1 | -144.1 | -148.8 | sez. fessurata | | -104.7 | -114.2 | -0.97 | 4 | 0.868 | 168.0 |
| C25 | 170.2 | 164.5 | -158.5 | -163.8 | sez. fessurata | | -111.1 | -121.4 | -0.96 | 4 | 0.867 | 170.0 |
| C25 | 215.4 | 207.7 | -207.1 | -214.1 | sez. fessurata | | -129.7 | -141.7 | -1.00 | 4 | 0.883 | 147.4 |
| C25 | 130.3 | 125.4 | -123.7 | -128.2 | sez. fessurata | | -83.0 | -91.5 | -0.99 | 3 | 1.000 | |
| C26fess | 155.0 | 149.0 | -144.1 | -149.6 | sez. fessurata | | -97.1 | -109.2 | -0.97 | 3 | 1.000 | |
| C26 | 128.6 | 123.9 | -116.7 | -121.0 | sez. fessurata | | -89.5 | -100.5 | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C26 | -24.4 | -21.5 | 48.9 | 50.9 | -1.6 | 0.1 | | | -0.44 | 4 | 0.785 | 270.8 |
| C26 | -151.3 | -143.3 | 134.4 | 141.1 | 1.9 | 5.2 | | | -1.07 | 3 | 1.000 | |
| C27 | -147.9 | -136.3 | 147.7 | 156.3 | 2.6 | 5.8 | | | -0.92 | 4 | 0.956 | 41.0 |
| C27 | -178.5 | -165.1 | 172.8 | 182.8 | 3.6 | 7.2 | | | -0.96 | 4 | 0.973 | 24.7 |
| C27 | -198.6 | -183.9 | 188.7 | 199.7 | 4.2 | 8.1 | | | -0.97 | 4 | 0.983 | 15.4 |
| C27 | -210.1 | -194.9 | 198.7 | 210.2 | 4.6 | 8.6 | | | -0.98 | 4 | 0.986 | 12.5 |
| C28 | -212.2 | -197.0 | 200.1 | 211.7 | 4.6 | 8.6 | | | -0.98 | 3 | 1.000 | |
| C28 | -206.5 | -191.6 | 198.3 | 209.5 | 4.4 | 8.2 | | | -0.97 | 3 | 1.000 | |
| C28 | -165.0 | -152.8 | 169.2 | 178.4 | 2.7 | 5.9 | | | -0.90 | 3 | 1.000 | |
| C29 | -181.0 | -173.3 | 167.7 | 174.3 | 1.7 | 4.9 | | | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C29 | -162.2 | -155.1 | 158.1 | 164.2 | 1.2 | 4.1 | | | -0.98 | 3 | 1.000 | |
| C29 | -13.7 | -12.0 | 65.2 | 66.7 | -2.7 | -1.9 | | | -0.18 | 4 | 0.680 | 492.8 |

Le verifiche tensionali appaiono soddisfatte in tutte le sezioni; le massime tensioni di trazione e compressione nei piatti di composizione sono rispettivamente pari a -288.7 N/mm² e 277.2 N/mm². Si evidenzia che alcuni conci sono in classe 4 e pertanto si ripete la verifica considerando la sezione efficace riducendo lo spessore



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

dell'anima al 50%, trascurando in via cautelativa gli effetti degli irrigidimenti longitudinali presenti.

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 2 | | | | | | | |
|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{fe,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,sup}$ N/mm ² |
| C1 | -10.4 | -7.5 | 64.7 | 67.0 | -3.0 | -1.9 | | |
| C1 | -10.2 | -7.4 | 63.0 | 65.3 | -2.6 | -1.5 | | |
| C1 | -157.6 | -145.2 | 158.7 | 168.5 | 0.7 | 4.4 | | |
| C1 | -257.8 | -238.8 | 224.5 | 239.5 | 2.6 | 8.1 | | |
| C2 | -221.1 | -201.3 | 193.7 | 210.0 | 2.9 | 7.9 | | |
| C2 | -246.7 | -224.8 | 209.1 | 227.0 | 3.6 | 9.2 | | |
| C2 | -258.3 | -235.3 | 215.0 | 233.7 | 4.1 | 9.9 | | |
| C3 | -255.5 | -232.7 | 211.7 | 230.2 | 3.7 | 9.6 | | |
| C3 | -239.4 | -217.9 | 198.1 | 215.5 | 3.7 | 9.4 | | |
| C3 | -189.5 | -171.8 | 160.0 | 174.2 | 2.6 | 7.7 | | |
| C4 | -163.8 | -149.9 | 122.1 | 135.1 | 1.2 | 5.9 | | |
| C4 | -118.2 | -107.3 | 92.2 | 102.1 | 0.5 | 4.6 | | |
| C4 | 136.9 | 128.9 | -104.9 | -113.4 | sez. fessurata | | -102.0 | -120.0 |
| C4fess | 190.3 | 178.2 | -152.2 | -164.8 | sez. fessurata | | -118.7 | -139.9 |
| C5 | 149.3 | 134.6 | -141.6 | -154.5 | sez. fessurata | | -105.0 | -121.8 |
| C5 | 164.3 | 147.9 | -157.7 | -172.0 | sez. fessurata | | -112.2 | -130.3 |
| C5 | 282.3 | 252.7 | -269.0 | -294.8 | sez. fessurata | | -176.3 | -205.5 |
| C5 | 175.8 | 158.2 | -166.8 | -182.1 | sez. fessurata | | -118.9 | -138.1 |
| C7fess | 245.5 | 231.6 | -182.5 | -198.6 | sez. fessurata | | -133.1 | -158.0 |
| C7 | 231.3 | 218.3 | -170.4 | -185.4 | sez. fessurata | | -129.0 | -153.1 |
| C7 | 179.8 | 170.4 | -127.6 | -138.7 | sez. fessurata | | -114.6 | -135.7 |
| C7 | -72.5 | -65.2 | 60.2 | 66.9 | -0.5 | 3.0 | | |
| C8 | -166.7 | -156.0 | 118.7 | 128.2 | 1.1 | 6.2 | | |
| C8 | -173.3 | -162.2 | 124.0 | 133.8 | 0.9 | 6.0 | | |
| C8 | -217.0 | -203.9 | 154.7 | 166.7 | 1.8 | 7.4 | | |
| C8 | -218.4 | -205.2 | 159.3 | 171.5 | 1.7 | 7.1 | | |
| C9 | -211.6 | -198.7 | 156.8 | 168.6 | 1.2 | 6.4 | | |
| C9 | -176.9 | -165.8 | 139.7 | 149.9 | 0.8 | 5.4 | | |
| C9 | -91.9 | -84.9 | 93.0 | 99.2 | -0.8 | 2.4 | | |
| C9fess | -27.4 | -24.7 | 17.2 | 19.5 | sez. fessurata | | 12.1 | 16.3 |
| C10 | 66.1 | 61.8 | -57.8 | -61.6 | sez. fessurata | | -60.5 | -69.9 |
| C10 | 81.3 | 75.6 | -71.6 | -76.5 | sez. fessurata | | -68.3 | -79.1 |
| C10 | 243.0 | 219.9 | -221.1 | -240.7 | sez. fessurata | | -161.7 | -193.1 |
| C10 | 195.3 | 174.9 | -164.8 | -182.2 | sez. fessurata | | -140.2 | -171.8 |
| C11 | 218.6 | 205.0 | -158.4 | -170.9 | sez. fessurata | | -141.2 | -176.5 |
| C11 | 171.6 | 161.6 | -116.3 | -125.7 | sez. fessurata | | -123.2 | -153.6 |
| C11 | -88.1 | -80.0 | 68.4 | 74.5 | -0.5 | 4.7 | | |
| C11 | -87.9 | -79.6 | 79.0 | 85.5 | -0.7 | 4.0 | | |
| C12 | -61.4 | -56.1 | 32.9 | 37.6 | sez. fessurata | | 30.6 | 41.6 |
| C12 | 32.1 | 31.2 | -21.4 | -22.4 | sez. fessurata | | -32.6 | -36.4 |
| C12 | 57.8 | 56.2 | -47.3 | -48.8 | sez. fessurata | | -42.7 | -46.4 |
| C12 | -23.1 | -22.3 | 17.6 | 18.4 | sez. fessurata | | 5.4 | 6.9 |
| C13 | -51.6 | -49.3 | 78.5 | 80.7 | -1.7 | -0.6 | | |
| C13 | -74.4 | -71.6 | 89.0 | 91.7 | -1.2 | 0.2 | | |
| C13 | -93.5 | -90.1 | 97.8 | 101.0 | -1.0 | 0.6 | | |
| C14 | -96.8 | -93.4 | 98.9 | 102.1 | -0.5 | 1.2 | | |
| C14 | -95.6 | -92.1 | 96.4 | 99.6 | -0.5 | 1.2 | | |
| C14 | -86.6 | -83.3 | 87.2 | 90.2 | -0.7 | 1.0 | | |
| C14 | -51.8 | -49.2 | 68.6 | 70.7 | -1.3 | 0.2 | | |
| C15 | -36.3 | -34.1 | 58.5 | 60.3 | -1.6 | -0.2 | | |
| C15 | 112.0 | 109.8 | -81.0 | -83.4 | sez. fessurata | | -81.3 | -89.5 |
| C15 | 169.5 | 165.9 | -126.5 | -130.4 | sez. fessurata | | -102.4 | -113.0 |
| C15fess | 204.6 | 200.2 | -153.9 | -158.7 | sez. fessurata | | -115.4 | -127.5 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 2 | | | | | | | |
|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{fe,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,sup}$ N/mm ² |
| C16 | 161.7 | 156.6 | -157.6 | -161.9 | sez. fessurata | | -114.4 | -124.9 |
| C16 | 183.8 | 177.8 | -182.6 | -187.4 | sez. fessurata | | -124.7 | -136.2 |
| C16 | 262.2 | 253.3 | -258.5 | -265.7 | sez. fessurata | | -166.7 | -182.4 |
| C16 | 154.8 | 150.1 | -149.8 | -153.7 | sez. fessurata | | -110.1 | -120.2 |
| C17fess | 190.1 | 186.1 | -154.1 | -158.0 | sez. fessurata | | -114.7 | -126.3 |
| C17 | 141.9 | 139.2 | -110.8 | -113.4 | sez. fessurata | | -97.2 | -106.9 |
| C17 | 117.4 | 115.6 | -87.1 | -89.0 | sez. fessurata | | -91.4 | -100.4 |
| C17 | -46.7 | -43.5 | 83.8 | 86.1 | -1.9 | -0.7 | | |
| C18 | -70.1 | -66.1 | 108.5 | 111.4 | -1.2 | 0.2 | | |
| C18 | -105.9 | -100.9 | 135.3 | 139.1 | -0.8 | 0.9 | | |
| C18 | -141.1 | -135.3 | 161.4 | 166.0 | 0.3 | 2.2 | | |
| C19 | -151.2 | -145.1 | 169.0 | 173.8 | 0.5 | 2.5 | | |
| C19 | -153.0 | -146.8 | 170.9 | 175.8 | 0.1 | 2.2 | | |
| C19 | -141.5 | -135.7 | 163.1 | 167.6 | 0.2 | 2.1 | | |
| C20 | -112.0 | -107.0 | 140.8 | 144.6 | -0.4 | 1.2 | | |
| C20 | -105.5 | -100.7 | 136.6 | 140.3 | -0.9 | 0.7 | | |
| C20 | -46.7 | -43.5 | 93.9 | 96.2 | -1.8 | -0.7 | | |
| C20fess | 3.4 | 4.3 | 1.2 | 1.8 | sez. fessurata | | -18.8 | -19.9 |
| C21 | 106.2 | 104.0 | -78.1 | -80.6 | sez. fessurata | | -82.4 | -90.5 |
| C21 | 113.8 | 111.3 | -84.1 | -86.9 | sez. fessurata | | -84.4 | -92.7 |
| C21 | 199.7 | 194.3 | -160.9 | -166.5 | sez. fessurata | | -114.5 | -126.1 |
| C21 | 155.3 | 151.5 | -120.9 | -125.1 | sez. fessurata | | -100.3 | -110.4 |
| C22fess | 161.6 | 157.9 | -139.2 | -142.6 | sez. fessurata | | -116.4 | -127.7 |
| C22 | 156.7 | 153.2 | -134.6 | -137.8 | sez. fessurata | | -115.3 | -126.5 |
| C22 | 141.0 | 138.1 | -117.3 | -120.1 | sez. fessurata | | -112.3 | -123.1 |
| C22 | -9.5 | -7.5 | 49.8 | 51.1 | -1.9 | -0.7 | | |
| C23 | -18.7 | -16.4 | 55.4 | 56.9 | -1.6 | -0.3 | | |
| C23 | -27.7 | -25.3 | 59.5 | 61.1 | -1.3 | 0.1 | | |
| C23 | -28.8 | -26.4 | 58.2 | 59.8 | -1.2 | 0.2 | | |
| C23 | -22.9 | -20.6 | 52.3 | 53.7 | -1.2 | 0.2 | | |
| C24 | 131.6 | 129.0 | -108.0 | -110.5 | sez. fessurata | | -106.0 | -116.2 |
| C24 | 141.2 | 138.2 | -116.5 | -119.3 | sez. fessurata | | -108.5 | -119.0 |
| C24 | 179.8 | 175.7 | -146.4 | -150.8 | sez. fessurata | | -112.8 | -124.1 |
| C24fess | 211.3 | 206.1 | -177.2 | -182.6 | sez. fessurata | | -123.1 | -135.5 |
| C25 | 166.2 | 160.7 | -155.2 | -160.2 | sez. fessurata | | -110.1 | -120.3 |
| C25 | 183.5 | 177.3 | -171.0 | -176.7 | sez. fessurata | | -116.9 | -127.9 |
| C25 | 232.1 | 223.8 | -223.8 | -231.3 | sez. fessurata | | -136.5 | -149.4 |
| C25 | 139.0 | 133.8 | -132.2 | -137.0 | sez. fessurata | | -86.4 | -95.4 |
| C26fess | 164.0 | 157.7 | -152.4 | -158.3 | sez. fessurata | | -100.4 | -113.0 |
| C26 | 136.2 | 131.2 | -123.0 | -127.7 | sez. fessurata | | -92.5 | -104.0 |
| C26 | -24.2 | -21.1 | 50.4 | 52.6 | -1.4 | 0.3 | | |
| C26 | -160.4 | -151.9 | 140.5 | 147.5 | 1.9 | 5.4 | | |
| C27 | -152.8 | -140.9 | 153.4 | 162.3 | 2.7 | 6.0 | | |
| C27 | -184.7 | -170.8 | 179.6 | 190.0 | 3.7 | 7.4 | | |
| C27 | -205.6 | -190.4 | 196.3 | 207.6 | 4.3 | 8.3 | | |
| C27 | -217.6 | -201.8 | 206.7 | 218.6 | 4.7 | 8.8 | | |
| C28 | -220.4 | -204.5 | 209.1 | 221.0 | 4.7 | 8.9 | | |
| C28 | -214.4 | -198.8 | 207.1 | 218.8 | 4.5 | 8.5 | | |
| C28 | -170.8 | -158.1 | 176.8 | 186.4 | 2.8 | 6.1 | | |
| C29 | -193.8 | -185.6 | 177.9 | 184.9 | 1.8 | 5.2 | | |
| C29 | -173.2 | -165.7 | 167.6 | 174.0 | 1.3 | 4.4 | | |
| C29 | -10.6 | -8.9 | 68.9 | 70.4 | -2.4 | -1.6 | | |

I massimi valori di tensione nei piatti risultano pari a -295.7 N/mm² in trazione e 282.3 N/mm² in compressione e risultano inferiori ai valori limite di riferimento. La trave è verificata.

Alle pagine successive si illustrano in modo sintetico le verifiche delle sezioni delle travi intermedie.



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

8.1.2 TRAVE INTERMEDIA

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 1 | | | | | | | | ψ | Classe | ρ | An. elim. mm |
|----------------|--|---|---|--|---|---|---|---|-------|----------|-------|-----------------|
| | σ _{fe,inf} N/mm ² | σ _{w,inf} N/mm ² | σ _{w,sup} N/mm ² | σ _{fe,sup} N/mm ² | σ _{sol,inf} N/mm ² | σ _{sol,sup} N/mm ² | σ _{arm,inf} N/mm ² | σ _{arm,sup} N/mm ² | | | | |
| C1 | -14.4 | -11.1 | 71.5 | 74.2 | -2.3 | -1.0 | | | -0.15 | 4 | 0.912 | 96.1 |
| C1 | -14.3 | -11.0 | 71.4 | 74.1 | -1.9 | -0.6 | | | -0.15 | 4 | 0.911 | 96.7 |
| C1 | -136.0 | -124.6 | 163.3 | 172.4 | 1.2 | 4.5 | | | -0.76 | 3 | 1.000 | |
| C1 | -224.9 | -207.6 | 229.2 | 243.1 | 3.3 | 7.9 | | | -0.91 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -194.8 | -176.6 | 200.2 | 215.3 | 3.2 | 7.5 | | | -0.88 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -221.6 | -201.2 | 219.1 | 236.0 | 4.1 | 8.9 | | | -0.92 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -236.8 | -215.4 | 227.7 | 245.6 | 4.8 | 10.0 | | | -0.95 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -235.6 | -214.3 | 225.4 | 243.1 | 4.5 | 9.7 | | | -0.95 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -226.3 | -205.9 | 215.6 | 232.6 | 4.8 | 9.9 | | | -0.95 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -187.4 | -170.4 | 180.4 | 194.5 | 4.0 | 8.8 | | | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C4 | -165.4 | -152.3 | 142.5 | 155.5 | 2.6 | 7.1 | | | -1.07 | 3 | 1.000 | |
| C4 | -129.5 | -119.1 | 115.7 | 126.2 | 2.2 | 6.3 | | | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C4 | 62.0 | 57.1 | -53.6 | -58.5 | sez. fessurata | | -38.5 | -44.1 | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C4fess | 108.2 | 99.5 | -96.5 | -105.2 | sez. fessurata | | -50.7 | -58.5 | -0.97 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 92.6 | 81.8 | -93.1 | -102.5 | sez. fessurata | | -47.2 | -53.8 | -1.14 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 103.1 | 91.0 | -103.9 | -114.4 | sez. fessurata | | -50.1 | -57.3 | -1.14 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 192.5 | 170.0 | -193.8 | -213.3 | sez. fessurata | | -88.8 | -102.5 | -1.14 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 110.5 | 97.6 | -111.5 | -122.7 | sez. fessurata | | -53.0 | -60.6 | -1.14 | 3 | 1.000 | |
| C7fess | 145.1 | 134.9 | -121.2 | -132.5 | sez. fessurata | | -57.6 | -67.1 | -0.90 | 3 | 1.000 | |
| C7 | 132.9 | 123.5 | -110.6 | -120.9 | sez. fessurata | | -54.7 | -63.6 | -0.90 | 3 | 1.000 | |
| C7 | 88.2 | 82.1 | -72.2 | -79.0 | sez. fessurata | | -44.0 | -50.7 | -0.88 | 3 | 1.000 | |
| C7 | -100.2 | -93.0 | 86.8 | 94.8 | 1.5 | 5.4 | | | -1.07 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -185.9 | -175.7 | 149.0 | 159.2 | 3.5 | 8.6 | | | -1.18 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -192.3 | -181.8 | 153.8 | 164.4 | 3.2 | 8.4 | | | -1.18 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -228.4 | -215.8 | 183.0 | 195.6 | 4.0 | 9.5 | | | -1.18 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -227.5 | -214.9 | 186.6 | 199.3 | 3.8 | 9.1 | | | -1.15 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -218.5 | -206.3 | 181.9 | 194.1 | 3.2 | 8.3 | | | -1.13 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -189.1 | -178.3 | 164.5 | 175.3 | 2.8 | 7.4 | | | -1.08 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -113.0 | -106.0 | 116.8 | 123.8 | 1.0 | 4.4 | | | -0.91 | 3 | 1.000 | |
| C9fess | -52.4 | -49.7 | 37.9 | 40.7 | sez. fessurata | | 34.5 | 42.7 | -1.31 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 21.6 | 19.6 | -21.7 | -23.3 | sez. fessurata | | -19.4 | -21.3 | -1.11 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 32.0 | 29.0 | -32.6 | -35.0 | sez. fessurata | | -23.0 | -25.6 | -1.12 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 153.6 | 137.3 | -152.8 | -166.4 | sez. fessurata | | -85.4 | -100.6 | -1.11 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 119.8 | 105.0 | -113.2 | -125.4 | sez. fessurata | | -74.6 | -89.8 | -1.08 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 127.4 | 117.5 | -110.5 | -119.1 | sez. fessurata | | -75.0 | -91.6 | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 91.5 | 84.5 | -76.1 | -82.1 | sez. fessurata | | -62.8 | -76.3 | -0.90 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 41.3 | 38.4 | -29.8 | -32.4 | sez. fessurata | | -41.5 | -49.7 | -0.78 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 26.6 | 24.8 | -17.9 | -19.5 | sez. fessurata | | -32.1 | -38.1 | -0.72 | 3 | 1.000 | |
| C12 | 31.9 | 29.7 | -20.2 | -22.4 | sez. fessurata | | -28.9 | -34.4 | -0.68 | 3 | 1.000 | |
| C12 | 21.4 | 20.5 | -18.1 | -19.0 | sez. fessurata | | -20.5 | -22.2 | -0.88 | 3 | 1.000 | |
| C12 | 43.7 | 42.4 | -38.7 | -40.0 | sez. fessurata | | -31.4 | -33.7 | -0.91 | 4 | 0.771 | 301.7 |
| C12 | -20.7 | -20.1 | 16.7 | 17.3 | sez. fessurata | | 8.4 | 10.1 | -1.20 | 4 | 0.893 | 122.7 |
| C13 | -49.4 | -47.4 | 82.8 | 84.9 | -1.1 | 0.0 | | | -0.57 | 4 | 0.578 | 676.9 |
| C13 | -69.5 | -66.9 | 95.1 | 97.6 | -0.5 | 0.8 | | | -0.70 | 4 | 0.624 | 556.6 |
| C13 | -91.5 | -88.4 | 107.8 | 110.9 | -0.1 | 1.4 | | | -0.82 | 4 | 0.666 | 462.2 |
| C14 | -97.9 | -94.6 | 110.8 | 114.1 | 0.5 | 2.1 | | | -0.85 | 4 | 0.679 | 436.8 |
| C14 | -99.8 | -96.5 | 111.3 | 114.6 | 0.6 | 2.3 | | | -0.87 | 4 | 0.684 | 427.2 |
| C14 | -97.7 | -94.5 | 105.8 | 109.0 | 0.6 | 2.4 | | | -0.89 | 4 | 0.694 | 408.1 |
| C14 | -75.9 | -73.3 | 90.9 | 93.5 | 0.4 | 2.0 | | | -0.81 | 4 | 0.661 | 473.3 |
| C15 | -64.5 | -62.2 | 82.1 | 84.4 | 0.1 | 1.6 | | | -0.76 | 4 | 0.707 | 420.5 |
| C15 | 35.7 | 34.7 | -29.2 | -30.2 | sez. fessurata | | -28.5 | -30.6 | -0.84 | 4 | 0.741 | 354.1 |
| C15 | 71.3 | 69.3 | -61.5 | -63.6 | sez. fessurata | | -36.4 | -39.3 | -0.89 | 4 | 0.760 | 320.0 |
| C15fess | 92.3 | 89.6 | -80.6 | -83.3 | sez. fessurata | | -41.2 | -44.7 | -0.90 | 4 | 0.765 | 311.5 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 1 | | | | | | | | ψ | Classe | ρ | An. elim. mm |
|----------------|---|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|----------|-------|-----------------|
| | σ _{fe,inf} N/mmq | σ _{w,inf} N/mmq | σ _{w,sup} N/mmq | σ _{fe,sup} N/mmq | σ _{sol,inf} N/mmq | σ _{sol,sup} N/mmq | σ _{arm,inf} N/mmq | σ _{arm,sup} N/mmq | | | | |
| C16 | 76.5 | 73.4 | -81.6 | -84.1 | sez. fessurata | | -40.4 | -43.5 | -1.11 | 4 | 0.933 | 79.8 |
| C16 | 89.9 | 86.3 | -96.6 | -99.5 | sez. fessurata | | -43.8 | -47.2 | -1.12 | 4 | 0.936 | 75.9 |
| C16 | 136.8 | 131.3 | -147.3 | -151.8 | sez. fessurata | | -61.0 | -66.0 | -1.12 | 4 | 0.937 | 73.9 |
| C16 | 63.5 | 60.9 | -69.3 | -71.4 | sez. fessurata | | -29.1 | -31.1 | -1.14 | 3 | 1.000 | |
| C17fess | 72.3 | 70.1 | -69.9 | -71.8 | sez. fessurata | | -28.3 | -30.3 | -1.00 | 4 | 0.806 | 245.5 |
| C17 | 40.6 | 39.4 | -38.8 | -39.9 | sez. fessurata | | -21.1 | -22.4 | -0.99 | 4 | 0.801 | 253.7 |
| C17 | 21.9 | 21.3 | -20.4 | -21.0 | sez. fessurata | | -17.5 | -18.4 | -0.96 | 4 | 0.789 | 272.7 |
| C17 | -98.2 | -94.9 | 115.3 | 118.2 | 0.9 | 2.5 | | | -0.82 | 4 | 0.732 | 371.4 |
| C18 | -117.3 | -113.3 | 139.0 | 142.4 | 1.7 | 3.6 | | | -0.82 | 4 | 0.663 | 468.5 |
| C18 | -146.0 | -141.2 | 163.1 | 167.3 | 2.0 | 4.1 | | | -0.87 | 4 | 0.682 | 430.1 |
| C18 | -172.5 | -166.9 | 185.7 | 190.6 | 2.9 | 5.1 | | | -0.90 | 4 | 0.695 | 406.2 |
| C19 | -178.2 | -172.4 | 191.0 | 196.0 | 3.0 | 5.3 | | | -0.90 | 4 | 0.696 | 403.2 |
| C19 | -179.6 | -173.8 | 192.5 | 197.5 | 2.7 | 4.9 | | | -0.90 | 4 | 0.696 | 402.9 |
| C19 | -167.3 | -161.8 | 183.2 | 188.0 | 2.7 | 4.8 | | | -0.88 | 4 | 0.689 | 417.4 |
| C20 | -138.3 | -133.7 | 159.5 | 163.5 | 1.9 | 3.8 | | | -0.84 | 4 | 0.738 | 359.2 |
| C20 | -133.7 | -129.2 | 155.7 | 159.7 | 1.4 | 3.3 | | | -0.83 | 4 | 0.735 | 366.1 |
| C20 | -84.0 | -80.9 | 115.9 | 118.6 | 0.5 | 2.0 | | | -0.70 | 4 | 0.682 | 472.9 |
| C20fess | -37.3 | -36.2 | 32.9 | 33.9 | sez. fessurata | | 22.8 | 25.9 | -1.10 | 4 | 0.847 | 183.9 |
| C21 | 32.1 | 31.1 | -28.0 | -29.0 | sez. fessurata | | -24.3 | -25.9 | -0.90 | 4 | 0.836 | 216.2 |
| C21 | 38.0 | 36.7 | -33.5 | -34.8 | sez. fessurata | | -25.5 | -27.2 | -0.91 | 4 | 0.842 | 207.5 |
| C21 | 101.1 | 97.7 | -91.9 | -95.3 | sez. fessurata | | -43.7 | -47.3 | -0.94 | 4 | 0.854 | 188.3 |
| C21 | 70.6 | 68.3 | -63.1 | -65.4 | sez. fessurata | | -37.3 | -40.3 | -0.92 | 4 | 0.847 | 199.8 |
| C22fess | 69.1 | 66.9 | -69.0 | -70.9 | sez. fessurata | | -41.1 | -44.4 | -1.03 | 4 | 0.820 | 223.9 |
| C22 | 65.1 | 63.1 | -64.7 | -66.5 | sez. fessurata | | -40.2 | -43.4 | -1.03 | 4 | 0.818 | 227.1 |
| C22 | 49.2 | 47.7 | -47.6 | -48.9 | sez. fessurata | | -36.4 | -39.2 | -1.00 | 4 | 0.806 | 245.0 |
| C22 | 26.8 | 26.0 | -23.8 | -24.5 | sez. fessurata | | -30.2 | -32.4 | -0.92 | 4 | 0.771 | 302.1 |
| C23 | 23.0 | 22.4 | -19.7 | -20.2 | sez. fessurata | | -29.1 | -31.2 | -0.88 | 4 | 0.687 | 420.3 |
| C23 | -69.5 | -67.0 | 93.8 | 96.0 | 1.0 | 2.6 | | | -0.71 | 4 | 0.626 | 550.3 |
| C23 | -69.4 | -66.8 | 92.9 | 95.1 | 1.0 | 2.7 | | | -0.72 | 4 | 0.628 | 546.2 |
| C23 | 4.2 | 5.2 | 67.0 | 67.9 | -3.1 | -2.8 | | | 0.08 | 4 | 0.411 | 1487.4 |
| C24 | 33.9 | 32.8 | -31.7 | -32.6 | sez. fessurata | | -30.9 | -33.2 | -0.97 | 4 | 0.792 | 267.1 |
| C24 | 40.6 | 39.4 | -39.0 | -40.1 | sez. fessurata | | -32.5 | -34.9 | -0.99 | 4 | 0.803 | 250.5 |
| C24 | 70.5 | 68.3 | -66.4 | -68.6 | sez. fessurata | | -38.3 | -41.3 | -0.97 | 4 | 0.796 | 260.4 |
| C24fess | 95.6 | 92.7 | -90.9 | -93.8 | sez. fessurata | | -46.4 | -50.3 | -0.98 | 4 | 0.800 | 254.7 |
| C25 | 77.8 | 74.7 | -79.5 | -82.3 | sez. fessurata | | -42.4 | -45.7 | -1.06 | 4 | 0.913 | 105.6 |
| C25 | 90.5 | 86.9 | -92.8 | -96.0 | sez. fessurata | | -46.6 | -50.3 | -1.07 | 4 | 0.915 | 103.3 |
| C25 | 130.3 | 125.1 | -134.6 | -139.3 | sez. fessurata | | -59.6 | -64.5 | -1.08 | 4 | 0.918 | 98.5 |
| C25 | 64.0 | 61.0 | -67.4 | -70.0 | sez. fessurata | | -28.1 | -30.3 | -1.10 | 3 | 1.000 | |
| C26fess | 71.2 | 67.6 | -75.2 | -78.3 | sez. fessurata | | -29.7 | -32.6 | -1.11 | 3 | 1.000 | |
| C26 | 38.0 | 37.7 | 22.9 | 22.6 | -3.2 | -2.8 | | | 0.61 | 4 | 0.503 | 902.4 |
| C26 | 1.7 | 3.1 | 60.7 | 61.9 | -2.9 | -2.3 | | | 0.05 | 4 | 0.614 | 700.3 |
| C26 | -133.7 | -127.0 | 144.3 | 150.2 | 2.3 | 5.1 | | | -0.88 | 4 | 1.007 | -6.7 |
| C27 | -122.5 | -112.9 | 149.8 | 157.1 | 2.4 | 5.0 | | | -0.75 | 4 | 0.871 | 131.8 |
| C27 | -144.2 | -133.2 | 169.7 | 178.2 | 3.1 | 5.9 | | | -0.78 | 4 | 0.886 | 114.3 |
| C27 | -155.6 | -143.8 | 180.8 | 189.9 | 3.4 | 6.3 | | | -0.80 | 4 | 0.891 | 108.6 |
| C27 | -162.6 | -150.3 | 187.9 | 197.4 | 3.5 | 6.6 | | | -0.80 | 4 | 0.893 | 106.2 |
| C28 | -160.0 | -147.9 | 186.0 | 195.4 | 3.3 | 6.3 | | | -0.79 | 4 | 0.974 | 25.7 |
| C28 | -155.2 | -143.3 | 182.7 | 191.8 | 3.1 | 6.0 | | | -0.78 | 4 | 0.969 | 31.4 |
| C28 | -125.5 | -115.5 | 158.9 | 166.6 | 1.9 | 4.3 | | | -0.73 | 4 | 0.938 | 64.1 |
| C29 | -136.2 | -129.8 | 161.4 | 167.0 | 1.4 | 3.9 | | | -0.80 | 4 | 0.961 | 39.5 |
| C29 | -121.4 | -115.6 | 150.9 | 156.0 | 1.0 | 3.3 | | | -0.77 | 4 | 0.941 | 61.1 |
| C29 | -15.8 | -13.9 | 74.7 | 76.4 | -1.8 | -0.9 | | | -0.19 | 4 | 0.681 | 491.7 |

Le verifiche tensionali appaiono soddisfatte in tutte le sezioni; le massime tensioni di trazione e compressione nei piatti di composizione sono rispettivamente pari a -244.9 N/mmq e 258.8 N/mmq. Si evidenzia che alcuni conci sono in classe 4 e pertanto si ripete la verifica considerando la sezione efficace riducendo lo spessore



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

dell'anima al 50%, trascurando in via cautelativa gli effetti degli irrigidimenti longitudinali presenti.

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 1 | | | | | | | |
|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{fe,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,sup}$ N/mm ² |
| C1 | -12.0 | -8.7 | 74.4 | 77.1 | -2.1 | -0.8 | | |
| C1 | -11.9 | -8.6 | 74.3 | 77.0 | -1.7 | -0.4 | | |
| C1 | -139.3 | -127.5 | 170.3 | 179.7 | 1.4 | 4.7 | | |
| C1 | -232.3 | -214.3 | 239.2 | 253.6 | 3.4 | 8.2 | | |
| C2 | -199.0 | -180.4 | 205.8 | 221.4 | 3.3 | 7.7 | | |
| C2 | -226.7 | -205.8 | 225.2 | 242.6 | 4.2 | 9.1 | | |
| C2 | -242.4 | -220.5 | 234.0 | 252.3 | 4.9 | 10.2 | | |
| C3 | -240.4 | -218.6 | 231.0 | 249.1 | 4.6 | 9.9 | | |
| C3 | -230.9 | -210.0 | 220.9 | 238.2 | 4.8 | 10.1 | | |
| C3 | -191.1 | -173.8 | 184.6 | 199.0 | 4.1 | 9.0 | | |
| C4 | -170.2 | -156.8 | 145.1 | 158.5 | 2.7 | 7.3 | | |
| C4 | -133.2 | -122.5 | 117.8 | 128.4 | 2.3 | 6.5 | | |
| C4 | 63.9 | 58.8 | -54.9 | -60.0 | sez. fessurata | | -39.0 | -44.8 |
| C4fess | 111.4 | 102.5 | -99.1 | -108.0 | sez. fessurata | | -51.4 | -59.4 |
| C5 | 94.2 | 83.2 | -95.7 | -105.3 | sez. fessurata | | -47.9 | -54.7 |
| C5 | 104.9 | 92.5 | -106.8 | -117.5 | sez. fessurata | | -50.9 | -58.2 |
| C5 | 195.9 | 172.9 | -199.0 | -219.0 | sez. fessurata | | -90.3 | -104.2 |
| C5 | 112.5 | 99.2 | -114.5 | -126.0 | sez. fessurata | | -53.8 | -61.5 |
| C7fess | 150.7 | 140.0 | -124.6 | -136.3 | sez. fessurata | | -58.5 | -68.2 |
| C7 | 138.0 | 128.3 | -113.7 | -124.4 | sez. fessurata | | -55.5 | -64.7 |
| C7 | 91.7 | 85.3 | -74.2 | -81.2 | sez. fessurata | | -44.6 | -51.5 |
| C7 | -103.6 | -96.2 | 88.1 | 96.3 | 1.6 | 5.6 | | |
| C8 | -193.9 | -183.3 | 152.3 | 162.9 | 3.5 | 8.8 | | |
| C8 | -200.6 | -189.7 | 157.3 | 168.2 | 3.3 | 8.7 | | |
| C8 | -238.3 | -225.3 | 187.7 | 200.7 | 4.1 | 9.7 | | |
| C8 | -237.2 | -224.1 | 191.6 | 204.7 | 3.8 | 9.3 | | |
| C9 | -227.7 | -215.1 | 186.8 | 199.4 | 3.2 | 8.5 | | |
| C9 | -196.7 | -185.5 | 168.9 | 180.1 | 2.8 | 7.6 | | |
| C9 | -116.5 | -109.3 | 119.9 | 127.1 | 1.1 | 4.6 | | |
| C9fess | -55.0 | -52.1 | 38.7 | 41.5 | sez. fessurata | | 35.3 | 43.9 |
| C10 | 22.1 | 20.1 | -22.5 | -24.2 | sez. fessurata | | -19.6 | -21.6 |
| C10 | 32.8 | 29.7 | -33.8 | -36.4 | sez. fessurata | | -23.4 | -26.0 |
| C10 | 157.0 | 140.2 | -157.6 | -171.6 | sez. fessurata | | -86.9 | -102.4 |
| C10 | 122.3 | 107.2 | -116.5 | -129.0 | sez. fessurata | | -75.5 | -91.1 |
| C11 | 131.1 | 121.0 | -113.3 | -122.1 | sez. fessurata | | -75.7 | -92.7 |
| C11 | 94.2 | 87.1 | -77.8 | -84.0 | sez. fessurata | | -63.4 | -77.3 |
| C11 | 42.7 | 39.7 | -30.2 | -32.9 | sez. fessurata | | -41.8 | -50.3 |
| C11 | 27.5 | 25.6 | -18.0 | -19.7 | sez. fessurata | | -32.4 | -38.5 |
| C12 | 33.4 | 31.2 | -20.5 | -22.7 | sez. fessurata | | -29.2 | -34.8 |
| C12 | 22.9 | 21.9 | -19.0 | -19.9 | sez. fessurata | | -20.9 | -22.8 |
| C12 | 47.7 | 46.3 | -41.6 | -43.0 | sez. fessurata | | -32.6 | -35.2 |
| C12 | -22.7 | -22.1 | 17.6 | 18.3 | sez. fessurata | | 9.3 | 11.2 |
| C13 | -50.4 | -48.3 | 87.7 | 89.9 | -0.8 | 0.4 | | |
| C13 | -72.8 | -70.1 | 100.6 | 103.3 | -0.2 | 1.2 | | |
| C13 | -97.3 | -94.0 | 113.8 | 117.1 | 0.2 | 1.8 | | |
| C14 | -104.5 | -101.0 | 116.9 | 120.4 | 0.8 | 2.5 | | |
| C14 | -106.7 | -103.2 | 117.4 | 120.9 | 0.9 | 2.6 | | |
| C14 | -105.0 | -101.6 | 111.3 | 114.6 | 0.9 | 2.7 | | |
| C14 | -80.5 | -77.7 | 95.4 | 98.2 | 0.6 | 2.3 | | |
| C15 | -68.3 | -65.8 | 86.4 | 88.8 | 0.4 | 2.0 | | |
| C15 | 39.5 | 38.4 | -31.2 | -32.3 | sez. fessurata | | -29.5 | -31.8 |
| C15 | 78.7 | 76.5 | -66.2 | -68.5 | sez. fessurata | | -37.8 | -41.0 |
| C15fess | 101.8 | 98.9 | -87.0 | -89.9 | sez. fessurata | | -42.9 | -46.6 |

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 1 | | | | | | | |
|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{fe,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,sup}$ N/mm ² |
| C16 | 82.0 | 78.6 | -89.8 | -92.5 | sez. fessurata | | -42.6 | -45.9 |
| C16 | 96.4 | 92.4 | -106.4 | -109.5 | sez. fessurata | | -46.3 | -49.9 |
| C16 | 146.6 | 140.5 | -162.4 | -167.2 | sez. fessurata | | -64.6 | -70.0 |
| C16 | 68.0 | 65.2 | -76.6 | -78.8 | sez. fessurata | | -30.6 | -32.7 |
| C17fess | 79.3 | 76.9 | -76.9 | -79.0 | sez. fessurata | | -29.5 | -31.7 |
| C17 | 44.6 | 43.2 | -42.6 | -43.8 | sez. fessurata | | -21.9 | -23.3 |
| C17 | 24.1 | 23.4 | -22.3 | -22.9 | sez. fessurata | | -18.1 | -19.1 |
| C17 | -105.2 | -101.7 | 123.0 | 126.1 | 1.2 | 3.0 | | |
| C18 | -125.0 | -120.7 | 149.1 | 152.8 | 2.1 | 4.0 | | |
| C18 | -156.5 | -151.3 | 175.6 | 180.1 | 2.4 | 4.5 | | |
| C18 | -185.6 | -179.5 | 200.5 | 205.8 | 3.3 | 5.6 | | |
| C19 | -191.8 | -185.6 | 206.3 | 211.8 | 3.4 | 5.7 | | |
| C19 | -193.3 | -187.1 | 208.0 | 213.4 | 3.0 | 5.4 | | |
| C19 | -179.7 | -173.8 | 198.0 | 203.1 | 3.0 | 5.3 | | |
| C20 | -148.9 | -143.8 | 173.3 | 177.7 | 2.3 | 4.3 | | |
| C20 | -143.7 | -138.8 | 169.1 | 173.4 | 1.8 | 3.8 | | |
| C20 | -88.5 | -85.2 | 125.3 | 128.2 | 0.9 | 2.5 | | |
| C20fess | -41.0 | -39.9 | 35.5 | 36.6 | sez. fessurata | | 25.0 | 28.3 |
| C21 | 35.3 | 34.2 | -30.1 | -31.3 | sez. fessurata | | -25.2 | -27.0 |
| C21 | 41.8 | 40.4 | -36.2 | -37.6 | sez. fessurata | | -26.4 | -28.4 |
| C21 | 110.9 | 107.2 | -99.6 | -103.4 | sez. fessurata | | -45.7 | -49.7 |
| C21 | 77.6 | 75.0 | -68.2 | -70.8 | sez. fessurata | | -39.0 | -42.2 |
| C22fess | 75.6 | 73.2 | -76.5 | -78.6 | sez. fessurata | | -43.4 | -46.9 |
| C22 | 71.3 | 69.1 | -71.7 | -73.7 | sez. fessurata | | -42.5 | -45.9 |
| C22 | 54.0 | 52.3 | -52.5 | -53.9 | sez. fessurata | | -38.4 | -41.4 |
| C22 | 29.5 | 28.7 | -25.7 | -26.5 | sez. fessurata | | -31.7 | -34.1 |
| C23 | 25.2 | 24.4 | -20.9 | -21.6 | sez. fessurata | | -30.5 | -32.7 |
| C23 | -72.9 | -70.2 | 99.2 | 101.5 | 1.3 | 3.1 | | |
| C23 | -72.7 | -70.1 | 98.2 | 100.5 | 1.4 | 3.1 | | |
| C23 | 10.7 | 11.7 | 72.8 | 73.6 | -2.7 | -2.4 | | |
| C24 | 37.2 | 36.1 | -34.7 | -35.7 | sez. fessurata | | -32.5 | -34.9 |
| C24 | 44.6 | 43.2 | -42.9 | -44.1 | sez. fessurata | | -34.2 | -36.8 |
| C24 | 77.3 | 75.0 | -72.8 | -75.1 | sez. fessurata | | -40.2 | -43.5 |
| C24fess | 104.9 | 101.7 | -99.7 | -102.9 | sez. fessurata | | -48.8 | -53.1 |
| C25 | 83.5 | 80.2 | -86.8 | -89.8 | sez. fessurata | | -44.6 | -48.1 |
| C25 | 97.1 | 93.2 | -101.4 | -104.9 | sez. fessurata | | -49.1 | -53.1 |
| C25 | 139.8 | 134.2 | -147.2 | -152.3 | sez. fessurata | | -62.9 | -68.2 |
| C25 | 67.9 | 64.7 | -73.1 | -76.0 | sez. fessurata | | -29.2 | -31.5 |
| C26fess | 74.9 | 71.1 | -80.8 | -84.1 | sez. fessurata | | -30.6 | -33.6 |
| C26 | 44.0 | 43.5 | 23.6 | 23.1 | -2.9 | -2.5 | | |
| C26 | 5.7 | 7.1 | 64.2 | 65.5 | -2.6 | -2.0 | | |
| C26 | -139.9 | -132.9 | 151.3 | 157.6 | 2.5 | 5.4 | | |
| C27 | -125.4 | -115.5 | 156.1 | 163.7 | 2.6 | 5.3 | | |
| C27 | -147.9 | -136.5 | 177.0 | 185.8 | 3.3 | 6.2 | | |
| C27 | -159.7 | -147.4 | 188.7 | 198.1 | 3.6 | 6.6 | | |
| C27 | -166.9 | -154.1 | 196.2 | 206.0 | 3.8 | 6.9 | | |
| C28 | -164.6 | -152.0 | 195.1 | 204.8 | 3.6 | 6.6 | | |
| C28 | -159.5 | -147.2 | 191.6 | 201.0 | 3.3 | 6.3 | | |
| C28 | -128.5 | -118.2 | 166.7 | 174.7 | 2.1 | 4.6 | | |
| C29 | -143.2 | -136.4 | 172.3 | 178.2 | 1.7 | 4.3 | | |
| C29 | -127.1 | -121.0 | 161.0 | 166.4 | 1.3 | 3.7 | | |
| C29 | -12.3 | -10.4 | 79.4 | 81.1 | -1.5 | -0.5 | | |

I massimi valori di tensione nei piatti risultano pari a -253.3 N/mm² in trazione e 269.9 N/mm² in compressione e risultano inferiori ai valori limite di riferimento. La verifica è soddisfatta. Si ripete il controllo per la combinazione di carico SLU 2.



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 2 | | | | | | | | ψ | Classe | ρ | An. elim. mm |
|----------------|--|---|---|--|---|---|---|---|-------|----------|-------|-----------------|
| | σ _{fe,inf} N/mm ² | σ _{w,inf} N/mm ² | σ _{w,sup} N/mm ² | σ _{fe,sup} N/mm ² | σ _{sol,inf} N/mm ² | σ _{sol,sup} N/mm ² | σ _{arm,inf} N/mm ² | σ _{arm,sup} N/mm ² | | | | |
| C1 | -14.4 | -11.1 | 71.5 | 74.2 | -2.3 | -1.0 | | | -0.15 | 4 | 0.912 | 96.1 |
| C1 | -14.3 | -11.1 | 69.6 | 72.3 | -1.9 | -0.6 | | | -0.16 | 4 | 0.914 | 93.9 |
| C1 | -128.6 | -117.3 | 157.6 | 166.5 | 0.9 | 4.0 | | | -0.74 | 3 | 1.000 | |
| C1 | -209.9 | -192.9 | 221.0 | 234.4 | 2.6 | 7.0 | | | -0.87 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -180.9 | -163.0 | 191.2 | 205.8 | 2.5 | 6.5 | | | -0.85 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -203.5 | -183.7 | 207.3 | 223.5 | 3.3 | 7.7 | | | -0.89 | 3 | 1.000 | |
| C2 | -212.7 | -192.0 | 213.4 | 230.4 | 3.7 | 8.3 | | | -0.90 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -208.8 | -188.3 | 209.4 | 226.1 | 3.2 | 7.9 | | | -0.90 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -196.0 | -176.5 | 197.0 | 212.8 | 3.3 | 7.9 | | | -0.90 | 3 | 1.000 | |
| C3 | -151.0 | -135.1 | 159.1 | 171.9 | 2.3 | 6.3 | | | -0.85 | 3 | 1.000 | |
| C4 | -123.2 | -111.0 | 120.7 | 132.1 | 0.8 | 4.5 | | | -0.92 | 3 | 1.000 | |
| C4 | -84.3 | -74.9 | 91.7 | 100.3 | 0.3 | 3.5 | | | -0.82 | 3 | 1.000 | |
| C4 | 116.5 | 109.8 | -96.7 | -103.9 | | | -90.2 | -105.3 | -0.88 | 3 | 1.000 | |
| C4fess | 166.2 | 155.5 | -141.9 | -153.0 | sez. fessurata | | -105.6 | -123.4 | -0.91 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 132.3 | 119.3 | -129.9 | -141.2 | sez. fessurata | | -91.4 | -105.6 | -1.09 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 143.5 | 129.2 | -142.8 | -155.2 | sez. fessurata | | -95.2 | -110.0 | -1.11 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 237.5 | 212.6 | -234.0 | -255.7 | sez. fessurata | | -138.9 | -161.1 | -1.10 | 3 | 1.000 | |
| C5 | 152.4 | 137.3 | -149.6 | -162.9 | sez. fessurata | | -99.7 | -115.2 | -1.09 | 3 | 1.000 | |
| C7fess | 211.5 | 199.4 | -168.6 | -182.6 | sez. fessurata | | -116.6 | -137.2 | -0.85 | 3 | 1.000 | |
| C7 | 198.6 | 187.4 | -157.0 | -170.0 | sez. fessurata | | -113.1 | -133.1 | -0.84 | 3 | 1.000 | |
| C7 | 151.5 | 143.6 | -116.2 | -125.6 | sez. fessurata | | -100.2 | -117.6 | -0.81 | 3 | 1.000 | |
| C7 | -44.8 | -38.6 | 62.2 | 67.9 | | | | | -0.62 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -124.4 | -115.0 | 122.2 | 130.6 | 1.2 | 5.2 | | | -0.94 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -131.4 | -121.6 | 128.3 | 137.1 | 1.0 | 5.0 | | | -0.95 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -172.9 | -161.1 | 160.0 | 170.9 | 2.0 | 6.4 | | | -1.01 | 3 | 1.000 | |
| C8 | -177.6 | -165.6 | 165.2 | 176.3 | 2.0 | 6.3 | | | -1.00 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -170.3 | -158.7 | 161.6 | 172.4 | 1.4 | 5.6 | | | -0.98 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -144.6 | -134.4 | 146.1 | 155.6 | 1.1 | 4.9 | | | -0.92 | 3 | 1.000 | |
| C9 | -74.0 | -67.5 | 100.3 | 106.1 | -0.4 | 2.2 | | | -0.67 | 3 | 1.000 | |
| C9fess | -14.0 | -12.1 | 10.7 | 12.3 | sez. fessurata | | 0.5 | 2.3 | -1.13 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 47.8 | 44.8 | -44.6 | -47.2 | sez. fessurata | | -47.2 | -53.9 | -1.00 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 57.5 | 53.6 | -53.6 | -57.0 | sez. fessurata | | -50.2 | -57.5 | -1.00 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 178.6 | 161.0 | -175.9 | -190.6 | sez. fessurata | | -112.0 | -132.5 | -1.09 | 3 | 1.000 | |
| C10 | 159.9 | 143.0 | -146.7 | -160.9 | sez. fessurata | | -116.6 | -141.6 | -1.03 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 187.4 | 175.7 | -153.2 | -164.0 | sez. fessurata | | -129.2 | -159.3 | -0.87 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 155.3 | 146.4 | -122.6 | -130.9 | sez. fessurata | | -120.4 | -148.3 | -0.84 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 112.8 | 107.6 | -81.7 | -86.8 | sez. fessurata | | -106.0 | -130.3 | -0.76 | 3 | 1.000 | |
| C11 | 105.8 | 101.6 | -74.1 | -78.5 | sez. fessurata | | -103.6 | -127.4 | -0.73 | 3 | 1.000 | |
| C12 | 113.0 | 108.7 | -69.8 | -75.2 | sez. fessurata | | -94.1 | -116.8 | -0.64 | 3 | 1.000 | |
| C12 | 60.6 | 59.0 | -49.2 | -51.0 | sez. fessurata | | -55.1 | -61.9 | -0.84 | 3 | 1.000 | |
| C12 | 71.8 | 70.2 | -62.3 | -64.0 | sez. fessurata | | -56.4 | -61.3 | -0.89 | 4 | 0.760 | 320.2 |
| C12 | 10.7 | 10.9 | -8.9 | -8.8 | sez. fessurata | | -19.4 | -20.6 | -0.81 | 4 | 0.730 | 374.9 |
| C13 | -15.3 | -13.5 | 65.1 | 66.6 | | | -2.4 | -1.7 | -0.21 | 4 | 0.470 | 1105.2 |
| C13 | -33.2 | -30.9 | 75.9 | 77.9 | | | -1.9 | -1.0 | -0.41 | 4 | 0.525 | 850.1 |
| C13 | -51.6 | -48.8 | 87.1 | 89.6 | | | -1.7 | -0.5 | -0.56 | 4 | 0.574 | 687.6 |
| C14 | -55.6 | -52.7 | 89.2 | 91.8 | | | -1.2 | 0.0 | -0.59 | 4 | 0.584 | 658.1 |
| C14 | -56.1 | -53.2 | 88.3 | 90.9 | | | -1.1 | 0.1 | -0.60 | 4 | 0.588 | 647.7 |
| C14 | -48.1 | -45.3 | 80.5 | 82.9 | | | -1.2 | 0.0 | -0.56 | 4 | 0.575 | 685.6 |
| C14 | -23.3 | -21.1 | 63.9 | 65.7 | | | -1.7 | -0.6 | -0.33 | 4 | 0.503 | 941.9 |
| C15 | -11.2 | -9.3 | 54.0 | 55.4 | | | -2.0 | -1.0 | -0.17 | 4 | 0.508 | 1056.6 |
| C15 | 94.9 | 93.1 | -75.4 | -77.3 | sez. fessurata | | -78.0 | -85.3 | -0.81 | 4 | 0.728 | 378.8 |
| C15 | 136.0 | 133.1 | -111.0 | -114.1 | sez. fessurata | | -90.5 | -99.2 | -0.83 | 4 | 0.738 | 360.1 |
| C15fess | 159.8 | 156.3 | -131.6 | -135.4 | sez. fessurata | | -97.7 | -107.1 | -0.84 | 4 | 0.741 | 353.8 |



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 2 | | | | | | | | ψ | Classe | ρ | An. elim. mm |
|----------------|--|---|---|--|---|---|---|---|-------|--------|-------|-----------------|
| | σ _{fe,inf} N/mm ² | σ _{w,inf} N/mm ² | σ _{w,sup} N/mm ² | σ _{fe,sup} N/mm ² | σ _{sol,inf} N/mm ² | σ _{sol,sup} N/mm ² | σ _{arm,inf} N/mm ² | σ _{arm,sup} N/mm ² | | | | |
| C16 | 130.0 | 125.9 | -131.8 | -135.1 | sez. fessurata | | -94.8 | -103.0 | -1.05 | 4 | 0.904 | 118.2 |
| C16 | 145.0 | 140.4 | -149.3 | -153.0 | sez. fessurata | | -99.9 | -108.6 | -1.06 | 4 | 0.911 | 108.2 |
| C16 | 196.5 | 189.9 | -202.1 | -207.5 | sez. fessurata | | -121.7 | -132.5 | -1.06 | 4 | 0.912 | 107.5 |
| C16 | 121.8 | 118.2 | -123.3 | -126.2 | sez. fessurata | | -88.4 | -96.1 | -1.04 | 4 | 0.902 | 120.4 |
| C17fess | 146.9 | 143.7 | -129.3 | -132.2 | sez. fessurata | | -94.1 | -103.0 | -0.90 | 4 | 0.764 | 314.0 |
| C17 | 114.3 | 112.2 | -97.6 | -99.6 | sez. fessurata | | -86.2 | -94.2 | -0.87 | 4 | 0.751 | 335.6 |
| C17 | 95.0 | 93.5 | -78.3 | -79.9 | sez. fessurata | | -82.1 | -89.6 | -0.84 | 4 | 0.738 | 359.8 |
| C17 | -30.5 | -27.7 | 79.0 | 81.0 | -1.9 | -1.0 | | | -0.35 | 4 | 0.559 | 824.5 |
| C18 | -48.5 | -45.1 | 100.8 | 103.3 | -1.2 | -0.1 | | | -0.45 | 4 | 0.537 | 808.3 |
| C18 | -78.3 | -74.1 | 125.6 | 128.9 | -0.9 | 0.4 | | | -0.59 | 4 | 0.583 | 662.6 |
| C18 | -106.4 | -101.4 | 149.0 | 153.0 | 0.1 | 1.6 | | | -0.68 | 4 | 0.614 | 579.6 |
| C19 | -113.1 | -107.9 | 154.8 | 159.0 | 0.3 | 1.8 | | | -0.70 | 4 | 0.620 | 565.2 |
| C19 | -115.3 | -110.1 | 157.0 | 161.2 | 0.0 | 1.5 | | | -0.70 | 4 | 0.622 | 561.7 |
| C19 | -104.8 | -99.9 | 148.7 | 152.7 | 0.0 | 1.5 | | | -0.67 | 4 | 0.611 | 587.4 |
| C20 | -78.9 | -74.7 | 125.7 | 129.0 | -0.7 | 0.6 | | | -0.59 | 4 | 0.643 | 565.7 |
| C20 | -74.4 | -70.4 | 122.6 | 125.7 | -1.1 | 0.1 | | | -0.57 | 4 | 0.635 | 584.5 |
| C20 | -26.7 | -24.1 | 83.6 | 85.5 | -2.0 | -1.1 | | | -0.29 | 4 | 0.540 | 902.2 |
| C20fess | 22.5 | 22.8 | -18.2 | -18.0 | sez. fessurata | | -33.7 | -36.3 | -0.80 | 4 | 0.721 | 391.4 |
| C21 | 84.6 | 82.8 | -69.4 | -71.4 | sez. fessurata | | -70.3 | -76.7 | -0.84 | 4 | 0.807 | 263.0 |
| C21 | 90.3 | 88.3 | -74.8 | -77.0 | sez. fessurata | | -71.3 | -77.8 | -0.85 | 4 | 0.812 | 256.0 |
| C21 | 153.3 | 149.1 | -133.6 | -137.9 | sez. fessurata | | -89.4 | -97.8 | -0.90 | 4 | 0.834 | 219.7 |
| C21 | 124.7 | 121.6 | -105.9 | -109.2 | sez. fessurata | | -84.7 | -92.6 | -0.87 | 4 | 0.822 | 238.2 |
| C22fess | 130.1 | 127.2 | -121.6 | -124.3 | sez. fessurata | | -98.8 | -107.8 | -0.96 | 4 | 0.788 | 274.0 |
| C22 | 126.3 | 123.5 | -117.6 | -120.2 | sez. fessurata | | -98.1 | -107.0 | -0.95 | 4 | 0.786 | 276.6 |
| C22 | 111.1 | 108.8 | -100.7 | -102.9 | sez. fessurata | | -94.9 | -103.5 | -0.93 | 4 | 0.775 | 294.9 |
| C22 | 88.4 | 86.7 | -76.7 | -78.2 | sez. fessurata | | -88.4 | -96.3 | -0.88 | 4 | 0.757 | 325.3 |
| C23 | 85.5 | 84.0 | -72.9 | -74.3 | sez. fessurata | | -87.9 | -95.8 | -0.87 | 4 | 0.683 | 429.0 |
| C23 | -10.9 | -8.9 | 61.1 | 62.6 | -1.5 | -0.5 | | | -0.15 | 4 | 0.454 | 1202.3 |
| C23 | -11.4 | -9.4 | 60.6 | 62.1 | -1.4 | -0.4 | | | -0.15 | 4 | 0.457 | 1188.7 |
| C23 | 61.6 | 62.1 | 35.2 | 35.3 | -5.6 | -5.9 | | | 0.57 | 4 | 0.344 | 1656.4 |
| C24 | 92.1 | 90.3 | -81.6 | -83.2 | sez. fessurata | | -85.9 | -93.6 | -0.90 | 4 | 0.766 | 311.0 |
| C24 | 98.2 | 96.2 | -87.7 | -89.6 | sez. fessurata | | -87.0 | -94.8 | -0.91 | 4 | 0.769 | 305.2 |
| C24 | 125.3 | 122.5 | -110.6 | -113.5 | sez. fessurata | | -87.6 | -95.7 | -0.90 | 4 | 0.766 | 309.3 |
| C24fess | 149.0 | 145.4 | -134.2 | -137.9 | sez. fessurata | | -94.4 | -103.2 | -0.92 | 4 | 0.775 | 294.7 |
| C25 | 119.0 | 115.2 | -116.3 | -119.8 | sez. fessurata | | -83.1 | -90.3 | -1.01 | 4 | 0.889 | 138.7 |
| C25 | 130.9 | 126.7 | -128.5 | -132.5 | sez. fessurata | | -86.7 | -94.3 | -1.01 | 4 | 0.891 | 135.4 |
| C25 | 169.0 | 163.2 | -168.2 | -173.6 | sez. fessurata | | -97.9 | -106.6 | -1.03 | 4 | 0.898 | 125.4 |
| C25 | 105.9 | 102.0 | -104.3 | -107.8 | sez. fessurata | | -69.7 | -76.5 | -1.02 | 3 | 1.000 | |
| C26fess | 126.1 | 121.4 | -121.9 | -126.2 | sez. fessurata | | -83.5 | -93.3 | -1.00 | 3 | 1.000 | |
| C26 | 89.0 | 88.0 | -4.9 | -6.3 | -5.4 | -5.7 | | | -0.06 | 4 | 0.643 | 613.7 |
| C26 | 50.2 | 51.0 | 35.0 | 35.3 | -5.0 | -5.2 | | | 0.69 | 4 | 0.491 | 923.3 |
| C26 | -90.9 | -84.7 | 121.1 | 126.2 | 0.4 | 2.6 | | | -0.70 | 4 | 0.911 | 95.3 |
| C27 | -92.1 | -83.2 | 130.0 | 136.6 | 0.8 | 2.9 | | | -0.64 | 4 | 0.816 | 200.0 |
| C27 | -116.5 | -106.1 | 151.8 | 159.5 | 1.6 | 4.0 | | | -0.70 | 4 | 0.844 | 163.9 |
| C27 | -130.5 | -119.3 | 164.7 | 173.1 | 2.0 | 4.6 | | | -0.72 | 4 | 0.856 | 148.9 |
| C27 | -140.1 | -128.3 | 173.7 | 182.6 | 2.3 | 5.0 | | | -0.74 | 4 | 0.863 | 140.6 |
| C28 | -140.9 | -129.2 | 173.8 | 182.7 | 2.3 | 5.0 | | | -0.74 | 4 | 0.947 | 54.7 |
| C28 | -138.5 | -127.0 | 173.1 | 181.8 | 2.2 | 4.8 | | | -0.73 | 4 | 0.941 | 60.3 |
| C28 | -114.6 | -104.8 | 152.9 | 160.3 | 1.3 | 3.5 | | | -0.69 | 4 | 0.916 | 88.4 |
| C29 | -126.1 | -119.8 | 156.6 | 162.0 | 1.0 | 3.3 | | | -0.77 | 4 | 0.941 | 61.5 |
| C29 | -112.8 | -107.0 | 148.5 | 153.4 | 0.7 | 2.8 | | | -0.72 | 4 | 0.917 | 87.7 |
| C29 | -15.8 | -13.9 | 74.7 | 76.4 | -1.8 | -0.9 | | | -0.19 | 4 | 0.681 | 491.7 |

Le verifiche tensionali appaiono soddisfatte in tutte le sezioni; le massime tensioni di trazione e compressione nei piatti di composizione sono rispettivamente pari a -256.8 N/mm² e 249.4 N/mm². Si evidenzia che alcuni conci sono in classe 4 e pertanto si ripete la verifica considerando la sezione efficace riducendo lo spessore dell'anima al 50%, trascurando in via cautelativa gli effetti degli irrigidimenti longitudinali presenti.



Comune di Vado Ligure
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo
Ponte “Aurelia Bis” – Relazione Tecnica e di Calcolo Impalcato

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 2 | | | | | | | |
|----------------|---|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mmq | $\sigma_{w,inf}$ N/mmq | $\sigma_{w,sup}$ N/mmq | $\sigma_{fe,sup}$ N/mmq | $\sigma_{sol,inf}$ N/mmq | $\sigma_{sol,sup}$ N/mmq | $\sigma_{arm,inf}$ N/mmq | $\sigma_{arm,sup}$ N/mmq |
| C1 | -12.0 | -8.7 | 74.4 | 77.1 | -2.1 | -0.8 | | |
| C1 | -11.9 | -8.7 | 72.5 | 75.1 | -1.7 | -0.4 | | |
| C1 | -131.4 | -119.8 | 164.7 | 173.9 | 1.1 | 4.2 | | |
| C1 | -216.5 | -198.9 | 231.0 | 244.9 | 2.7 | 7.2 | | |
| C2 | -184.6 | -166.4 | 196.8 | 211.9 | 2.6 | 6.7 | | |
| C2 | -208.0 | -187.7 | 213.4 | 230.1 | 3.4 | 7.9 | | |
| C2 | -217.6 | -196.3 | 219.7 | 237.1 | 3.8 | 8.5 | | |
| C3 | -212.8 | -191.8 | 215.0 | 232.1 | 3.3 | 8.1 | | |
| C3 | -199.7 | -179.7 | 202.2 | 218.5 | 3.4 | 8.0 | | |
| C3 | -153.7 | -137.3 | 163.3 | 176.3 | 2.4 | 6.5 | | |
| C4 | -126.4 | -114.0 | 123.5 | 135.1 | 0.9 | 4.6 | | |
| C4 | -86.1 | -76.5 | 93.8 | 102.5 | 0.4 | 3.6 | | |
| C4 | 120.3 | 113.4 | -98.7 | -106.0 | sez. fessurata | | -91.5 | -107.0 |
| C4fess | 171.4 | 160.5 | -145.2 | -156.6 | sez. fessurata | | -107.2 | -125.5 |
| C5 | 134.8 | 121.5 | -133.1 | -144.7 | sez. fessurata | | -93.0 | -107.4 |
| C5 | 146.2 | 131.5 | -146.4 | -159.1 | sez. fessurata | | -96.8 | -111.8 |
| C5 | 241.8 | 216.4 | -240.0 | -262.2 | sez. fessurata | | -141.3 | -163.9 |
| C5 | 155.3 | 139.8 | -153.4 | -166.9 | sez. fessurata | | -101.3 | -117.2 |
| C7fess | 219.9 | 207.4 | -172.6 | -187.1 | sez. fessurata | | -118.5 | -139.7 |
| C7 | 206.5 | 195.0 | -160.7 | -174.2 | sez. fessurata | | -114.9 | -135.5 |
| C7 | 157.7 | 149.5 | -118.7 | -128.4 | sez. fessurata | | -101.8 | -119.7 |
| C7 | -45.5 | -39.1 | 63.7 | 69.5 | -0.6 | 2.3 | | |
| C8 | -128.9 | -119.1 | 125.9 | 134.6 | 1.3 | 5.4 | | |
| C8 | -136.2 | -126.1 | 132.2 | 141.2 | 1.1 | 5.2 | | |
| C8 | -179.7 | -167.4 | 164.9 | 176.2 | 2.1 | 6.6 | | |
| C8 | -184.4 | -172.0 | 170.4 | 181.9 | 2.0 | 6.5 | | |
| C9 | -176.7 | -164.7 | 166.7 | 177.9 | 1.5 | 5.8 | | |
| C9 | -149.7 | -139.1 | 150.8 | 160.6 | 1.2 | 5.1 | | |
| C9 | -75.3 | -68.6 | 103.6 | 109.6 | -0.3 | 2.4 | | |
| C9fess | -14.6 | -12.6 | 11.0 | 12.6 | sez. fessurata | | 0.7 | 2.5 |
| C10 | 49.2 | 46.0 | -45.9 | -48.6 | sez. fessurata | | -48.1 | -55.1 |
| C10 | 59.1 | 55.0 | -55.4 | -58.9 | sez. fessurata | | -51.2 | -58.6 |
| C10 | 182.6 | 164.5 | -181.2 | -196.3 | sez. fessurata | | -114.1 | -135.0 |
| C10 | 163.4 | 146.2 | -150.4 | -165.1 | sez. fessurata | | -118.2 | -143.7 |
| C11 | 193.1 | 181.2 | -156.4 | -167.4 | sez. fessurata | | -130.6 | -161.4 |
| C11 | 160.2 | 151.1 | -124.6 | -133.2 | sez. fessurata | | -121.7 | -150.2 |
| C11 | 116.5 | 111.3 | -82.5 | -87.7 | sez. fessurata | | -107.1 | -132.0 |
| C11 | 109.4 | 105.1 | -74.6 | -79.2 | sez. fessurata | | -104.8 | -129.1 |
| C12 | 118.6 | 114.2 | -70.2 | -75.9 | sez. fessurata | | -95.1 | -118.6 |
| C12 | 64.8 | 63.1 | -51.0 | -52.9 | sez. fessurata | | -56.7 | -63.9 |
| C12 | 78.7 | 76.9 | -66.4 | -68.3 | sez. fessurata | | -59.0 | -64.3 |
| C12 | 11.8 | 12.0 | -9.3 | -9.2 | sez. fessurata | | -20.0 | -21.2 |
| C13 | -12.4 | -10.5 | 69.9 | 71.5 | -2.1 | -1.3 | | |
| C13 | -32.3 | -29.9 | 81.3 | 83.4 | -1.6 | -0.7 | | |
| C13 | -52.9 | -49.9 | 93.0 | 95.6 | -1.4 | -0.2 | | |
| C14 | -57.4 | -54.3 | 95.2 | 97.9 | -0.9 | 0.4 | | |
| C14 | -58.0 | -54.9 | 94.3 | 97.0 | -0.8 | 0.4 | | |
| C14 | -49.4 | -46.4 | 85.9 | 88.4 | -1.0 | 0.3 | | |
| C14 | -21.9 | -19.6 | 68.4 | 70.2 | -1.4 | -0.3 | | |
| C15 | -8.4 | -6.4 | 58.1 | 59.6 | -1.7 | -0.7 | | |
| C15 | 105.3 | 103.4 | -79.6 | -81.7 | sez. fessurata | | -81.6 | -89.5 |
| C15 | 150.6 | 147.5 | -118.1 | -121.5 | sez. fessurata | | -94.7 | -104.1 |
| C15fess | 176.8 | 173.0 | -140.4 | -144.5 | sez. fessurata | | -102.3 | -112.5 |

| | Tensioni totali - Combinazione SLU n. 2 | | | | | | | |
|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|
| | $\sigma_{fe,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{w,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{fe,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{sol,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{arm,sup}$ N/mm ² |
| C16 | 139.7 | 135.3 | -143.3 | -146.9 | sez. fessurata | | -100.6 | -109.5 |
| C16 | 155.8 | 150.8 | -162.6 | -166.7 | sez. fessurata | | -106.1 | -115.5 |
| C16 | 211.0 | 203.8 | -220.8 | -226.7 | sez. fessurata | | -129.4 | -140.9 |
| C16 | 130.9 | 127.0 | -134.1 | -137.4 | sez. fessurata | | -93.8 | -102.1 |
| C17fess | 161.9 | 158.5 | -139.7 | -142.9 | sez. fessurata | | -99.4 | -108.9 |
| C17 | 126.2 | 123.9 | -104.8 | -107.0 | sez. fessurata | | -90.9 | -99.6 |
| C17 | 105.1 | 103.4 | -83.5 | -85.3 | sez. fessurata | | -86.5 | -94.7 |
| C17 | -29.3 | -26.3 | 86.2 | 88.3 | -1.6 | -0.6 | | |
| C18 | -48.6 | -44.9 | 110.4 | 113.1 | -0.9 | 0.3 | | |
| C18 | -81.4 | -76.8 | 137.6 | 141.1 | -0.6 | 0.8 | | |
| C18 | -112.3 | -106.8 | 163.3 | 167.6 | 0.4 | 2.0 | | |
| C19 | -119.6 | -113.9 | 169.7 | 174.1 | 0.6 | 2.2 | | |
| C19 | -122.0 | -116.3 | 172.0 | 176.5 | 0.3 | 1.9 | | |
| C19 | -110.4 | -105.1 | 163.0 | 167.2 | 0.3 | 1.9 | | |
| C20 | -82.3 | -77.9 | 138.9 | 142.4 | -0.3 | 1.0 | | |
| C20 | -77.4 | -73.1 | 135.4 | 138.8 | -0.8 | 0.5 | | |
| C20 | -24.5 | -21.7 | 92.4 | 94.5 | -1.6 | -0.7 | | |
| C20fess | 25.0 | 25.3 | -19.1 | -18.9 | sez. fessurata | | -35.5 | -38.2 |
| C21 | 93.4 | 91.5 | -73.8 | -75.9 | sez. fessurata | | -73.8 | -80.8 |
| C21 | 99.6 | 97.5 | -79.7 | -82.1 | sez. fessurata | | -74.9 | -82.0 |
| C21 | 168.6 | 164.1 | -143.7 | -148.4 | sez. fessurata | | -94.1 | -103.1 |
| C21 | 137.4 | 134.0 | -113.4 | -117.0 | sez. fessurata | | -89.1 | -97.6 |
| C22fess | 143.0 | 139.8 | -132.7 | -135.6 | sez. fessurata | | -105.2 | -114.9 |
| C22 | 138.9 | 135.8 | -128.2 | -131.0 | sez. fessurata | | -104.4 | -114.1 |
| C22 | 122.3 | 119.7 | -109.2 | -111.5 | sez. fessurata | | -101.0 | -110.3 |
| C22 | 97.4 | 95.7 | -82.2 | -83.8 | sez. fessurata | | -94.0 | -102.6 |
| C23 | 93.5 | 91.9 | -77.4 | -79.0 | sez. fessurata | | -92.9 | -101.5 |
| C23 | -7.8 | -5.7 | 66.1 | 67.6 | -1.2 | -0.1 | | |
| C23 | -8.4 | -6.2 | 65.5 | 66.9 | -1.1 | 0.0 | | |
| C23 | 74.4 | 74.8 | 40.6 | 40.6 | -5.1 | -5.6 | | |
| C24 | 101.4 | 99.5 | -87.9 | -89.8 | sez. fessurata | | -91.4 | -99.7 |
| C24 | 108.2 | 106.0 | -94.9 | -97.0 | sez. fessurata | | -92.5 | -100.9 |
| C24 | 138.1 | 135.0 | -119.5 | -122.8 | sez. fessurata | | -92.6 | -101.3 |
| C24fess | 163.9 | 160.0 | -145.6 | -149.7 | sez. fessurata | | -99.8 | -109.3 |
| C25 | 128.0 | 123.9 | -125.9 | -129.7 | sez. fessurata | | -87.9 | -95.7 |
| C25 | 140.8 | 136.2 | -139.4 | -143.6 | sez. fessurata | | -91.7 | -99.9 |
| C25 | 181.6 | 175.3 | -183.0 | -188.7 | sez. fessurata | | -103.6 | -112.9 |
| C25 | 112.7 | 108.6 | -112.0 | -115.8 | sez. fessurata | | -73.0 | -80.2 |
| C26fess | 133.2 | 128.3 | -129.4 | -134.0 | sez. fessurata | | -86.7 | -97.1 |
| C26 | 98.7 | 97.5 | -4.4 | -6.0 | -5.1 | -5.5 | | |
| C26 | 57.7 | 58.5 | 38.4 | 38.6 | -4.7 | -4.9 | | |
| C26 | -94.0 | -87.5 | 128.0 | 133.3 | 0.6 | 2.9 | | |
| C27 | -93.7 | -84.5 | 136.1 | 142.8 | 1.0 | 3.1 | | |
| C27 | -119.0 | -108.3 | 158.8 | 166.9 | 1.8 | 4.3 | | |
| C27 | -133.6 | -121.9 | 172.3 | 181.1 | 2.2 | 4.9 | | |
| C27 | -143.5 | -131.3 | 181.8 | 191.0 | 2.5 | 5.3 | | |
| C28 | -144.7 | -132.5 | 182.7 | 191.8 | 2.5 | 5.2 | | |
| C28 | -142.1 | -130.1 | 181.9 | 190.9 | 2.4 | 5.1 | | |
| C28 | -117.1 | -107.0 | 160.6 | 168.3 | 1.5 | 3.8 | | |
| C29 | -132.2 | -125.5 | 167.4 | 173.2 | 1.3 | 3.7 | | |
| C29 | -117.7 | -111.6 | 158.6 | 163.9 | 1.0 | 3.2 | | |
| C29 | -12.3 | -10.4 | 79.4 | 81.1 | -1.5 | -0.5 | | |

I massimi valori di tensione nei piatti risultano pari a -263.3 N/mm² in trazione e 260.5 N/mm² in compressione e risultano inferiori ai valori limite di riferimento. La trave è verificata.

8.2 VERIFICHE DI RESISTENZA A TAGLIO AGLI SLU

8.2.1 TRAVE DI BORDO

| | VEd kN | VRw kN | FS | | VEd kN | VRw kN | FS | | VEd kN | VRw kN | FS | | |
|---------------|-----------|-----------|-------|--|----------------|-----------|------|-------|-----------|----------------|------|------|-------|
| C1 | 0 | 4919 | 0.000 | | C11 | 860 | 2371 | 0.363 | | C21 | 2827 | 7788 | 0.363 |
| C1 | 2741 | 4919 | 0.557 | | C11 | 739 | 2371 | 0.312 | | C21 | 2923 | 7788 | 0.375 |
| C1 | 2147 | 4919 | 0.437 | | C12 | 1042 | 3592 | 0.290 | | C21 | 2427 | 7788 | 0.312 |
| C1 | 1597 | 4919 | 0.325 | | C12 | 1304 | 5466 | 0.239 | | C22fess | 2226 | 6461 | 0.345 |
| C2 | 1384 | 4091 | 0.338 | | C12 | 2496 | 6452 | 0.387 | | C22 | 2139 | 6461 | 0.331 |
| C2 | 1073 | 4091 | 0.262 | | C12 | 1968 | 6452 | 0.305 | | C22 | 1791 | 6461 | 0.277 |
| C2 | 661 | 4091 | 0.162 | | C13 | 1752 | 5227 | 0.335 | | C22 | 1113 | 6461 | 0.172 |
| C3 | 717 | 3232 | 0.222 | | C13 | 1457 | 5227 | 0.279 | | C23 | 900 | 5233 | 0.172 |
| C3 | 943 | 3232 | 0.292 | | C13 | 1044 | 5227 | 0.200 | | C23 | 605 | 5233 | 0.116 |
| C3 | 1459 | 3232 | 0.451 | | C14 | 777 | 5227 | 0.149 | | C23 | 652 | 5233 | 0.125 |
| C4 | 1805 | 4091 | 0.441 | | C14 | 852 | 5227 | 0.163 | | C23 | 916 | 5233 | 0.175 |
| C4 | 1984 | 4091 | 0.485 | | C14 | 1047 | 5227 | 0.200 | | C24 | 1368 | 6461 | 0.212 |
| C4 | 2595 | 4091 | 0.634 | | C14 | 1538 | 5227 | 0.294 | | C24 | 1626 | 6461 | 0.252 |
| C4fess | 2914 | 4091 | 0.712 | | C15 | 1741 | 6452 | 0.270 | | C24 | 2276 | 6452 | 0.353 |
| C5 | 3132 | 5196 | 0.603 | | C15 | 2005 | 6452 | 0.311 | | C24fess | 2630 | 6452 | 0.408 |
| C5 | 3197 | 5196 | 0.615 | | C15 | 2568 | 6452 | 0.398 | | C25 | 2717 | 7778 | 0.349 |
| C5 | 3570 | 5196 | 0.687 | | C15fess | 2863 | 6452 | 0.444 | | C25 | 2816 | 7778 | 0.362 |
| C5 | 2969 | 5196 | 0.571 | | C16 | 2921 | 7788 | 0.375 | | C25 | 4500 | 7778 | 0.578 |
| C7fess | 2729 | 4860 | 0.562 | | C16 | 3113 | 7788 | 0.400 | | C25 | 3852 | 7165 | 0.538 |
| C7 | 2647 | 4860 | 0.545 | | C16 | 3809 | 7788 | 0.489 | | C26fess | 3736 | 5560 | 0.672 |
| C7 | 2366 | 4860 | 0.487 | | C16 | 3200 | 7788 | 0.411 | | C26 | 3519 | 5560 | 0.633 |
| C7 | 1830 | 4860 | 0.377 | | C17fess | 3120 | 6461 | 0.483 | | C26 | 3218 | 5560 | 0.579 |
| C8 | 1231 | 4110 | 0.299 | | C17 | 2797 | 6461 | 0.433 | | C26 | 2411 | 5560 | 0.434 |
| C8 | 1307 | 4110 | 0.318 | | C17 | 2597 | 6461 | 0.402 | | C27 | 2021 | 4479 | 0.451 |
| C8 | 809 | 4110 | 0.197 | | C17 | 2054 | 6461 | 0.318 | | C27 | 1602 | 4479 | 0.358 |
| C8 | 678 | 4110 | 0.165 | | C18 | 1834 | 5233 | 0.350 | | C27 | 1169 | 4479 | 0.261 |
| C9 | 880 | 4110 | 0.214 | | C18 | 1526 | 5233 | 0.292 | | C27 | 797 | 4479 | 0.178 |
| C9 | 1210 | 4110 | 0.295 | | C18 | 1005 | 5233 | 0.192 | | C28 | 749 | 5530 | 0.135 |
| C9 | 1834 | 4110 | 0.446 | | C19 | 644 | 5233 | 0.123 | | C28 | 1265 | 5530 | 0.229 |
| C9fess | 2155 | 4110 | 0.524 | | C19 | 503 | 5233 | 0.096 | | C28 | 1980 | 5530 | 0.358 |
| C10 | 2371 | 4841 | 0.490 | | C19 | 922 | 5233 | 0.176 | | C29 | 2648 | 5570 | 0.475 |
| C10 | 2430 | 4841 | 0.502 | | C20 | 1489 | 6461 | 0.231 | | C29 | 2837 | 5570 | 0.509 |
| C10 | 2516 | 4158 | 0.605 | | C20 | 1467 | 6461 | 0.227 | | C29 | 45 | 5570 | 0.008 |
| C10 | 1889 | 3475 | 0.544 | | C20 | 2070 | 6461 | 0.320 | | | | | |
| C11 | 1586 | 2371 | 0.669 | | C20fess | 2415 | 6461 | 0.374 | | | | | |
| C11 | 1346 | 2371 | 0.568 | | C21 | 2759 | 7788 | 0.354 | | | | | |

Tutte le sezioni sono verificate a taglio. Il massimo rapporto tra il taglio di calcolo e il taglio resistente risulta 0.712, superiore a 0.50. Si ripete per la sezione C4 fessurata la verifica di dettaglio per controllo dell'interazione **M-V**.

8.2.1.1 TRAVE DI BORDO - CONCIO N. 4 (SOLETTA FESSURATA)

Caratteristiche geometriche della sezione resistente:

- altezza trave in acciaio: $h_{tr} = 1350 \text{ mm}$
- larghezza piattabanda inferiore: $b_{pb, inf.} = 1050 \text{ mm}$
- spessore piattabanda inferiore: $s_{pb, inf.} = 55 \text{ mm}$
- altezza anima: $h_w = 1240 \text{ mm}$
- spessore anima: $s_w = 18 \text{ mm}$
- larghezza piattabanda superiore: $b_{pb, sup.} = 950 \text{ mm}$
- spessore piattabanda superiore: $s_{pb, sup.} = 55 \text{ mm}$
- armatura superiore di soletta: $f' = \phi 20/10 = 103,6 \text{ cm}^2$
- armatura inferiore di soletta: $f = \phi 20/10 = 103,6 \text{ cm}^2$
- altezza totale trave composta: $H_{tr} = 1650 \text{ mm}$

Verifica di resistenza della sezione integra - Controllo tensionale

| | Area cm ² | H cm | yg,inf cm | Ct cm ⁴ | Iyy cm ⁴ | Izz cm ⁴ | Wfe,inf cm ³ | Wfe,sup cm ³ | Wa,inf cm ³ | Wa,sup cm ³ |
|--------------------|-------------------------|---------|--------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Fase I n= 0.00 | 1323.2 | | 64.8 | 11333 | 4891001 | 923602 | 75478 | 69672 | | |
| Fase II n= 18.81 | 1530.4 | 135.0 | 76.5 | 11333 | 6246388 | 923602 | 81652 | 106776 | 91188 | 76643 |
| Fase III n= 17.94 | 1530.4 | | 76.5 | 11333 | 6246388 | 923602 | 81652 | 106776 | 91188 | 76643 |
| Fase IV -V n= 6.24 | 1530.4 | | 76.5 | 11333 | 6246388 | 923602 | 81652 | 106776 | 91188 | 76643 |

| Condizioni di carico | SLE | | | SLU | | | $\sigma_{f,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{f,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{a,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{a,sup}$ N/mm ² |
|--------------------------|---------|-----------|----------|---------|-----------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | N kN | My kNm | Vz kN | N kN | My kNm | Vz kN | | | | |
| Pp acc + soletta | 0 | -3511 | 844 | 0 | -4740 | 1139 | 62.8 | -68.0 | | |
| Permanenti | 0 | -324 | 278 | 0 | -486 | 417 | 6.0 | -4.6 | -5.3 | -6.3 |
| Ritiro effetti primari | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ritiro effetti secondari | 0 | -2966 | 73 | 0 | -3559 | 88 | 43.6 | -33.3 | -39.0 | -46.4 |
| Carichi mobili | 0 | -3566 | 925 | 0 | -4814 | 1249 | 59.0 | -45.1 | -52.8 | -62.8 |
| Vento trasv. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ΔT effetti prim. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ΔT effetti sec. | 0 | -1174 | 29 | 0 | -1057 | 26 | 12.9 | -9.9 | -11.6 | -13.8 |
| | | | | | | | 184.2 | -160.9 | -108.7 | -129.4 |

Classificazione della sezione

| | | | | | |
|---|---------------------|-------------------|---|---------------------------------------|-------------------|
| Tensione di snervamento dell'acciaio, f_{yk} : | 355 | N/mm ² | Tensione di progetto per la piattabanda superiore, $f_{yd,sup}$ = | 319.0 | N/mm ² |
| Rapporto geometrico del pannello: | c/t = | 68.9 | Tensione di progetto per la piattabanda inferiore, $f_{yd,inf}$ = | 319.0 | N/mm ² |
| Tensione al lembo inferiore: | $\sigma_{fw,inf}$ = | 170.2 | } | $\psi =$ | -0.86 |
| Tensione al lembo superiore: | $\sigma_{fw,sup}$ = | -146.8 | | | |
| Snellezza di riferimento: | | 88.7 | > c/t | Sezione moderatamente snella 3 | |
| Tensione tangenziale media, τ_m = | 129.60 | N/mm ² | Tensione tangenziale baricentrica, τ_{max} = | 128.14 | N/mm ² |
| Tensione tangenziale all'attacco sup., τ_s = | 116.84 | N/mm ² | Tensione ideale alla fibra sup., $\sigma_{id,s}$ = | 258.55 | N/mm ² |
| Tensione tangenziale all'attacco inf., τ_i = | 117.74 | N/mm ² | Tensione ideale alla fibra inf., $\sigma_{id,i}$ = | 274.83 | N/mm ² |

La sezione risulta verificata nei confronti della flessione combinata con l'azione di taglio concomitante.

8.2.2 TRAVE INTERMEDIA

| | VEd | VRw | FS | | VEd | VRw | FS | | VEd | VRw | FS |
|---------------|------------|------------|-----------|----------------|------------|------------|-----------|----------------|------------|------------|-----------|
| | kN | kN | | | kN | kN | | | kN | kN | |
| C1 | 0 | 4919 | 0.000 | C11 | 521 | 2371 | 0.220 | C21 | 2164 | 7788 | 0.278 |
| C1 | 2122 | 4919 | 0.431 | C11 | 671 | 2371 | 0.283 | C21 | 1949 | 7788 | 0.250 |
| C1 | 1691 | 4919 | 0.344 | C12 | 827 | 3592 | 0.230 | C21 | 1624 | 7788 | 0.209 |
| C1 | 1237 | 4919 | 0.251 | C12 | 1024 | 5466 | 0.187 | C22fess | 1519 | 6461 | 0.235 |
| C2 | 1121 | 4091 | 0.274 | C12 | 1798 | 6452 | 0.279 | C22 | 1480 | 6461 | 0.229 |
| C2 | 782 | 4091 | 0.191 | C12 | 1481 | 6452 | 0.229 | C22 | 1260 | 6461 | 0.195 |
| C2 | 470 | 4091 | 0.115 | C13 | 1372 | 5227 | 0.263 | C22 | 831 | 6461 | 0.129 |
| C3 | 585 | 3232 | 0.181 | C13 | 1156 | 5227 | 0.221 | C23 | 716 | 5233 | 0.137 |
| C3 | 898 | 3232 | 0.278 | C13 | 788 | 5227 | 0.151 | C23 | 369 | 5233 | 0.071 |
| C3 | 1367 | 3232 | 0.423 | C14 | 600 | 5227 | 0.115 | C23 | 429 | 5233 | 0.082 |
| C4 | 1540 | 4091 | 0.376 | C14 | 489 | 5227 | 0.093 | C23 | 745 | 5233 | 0.142 |
| C4 | 1831 | 4091 | 0.448 | C14 | 854 | 5227 | 0.163 | C24 | 976 | 6461 | 0.151 |
| C4 | 2237 | 4091 | 0.547 | C14 | 1256 | 5227 | 0.240 | C24 | 1187 | 6461 | 0.184 |
| C4fess | 2398 | 4091 | 0.586 | C15 | 1363 | 6452 | 0.211 | C24 | 1568 | 6452 | 0.243 |
| C5 | 2508 | 5196 | 0.483 | C15 | 1633 | 6452 | 0.253 | C24fess | 1753 | 6452 | 0.272 |
| C5 | 2622 | 5196 | 0.505 | C15 | 1957 | 6452 | 0.303 | C25 | 1791 | 7778 | 0.230 |
| C5 | 2717 | 5196 | 0.523 | C15fess | 2101 | 6452 | 0.326 | C25 | 1978 | 7778 | 0.254 |
| C5 | 2329 | 5196 | 0.448 | C16 | 2134 | 7788 | 0.274 | C25 | 3084 | 7778 | 0.396 |
| C7fess | 2208 | 4860 | 0.454 | C16 | 2270 | 7788 | 0.291 | C25 | 2599 | 7165 | 0.363 |
| C7 | 2165 | 4860 | 0.445 | C16 | 2779 | 7788 | 0.357 | C26fess | 2541 | 5560 | 0.457 |
| C7 | 1927 | 4860 | 0.397 | C16 | 2398 | 7788 | 0.308 | C26 | 2455 | 5560 | 0.442 |
| C7 | 1466 | 4860 | 0.302 | C17fess | 2357 | 6461 | 0.365 | C26 | 2188 | 5560 | 0.393 |
| C8 | 1157 | 4110 | 0.282 | C17 | 2188 | 6461 | 0.339 | C26 | 1639 | 5560 | 0.295 |
| C8 | 1000 | 4110 | 0.243 | C17 | 2026 | 6461 | 0.314 | C27 | 1459 | 4479 | 0.326 |
| C8 | 542 | 4110 | 0.132 | C17 | 1589 | 6461 | 0.246 | C27 | 1050 | 4479 | 0.235 |
| C8 | 641 | 4110 | 0.156 | C18 | 1471 | 5233 | 0.281 | C27 | 836 | 4479 | 0.187 |
| C9 | 745 | 4110 | 0.181 | C18 | 1130 | 5233 | 0.216 | C27 | 566 | 4479 | 0.126 |
| C9 | 1116 | 4110 | 0.271 | C18 | 670 | 5233 | 0.128 | C28 | 572 | 5530 | 0.103 |
| C9 | 1534 | 4110 | 0.373 | C19 | 471 | 5233 | 0.090 | C28 | 910 | 5530 | 0.165 |
| C9fess | 1699 | 4110 | 0.414 | C19 | 416 | 5233 | 0.080 | C28 | 1525 | 5530 | 0.276 |
| C10 | 1810 | 4841 | 0.374 | C19 | 887 | 5233 | 0.170 | C29 | 1825 | 5570 | 0.328 |
| C10 | 1938 | 4841 | 0.400 | C20 | 1178 | 6461 | 0.182 | C29 | 1955 | 5570 | 0.351 |
| C10 | 1744 | 4158 | 0.419 | C20 | 1344 | 6461 | 0.208 | C29 | 23 | 5570 | 0.004 |
| C10 | 1339 | 3475 | 0.385 | C20 | 1735 | 6461 | 0.269 | | | | |
| C11 | 1169 | 2371 | 0.493 | C20fess | 1913 | 6461 | 0.296 | | | | |
| C11 | 945 | 2371 | 0.399 | C21 | 2086 | 7788 | 0.268 | | | | |

Tutte le sezioni sono verificate a taglio. Il massimo rapporto tra il taglio di calcolo e il taglio resistente risulta 0.586 e di poco superiore a 0.50. Si ripete per la sezione C4 fessurata la verifica di dettaglio per controllo dell'interazione M-V.

8.2.2.1 TRAVE INTERMEDIA - CONCIO N. 4 (SOLETTA FESSURATA)

Caratteristiche geometriche della sezione resistente:

- altezza trave in acciaio: $h_{tr} = 1350 \text{ mm}$
- larghezza piattabanda inferiore: $b_{pb, inf.} = 1050 \text{ mm}$
- spessore piattabanda inferiore: $s_{pb, inf.} = 55 \text{ mm}$
- altezza anima: $h_w = 1240 \text{ mm}$
- spessore anima: $s_w = 18 \text{ mm}$
- larghezza piattabanda superiore: $b_{pb, sup.} = 950 \text{ mm}$
- spessore piattabanda superiore: $s_{pb, sup.} = 55 \text{ mm}$
- armatura superiore di soletta: $f' = \phi 20/10 = 83,2 \text{ cm}^2$
- armatura inferiore di soletta: $f = \phi 20/10 = 83,2 \text{ cm}^2$
- altezza totale trave composta: $H_{tr} = 1650 \text{ mm}$

Verifica di resistenza della sezione integra - Controllo tensionale

| | Area cm ² | H cm | yg,inf cm | Ct cm ⁴ | Iyy cm ⁴ | Izz cm ⁴ | Wfe,inf cm ³ | Wfe,sup cm ³ | Wa,inf cm ³ | Wa,sup cm ³ |
|--------------------|-------------------------|---------|--------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Fase I n= 0.00 | 1323.2 | | 64.8 | 11333 | 4891001 | 923602 | 75478 | 69672 | | |
| Fase II n= 18.81 | 1489.6 | 135.0 | 74.5 | 11333 | 6009117 | 923602 | 80659 | 99324 | 85236 | 71965 |
| Fase III n= 17.94 | 1489.6 | | 74.5 | 11333 | 6009117 | 923602 | 80659 | 99324 | 85236 | 71965 |
| Fase IV -V n= 6.24 | 1489.6 | | 74.5 | 11333 | 6009117 | 923602 | 80659 | 99324 | 85236 | 71965 |

| Condizioni di carico | SLE | | | SLU | | | $\sigma_{f,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{f,sup}$ N/mm ² | $\sigma_{a,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{a,sup}$ N/mm ² |
|--------------------------|---------|-----------|----------|---------|-----------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | N kN | My kNm | Vz kN | N kN | My kNm | Vz kN | | | | |
| Pp acc + soletta | 0 | -3563 | 833 | 0 | -4810 | 1125 | 63.7 | -69.0 | | |
| Permanenti | 0 | -435 | 233 | 0 | -653 | 350 | 8.1 | -6.6 | -7.7 | -9.1 |
| Ritiro effetti primari | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ritiro effetti secondari | 0 | -3006 | 75 | 0 | -3607 | 90 | 44.7 | -36.3 | -42.3 | -50.1 |
| Carichi mobili | 0 | -2174 | 602 | 0 | -2935 | 813 | 36.4 | -29.5 | -34.4 | -40.8 |
| Vento trasv. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ΔT effetti prim. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ΔT effetti sec. | 0 | -1189 | 30 | 0 | -1070 | 27 | 13.3 | -10.8 | -12.6 | -14.9 |
| | | | | | | | 166.2 | -152.2 | -97.0 | -114.8 |

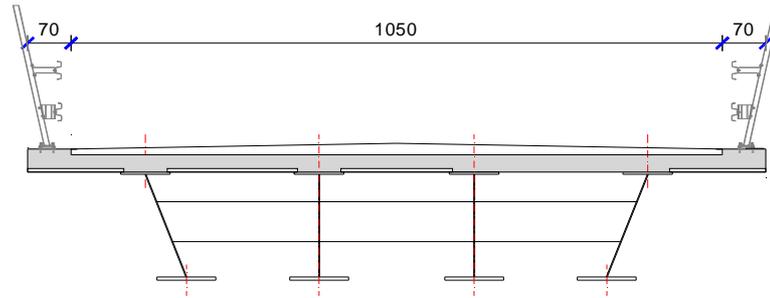
Classificazione della sezione

| | | | | | |
|---|---------------------|-------------------|---|---------------------------------------|-------------------|
| Tensione di snervamento dell'acciaio, f_{yk} : | 355 | N/mm ² | Tensione di progetto per la piattabanda superiore, $f_{yd,sup}$ = | 319.0 | N/mm ² |
| Rapporto geometrico del pannello: | c/t = | 68.9 | Tensione di progetto per la piattabanda inferiore, $f_{yd,inf}$ = | 319.0 | N/mm ² |
| Tensione al lembo inferiore: | $\sigma_{tw,inf}$ = | 153.2 | } | $\psi =$ | -0.91 |
| Tensione al lembo superiore: | $\sigma_{tw,sup}$ = | -139.3 | | | |
| Snellezza di riferimento: | | 92.3 | > c/t | Sezione moderatamente snella 3 | |
| Tensione tangenziale media, τ_m = | 106.49 | N/mm ² | Tensione tangenziale baricentrica, τ_{max} = | 105.28 | N/mm ² |
| Tensione tangenziale all'attacco sup., τ_s = | 96.22 | N/mm ² | Tensione ideale alla fibra sup., $\sigma_{id,s}$ = | 225.74 | N/mm ² |
| Tensione tangenziale all'attacco inf., τ_i = | 96.74 | N/mm ² | Tensione ideale alla fibra inf., $\sigma_{id,i}$ = | 236.00 | N/mm ² |

La sezione risulta verificata nei confronti della flessione combinata con l'azione di taglio concomitante.

8.3 TRAVERSI DI ACCOPPIAMENTO: VERIFICHE DI RESISTENZA

8.3.1 TRAVERSI INTERMEDI



Caratteristiche geometriche della sezione resistente:

- altezza trave in acciaio: $h_{tr} = 700 \text{ mm}$
- larghezza piattabanda inferiore: $b_{pb, inf.} = 400 \text{ mm}$
- spessore piattabanda inferiore: $s_{pb, inf.} = 25 \text{ mm}$
- altezza anima: $h_w = 650 \text{ mm}$
- spessore anima: $s_w = 15 \text{ mm}$
- larghezza piattabanda superiore: $b_{pb, sup.} = 400 \text{ mm}$
- spessore piattabanda superiore: $s_{pb, sup.} = 25 \text{ mm}$

Verifica di resistenza della sezione integra - Controllo tensionale

| | Area cm ² | H cm | yg,inf cm | Ct cm ⁴ | I _{yy} cm ⁴ | I _{zz} cm ⁴ | W _{fe,inf} cm ³ | W _{fe,sup} cm ³ |
|----------------|-------------------------|---------|--------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|--|
| Fase I n= 0.00 | 297.5 | 70.0 | 35.0 | 490 | 262245 | 26685 | 7493 | 7493 |

| Condizioni di carico | SLE | | | SLU | | | $\sigma_{f,inf}$ N/mm ² | $\sigma_{f,sup}$ N/mm ² |
|--------------------------|---------|-----------|----------|---------|-----------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | N kN | My kNm | Vz kN | N kN | My kNm | Vz kN | | |
| Pp acc + soletta | 0 | -227 | 95 | 0 | -306 | 128 | 40.9 | -40.9 |
| Permanenti | 0 | -165 | 55 | 0 | -248 | 83 | 33.0 | -33.0 |
| Ritiro effetti secondari | 0 | -123 | 66 | 0 | -148 | 79 | 19.7 | -19.7 |
| Carichi mobili | 0 | -350 | 157 | 0 | -473 | 212 | 63.1 | -63.1 |
| Vento trasv. | 185 | -66 | 35 | 167 | -59 | 32 | 13.5 | -2.3 |
| | | | | | | | 170.2 | -159.0 |

Classificazione della sezione

| | | | | | | |
|---|---------------------|-------------------|-------------------|---|----------|-------------------|
| Tensione di snervamento dell'acciaio, f_{yk} : | 355 | N/mm ² | | Tensione di progetto per la piattabanda superiore, $f_{yd,sup}$ = | 338.1 | N/mm ² |
| Rapporto geometrico del pannello: | $c/t =$ | 43.3 | | Tensione di progetto per la piattabanda inferiore, $f_{yd,inf}$ = | 338.1 | N/mm ² |
| Tensione al lembo inferiore: | $\sigma_{tw,inf} =$ | 158.5 | N/mm ² | } | $\psi =$ | -0.93 |
| Tensione al lembo superiore: | $\sigma_{tw,sup} =$ | -147.3 | N/mm ² | | | |
| Snellezza di riferimento: | | 94.1 | > c/t | Sezione moderatamente snella | 3 | |
| Tensione tangenziale media, τ_m = | 54.71 | N/mm ² | | Tensione tangenziale baricentrica, τ_{max} = | 56.51 | N/mm ² |
| Tensione tangenziale all'attacco sup., τ_s = | 45.76 | N/mm ² | | Tensione ideale alla fibra sup., $\sigma_{id,s}$ = | 177.68 | N/mm ² |
| Tensione tangenziale all'attacco inf., τ_i = | 45.76 | N/mm ² | | Tensione ideale alla fibra inf., $\sigma_{id,i}$ = | 187.77 | N/mm ² |

La sezione è verificata nei confronti della flessione e del taglio combinati.

8.4 VERIFICA DELLE CONNESSIONI TRAVI – SOLETTA

Si riporta la sintesi tabulare della verifica dei connettori tra travi metalliche e soletta collaborante. Si rinvia agli elaborati grafici per dettagli puntuali sulle estensioni dei campi di piolatura previsti e sulla disposizione trasversale degli stessi connettori.

Trave di bordo

| | Azioni di scorrimento interfaccia trave-soletta | | | | | | | Distr |
|----------------|---|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|------------|-------|
| | S_Perm kN/m | S_Rit kN/m | S_Acc kN/m | S_ΔT kN/m | Stot kN/m | P _{Rds} kN/m | pioli n | |
| C1 | 188 | 40 | 791 | 16 | 1035 | 109.5 | 9.5 | 4x200 |
| C2 | 63 | 35 | 441 | 15 | 555 | 109.5 | 5.1 | 4x250 |
| C3 | 10 | 35 | 244 | 15 | 304 | 109.5 | 2.8 | 4x300 |
| C4 | 80 | 35 | 474 | 15 | 603 | 109.5 | 5.5 | 4x300 |
| C4fess | 104 | 22 | 311 | 6 | 443 | 109.5 | 4.0 | 4x300 |
| C5 | 116 | 10 | 293 | 3 | 421 | 109.5 | 3.8 | 4x300 |
| C7fess | 100 | 12 | 306 | 4 | 422 | 109.5 | 3.9 | 4x300 |
| C7 | 94 | 20 | 499 | 9 | 622 | 109.5 | 5.7 | 4x300 |
| C8 | 70 | 23 | 404 | 10 | 506 | 109.5 | 4.6 | 4x300 |
| C9 | 91 | 23 | 626 | 10 | 749 | 109.5 | 6.8 | 4x300 |
| C9fess | 85 | 16 | 336 | 5 | 442 | 109.5 | 4.0 | 4x300 |
| C10 | 103 | 16 | 409 | 4 | 532 | 109.5 | 4.9 | 4x300 |
| C11 | 3 | 27 | 560 | 10 | 600 | 109.5 | 5.5 | 4x300 |
| C12 | 31 | 17 | 344 | 5 | 397 | 109.5 | 3.6 | 4x250 |
| C13 | 45 | 25 | 322 | 11 | 403 | 109.5 | 3.7 | 4x250 |
| C14 | 23 | 46 | 230 | 20 | 319 | 109.5 | 2.9 | 4x300 |
| C15 | 33 | 46 | 254 | 20 | 354 | 109.5 | 3.2 | 4x300 |
| C15fess | 51 | 35 | 166 | 10 | 262 | 109.5 | 2.4 | 4x300 |
| C16 | 85 | 7 | 209 | 2 | 303 | 109.5 | 2.8 | 4x300 |
| C17fess | 71 | 8 | 200 | 2 | 281 | 109.5 | 2.6 | 4x300 |
| C17 | 60 | 11 | 324 | 5 | 400 | 109.5 | 3.7 | 4x300 |
| C18 | 51 | 12 | 305 | 5 | 372 | 109.5 | 3.4 | 4x300 |
| C19 | 16 | 11 | 194 | 5 | 226 | 109.5 | 2.1 | 4x300 |
| C20 | 69 | 11 | 339 | 4 | 423 | 109.5 | 3.9 | 4x300 |
| C20fess | 60 | 7 | 176 | 2 | 245 | 109.5 | 2.2 | 4x300 |
| C21 | 68 | 16 | 177 | 5 | 267 | 118.5 | 2.3 | 4x300 |
| C22fess | 55 | 17 | 175 | 5 | 253 | 124.5 | 2.0 | 4x300 |
| C22 | 38 | 2 | 241 | 1 | 281 | 133.5 | 2.1 | 4x300 |
| C23 | 26 | 2 | 215 | 1 | 243 | 136.5 | 1.8 | 4x300 |
| C24 | 41 | 29 | 158 | 8 | 236 | 154.5 | 1.5 | 4x300 |
| C24fess | 54 | 29 | 177 | 8 | 267 | 157.5 | 1.7 | 4x300 |
| C25 | 89 | 8 | 284 | 2 | 384 | 166.5 | 2.3 | 4x300 |
| C26fess | 108 | 0 | 378 | 0 | 486 | 172.5 | 2.8 | 4x300 |
| C26 | 123 | 12 | 715 | 5 | 855 | 178.5 | 4.8 | 4x250 |
| C27 | 54 | 22 | 425 | 9 | 510 | 184.5 | 2.8 | 4x250 |
| C28 | 52 | 41 | 445 | 18 | 556 | 202.5 | 2.7 | 4x250 |
| C29 | 108 | 53 | 692 | 21 | 874 | 208.5 | 4.2 | 4x200 |

Trave intermedia

| | Azioni di scorrimento interfaccia trave-soletta | | | | | | | Distr |
|----------------|---|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|------------|-------|
| | S_Perm kN/m | S_Rit kN/m | S_Acc kN/m | S_ΔT kN/m | Stot kN/m | P _{Rds} kN/m | pioli n | |
| C1 | 116 | 37 | 496 | 15 | 664 | 109.5 | 6.1 | 4x200 |
| C2 | 52 | 32 | 285 | 14 | 382 | 109.5 | 3.5 | 4x250 |
| C3 | 12 | 32 | 151 | 14 | 210 | 109.5 | 1.9 | 4x300 |
| C4 | 74 | 31 | 296 | 14 | 416 | 109.5 | 3.8 | 4x300 |
| C4fess | 74 | 19 | 173 | 6 | 273 | 109.5 | 2.5 | 4x300 |
| C5 | 58 | 10 | 157 | 3 | 228 | 109.5 | 2.1 | 4x300 |
| C7fess | 67 | 13 | 169 | 4 | 253 | 109.5 | 2.3 | 4x300 |
| C7 | 64 | 21 | 308 | 10 | 402 | 109.5 | 3.7 | 4x300 |
| C8 | 37 | 24 | 249 | 10 | 321 | 109.5 | 2.9 | 4x300 |
| C9 | 92 | 24 | 397 | 10 | 522 | 109.5 | 4.8 | 4x300 |
| C9fess | 61 | 15 | 190 | 5 | 271 | 109.5 | 2.5 | 4x300 |
| C10 | 45 | 21 | 222 | 6 | 293 | 109.5 | 2.7 | 4x300 |
| C11 | 13 | 26 | 217 | 7 | 263 | 109.5 | 2.4 | 4x300 |
| C12 | 13 | 23 | 213 | 6 | 255 | 109.5 | 2.3 | 4x250 |
| C13 | 25 | 17 | 212 | 8 | 262 | 109.5 | 2.4 | 4x250 |
| C14 | 29 | 24 | 146 | 11 | 211 | 109.5 | 1.9 | 4x300 |
| C15 | 30 | 24 | 157 | 11 | 222 | 109.5 | 2.0 | 4x300 |
| C15fess | 28 | 16 | 89 | 5 | 138 | 109.5 | 1.3 | 4x300 |
| C16 | 39 | 4 | 112 | 1 | 156 | 109.5 | 1.4 | 4x300 |
| C17fess | 39 | 4 | 109 | 1 | 153 | 109.5 | 1.4 | 4x300 |
| C17 | 40 | 7 | 200 | 3 | 250 | 109.5 | 2.3 | 4x300 |
| C18 | 42 | 7 | 192 | 3 | 244 | 109.5 | 2.2 | 4x300 |
| C19 | 32 | 9 | 136 | 4 | 182 | 109.5 | 1.7 | 4x300 |
| C20 | 58 | 7 | 222 | 3 | 290 | 109.5 | 2.6 | 4x300 |
| C20fess | 38 | 4 | 102 | 1 | 145 | 109.5 | 1.3 | 4x300 |
| C21 | 22 | 6 | 95 | 2 | 125 | 118.5 | 1.1 | 4x300 |
| C22fess | 23 | 3 | 94 | 1 | 122 | 124.5 | 1.0 | 4x300 |
| C22 | 11 | 2 | 65 | 1 | 79 | 133.5 | 0.6 | 4x300 |
| C23 | 11 | 2 | 60 | 1 | 74 | 136.5 | 0.5 | 4x300 |
| C24 | 22 | 7 | 85 | 2 | 117 | 154.5 | 0.8 | 4x300 |
| C24fess | 23 | 7 | 93 | 2 | 126 | 157.5 | 0.8 | 4x300 |
| C25 | 37 | 9 | 132 | 3 | 181 | 166.5 | 1.1 | 4x300 |
| C26fess | 51 | 13 | 175 | 4 | 244 | 172.5 | 1.4 | 4x300 |
| C26 | 69 | 25 | 362 | 11 | 467 | 178.5 | 2.6 | 4x250 |
| C27 | 40 | 25 | 230 | 11 | 306 | 184.5 | 1.7 | 4x250 |
| C28 | 51 | 31 | 266 | 14 | 363 | 202.5 | 1.8 | 4x250 |
| C29 | 78 | 39 | 371 | 16 | 505 | 208.5 | 2.4 | 4x200 |

8.5 CONTROLLI DI DEFORMABILITÀ

Si riportano i valori di calcolo degli spostamenti verticali delle travi principali per le varie condizioni di carico analizzate (abbassamenti positivi) per la campata lato spalla A.

Trave di bordo – L = 46,50 m

| | | |
|--|-------------------------------|----------|
| • Peso proprio | $\delta z = 109,2 \text{ mm}$ | (L/426) |
| • Sovraccarichi permanenti | $\delta z = 15,8 \text{ mm}$ | (L/2943) |
| • Carichi accidentali | $\delta z = 61,0 \text{ mm}$ | (L/762) |
| Si prevede una contromonta pari a $(a + b + 0,5 c) = 150 \text{ mm}$ | | (L/310) |

8.6 CARATTERISTICHE DINAMICHE DELL'IMPALCATO E SPETTRI DI PROGETTO PER LE ANALISI SISMICHE

In progetto si prevede di impostare la sovrastruttura su dispositivi con capacità di dissipazione energetica attraverso l'utilizzo di apparecchi di appoggi isolatori antisismici di tipo elastomerico ad alto smorzamento (appoggi HDRB – High Damping Rubber Bearings) allo scopo di limitare le sollecitazioni sulle sottostruttura durante un evento sismico anche particolarmente severo. In particolare si prevede di utilizzare appoggi isolatori a miscela normale del tipo FIP SI-H 700/80, o similari ed equivalenti, per gli appoggi di spalla e del tipo FIP SI-H 900/132 per le pile, aventi le seguenti principali caratteristiche di riferimento:

SI-H 700/80

| | |
|--|------------------------------------|
| • max. portata verticale allo SLU: | $V_{SLU} = 11.370 \text{ kN}$ |
| • max. portata verticale in caso di sisma: | $V_{sisma} = 8.310 \text{ kN}$ |
| • rigidezza orizzontale: | $k_h = 6,74 \text{ kN/mm}$ |
| • massimo spostamento per deformazione orizzontale | $\delta_{h, max} = 150 \text{ mm}$ |
| • massima portata orizzontale: | $H_{max} = 1011 \text{ kN}$ |
| • smorzamento viscoso della gomma: | $\xi = 15 \%$ |

SI-H 900/132

| | |
|--|------------------------------------|
| • max. portata verticale allo SLU: | $V_{SLU} = 21.220 \text{ kN}$ |
| • max. portata verticale in caso di sisma: | $V_{sisma} = 13.790 \text{ kN}$ |
| • rigidezza orizzontale: | $k_h = 6,75 \text{ kN/mm}$ |
| • massimo spostamento per deformazione orizzontale | $\delta_{h, max} = 250 \text{ mm}$ |
| • massima portata orizzontale: | $H_{max} = 1688 \text{ kN}$ |
| • smorzamento viscoso della gomma: | $\xi = 15 \%$ |

Nel risolvere il problema dinamico è stata considerata la massa associata ai pesi propri strutturali (travi e traversi in acciaio, soletta in c.a.) ed ai carichi permanentemente presenti portati (pavimentazione, cordoli, guardrail, barriere, etc.) per un totale di circa 5897 kNmassa.

Le analisi dinamiche sono state effettuate utilizzando il modello strutturale a graticcio di travi e traversi, già illustrato nelle sezioni precedenti, che simula le principali proprietà meccaniche delle strutture d'impalcato in esercizio (per azioni variabili di breve durata con $E_a=210.000 \text{ N/mm}^2$ e $E_c=33.643 \text{ N/mm}^2$).

Il sistema di vincolo in configurazione transitoria di costruzione è quindi realizzato mediante n° 32 appoggi simulati mediante molle multi-direzionali con rigidezza orizzontale (trasversale e longitudinale) pari a $k_h = 6.740 \text{ kN/m}$. Il modello strutturale di calcolo consta di: 424 punti nodali; 618 elementi di tipo trave (frames) che riproducono il graticcio d'impalcato (travi e traversi); 64 elementi (springs) – una per ciascuna direzione orizzontale – atti a riprodurre le caratteristiche di vincolo previste.

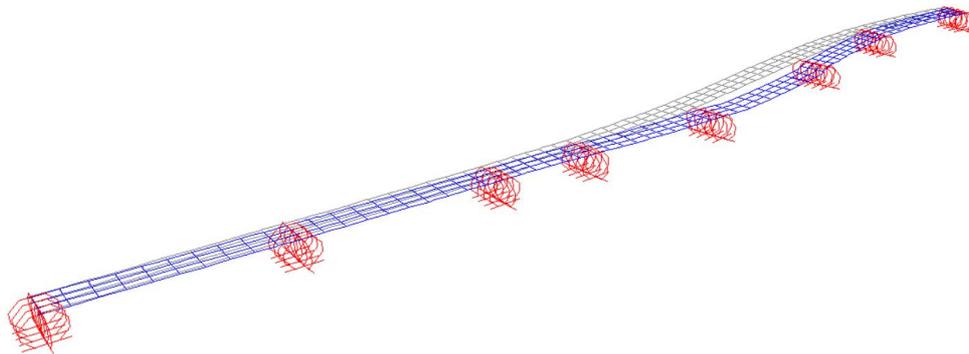
8.6.1 CARATTERISTICHE DINAMICHE MODALI

L'analisi sismica è stata effettuata mediante analisi lineare dinamica (analisi modale con spettro di risposta) ai sensi di quanto indicato al § 7.10.5.3.2 del D.M. 17.01.2018.

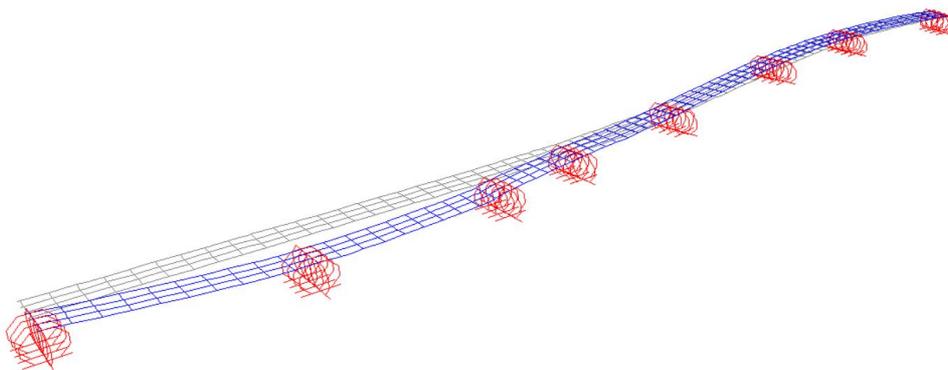
Sono stati considerati un numero di modi propri della struttura tali da mobilitare più dell'85% delle masse partecipanti dell'impalcato; il problema di autovalori è stato risolto limitatamente ai primi 75 modi di vibrare della struttura.

Per l'esame delle azioni che possono impegnare il sistema di vincolo del ponte alle spalle si rimanda alla sezione della presente relazione che è specificamente dedicata alla sintesi delle azioni sui dispositivi di appoggio dell'impalcato.

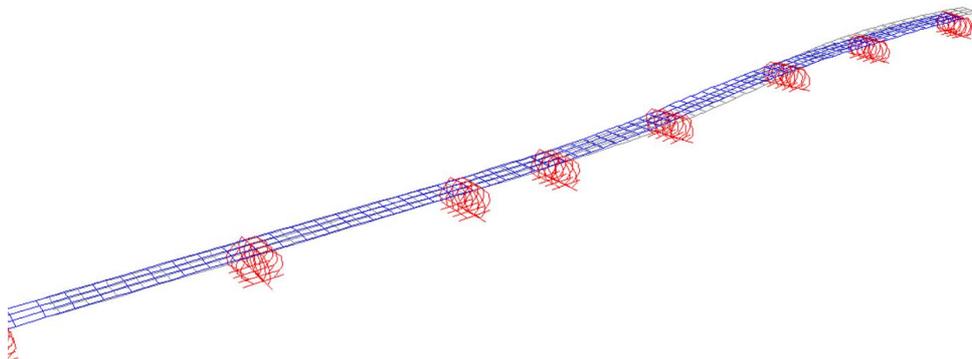
Di seguito si illustrano alcune deformate modali che corrispondono a moti globali dell'impalcato.



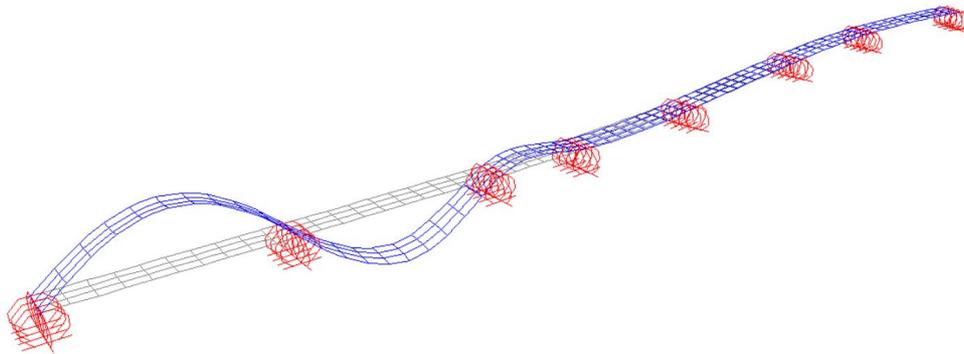
1° modo di vibrare (trasversale) – $f = 0,855$ Hz



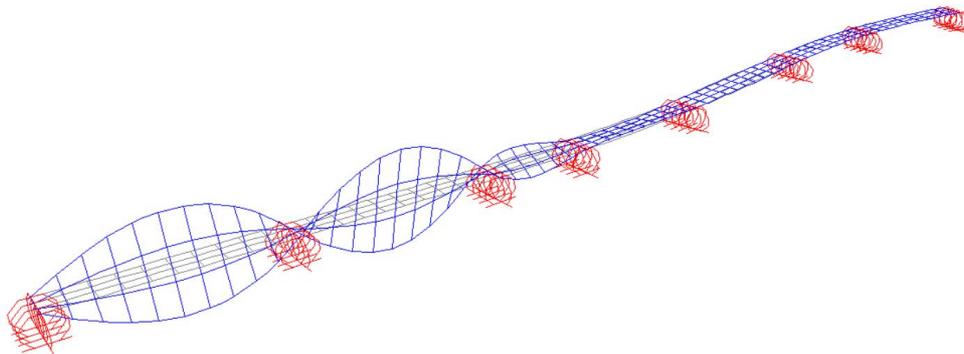
2° modo di vibrare (trasversale) – $f = 0,913$ Hz



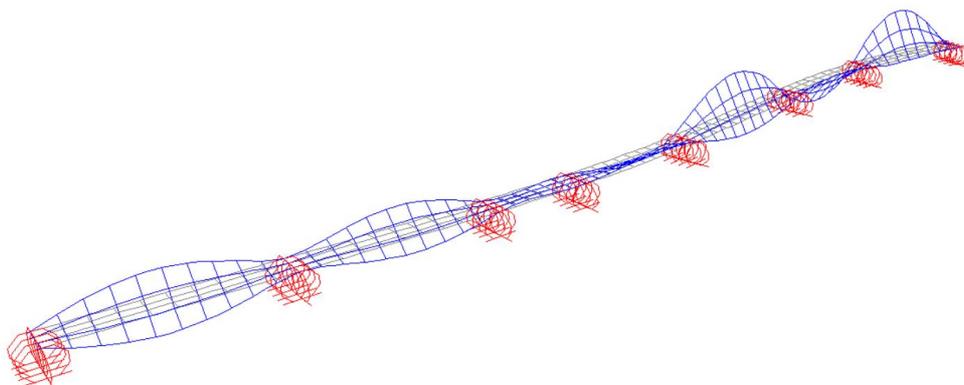
3° modo di vibrare (longitudinale) – $f = 0,950$ Hz



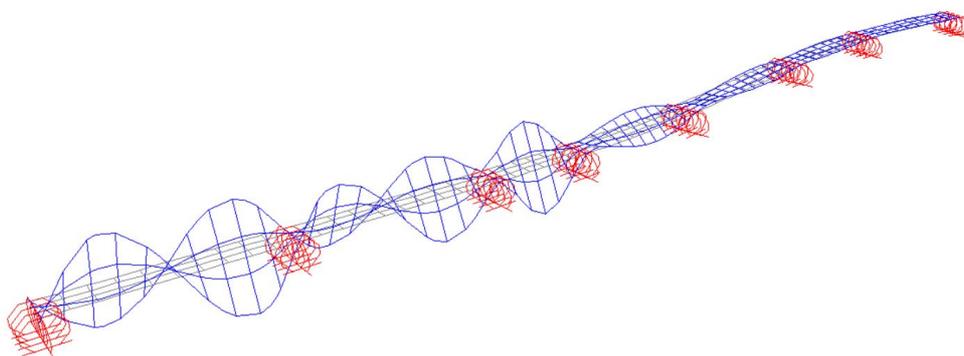
8° modo di vibrare (verticale flessionale) – $f = 1,698$ Hz



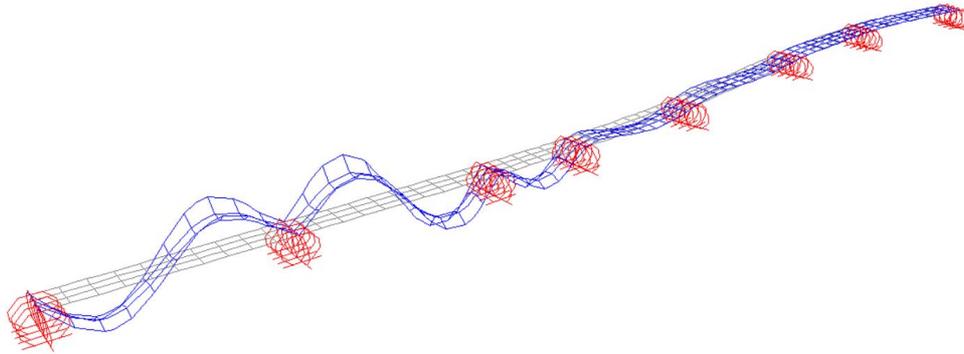
9° modo di vibrare (verticale torsionale) – $f = 1,781$ Hz



14° modo di vibrare – $f = 2,391$ Hz



31° modo di vibrare – $f = 5,878$ Hz



35° modo di vibrare – $f = 6,881$ Hz

Si riportano di seguito le principali caratteristiche modali dell'impalcato.

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

| N. | Period Sec | Frequency Cyc/sec | CircFreq rad/sec | Eigenvalue rad2/sec2 | Individual mode | | | Cumulative mode | | |
|----|---------------|----------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| | | | | | UX (%) | UY (%) | UZ (%) | UX (%) | UY (%) | UZ (%) |
| 1 | 1.170 | 0.855 | 5.370 | 28.832 | 0.59 | 62.96 | 0.00 | 0.59 | 62.96 | 0.00 |
| 2 | 1.095 | 0.913 | 5.736 | 32.904 | 1.74 | 23.55 | 0.00 | 2.34 | 86.51 | 0.00 |
| 3 | 1.052 | 0.950 | 5.971 | 35.656 | 96.72 | 1.26 | 0.00 | 99.06 | 87.77 | 0.00 |
| 4 | 0.981 | 1.019 | 6.402 | 40.986 | 0.77 | 5.07 | 0.00 | 99.83 | 92.84 | 0.00 |
| 5 | 0.861 | 1.162 | 7.299 | 53.269 | 0.01 | 3.60 | 0.00 | 99.84 | 96.44 | 0.00 |
| 6 | 0.766 | 1.305 | 8.198 | 67.207 | 0.04 | 1.62 | 0.00 | 99.88 | 98.06 | 0.00 |
| 7 | 0.643 | 1.554 | 9.767 | 95.384 | 0.00 | 0.61 | 0.00 | 99.88 | 98.67 | 0.00 |
| 8 | 0.589 | 1.698 | 10.669 | 113.820 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 99.88 | 98.67 | 0.10 |
| 9 | 0.561 | 1.781 | 11.191 | 125.250 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 99.88 | 98.67 | 0.10 |
| 10 | 0.550 | 1.819 | 11.430 | 130.650 | 0.11 | 1.08 | 0.00 | 99.99 | 99.75 | 0.10 |
| 11 | 0.513 | 1.949 | 12.243 | 149.900 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 99.99 | 99.77 | 0.10 |
| 12 | 0.436 | 2.296 | 14.425 | 208.090 | 0.00 | 0.00 | 22.61 | 99.99 | 99.77 | 22.71 |
| 13 | 0.423 | 2.364 | 14.851 | 220.560 | 0.00 | 0.00 | 0.19 | 99.99 | 99.77 | 22.90 |
| 14 | 0.418 | 2.391 | 15.021 | 225.630 | 0.00 | 0.00 | 3.59 | 99.99 | 99.77 | 26.49 |
| 15 | 0.391 | 2.555 | 16.052 | 257.680 | 0.00 | 0.00 | 5.39 | 99.99 | 99.77 | 31.88 |
| 27 | 0.200 | 5.000 | 31.416 | 986.980 | 0.00 | 0.00 | 0.74 | 100.00 | 99.95 | 44.50 |
| 28 | 0.195 | 5.117 | 32.151 | 1033.700 | 0.00 | 0.00 | 11.27 | 100.00 | 99.95 | 55.77 |
| 29 | 0.186 | 5.373 | 33.762 | 1139.900 | 0.00 | 0.00 | 15.86 | 100.00 | 99.95 | 71.62 |
| 45 | 0.103 | 9.691 | 60.890 | 3707.600 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 100.00 | 99.99 | 80.71 |
| 75 | 0.068 | 14.714 | 92.452 | 8547.400 | 0.00 | 0.00 | 2.09 | 100.00 | 100.00 | 88.74 |

8.6.2 SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO

Come anticipato per il caso di ponti con isolamento sismico, lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali (longitudinale e trasversale) viene ridotto per tutto il campo di periodi $T \geq 0,8 T_{is}$, essendo T_{is} il periodo di vibrazione della struttura isolata, assumendo per il coefficiente riduttivo η il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_{esi} del sistema di isolamento.

Poiché si prevede di adottare isolatori elastomerici a mescola dura e a smorzamento elevato ($\xi_{esi} = 15$) il fattore η di alterazione dello spettro elastico assume il valore seguente:

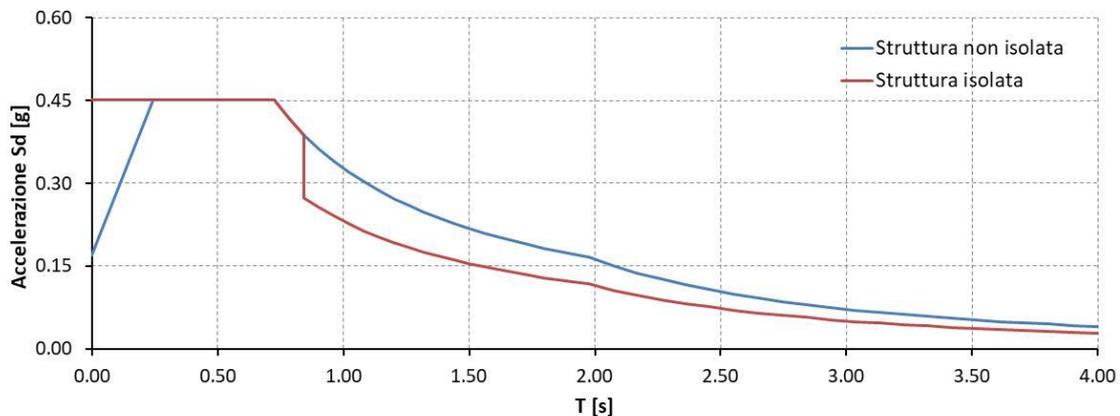
$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi_{esi}}} = \sqrt{\frac{10}{20}} = 0,707$$

L'analisi modale ha consentito di individuare i periodi fondamentali longitudinale e trasversale della struttura isolata:

- | | | |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| - in direzione trasversale: | $T_{is,T} = 1,170 \text{ s}$ | } $T_{is} = 1,170 \text{ s}$ |
| - in direzione longitudinale: | $T_{is,L} = 1,052 \text{ s}$ | |

Pertanto a partire dal valore $T = T_{is} \times 0,8 = 1,170 \times 0,8 = 0,936 \text{ s}$ gli spettri sono stati ridotti del fattore $\eta = 0,707$. Richiamando gli spettri elastici come individuati in precedenza nella presente relazione, nel caso di analisi allo SLV, di seguito viene visualizzato lo spettro per la struttura isolata utilizzato ai fini delle analisi dinamiche per definire l'entità delle azioni attese sulle sottostrutture di appoggio (spalle e pila).

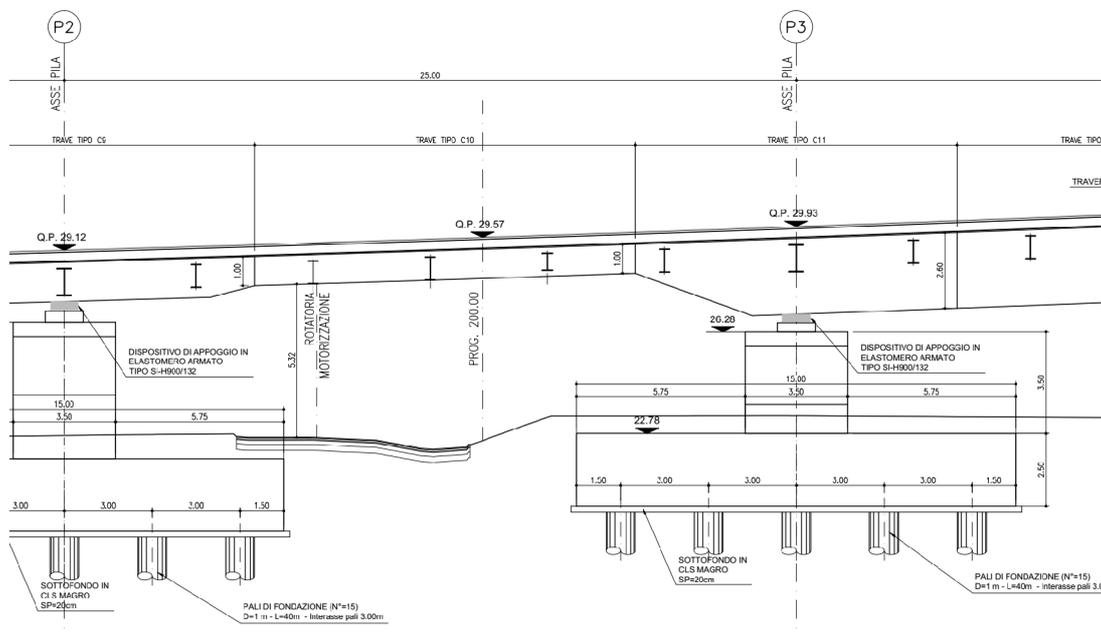
Spettro elastico di progetto con smorzamento



Per la componente verticale del moto, lo spettro di riferimento per la definizione dell'azione sismica è il medesimo spettro elastico con fattore di struttura di valore unitario, come già definito precedentemente nella presente relazione e a cui si rimanda (v. §4.10.2).

- Massimo sforzo nella piattabanda per urto:
 - $\sigma_{urto} = 1188 \times 10^3 / 7350 = 161,6 \text{ N/mm}^2$
- Massimo sforzo nella piattabanda per carichi propri e permanenti:
 - $\sigma_{pp-perm} = 111,9 \text{ N/mm}^2$
- Sforzo totale:
 - $\sigma_{tot} = 161,6 + 111,9 = 273,5 \text{ N/mm}^2$
- Tensione tangenziale massimo:
 - $\tau_{max} = 1,5 \times 500 \times 10 / 420 = 17,9 \text{ N/mm}^2$
- Tensione ideale Von Mises:
 - $\sigma_{id} = (273,5^2 + 3 \times 17,9^2)^{0,5} = 275,3 \text{ N/mm}^2$

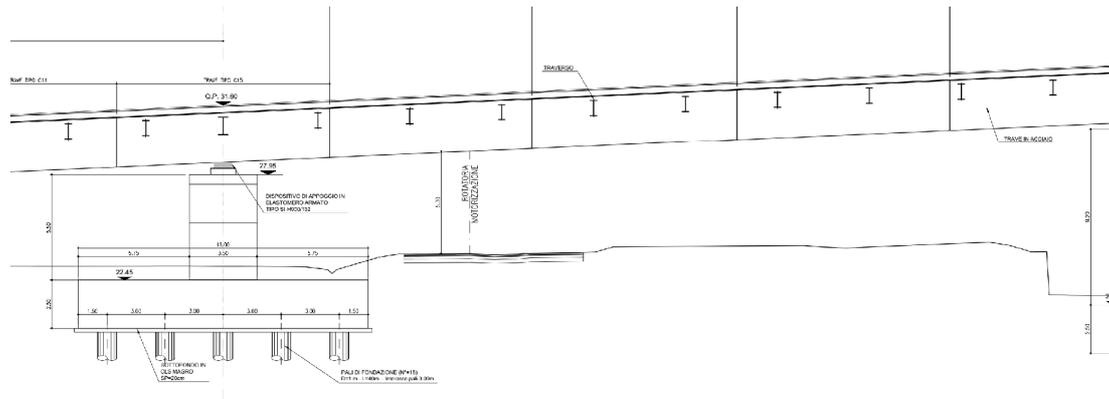
Sezione della piattabanda inferiore del concio C11 in verifica: 900 x 40 mm



Caratteristiche geometriche:

- Area della piattabanda inferiore: $A = 360 \text{ cm}^2$
- Modulo di resistenza, $W = 5400 \text{ cm}^3$
- Massimo sforzo nella piattabanda per urto:
 - $\sigma_{urto} = 1188 \times 10^3 / 5400 = 220,0 \text{ N/mm}^2$
- Massimo sforzo nella piattabanda per carichi propri e permanenti:
 - $\sigma_{pp-perm} = 60,9 \text{ N/mm}^2$
- Sforzo totale:
 - $\sigma_{tot} = 220,0 + 60,9 = 280,9 \text{ N/mm}^2$
- Tensione tangenziale massimo:
 - $\tau_{max} = 1,5 \times 500 \times 10 / 360 = 20,8 \text{ N/mm}^2$
- Tensione ideale Von Mises:
 - $\sigma_{id} = (280,9^2 + 3 \times 20,8^2)^{0,5} = 283,2 \text{ N/mm}^2$

Sezione della piattabanda inferiore del concio C17 in verifica: 950 x 40 mm



Caratteristiche geometriche:

- Area della piattabanda inferiore: $A = 380 \text{ cm}^2$
- Modulo di resistenza, $W = 6017 \text{ cm}^3$
- Massimo sforzo nella piattabanda per urto:
 - $\sigma_{urto} = 1188 \times 10^3 / 6017 = 197,4 \text{ N/mm}^2$
- Massimo sforzo nella piattabanda per carichi propri e permanenti:
 - $\sigma_{pp-perm} = 74,8 \text{ N/mm}^2$
- Sforzo totale: $\sigma_{tot} = 197,4 + 74,8 = 272,2 \text{ N/mm}^2$
- Tensione tangenziale massimo:
 - $\tau_{max} = 1,5 \times 500 \times 10 / 380 = 19,7 \text{ N/mm}^2$
- Tensione ideale Von Mises: $\sigma_{id} = (272,2^2 + 3 \times 19,7^2)^{0.5} = 274,3 \text{ N/mm}^2$

Le verifiche sono soddisfatte.

10. APPOGGI E GIUNTI

10.1 APPOGGI ISOLATORI ELASTOMERICI

Si prevede di impostare l'impalcato del ponte sulle sottostrutture (spalle di estremità e pila intermedia) previa installazione di n° 32 appoggi isolatori elastomerici antisismici del tipo **HDRB** (High Damping Rubber Bearings), quattro per ogni allineamento di appoggio (spalle e pile).

10.1.1 SINTESI TABELLARE DELLE AZIONI SUGLI APPOGGI

Nelle tabelle seguenti sono riportate le azioni sugli appoggi per le condizioni di carico precedentemente analizzate unitamente alle loro combinazioni di calcolo.

A valle delle analisi strutturali si è controllato che tutti gli appoggi siano caricati a compressione anche per le combinazioni di carico ove le azioni variabili considerate introducono azioni di decompressione.

Si evidenzia che, per quanto riguarda le azioni sugli apparecchi di appoggio in caso di evento sismico, le componenti orizzontali e verticale del sisma vengono considerate agenti simultaneamente e gli effetti prodotti vengono combinati mediante radice quadrata della somma dei quadrati (SRSS) dei singoli contributi.

Le azioni sugli appoggi sono state sintetizzate assumendo le seguenti notazioni convenzionali di riferimento:

- **V_z** azione verticale sull'appoggio (positiva se di compressione);
- **H_L** azione orizzontale in direzione longitudinale, parallela all'asse ponte;
- **H_T** azione orizzontale in direzione trasversale, ortogonale all'asse ponte.

| Appoggi allineamenti di Spalla A | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) P. p. strutture in acciaio + soletta in c.a. | | | 697 | 664 | 665 | 699 |
| b) Carichi permanenti portati | | | 319 | 166 | 166 | 320 |
| c) Ritiro in soletta (effetti primari e secondari) | -331 | 5 | -74 | -74 | -74 | -75 |
| d ₁) Azioni variabili da traffico (min scarico verticale) | | | -211 | -57 | -33 | -108 |
| d ₂) Azioni variabili da traffico (max scarico verticale) | | | 112 | 464 | 581 | 1'056 |
| e) Frenamento | 28 | 0 | | | | |
| f) Azione centrifuga | 2 | 0 | | | | |
| g) Vento a ponte carico | 42 | 174 | 162 | 7 | 7 | 162 |
| h) Variazione termica +60°C | 575 | 9 | 29 | 29 | 29 | 30 |
| i) Sisma SLV - SRSS | 407 | 241 | 37 | 29 | 30 | 41 |
| l) Sisma SLC - SRSS | 468 | 277 | 43 | 33 | 35 | 47 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLU Ed = $\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times \gamma_{Qi} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,35 a) + 1,50 b) + 1,35 d ₂) + 1,35 e) + 0,90 g) + 0,90 h) | 593 | 165 | 1'743 | 1'804 | 1'964 | 3'022 |
| E _{d2} 1,0 a) + 1,0 b) + 1,2 c) + 1,35 d ₁) - 0,90 g) - 0,90 h) | -953 | -159 | 470 | 632 | 665 | 610 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLE Ed = $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,00 d ₂) + 1,00 e) + 0,60 g) + 0,60 h) | 398 | 110 | 1'243 | 1'316 | 1'434 | 2'190 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,0 c) + 1,0 d ₁) - 0,60 g) - 0,60 h) | -701 | -105 | 616 | 677 | 702 | 721 |
| Combinazione di calcolo - Sismica Ed = $E + G_1 + G_2 + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 i) | 695 | 246 | 1'090 | 966 | 992 | 1'286 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 i) | -695 | -246 | 922 | 775 | 780 | 941 |
| E _{d3} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 l) | 756 | 282 | 1'095 | 971 | 996 | 1'292 |
| E _{d4} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 l) | -756 | -282 | 917 | 771 | 775 | 935 |

| Appoggi allineamenti di Pila 1 | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) P. p. strutture in acciaio + soletta in c.a. | | | 2'151 | 2'073 | 2'053 | 2'201 |
| b) Carichi permanenti portati | | | 816 | 499 | 493 | 828 |
| c) Ritiro in soletta (effetti primari e secondari) | 221 | 12 | 112 | 126 | 122 | 133 |
| d ₁) Azioni variabili da traffico (min scarico verticale) | | | -235 | 29 | 194 | 478 |
| d ₂) Azioni variabili da traffico (max scarico verticale) | | | 313 | 685 | 1'065 | 1'718 |
| e) Frenamento | 28 | 0 | | | | |
| f) Azione centrifuga | 2 | 0 | | | | |
| g) Vento a ponte carico | 41 | 312 | 361 | 113 | 108 | 366 |
| h) Variazione termica +60°C | 384 | 21 | 45 | 50 | 49 | 53 |
| i) Sisma SLV - SRSS | 407 | 481 | 84 | 72 | 72 | 91 |
| l) Sisma SLC - SRSS | 468 | 553 | 97 | 83 | 83 | 105 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLU Ed = $\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times \gamma_{Qi} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,35 a) + 1,5 b) + 1,2 c) + 1,35 d ₂) + 1,35 e) + 0,9 (g + h) | 686 | 314 | 5'050 | 4'770 | 5'237 | 7'069 |
| E _{d2} 1,0 a) + 1,0 b) + 0,0 c) + 0,0 d ₁) - 1,50 g) - 0,90 h) | -407 | -487 | 2'385 | 2'358 | 2'340 | 2'432 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLE Ed = $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,0 a) + 1,0 b) + 1,0 c) + 1,0 d ₂) + 1,0 e) + 0,60 (g + h) | 455 | -163 | 3'202 | 3'345 | 3'698 | 4'692 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) - 1,0 g) - 0,60 h) | -255 | -200 | 2'723 | 2'474 | 2'452 | 2'778 |
| Combinazione di calcolo - Sismica Ed = $E + G_1 + G_2 + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d2) + 0,50 h) + 1,00 i) | 599 | 492 | 3'136 | 2'806 | 2'856 | 3'490 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d1) - 0,50 h) - 1,00 i) | -599 | -492 | 2'814 | 2'481 | 2'488 | 3'007 |
| E _{d3} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d2) + 0,50 h) + 1,00 l) | 660 | 564 | 3'149 | 2'817 | 2'866 | 3'504 |
| E _{d4} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d1) - 0,50 h) - 1,00 l) | -660 | -564 | 2'801 | 2'470 | 2'478 | 2'993 |

| Appoggi allineamenti di Pila 2 | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) P. p. strutture in acciaio + soletta in c.a. | | | 1'258 | 1'298 | 1'227 | 1'468 |
| b) Carichi permanenti portati | | | 553 | 311 | 279 | 613 |
| c) Ritiro in soletta (effetti primari e secondari) | -114 | 34 | -118 | -81 | -107 | -79 |
| d ₁) Azioni variabili da traffico (min scarico verticale) | | | -188 | 41 | -14 | 77 |
| d ₂) Azioni variabili da traffico (max scarico verticale) | | | 238 | 571 | 872 | 1'542 |
| e) Frenamento | 28 | 0 | | | | |
| f) Azione centrifuga | 2 | 10 | | | | |
| g) Vento a ponte carico | 33 | 254 | 236 | 90 | 66 | 261 |
| h) Variazione termica +60°C | 197 | 60 | 45 | 32 | 41 | 31 |
| i) Sisma SLV - SRSS | 408 | 342 | 60 | 54 | 53 | 78 |
| l) Sisma SLC - SRSS | 469 | 393 | 69 | 62 | 61 | 90 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLU Ed = $\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times \gamma_{Qi} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,35 a) + 1,50 b) + 1,35 d ₂) + 1,35 e) + 0,90 g) + 0,90 h) | 245 | 283 | 3'102 | 3'099 | 3'348 | 5'246 |
| E _{d2} 1,0 a) + 1,0 b) + 1,2 c) + 1,35 d ₁) - 0,90 g) - 0,90 h) | -344 | -242 | 1'163 | 1'457 | 1'262 | 1'827 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLE Ed = $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,00 d ₂) + 1,00 e) + 0,60 g) + 0,60 h) | 166 | 188 | 2'218 | 2'253 | 2'442 | 3'798 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,0 c) + 1,0 d ₁) - 0,60 g) - 0,60 h) | -252 | -154 | 1'336 | 1'496 | 1'321 | 1'904 |
| Combinazione di calcolo - Sismica Ed = $E + G_1 + G_2 + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 i) | 507 | 372 | 1'941 | 1'793 | 1'754 | 2'483 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 i) | -507 | -372 | 1'691 | 1'547 | 1'430 | 2'003 |
| E _{d3} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 l) | 568 | 423 | 1'950 | 1'801 | 1'762 | 2'495 |
| E _{d4} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 l) | -568 | -423 | 1'682 | 1'539 | 1'422 | 1'991 |

| Appoggi allineamenti di Pila 3 | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
|--|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) P. p. strutture in acciaio + soletta in c.a. | | | 972 | 909 | 826 | 965 |
| b) Carichi permanenti portati | | | 504 | 184 | 139 | 490 |
| c) Ritiro in soletta (effetti primari e secondari) | -58 | -62 | -177 | -37 | -45 | 94 |
| d ₁) Azioni variabili da traffico (min scarico verticale) | | | -127 | -74 | -76 | -22 |
| d ₂) Azioni variabili da traffico (max scarico verticale) | | | 260 | 534 | 800 | 1'398 |
| e) Frenamento | 28 | 0 | | | | |
| f) Azione centrifuga | 1 | 41 | | | | |
| g) Vento a ponte carico | 29 | 238 | 184 | 67 | 53 | 190 |
| h) Variazione termica +60°C | 101 | 107 | 70 | 17 | 20 | 33 |
| i) Sisma SLV - SRSS | 408 | 294 | 93 | 87 | 85 | 129 |
| l) Sisma SLC - SRSS | 469 | 338 | 107 | 100 | 98 | 148 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLU Ed = $\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum (\psi_{0i} \times \gamma_{Qi} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,35 a) + 1,50 b) + 1,35 d ₂) + 1,35 e) + 0,90 g) + 0,90 h) | 155 | 311 | 2'648 | 2'300 | 2'469 | 4'126 |
| E _{d2} 1,0 a) + 1,0 b) + 1,2 c) + 1,35 d ₁) - 0,90 g) - 0,90 h) | -187 | -385 | 864 | 873 | 743 | 1'337 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLE Ed = $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum (\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,00 d ₂) + 1,00 e) + 0,60 g) + 0,60 h) | 106 | 207 | 1'888 | 1'677 | 1'809 | 2'987 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,0 c) + 1,0 d ₁) - 0,60 g) - 0,60 h) | -136 | -269 | 1'020 | 932 | 800 | 1'393 |
| Combinazione di calcolo - Sismica Ed = $E + G_1 + G_2 + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 i) | 459 | 348 | 1'656 | 1'295 | 1'220 | 1'880 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 i) | -459 | -348 | 1'323 | 983 | 855 | 1'305 |
| E _{d3} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 l) | 520 | 392 | 1'670 | 1'308 | 1'233 | 1'899 |
| E _{d4} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 l) | -520 | -392 | 1'309 | 970 | 842 | 1'286 |

| Appoggi allineamenti di Pila 4 | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) P. p. strutture in acciaio + soletta in c.a. | | | 1'799 | 2'013 | 1'852 | 2'333 |
| b) Carichi permanenti portati | | | 780 | 446 | 378 | 871 |
| c) Ritiro in soletta (effetti primari e secondari) | -26 | -62 | -157 | 121 | 89 | 391 |
| d ₁) Azioni variabili da traffico (min scarico verticale) | | | -212 | -6 | 87 | 307 |
| d ₂) Azioni variabili da traffico (max scarico verticale) | | | 286 | 656 | 995 | 1'848 |
| e) Frenamento | 29 | 0 | | | | |
| f) Azione centrifuga | 1 | 46 | | | | |
| g) Vento a ponte carico | 6 | 319 | 328 | 134 | 83 | 374 |
| h) Variazione termica +60°C | 45 | 107 | 60 | 49 | 36 | 155 |
| i) Sisma SLV - SRSS | 409 | 504 | 86 | 74 | 67 | 102 |
| l) Sisma SLC - SRSS | 470 | 580 | 99 | 85 | 77 | 117 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLU Ed = $\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times \gamma_{Qi} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,35 a) + 1,50 b) + 1,35 d ₂) + 1,35 e) + 0,90 g) + 0,90 h) | 85 | 383 | 4'334 | 4'437 | 4'518 | 7'427 |
| E _{d2} 1,0 a) + 1,0 b) + 1,2 c) + 1,35 d ₁) - 0,90 g) - 0,90 h) | -77 | -458 | 1'755 | 2'431 | 2'347 | 3'612 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLE Ed = $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,00 d ₂) + 1,00 e) + 0,60 g) + 0,60 h) | 60 | 256 | 3'098 | 3'225 | 3'296 | 5'369 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,0 c) + 1,0 d ₁) - 0,60 g) - 0,60 h) | -57 | -318 | 1'977 | 2'464 | 2'335 | 3'585 |
| Combinazione di calcolo - Sismica Ed = $E + G_1 + G_2 + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 i) | 432 | 558 | 2'752 | 2'689 | 2'514 | 3'753 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 i) | -432 | -558 | 2'421 | 2'359 | 2'162 | 3'086 |
| E _{d3} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 l) | 493 | 633 | 2'765 | 2'700 | 2'524 | 3'768 |
| E _{d4} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 l) | -493 | -633 | 2'408 | 2'348 | 2'152 | 3'071 |

| Appoggi allineamenti di Pila 5 | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) P. p. strutture in acciaio + soletta in c.a. | | | 1'842 | 1'545 | 1'533 | 1'571 |
| b) Carichi permanenti portati | | | 796 | 344 | 355 | 759 |
| c) Ritiro in soletta (effetti primari e secondari) | -146 | -27 | 167 | 23 | -39 | -190 |
| d ₁) Azioni variabili da traffico (min scarico verticale) | | | -123 | -31 | 52 | 273 |
| d ₂) Azioni variabili da traffico (max scarico verticale) | | | 240 | 459 | 795 | 1'408 |
| e) Frenamento | 28 | 0 | | | | |
| f) Azione centrifuga | 1 | 47 | | | | |
| g) Vento a ponte carico | 10 | 318 | 329 | 96 | 106 | 313 |
| h) Variazione termica +60°C | 253 | 47 | 65 | 0 | 16 | 74 |
| i) Sisma SLV - SRSS | 409 | 511 | 136 | 86 | 76 | 99 |
| l) Sisma SLC - SRSS | 470 | 588 | 156 | 99 | 87 | 114 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLU Ed = $\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times \gamma_{Qi} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,35 a) + 1,50 b) + 1,35 d ₂) + 1,35 e) + 0,90 g) + 0,90 h) | 275 | 329 | 4'359 | 3'308 | 3'785 | 5'508 |
| E _{d2} 1,0 a) + 1,0 b) + 1,2 c) + 1,35 d ₁) - 0,90 g) - 0,90 h) | -412 | -361 | 2'318 | 1'788 | 1'802 | 2'122 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLE Ed = $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,00 d ₂) + 1,00 e) + 0,60 g) + 0,60 h) | 186 | 219 | 3'114 | 2'406 | 2'756 | 3'970 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,0 c) + 1,0 d ₁) - 0,60 g) - 0,60 h) | -304 | -246 | 2'446 | 1'823 | 1'828 | 2'181 |
| Combinazione di calcolo - Sismica Ed = $E + G_1 + G_2 + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 i) | 536 | 535 | 2'855 | 2'067 | 2'131 | 2'748 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 i) | -536 | -535 | 2'445 | 1'797 | 1'814 | 2'249 |
| E _{d3} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 l) | 597 | 611 | 2'875 | 2'080 | 2'142 | 2'762 |
| E _{d4} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 l) | -597 | -611 | 2'425 | 1'784 | 1'803 | 2'234 |

| Appoggi allineamenti di Pila 6 | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) P. p. strutture in acciaio + soletta in c.a. | | | 1'881 | 1'675 | 1'903 | 1'749 |
| b) Carichi permanenti portati | | | 712 | 311 | 387 | 797 |
| c) Ritiro in soletta (effetti primari e secondari) | 228 | 61 | 489 | 113 | 31 | -300 |
| d ₁) Azioni variabili da traffico (min scarico verticale) | | | -262 | -6 | 130 | 387 |
| d ₂) Azioni variabili da traffico (max scarico verticale) | | | 259 | 616 | 1'158 | 2'024 |
| e) Frenamento | 28 | 0 | | | | |
| f) Azione centrifuga | 2 | 45 | | | | |
| g) Vento a ponte carico | 34 | 303 | 303 | 76 | 112 | 295 |
| h) Variazione termica +60°C | 397 | 106 | 192 | 45 | 12 | 118 |
| i) Sisma SLV - SRSS | 402 | 349 | 146 | 84 | 71 | 88 |
| l) Sisma SLC - SRSS | 462 | 401 | 168 | 97 | 82 | 101 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLU Ed = $\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times \gamma_{Qi} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,35 a) + 1,5 b) + 1,2 c) + 1,35 d ₂) + 1,35 e) + 0,9 (g + h) | 699 | 441 | 4'989 | 3'804 | 4'862 | 6'301 |
| E _{d2} 1,0 a) + 1,0 b) + 0,0 c) + 0,0 d ₁) - 1,50 g) - 0,90 h) | -408 | -550 | 1'966 | 1'832 | 2'111 | 1'997 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLE Ed = $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,0 a) + 1,0 b) + 1,0 c) + 1,0 d ₂) + 1,0 e) + 0,60 (g + h) | 474 | -57 | 3'274 | 2'696 | 3'419 | 4'164 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) - 1,0 g) - 0,60 h) | -259 | -245 | 2'296 | 1'913 | 2'216 | 2'298 |
| Combinazione di calcolo - Sismica Ed = $E + G_1 + G_2 + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d2) + 0,50 h) + 1,00 i) | 601 | 402 | 2'887 | 2'216 | 2'599 | 3'098 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d1) - 0,50 h) - 1,00 i) | -601 | -402 | 2'299 | 1'878 | 2'239 | 2'476 |
| E _{d3} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d2) + 0,50 h) + 1,00 l) | 661 | 454 | 2'909 | 2'228 | 2'609 | 3'111 |
| E _{d4} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d1) - 0,50 h) - 1,00 l) | -661 | -454 | 2'277 | 1'866 | 2'228 | 2'463 |

| Appoggi allineamenti di Spalla B | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) P. p. strutture in acciaio + soletta in c.a. | | | 523 | 590 | 678 | 811 |
| b) Carichi permanenti portati | | | 245 | 149 | 141 | 398 |
| c) Ritiro in soletta (effetti primari e secondari) | -316 | -34 | -52 | -89 | -98 | -145 |
| d ₁) Azioni variabili da traffico (min scarico verticale) | | | -314 | -30 | -23 | -92 |
| d ₂) Azioni variabili da traffico (max scarico verticale) | | | 62 | 413 | 640 | 1'523 |
| e) Frenamento | 28 | 0 | | | | |
| f) Azione centrifuga | 4 | 53 | | | | |
| g) Vento a ponte carico | 87 | 143 | 140 | 28 | 15 | 153 |
| h) Variazione termica +60°C | 551 | 79 | 21 | 35 | 39 | 57 |
| i) Sisma SLV - SRSS | 391 | 201 | 44 | 26 | 23 | 43 |
| l) Sisma SLC - SRSS | 450 | 231 | 51 | 30 | 26 | 49 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLU Ed = $\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \times \gamma_{Qi} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,35 a) + 1,50 b) + 1,35 d ₂) + 1,35 e) + 0,90 g) + 0,90 h) | 612 | 200 | 1'302 | 1'634 | 2'039 | 3'937 |
| E _{d2} 1,0 a) + 1,0 b) + 1,2 c) + 1,35 d ₁) - 0,90 g) - 0,90 h) | -953 | -241 | 137 | 535 | 622 | 722 |
| Combinazione di calcolo - Statica SLE Ed = G ₁ + G ₂ + Q _{k1} + $\sum(\psi_{0i} \times Q_{ki})$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,00 d ₂) + 1,00 e) + 0,60 g) + 0,60 h) | 411 | 133 | 927 | 1'190 | 1'491 | 2'858 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 1,0 c) + 1,0 d ₁) - 0,60 g) - 0,60 h) | -699 | -167 | 305 | 582 | 666 | 846 |
| Combinazione di calcolo - Sismica Ed = E + G ₁ + G ₂ + $\sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$ | H _L (kN) | H _T (kN) | V _{Z-1} (kN) | V _{Z-2} (kN) | V _{Z-3} (kN) | V _{Z-4} (kN) |
| E _{d1} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 i) | 667 | 241 | 835 | 865 | 990 | 1'585 |
| E _{d2} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 i) | -667 | -241 | 651 | 690 | 772 | 1'119 |
| E _{d3} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₂) + 0,50 h) + 1,00 l) | 725 | 271 | 842 | 869 | 993 | 1'592 |
| E _{d4} 1,00 a) + 1,00 b) + 0,20 d ₁) - 0,50 h) - 1,00 l) | -725 | -271 | 644 | 686 | 768 | 1'113 |

10.1.2 CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI DELL'APPOGGIO SU PILA

Si prevede di utilizzare appoggi isolatori elastomerici tipo FIP SI-H 900/132, o similari ed equivalenti, isolatori elastomerici tipo **HDRB** (High Damping Rubber Bearings) a mescola dura ed elevato smorzamento, aventi le seguenti principali caratteristiche di riferimento:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| • max. portata verticale allo SLU: | $V_{SLU} = 21.220 \text{ kN}$ |
| • max. portata verticale in caso di sisma: | $V_{sisma} = 13.790 \text{ kN}$ |
| • rigidezza orizzontale: | $k_h = 6,75 \text{ kN/mm}$ |
| • massimo spostamento per deformazione orizzontale | $\delta_{h, \max} = 250 \text{ mm}$ |
| • massima portata orizzontale: | $H_{\max} = 1688 \text{ kN}$ |
| • smorzamento viscoso della gomma: | $\xi = 15 \%$ |

Dai risultati delle combinazioni di cui alle tabelle precedenti si ha:

Combinazioni di calcolo SLU

$$V_{z, Ed, \max} = 7.427 \text{ kN} < V_{\max, \text{ appoggio SLU}}$$

$$H_{Ed} = \sqrt{H_L^2 + H_T^2} = \sqrt{686^2 + 314^2} \cong 755 \text{ kN} < H_{\max, \text{ appoggio}} = 1688 \text{ kN}$$

$$\delta_{H, Ed} = \frac{H_{Ed}}{K_{hE}} = \frac{755 \text{ kN}}{6,75 \text{ kN/mm}} = 111,9 \text{ mm} < \delta_{h, \max, \text{ appoggi}}$$

Combinazione sismica SLV

$$V_{z, Ed, \max} = 3.753 \text{ kN} < V_{\max, \text{ appoggio, sisma}}$$

$$H_{Ed} = \sqrt{H_L^2 + H_T^2} = \sqrt{599^2 + 492^2} \cong 775 \text{ kN} < H_{\max, \text{ appoggio}} = 1688 \text{ kN}$$

$$\delta_{H, Ed} = \frac{H_{Ed}}{K_{hE}} = \frac{775 \text{ kN}}{6,75 \text{ kN/mm}} = 114,8 \text{ mm} < \delta_{h, \max, \text{ appoggi}}$$

Combinazione sismica SLC

$$V_{z, Ed, \max} = 3.768 \text{ kN} < V_{\max, \text{ appoggio, sisma}}$$

$$H_{Ed} = \sqrt{H_L^2 + H_T^2} = \sqrt{660^2 + 564^2} \cong 868 \text{ kN} < H_{\max, \text{ appoggio}} = 1688 \text{ kN}$$

$$\delta_{H, Ed} = \frac{H_{Ed}}{K_{hE}} = \frac{868 \text{ kN}}{6,75 \text{ kN/mm}} = 128,6 \text{ mm} < \delta_{h, \max, \text{ appoggi}}$$

Tutti gli appoggi risultano sempre in compressione.

10.1.3 CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI DEGLI APPOGGI SU SPALLA

Si prevede di utilizzare appoggi isolatori elastomerici tipo FIP SI-H 700/80, o similari ed equivalenti, isolatori elastomerici tipo **HDRB** (High Damping Rubber Bearings) a mescola dura ed elevato smorzamento, aventi le seguenti principali caratteristiche di riferimento:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| • max. portata verticale allo SLU: | $V_{SLU} = 11.370 \text{ kN}$ |
| • max. portata verticale in caso di sisma: | $V_{sisma} = 8.310 \text{ kN}$ |
| • rigidezza orizzontale: | $k_h = 6,74 \text{ kN/mm}$ |
| • massimo spostamento per deformazione orizzontale | $\delta_{h, \max} = 150 \text{ mm}$ |
| • massima portata orizzontale: | $H_{\max} = 1011 \text{ kN}$ |
| • smorzamento viscoso della gomma: | $\xi = 15 \%$ |

Dai risultati delle combinazioni di cui alle tabelle precedenti si ha:

Combinazioni di calcolo SLU

$$V_{z, Ed, \max} = 3.937 \text{ kN} < V_{\max, \text{ appoggio SLU}}$$

$$H_{Ed} = \sqrt{H_L^2 + H_T^2} = \sqrt{953^2 + 241^2} \cong 983 \text{ kN} < H_{\max, \text{ appoggio}} = 1011 \text{ kN}$$

$$\delta_{H, Ed} = \frac{H_{Ed}}{K_{hE}} = \frac{983 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 145,9 \text{ mm} < \delta_{h, \max, \text{ appoggi}}$$

Combinazione sismica SLV

$$V_{z, Ed, \max} = 1.585 \text{ kN} < V_{\max, \text{ appoggio, sisma}}$$

$$H_{Ed} = \sqrt{H_L^2 + H_T^2} = \sqrt{695^2 + 246^2} \cong 737 \text{ kN} < H_{\max, \text{ appoggio}} = 1011 \text{ kN}$$

$$\delta_{H, Ed} = \frac{H_{Ed}}{K_{hE}} = \frac{737 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 109,4 \text{ mm} < \delta_{h, \max, \text{ appoggi}}$$

Combinazione sismica SLC

$$V_{z, Ed, \max} = 1.592 \text{ kN} < V_{\max, \text{ appoggio, sisma}}$$

$$H_{Ed} = \sqrt{H_L^2 + H_T^2} = \sqrt{756^2 + 282^2} \cong 807 \text{ kN} < H_{\max, \text{ appoggio}} = 1011 \text{ kN}$$

$$\delta_{H, Ed} = \frac{H_{Ed}}{K_{hE}} = \frac{807 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 119,7 \text{ mm} < \delta_{h, \max, \text{ appoggi}}$$

Tutti gli appoggi risultano sempre in compressione.

10.2GIUNTI DI DILATAZIONE

Combinazione caratteristica SLE

Azione orizzontale long. sugli appoggi $H_{L,Ed} = 701 \text{ kN}$
Escursione longitudinale $\delta_L = \frac{701 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 104,0 \text{ mm}$

Azione orizzontale trasversale sugli appoggi $H_{T,Ed} = 167 \text{ kN}$
Escursione trasversale $\delta_T = \frac{167 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 24,8 \text{ mm}$

Combinazione sismica SLV

Azione orizzontale long. sugli appoggi $H_{L,Ed} = 695 \text{ kN}$
Escursione longitudinale $\delta_L = \frac{695 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 103,1 \text{ mm}$

Azione orizzontale trasversale sugli appoggi $H_{T,Ed} = 246 \text{ kN}$
Escursione trasversale $\delta_T = \frac{246 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 36,5 \text{ mm}$

Combinazione sismica SLC

Azione orizzontale long. sugli appoggi $H_{L,Ed} = 756 \text{ kN}$
Escursione longitudinale $\delta_L = \frac{756 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 112,2 \text{ mm}$

Azione orizzontale trasversale sugli appoggi $H_{T,Ed} = 282 \text{ kN}$
Escursione trasversale $\delta_T = \frac{282 \text{ kN}}{6,74 \text{ kN/mm}} = 41,8 \text{ mm}$

Si prevede l'installazione di giunti di dilatazione per ponti e viadotti costituiti da elementi deformabili in gomma rinforzata con inserti metallici vulcanizzati. Gli inserti metallici devono essere interamente conglobati nella gomma, onde essere efficacemente protetti dalla corrosione, e devono essere disposti in modo tale che in qualsiasi sezione verticale del giunto sia presente almeno un inserto metallico.

Si prevede, quindi, di utilizzare giunti da installare in corrispondenza delle intercapedini alle testate tra l'impalcato e le spalle, con le seguenti caratteristiche prestazionali:

- ⇒ Escursione longitudinale: $\pm 120 \text{ mm}$;
- ⇒ Escursione trasversale: $\pm 120 \text{ mm}$.

11. GIUDIZIO MOTIVATO SUI RISULTATI

A validazione di quanto ottenuto dalla modellazione di calcolo a elementi finiti, si riporta il calcolo manuale delle frequenze proprio di vibrare per l'impalcato in progetto.

Richiamando i dati principali quali: massa totale 5897 kN e rigidezza totale degli appoggi isolatori (data dalla somma di tutti i dispositivi previsti in sede di progetto) e pari a 242,92 kN/mm, si determina il seguente periodo fondamentale di vibrare:

$$T_{is} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} = 2\pi \sqrt{\frac{5897}{242920}} = 0,979 \text{ s}$$

Le frequenze calcolate con l'ausilio del software sono pari a 1,170 s e 1,052 s.

Appare una buona corrispondenza tra i valori determinati manualmente con quelli calcolati automaticamente dal software.

Ad ulteriore termine di validazione della modellazione globale utilizzata si riporta la valutazione del peso complessivo per effetto della soletta e dei sovraccarichi permanenti valutati con calcolo manuale e confrontato con la risultante da modello.

In particolare, essendo il carico della soletta pari a 11,9 m x 7,5 kN/m² = 89,25 kN/m e quello dei sovraccarichi permanenti pari a 48,76 kN/m, si ottengono le seguenti risultanti:

$$R_{\text{soletta}} = 89,25 \text{ kN/m} \times 295,5 \text{ m} = 26373 \text{ kN}$$

$$R_{\text{perm}} = 48,76 \text{ kN/m} \times 295,5 \text{ m} = 14408 \text{ kN}$$

Dalla modellazione a elementi finiti si ricavano le seguenti risultanti, rispettivamente per il contributo della sola soletta e dei sovraccarichi permanenti:

$$R_{\text{soletta}} = 26660 \text{ kN}$$

$$R_{\text{perm}} = 14551 \text{ kN}$$

Le differenze tra i valori calcolati sono pari a 287 kN per la soletta (pari a 1,1%) e 143 kN per i sovraccarichi permanenti (pari a 0,98%) risultando differenze molto modeste e accettabili.

Si ritiene pertanto validata la modellazione automatica utilizzata.