

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da Km 71+267 a km 71+327

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20 con marciapiede

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 I 0 0 D 0 9 C L V I 0 2 D 8 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	G.Grimaldi	Feb. 2022	D. Guerci	Feb. 2022	G.Fadda	Feb. 2022	A.Vittozzi

ITALFERR S.p.A.
U.C. Opere Civili e gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A/20783

File: IV0100D09CLVI02D8001A.doc

n. Elab.:

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	2 di 72

INDICE

1	PREMESSA	6
1.1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	MATERIALI.....	8
3.1	CALCESTRUZZO PER SOLETTA	8
3.2	CALCESTRUZZO PER TRAVI E TRASVERSI PREFABBRICATI – TEMPO T _∞ (FASE FINALE IN ESERCIZIO)	9
3.3	ACCIAIO PER C.A. (ARMATURA ORDINARIA)	9
3.4	ACCIAIO PER ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE.....	10
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	11
4.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	11
4.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	11
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA	14
5.1	ESECUZIONE DEL MANUFATTO.....	16
6	ANALISI DEI CARICHI.....	17
6.1	PESO PROPRIO (G1)	17
6.2	PERMANENTI PORTATI (G2)	17
6.2.1	Ballast – G2,1.....	17
6.2.2	Barriera antirumore – G2,2	17
6.2.3	Veletta in c.a. – G2,3.....	17
6.2.4	Marciapiedi gettati in seconda fase – G2,5.....	17
6.2.5	Sentiero pedonale – G2,6.....	18
6.2.6	Impianti – G2,7.....	18
6.3	AZIONI VARIABILI (Q)	18
6.4	AZIONE DI FRENATURA / AVVIAMENTO (Q3)	19
6.5	AZIONE DI SERPEGGIO	19

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	3 di 72

6.6	AZIONE CENTRIFUGA (Q4)	19
6.7	AZIONE DEL VENTO (Q5)	19
6.8	AZIONI PARASSITE DEI VINCOLI (Q7)	19
6.9	AZIONI SISMICHE (Q6)	20
6.10	COMBINAZIONE DI CARICO	21
7	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	24
7.1	VALORI CARATTERISTICI	24
7.1.1	<i>Prima fase - al taglio trefoli ed in opera</i>	24
7.1.2	<i>Seconda fase - carichi permanenti</i>	24
7.1.3	<i>Seconda fase - carichi da traffico</i>	25
7.1.4	<i>Fase transitoria - sollevamento</i>	27
7.2	VALORI DI COMBINAZIONE	28
7.2.1	<i>Stati Limite Ultimi</i>	28
7.2.2	<i>Stati Limite di Esercizio</i>	30
8	SOLLECITAZIONI SUL TRAVERSO IN CAMPATA	34
8.1	VALORI CARATTERISTICI MOMENTI FLETTENTI	34
8.1.1	<i>Carichi permanenti</i>	34
8.1.2	<i>Carichi da traffico</i>	34
8.2	VALORI DI COMBINAZIONE	35
8.2.1	<i>Stati Limite Ultimi</i>	35
8.2.2	<i>Stati Limite di Esercizio</i>	36
9	SOLLECITAZIONI SULLA SOLETTA	37
9.1	VALORI CARATTERISTICI	37
9.2	COMBINAZIONI SLU	38
9.2.1	<i>Persistenti/Transitorie</i>	38
9.3	COMBINAZIONI SLE	38

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	4 di 72

9.3.1	Combinazioni Rare.....	38
9.3.2	Combinazioni Frequenti.....	38
9.3.3	Combinazioni Quasi Permanenti.....	38
10	DEFORMAZIONI.....	39
10.1	ABBASSAMENTI - PRIMA FASE.....	39
10.2	ABBASSAMENTI - SECONDA FASE.....	39
10.2.1	Carichi permanenti.....	39
10.2.2	Carichi da traffico.....	39
10.2.3	Combinazione SLE rara - frecce totali di 2a fase	40
10.3	ROTAZIONI AGLI APPOGGI	40
10.4	DATI DI CALCOLO	40
10.4.1	Dati geometrici.....	40
10.4.2	Armature trave prefabbricata.....	41
10.4.3	Armature getto in opera	42
10.4.4	Materiali - resistenze di calcolo.....	42
10.4.5	Cadute di tensione.....	45
10.4.6	Sollecitazioni esterne.....	46
10.5	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	46
10.5.1	Stato Limite delle tensioni in esercizio - procedimento di calcolo	46
10.5.2	Stato limite di fessurazione travi prefabbricate.....	47
10.5.3	Stato Limite di deformazione.....	47
10.6	STATI LIMITE ULTIMI	48
10.6.1	Stato Limite Ultimo per sollecitazioni flettenti.....	48
10.6.2	Stato Limite Ultimo per sollecitazioni taglianti e torcenti.....	48
10.6.3	Stato Limite Ultimo per scorrimento tra i getti	49
10.7	VERIFICA DELLE SEZIONI.....	50

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	5 di 72

10.7.1	Verifica sezione X=0.00 - Sezione all'appoggio.....	50
10.7.2	Verifica sezione X=1140.00 - Sezione di mezzeria.....	54
11	DIAGRAMMI SOLLECITAZIONI.....	59
12	SOLETTA.....	64
12.1	CAMPO INTERMEDIO.....	64
13	VERIFICA TRAVERSO DI CAMPATA.....	68

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	6 di 72

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il viadotto ferroviario su Torrente Maremola/Giustenice previsto dal progetto definitivo di raddoppio della linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure-Andora tra le progressive chilometriche 71+435.295 e 71+015.297 su binario pari.

1.1 Descrizione generale dell'opera

Il viadotto in esame si sviluppa su 14 campate sul binario dispari di cui 11 con luce di 25.00m, 2 con luce di 45.00m e 1 con luce di 55.00m. Sul binario pari il viadotto si sviluppa su 15 campate di cui 7 con luce di 25.00m, 3 con luce di 20.00m, 1 con luce di 40.00m, 1 con luce di 45.00m e 1 con luce di 55.00m

La realizzazione delle pile e delle spalle richiede la realizzazione di scavi con pendenza 2:3 ad eccezione delle pile 11 e 2 per le quali è stato necessario prevedere opportune opere provvisorie per proteggere lo scavo da un eventuale piena del torrente. L'opera provvisoria è realizzata mediante una paratia di pali secanti $\phi 1200$ a passo 900 di lunghezza pari 17.00m sulla Pila 2 e 19.00m sulla Pila 11. E' previsto un tappo di fondo di jet grouting di spessore pari a 5.00m per la Pila 2 e di 7.00m per la pila 11

L'impalcato da 20.00m è costituito da 3 travi in C.A.P. a cassoncino prefabbricate solidarizzate da 4 traversi (2 sull'asse-appoggi e 2 in campata) prefabbricati insieme a una soletta superiore in C.A. gettata in opera con una larghezza complessiva pari a 11.45m su cui gravano 1 binario posto. Le travi a cassone sono poste ad interasse di 2.72 m; in prossimità degli appoggi hanno sezione ringrossata ed in corrispondenza del traverso sono dotate di passo d'uomo. I cassoncini hanno un'altezza pari ad 2.10 m ed una larghezza massima pari a 2.70 m.

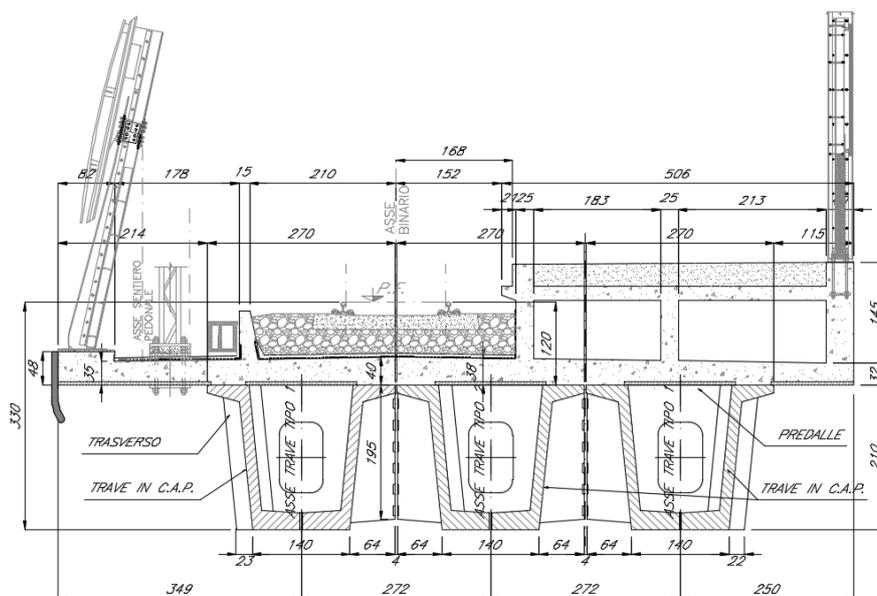


Figura 1: sezione tipo impalcato in c.a.p. . tre travi a singolo binario

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20 con marciapiede</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI02D8 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 7 di 72</p>

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative ed è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS:

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 21 gennaio 2019, n. 7/C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;"*

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	8 di 72

3 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

3.1 Calcestruzzo per soletta

Classe di resistenza:
C35/45

Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	45	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	37.35	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	45.35	N/mm^2
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	3.35	N/mm^2
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	4.02	N/mm^2
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	34625	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	2.35	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	4.36	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	21.2	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.56	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	37.4	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	2.35	N/mm^2
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	22.41	N/mm^2
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	16.81	N/mm^2

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	9 di 72

3.2 Calcestruzzo per travi e trasversi prefabbricati – tempo t_{oo} (fase finale in esercizio)

Classe di resistenza:
C45/55

Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	55	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	45.65	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	53.65	N/mm^2
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	3.83	N/mm^2
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	4.60	N/mm^2
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	36416	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	2.68	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	4.98	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	25.9	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.79	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	45.7	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	2.68	N/mm^2
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	27.39	N/mm^2
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	20.54	N/mm^2

3.3 Acciaio per c.a. (armatura ordinaria)

B450C

$f_{yk} \geq$	450 MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540 MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1,15	
$(f_t/f_y)_k <$	1,35	
$\gamma_s =$	1,15 -	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3 MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000 MPa	Modulo elastico di progetto
$\varepsilon_{yd} =$	0,196%	deformazione di progetto a snervamento
$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%	deformazione caratteristica ultima

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	10 di 72

3.4 Acciaio per armature di precompressione

$f_{ptk} \geq$	1860 MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{p(1)k} \geq$	1670 MPa	tensione caratteristica allo 1% di deformazione
$\gamma_s =$	1,15 -	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$E_s =$	195000 MPa	Modulo elastico di progetto
$\sigma_s < 0.90 \times f_{p(1)k} =$	1503 MPa	Tensione massima trefolo in fase iniziale
$\sigma_s < 0.80 \times f_{ptk} =$	1488 MPa	Tensione massima trefolo in fase iniziale
$\sigma_s < 0.80 \times f_{ptk} =$	1488 MPa	Tensione massima trefolo in fase finale con cadute di tensione

Per il calcestruzzo si adotta il diagramma parabola rettangolo definito da un arco di parabola con la seguente equazione:

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[2 \cdot \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right]; \quad \text{per: } \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = 0.85 \cdot f_{cd}; \quad \text{per: } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$$

in cui ε_{c2} e ε_{cu2} assumono i seguenti valori:

deformazione in corrispondenza del valore massimo della tensione $\varepsilon_{c2} = 2.0\%$

deformazione unitaria a rottura $\varepsilon_{cu2} = 3.5\%$

Per l'acciaio B450C Si adotta il diagramma elastico perfettamente plastico considerando, in favore di sicurezza, un limite della deformazione unitaria ultima " ε_{ud} " pari a: deformazione unitaria ultima $\varepsilon_{ud} = 0.9 \times \varepsilon_{uk} = 6.75\%$.

Per l'acciaio armonico si adotta il diagramma elasto-plastico incrudente considerando, in favore di sicurezza, un limite della deformazione unitaria ultima " ε_{ud} " pari a:

deformazione unitaria ultima $\varepsilon_{ud} = 1.0\%$.

La tensione limite del primo tratto è assunta pari a $(0.9 \times f_{ptk}) / \gamma_s = f_{p(1)k} / \gamma_s$ mentre la tensione limite di rottura è assunta pari a f_{ptk} / γ_s .

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20 con marciapiede</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI02D8 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 11 di 72</p>

4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 2018 e relativa circolare applicativa.

4.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 75$ anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_U = 1.5$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

4.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **B**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	12 di 72

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

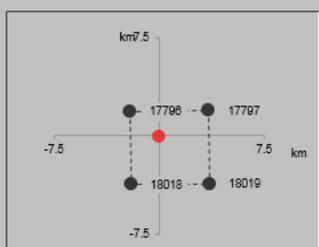
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

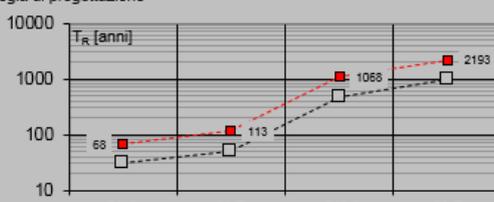
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

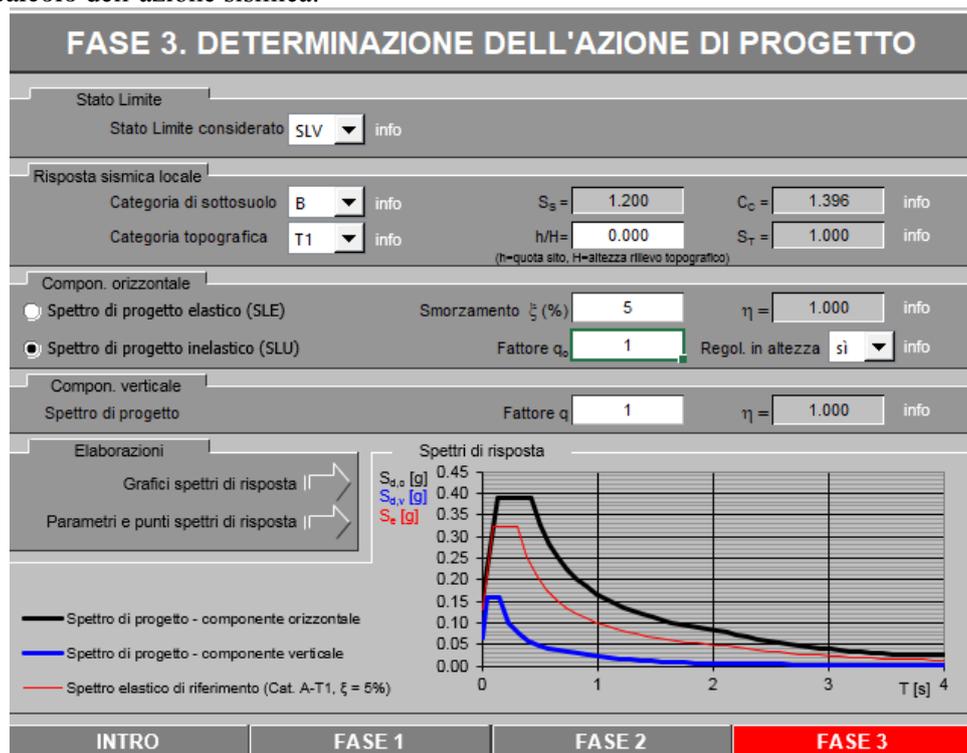
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	13 di 72

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.



PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	14 di 72

5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

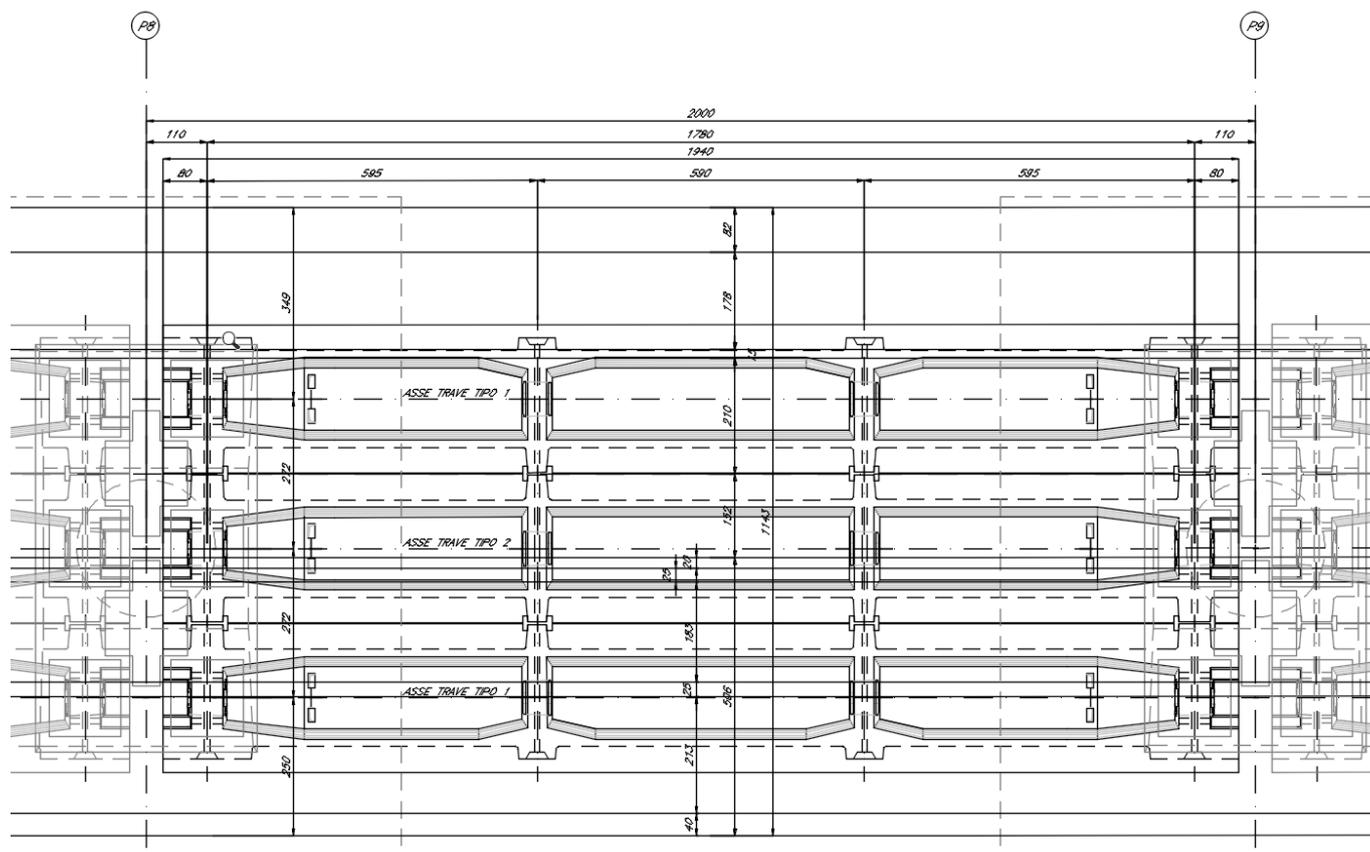
L'impalcato oggetto della presente relazione, è realizzato con un sistema di travi prefabbricate in cemento armato precompresso. Lo schema statico è quello di una trave semplicemente appoggiata alle estremità di luce netta pari a circa 22.60 m (da appoggio a appoggio). L'impalcato è caratterizzato da una larghezza complessiva pari a 11.45 m (di cui 3.80 m relativi alla vasca ballast)

La struttura dell'impalcato si compone con cassoncini prefabbricati in c.a.p., aventi un interasse di 2,72 m e lunghezza pari a 20.00 m. Le travi principali sono solidarizzate da 4 traversi (2 sull'asse-appoggi e 2 in campata) prefabbricati insieme alle travi.

Le travi hanno un'altezza costante pari a 2.10 m, una larghezza superiore di 2.70 m ed inferiore di 1.40 m. Lo spessore minimo della parte inferiore della trave è di 0.25 m mentre quello delle anime è di 0.16 m. La soletta di completamento in cemento armato ha uno spessore variabile tra 0.32÷0.40 m.

La precompressione è data da trefoli con sezione da 0,6" (1,39cmq), alcuni opportunamente inguainati.

Nelle figure seguenti si riportano alcuni stralci di planimetrie e sezioni dell'impalcato.



PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	15 di 72

Figura 2 – Pianta dell'impalcato

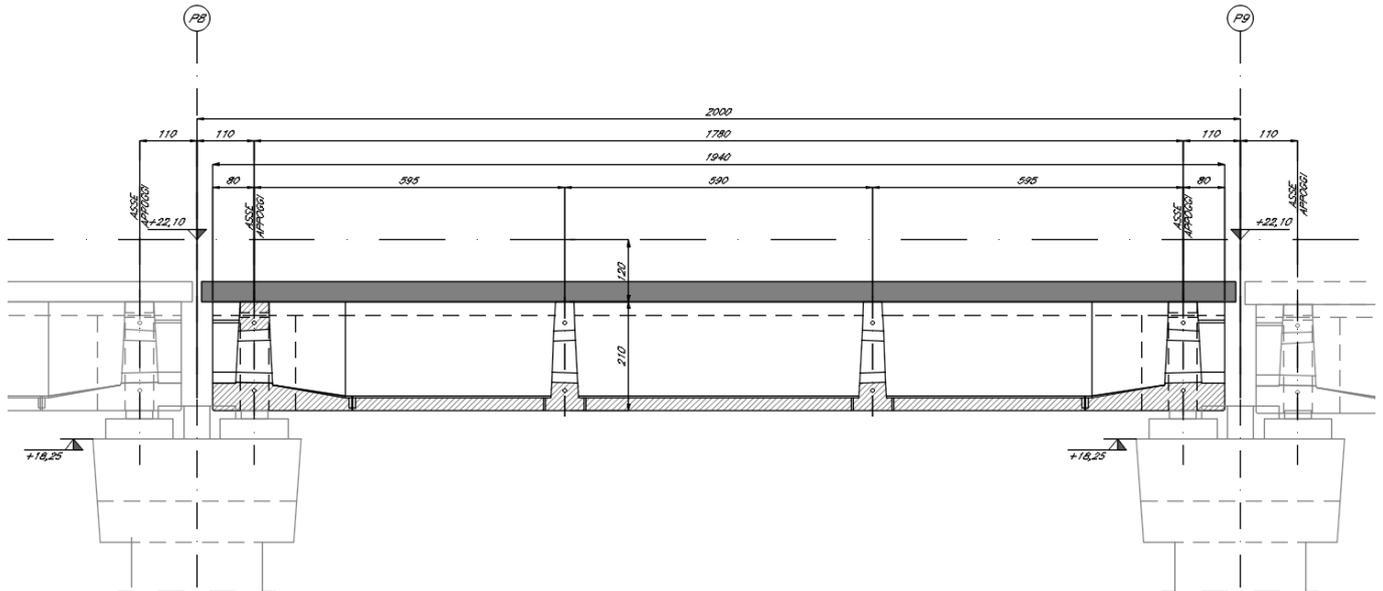


Figura 3 – Sezione longitudinale

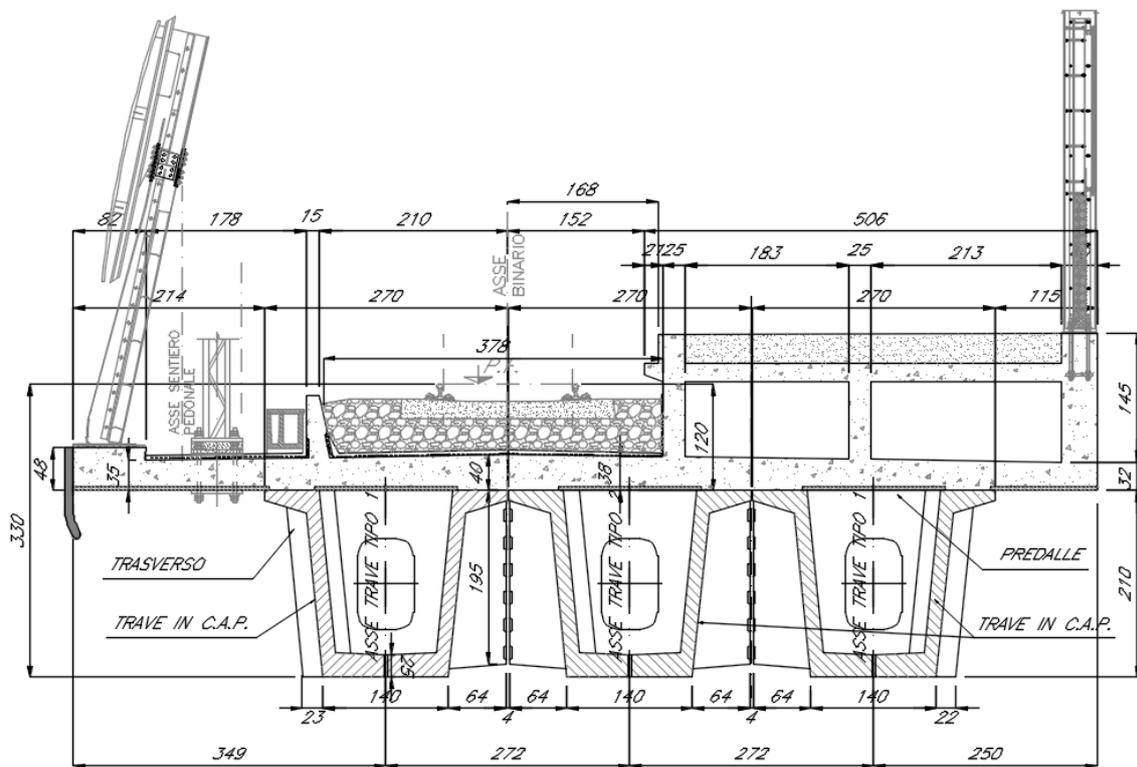


Figura 4 – Sezione tipica trasversale dell'impalcato

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	16 di 72

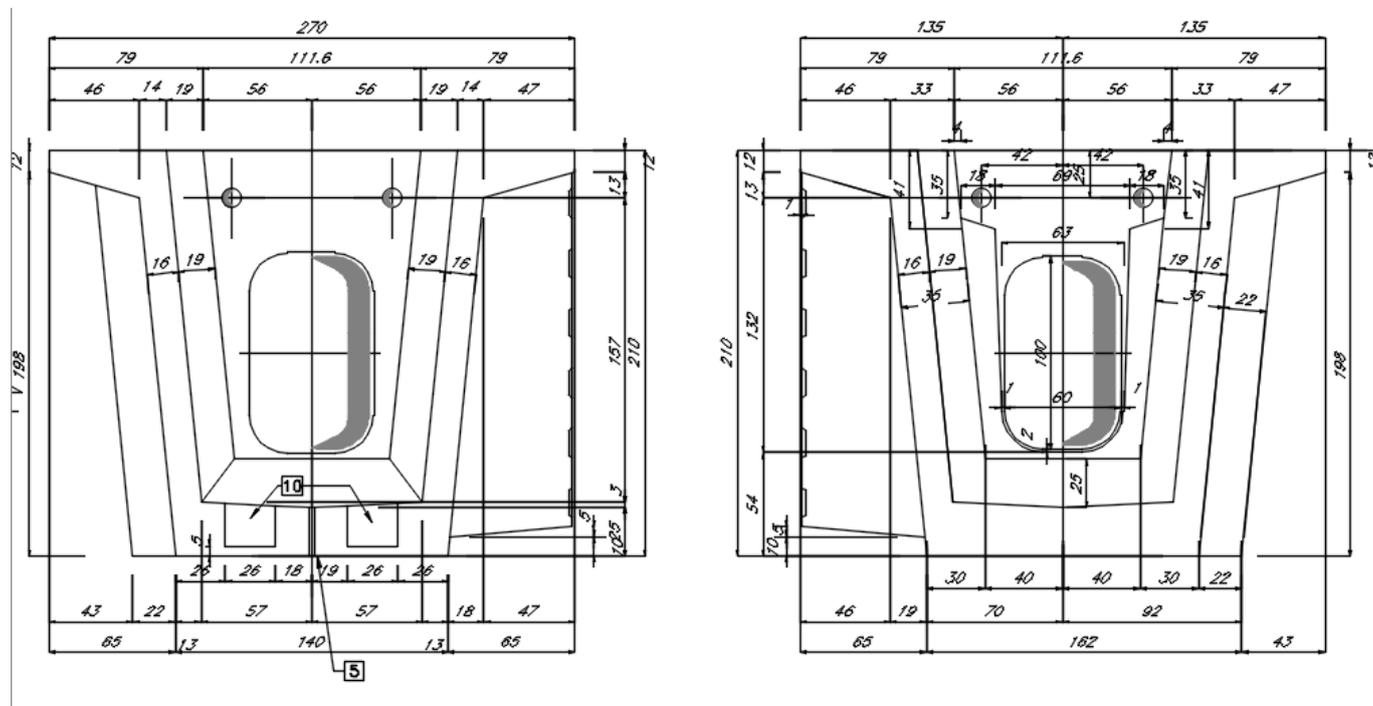


Figura 5 – Sezione della trave in c.a.p.

Lo schema di vincolo dell'impalcato prevede tre apparecchi di appoggio per ognuna delle estremità, con schema globale di tipo fisso, unidirezionale o multidirezionale

5.1 Esecuzione del manufatto

Le travi e i traversi vengono realizzati in stabilimento mediante il getto del calcestruzzo in casseforme metalliche, vibrato ad alta frequenza per la compattazione e trattato con ciclo termico. La precompressione delle travi è realizzata mediante la pretensione di trefoli, a tiro multiplo, sulle piste di confezionamento prevedendo la posa in opera di guaine per la quota parte dei trefoli che verranno in seguito tagliati: si provvederà inoltre a sfilare da apposite cassette i tratti di armatura non aderente, con successiva iniezione dei condotti e sigillatura delle cassette.

La soletta in cemento armato è prevista gettata in opera utilizzando delle predalle in c.a. aventi spessore di 5 cm. Una volta disposte le predalle si provvede alla posa dell'armatura trasversale integrativa e dell'armatura longitudinale di ripartizione e quindi si esegue il getto a spessore definitivo.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	17 di 72

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Peso proprio (G1)

Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.

Il peso delle travi, della soletta e dei trasversi è applicato come carico distribuito sugli elementi "beam" del modello agli elementi finiti dell'impalcato.

Peso trave (a metro lineare-sezione corrente) $P_{tra}=25 \times A_{media-trave}=25 \times 1.1321 = 28.3 \text{ kN/m}$

Peso trave (a metro lineare-sezione testata) $P_{tra}=25 \times A_{media-trave}=25 \times 2.0145 = 50.4 \text{ kN/m}$

Peso soletta (a metro lineare) $P_{sol}=25 \times S_{soletta}=25 \times 4.1357 = 103.4 \text{ kN/m}$

Peso trasversi intermedi (a metro lineare) $P_{tra}=25 \times A_{trasverso-campata}=25 \times 2.00 \times 0.35 = 17.5 \text{ kN/m}$

Peso trasversi testata (a metro lineare) $P_{tra}=25 \times A_{trasverso-testata}=25 \times 2.00 \times 0.55 = 27.5 \text{ kN/m}$

6.2 Permanenti portati (G2)

Sono stati considerati i seguenti contributi da applicare alle travi di competenza

6.2.1 Ballast – G2,1

Si considera il peso specifico della pavimentazione pari a 18 kN/m³ e uno spessore medio di 80 cm. Il peso al metro quadrato è pari a 18x0.80 = 14.4 kN/m².

6.2.2 Barriera antirumore – G2,2

Si considera il peso della barriera antirumore pari a 15.0 kN/m.

6.2.3 Veletta in c.a. – G2,3

Si considera il peso della veletta in c.a pari a 25x0.1894 = 4.74 ≈ 5.0 kN/m.

6.2.4 Marciapiedi gettati in seconda fase – G2,5

Il marciapiede di banchina è realizzato con getto di seconda fase sulla soletta. Si considera un peso proprio pari a 50.0 kN/m ed un peso complessivo della pavimentazione pari a 35.0 kN/m.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	18 di 72

6.2.5 Sentiero pedonale – G2,6

Il sentiero pedonale si considera un peso complessivo pari a 1.50 kN/m.

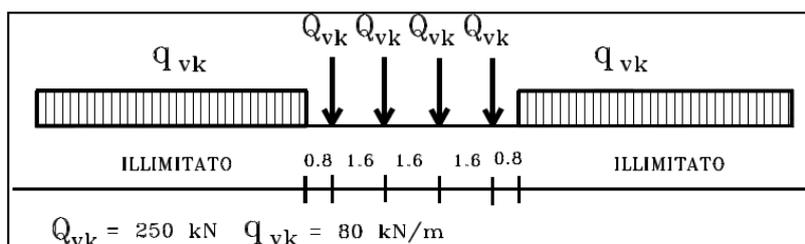
6.2.6 Impianti – G2,7

Si considera un peso della canaletta impianti pari a 2.1 kN/m.

6.3 Azioni variabili (Q)

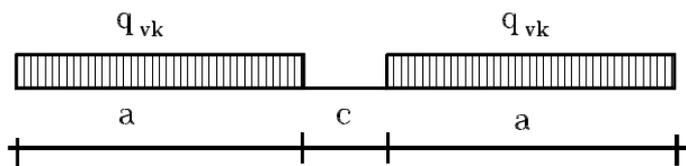
I carichi mobili sono costituiti per trave semplicemente appoggiata:

- Treno di carico LM71



Per tale carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binbinario pari a 8 cm ($=s/18$ con scartamento $s=1435\text{mm}$) di cui si è tenuto conto nel modello di calcolo.

- Treno di carico SW2



Tipo di Cario	qvk [kN/m]	a[m]	c[m]
SW/2	150	25	7

- Carico su marciapiede schematizzato da un carico uniformemente ripartito del valore di 5 kN/m²

I treni di carico LM71 e SW/2 sono stati incrementati dei seguenti coefficienti di amplificazione:

coefficiente di adattamento	α	1.10
freccia in mezzeria dovuta alle azioni permanenti	δ_o	14.2 mm
prima frequenza flessionale	n_o	4.7 Hz
limite superiore del fuso	$n_{o,sup}$	9.1 Hz

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	19 di 72

limite inferiore del fuso $n_{o,inf}$ 3.7 Hz
standard manutentivo normale
coefficiente di amplificazione dinamica $\Phi 3$ 1.202

6.4 Azione di frenatura / avviamento (q3)

Si riporta di seguito il calcolo delle azioni indotte dalla frenatura e avviamento:

valore caratteristico dell'azione di avviamento (LM71/SW0/SW2)	$Q_{la,k,t}$	33.0*L	KN
valore caratteristico dell'azione di frenatura (LM71/SW0)	$Q_{lb,k}$	20.0*L	KN
valore caratteristico dell'azione di frenatura (SW2)	$Q_{lb,k}$	35.0*L	KN

6.5 Azione di serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta perpendicolarmente all'asse del binario.

valore caratteristico dell'azione di serpeggio	Q_{sk}	=	100	[KN]
--	----------	---	-----	------

6.6 Azione centrifuga (q4)

L'azione centrifuga può ritenersi trascurabile essendo il raggio di curvatura molto grande. Di conseguenza ai fini del calcolo l'impalcato si assimila rettilineo.

6.7 Azione del vento (q5)

L'azione del vento trasversale, valutata a partire da una pressione di riferimento di intensità pari 2.5 kPa, si traduce in una forza orizzontale che agisce sul piano dell'impalcato, ed in un'azione torcente dovuta all'eccentricità di tale forza rispetto al piano medio dell'impalcato stesso. La superficie di spinta del vento è stata assunta come la maggiore tra la somma dell'altezza dell'impalcato più quella di un mezzo convenzionale di altezza pari a 4.0 m e quella dell'altezza della barriera antirumore.

6.8 Azioni parassite dei vincoli (Q7)

Le azioni parassite dei vincoli sono stimate come forze orizzontali pari allo 3% delle reazioni dovute ai carichi verticali. Non essendo dimensionanti ai fini dell'impalcato le stesse sono calcolate nelle relazioni delle sottostrutture.

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	20 di 72

6.9 Azioni sismiche (q6)

La valutazione della risposta dinamica del viadotto alle azioni sismiche è stata effettuata mediante analisi modale con spettro di risposta in campo elastico lineare, considerando un numero di modi tale da eccitare in ciascuna direzione delle componenti del moto sismico una massa superiore allo 85% di quella totale.

- Azione in ingresso

Per l'esecuzione delle analisi sono stati adottati le seguenti espressioni degli spettri di progetto:

– spettro di risposta elastico della componente orizzontale

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \left[\frac{T}{T_B} \cdot \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad 0 \leq T < T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \quad T_B \leq T < T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad T_C \leq T < T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \quad T_D \leq T$$

– spettro di risposta elastico della componente verticale

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

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \quad T_B \leq T < T_C$$

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

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

Gli spettri di progetto allo SLV sono stati determinati attraverso le stesse espressioni di quelli dello spettro elastico, ma sostituendo in questi il coefficiente η con $1/q$, essendo q il coefficiente di struttura. Per quest'ultimi è stato assunto un valore 1.5 per la componente orizzontale e pari a 1 per quella verticale.

Per la determinazione degli spettri sono stati assunti i seguenti parametri:

- VN = 75 anni (vita nominale dell'opera);
- CU = 1.5 (corrispondente ad una classe d'uso III).

cui corrisponde un periodo di riferimento:

- VR = 112.5 anni (periodo di riferimento).

Inoltre si è assunto:

- tipo B (categoria di suolo);
- $S_T = 1$ (coefficiente di amplificazione topografica);

si rimanda al capitolo specifico all'interno di questa stessa relazione per la definizione dei valori di calcolo

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	21 di 72

- Masse

La definizione delle masse in gioco è effettuata come segue:

- per quanto riguarda le masse proprie degli elementi strutturali (impalcato e pile), essa è computata automaticamente dal programma di calcolo, una volta note le caratteristiche geometriche delle sezioni e la densità del materiale (quest'ultima assunta pari a $2500 \text{ kg}_m/\text{m}^3$);
- alla massa suddetta si aggiunge quella dei permanenti portati, anch'essa schematizzata dal programma di calcolo come massa uniformemente ripartita sull'impalcato. La densità di massa computata è pari a:
 $\rho = g_2/g$
dove
 $g_2 =$ forza verticale totale per unità di lunghezza dovuta ai sovraccarichi permanenti;
 $g =$ accelerazione di gravità.

- si è considerata infine anche un'aliquota del 20% della massa associata al carico mobile.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati quindi tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali: $G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$ dove per i carichi dovuti al transito dei convogli si assume $\psi_{2j} = 0,2$, quando rilevante.

- Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Si considerano tre componenti dell'azione sismica: una in direzione longitudinale, una avente direzione trasversale ed una verticale. Le tre componenti, che si considerano aventi simultaneamente sull'opera, vengono combinate secondo le seguenti espressioni:

q6.1) $E_x + 0.3 E_y + 0.3 E_z$

q6.2) $0.3 E_x + E_y + 0.3 E_z$

q6.3) $0.3 E_x + 0.3 E_y + E_z$

dove:

$E_x =$ azione sismica lungo x (direzione longitudinale);

$E_y =$ azione sismica lungo y (direzione trasversale);

$E_z =$ azione sismica lungo z (direzione verticale).

6.10 Combinazione di carico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1.00	-	0.5 (0.0)	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1.00	0.00	1.0 (0.0)	1.0(0.0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1.0 (0.5)	-	1.00	0.5 (0.0)	0.5 (0.0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0.8 (0.6; 0.4)	-	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	fessurazione

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	22 di 72

I carichi LM71 e SW devono essere amplificati per il coefficiente di adattamento $\alpha=1.10$ e per il coefficiente di incremento dinamico, prima determinato e pari a $\Phi_3=1.205$

Le combinazioni di azioni per le verifiche agli stati limite ultimi sono definite al punto 2.5.3 del D.M. 2018:

$$\sum_{j>1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{comb. fondamentale}$$

dove:

- G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;
- E è l'azione del sisma per lo stato limite considerato;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili;
- γ_G, γ_P e γ_Q sono i coefficienti parziali delle azioni per gli SLU;
- ψ_0, ψ_2 sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili.

I valori dei coefficienti $\psi_0, \gamma_G, \gamma_P$ e γ_Q sono riportati nelle tabelle seguenti:

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

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

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

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

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

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

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

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	23 di 72

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr ₁	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	24 di 72

7 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

La verifica è stata condotta con il codice di calcolo automatico TCAP ed. 9.4 - 02/2019 sviluppato da SIGMAC SOFT - Padova.

Procedura di calcolo tensionale per flessione: PREFLErett vers. TCAP/3.0 09/11 - SIGMACSOFT

Procedura di calcolo a rottura per flessione: FindLim ed. TCAP/1.0 05/10 - SIGMACSOFT

Procedura di calcolo a rottura per taglio: VrdCalc ed. TCAP/1.0 06/10 - SIGMACSOFT

Modello iperstatico: TRSP ed. TCAP/1.0 04/10 - SIGMACSOFT

7.1 Valori caratteristici

7.1.1 Prima fase - al taglio trefoli ed in opera

X	Descrizione	peso trave		peso soletta+traversi	
		M [KN·m]	V [KN]	M [KN·m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	270.97	0.00	466.16
1.00		246.40	224.87	440.53	416.14
2.00		453.91	192.44	831.45	366.12
3.00		632.52	164.55	1172.76	316.10
4.00		783.45	136.66	1464.45	266.09
5.00		905.86	108.77	1704.97	216.07
6.00		1000.84	80.88	1894.84	160.06
7.00		1067.59	52.99	2014.54	95.03
8.00		1106.95	25.10	2085.14	45.02
8.90	mezzeria	1118.29	0.00	2105.47	0.00
9.00		1118.04	-2.79	2105.02	-5.00
10.00		1100.96	-30.68	2074.39	-55.02
11.00		1056.42	-58.57	1994.52	-105.04
12.00		984.22	-86.46	1862.30	-176.05
13.00		883.57	-114.35	1660.79	-226.07
14.00		755.13	-142.24	1409.45	-276.09
15.00		599.02	-170.13	1108.49	-326.11
16.00		415.24	-198.08	757.91	-376.12
17.00		198.36	-240.21	356.39	-426.14
17.80	appoggio	0.00	-270.97	0.00	-466.16

7.1.2 Seconda fase - carichi permanenti

Sez.X	Descrizione	peso cordoli		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	140.46	0.00
1.00		132.38	124.68	0.00
2.00		249.10	108.90	0.00

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	25 di 72

Sez.X	Descrizione	peso cordoli		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
3.00		350.16	93.11	0.00
4.00		435.57	77.33	0.00
5.00		504.84	61.55	0.00
6.00		558.59	45.77	0.00
7.00		596.36	29.99	0.00
8.00		618.64	14.20	0.00
8.90	mezzeria	625.05	0.00	0.00
9.00		624.91	-1.58	0.00
10.00		615.24	-17.36	0.00
11.00		590.04	-33.14	0.00
12.00		549.18	-48.92	0.00
13.00		492.23	-64.71	0.00
14.00		419.55	-80.49	0.00
15.00		331.21	-96.27	0.00
16.00		227.22	-112.05	0.00
17.00		107.15	-127.83	0.00
17.80	appoggio	0.00	-140.46	0.00

Sez.X	Descrizione	permanenti portati		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	680.12	0.00
1.00		640.97	603.70	0.00
2.00		1206.14	527.28	0.00
3.00		1695.50	450.86	0.00
4.00		2109.07	374.45	0.00
5.00		2444.45	298.03	0.00
6.00		2704.71	221.61	0.00
7.00		2887.59	145.19	0.00
8.00		2995.46	68.78	0.00
8.90	mezzeria	3026.52	0.00	0.00
9.00		3025.83	-7.64	0.00
10.00		2979.03	-84.06	0.00
11.00		2857.00	-160.48	0.00
12.00		2659.17	-236.89	0.00
13.00		2383.38	-313.31	0.00
14.00		2031.46	-389.73	0.00
15.00		1603.73	-466.15	0.00
16.00		1100.20	-542.57	0.00
17.00		518.83	-618.98	0.00
17.80	appoggio	0.00	-680.12	0.00

7.1.3 Seconda fase - carichi da traffico

Sez.X	Descrizione	Tandem-TS		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00	0.00
2.00		0.00	0.00	0.00
3.00		0.00	0.00	0.00
4.00		0.00	0.00	0.00
5.00		0.00	0.00	0.00
6.00		0.00	0.00	0.00

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	26 di 72

Sez.X	Descrizione	Tandem-TS		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
7.00		0.00	0.00	0.00
8.00		0.00	0.00	0.00
8.90	mezzeria	0.00	0.00	0.00
9.00		0.00	0.00	0.00
10.00		0.00	0.00	0.00
11.00		0.00	0.00	0.00
12.00		0.00	0.00	0.00
13.00		0.00	0.00	0.00
14.00		0.00	0.00	0.00
15.00		0.00	0.00	0.00
16.00		0.00	0.00	0.00
17.00		0.00	0.00	0.00
17.80	appoggio	0.00	0.00	0.00

Sez.X	Descrizione	Distribuito-UDL		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	1052.55	0.00
1.00		991.97	937.69	0.00
2.00		1866.62	829.42	0.00
3.00		2623.97	727.74	0.00
4.00		3264.00	632.65	0.00
5.00		3783.04	544.36	0.00
6.00		4185.82	462.60	0.00
7.00		4468.85	387.57	0.00
8.00		4635.78	319.06	0.00
8.90	mezzeria	4683.85	-263.14	0.00
9.00		4682.78	-269.11	0.00
10.00		4610.35	-332.31	0.00
11.00		4421.50	-402.05	0.00
12.00		4115.34	-478.39	0.00
13.00		3688.53	-561.50	0.00
14.00		3143.89	-651.23	0.00
15.00		2481.93	-747.55	0.00
16.00		1702.67	-850.46	0.00
17.00		802.94	-960.14	0.00
17.80	appoggio	0.00	-1052.55	0.00

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	71.96	0.00
1.00		67.82	63.87	0.00
2.00		127.61	55.79	0.00
3.00		179.39	47.70	0.00
4.00		223.14	39.62	0.00
5.00		258.63	31.53	0.00
6.00		286.16	23.45	0.00
7.00		305.51	15.36	0.00
8.00		316.92	7.28	0.00
8.90	mezzeria	320.21	0.00	0.00
9.00		320.14	-0.81	0.00
10.00		315.18	-8.89	0.00
11.00		302.27	-16.98	0.00
12.00		281.34	-25.06	0.00
13.00		252.16	-33.15	0.00

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	27 di 72

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
14.00		214.93	-41.23	0.00
15.00		169.68	-49.32	0.00
16.00		116.40	-57.40	0.00
17.00		54.89	-65.49	0.00
17.80	appoggio	0.00	-71.96	0.00

Sez.X	Descrizione	gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	1088.53	0.00
1.00		1025.87	969.63	0.00
2.00		1930.43	857.31	0.00
3.00		2713.66	751.59	0.00
4.00		3375.57	652.46	0.00
5.00		3912.36	560.13	0.00
6.00		4328.90	474.32	0.00
7.00		4621.60	395.25	0.00
8.00		4794.24	322.70	0.00
8.90	mezzeria	4843.95	-263.14	0.00
9.00		4842.84	-269.52	0.00
10.00		4767.95	-336.76	0.00
11.00		4572.64	-410.54	0.00
12.00		4256.01	-490.92	0.00
13.00		3814.61	-578.07	0.00
14.00		3251.35	-671.84	0.00
15.00		2566.77	-772.21	0.00
16.00		1760.87	-879.16	0.00
17.00		830.38	-992.88	0.00
17.80	appoggio	0.00	-1088.53	0.00

7.1.4 Fase transitoria - sollevamento

Sbalzo sinistro = 0.60

Sbalzo destro = 0.60

Coefficiente di incremento dinamico 0.15

Sez.X	Descrizione	M max [KN-m]	M min [KN-m]
-0.80		0.00	0.00
-0.20	aggancio	-7.58	-10.26
0.20		113.46	83.86
1.20		387.36	286.31
2.20		619.24	457.70
3.20		817.88	604.52
4.20		984.47	727.65
5.20		1119.24	827.26
6.20		1222.20	903.36
7.20		1292.58	955.39
8.20		1330.86	983.68
9.20		1337.33	988.46
10.20		1311.98	969.73
11.20		1254.11	926.95
12.20		1164.09	860.41

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	28 di 72

Sez.X	Descrizione	M max [KN-m]	M min [KN-m]
13.20		1042.25	770.36
14.20		888.60	656.79
15.20		702.46	519.21
16.20		484.04	357.77
18.00	aggancio	-7.58	-10.26
18.60		0.00	0.00

7.2 Valori di combinazione

7.2.1 Stati Limite Ultimi

7.2.1.1 Prima fase - al taglio dei trefoli

$$E_d = E\{ \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,1} \}$$

$$E_d = E\{ \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	365.81
1.00		332.64	303.58
2.00		612.78	259.79
3.00		853.90	222.14
4.00		1057.66	184.49
5.00		1222.91	146.84
6.00		1351.14	109.19
7.00		1441.24	71.54
8.00		1494.39	33.89
8.90	mezzeria	1509.69	0.00
9.00		1509.35	-3.77
10.00		1486.29	-41.42
11.00		1426.17	-79.07
12.00		1328.70	-116.72
13.00		1192.82	-154.37
14.00		1019.42	-192.02
15.00		808.68	-229.67
16.00		560.58	-267.41
17.00		267.78	-324.28
17.80	appoggio	0.00	-365.81

7.2.1.2 Fase transitoria - sollevamento

$$E_d = E\{ \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,1} \cdot \phi_{din,sup} \}$$

$$E_d = E\{ \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,1} \cdot \phi_{din,inf} \}$$

Sez.X	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
0.00	appoggio	71.83	39.33
1.00		454.37	248.77
2.00		776.53	425.15
3.00		1053.81	576.96

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	29 di 72

Sez.X	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
4.00		1288.14	705.26
5.00		1478.17	809.30
6.00		1625.63	890.04
7.00		1729.26	946.77
8.00		1790.37	980.24
8.90	mezzeria	1807.97	989.87
9.00		1807.58	989.66
10.00		1781.06	975.14
11.00		1711.92	937.28
12.00		1599.83	875.91
13.00		1443.57	790.36
14.00		1244.16	681.18
15.00		1001.80	548.49
16.00		716.49	392.28
17.00		379.77	207.93
17.80	appoggio	71.83	39.33

7.2.1.3 Prima fase - al getto soletta

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	995.12
1.00		927.36	865.36
2.00		1735.24	754.06
3.00		2437.12	648.88
4.00		3034.66	543.71
5.00		3524.61	438.53
6.00		3909.17	325.27
7.00		4160.87	199.83
8.00		4309.33	94.66
8.90	mezzeria	4352.08	0.00
9.00		4351.13	-10.52
10.00		4286.72	-115.69
11.00		4118.77	-220.87
12.00		3842.80	-354.39
13.00		3434.89	-459.57
14.00		2922.17	-564.74
15.00		2305.13	-669.92
16.00		1583.76	-775.17
17.00		748.90	-899.57
17.80	appoggio	0.00	-995.12

7.2.1.4 Seconda fase - Persistenti Transitorie (P/T)

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	30 di 72

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	3783.28	0.00
1.00		3555.04	3345.19	0.00
2.00		6679.85	2935.09	0.00
3.00		9387.90	2540.69	0.00
4.00		11680.88	2155.84	0.00
5.00		13545.74	1780.85	0.00
6.00		14997.25	1407.25	0.00
7.00		15998.67	1031.21	0.00
8.00		16589.33	684.90	0.00
8.90	mezzeria	16759.41	-381.55	0.00
9.00		16755.61	-414.91	0.00
10.00		16499.37	-753.52	0.00
11.00		15831.15	-1101.61	0.00
12.00		14744.17	-1487.61	0.00
13.00		13205.65	-1855.09	0.00
14.00		11250.20	-2232.17	0.00
15.00		8879.67	-2618.80	0.00
16.00		6094.06	-3015.07	0.00
17.00		2875.85	-3440.30	0.00
17.80	appoggio	0.00	-3783.28	0.00

7.2.2 Stati Limite di Esercizio

7.2.2.1 Prima fase - al taglio dei trefoli

$$E_d = E \{ G_{k,1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	270.97
1.00		246.40	224.87
2.00		453.91	192.44
3.00		632.52	164.55
4.00		783.45	136.66
5.00		905.86	108.77
6.00		1000.84	80.88
7.00		1067.59	52.99
8.00		1106.95	25.10
8.90	mezzeria	1118.29	0.00
9.00		1118.04	-2.79
10.00		1100.96	-30.68
11.00		1056.42	-58.57
12.00		984.22	-86.46
13.00		883.57	-114.35
14.00		755.13	-142.24
15.00		599.02	-170.13
16.00		415.24	-198.08
17.00		198.36	-240.21
17.80	appoggio	0.00	-270.97

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	31 di 72

7.2.2.2 Fase transitoria - sollevamento

$$E_d = E\{ G_{k,1} \cdot \varphi_{din,sup} \}$$

$$E_d = E\{ G_{k,1} \cdot \varphi_{din,inf} \}$$

Sez.X	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
0.00	appoggio	53.20	39.33
1.00		336.57	248.77
2.00		575.20	425.15
3.00		780.60	576.96
4.00		954.18	705.26
5.00		1094.94	809.30
6.00		1204.17	890.04
7.00		1280.93	946.77
8.00		1326.20	980.24
8.90	mezzeria	1339.24	989.87
9.00		1338.95	989.66
10.00		1319.31	975.14
11.00		1268.09	937.28
12.00		1185.06	875.91
13.00		1069.31	790.36
14.00		921.60	681.18
15.00		742.08	548.49
16.00		530.73	392.28
17.00		281.31	207.93
17.80	appoggio	53.20	39.33

7.2.2.3 Prima fase - al getto soletta

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	737.13
1.00		686.94	641.01
2.00		1285.36	558.56
3.00		1805.27	480.65
4.00		2247.90	402.75
5.00		2610.82	324.84
6.00		2895.68	240.94
7.00		3082.13	148.02
8.00		3192.10	70.12
8.90	mezzeria	3223.76	0.00
9.00		3223.06	-7.79
10.00		3175.35	-85.70
11.00		3050.94	-163.61
12.00		2846.52	-262.51
13.00		2544.36	-340.42
14.00		2164.57	-418.33
15.00		1707.50	-496.23
16.00		1173.15	-574.20

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	32 di 72

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
17.00		554.74	-666.35
17.80	appoggio	0.00	-737.13

7.2.2.4 Seconda fase - combinazione Caratteristica (Rara)

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	1909.11	0.00
1.00		1799.22	1698.00	0.00
2.00		3385.66	1493.49	0.00
3.00		4759.33	1295.57	0.00
4.00		5920.22	1104.24	0.00
5.00		6861.65	919.70	0.00
6.00		7592.21	741.70	0.00
7.00		8105.55	570.43	0.00
8.00		8408.34	405.67	0.00
8.90	mezzeria	8495.52	-263.14	0.00
9.00		8493.58	-278.74	0.00
10.00		8362.22	-438.18	0.00
11.00		8019.68	-604.16	0.00
12.00		7464.36	-776.74	0.00
13.00		6690.22	-956.09	0.00
14.00		5702.35	-1142.06	0.00
15.00		4501.71	-1334.62	0.00
16.00		3088.28	-1533.78	0.00
17.00		1456.36	-1739.70	0.00
17.80	appoggio	0.00	-1909.11	0.00

7.2.2.5 Seconda fase - combinazione Frequente

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \Psi_1 \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	1277.58	0.00
1.00		1204.04	1135.39	0.00
2.00		2265.69	995.84	0.00
3.00		3184.95	858.93	0.00
4.00		3961.82	724.65	0.00
5.00		4591.82	593.09	0.00
6.00		5080.71	464.14	0.00
7.00		5424.24	337.89	0.00
8.00		5626.87	214.24	0.00
8.90	mezzeria	5685.21	-105.26	0.00
9.00		5683.91	-117.27	0.00
10.00		5596.01	-238.79	0.00
11.00		5366.78	-362.93	0.00
12.00		4995.16	-489.71	0.00
13.00		4477.10	-619.19	0.00
14.00		3816.02	-751.33	0.00
15.00		3012.55	-886.10	0.00

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	33 di 72

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
16.00		2066.68	-1023.50	0.00
17.00		974.60	-1163.62	0.00
17.80	appoggio	0.00	-1277.58	0.00

7.2.2.6 Seconda fase - combinazione Quasi Permanente

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	856.56	0.00
1.00		807.25	760.31	0.00
2.00		1519.04	664.07	0.00
3.00		2135.36	567.83	0.00
4.00		2656.22	471.59	0.00
5.00		3078.61	375.34	0.00
6.00		3406.38	279.10	0.00
7.00		3636.71	182.86	0.00
8.00		3772.56	86.62	0.00
8.90	mezzeria	3811.67	0.00	0.00
9.00		3810.80	-9.62	0.00
10.00		3751.87	-105.87	0.00
11.00		3598.18	-202.11	0.00
12.00		3349.02	-298.35	0.00
13.00		3001.69	-394.59	0.00
14.00		2558.47	-490.84	0.00
15.00		2019.77	-587.08	0.00
16.00		1385.62	-683.32	0.00
17.00		653.42	-779.56	0.00
17.80	appoggio	0.00	-856.56	0.00

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	34 di 72

8 SOLLECITAZIONI SUL TRAVERSO IN CAMPATA

Vengono valutati i momenti flettenti massimi e minimi agenti sul traverso in campata per effetto dei carichi permanenti e del transito dei carichi da traffico.

8.1 Valori caratteristici momenti flettenti

8.1.1 Carichi permanenti

Sez.	Descrizione	peso cordoli [KN-m]	Perm Portati [KN-m]
-4.08	estremità dx	0.21	-426.73
-4.00		0.20	-418.36
-3.00		9.17	-599.92
-2.00		29.33	-654.45
-1.00		-49.33	-763.92
0.00	asse travi	-108.94	-628.99
1.00		-143.46	-486.78
2.00		-149.28	-371.64
3.00		-121.42	-407.94
4.00		-53.66	-330.15
4.08	estremità sx	-46.46	-319.09

8.1.2 Carichi da traffico

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-4.08	estremità dx	0.00	0.00
-4.00		0.00	0.00
-3.00		0.00	0.00
-2.00		0.00	0.00
-1.00		0.00	0.00
0.00	asse travi	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00
2.00		0.00	0.00
3.00		0.00	0.00
4.00		0.00	0.00
4.08	estremità sx	0.00	0.00

Sez.	Descrizione	Distribuito-UDL	
		Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-4.08	estremità dx	0.00	-0.93
-4.00		0.00	-0.93
-3.00		5.86	-34.12
-2.00		50.09	-78.74
-1.00		172.19	-84.72
0.00	asse travi	411.11	-1.42
1.00		804.73	0.00
2.00		679.35	0.00
3.00		195.90	0.00
4.00		2.27	0.00
4.08	estremità sx	0.00	0.00

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	35 di 72

Sez.	Descrizione	Folla Marciapiedi	
		Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-4.08	estremità dx	0.67	-0.17
-4.00		0.66	-0.17
-3.00		26.96	-7.43
-2.00		27.36	-22.77
-1.00		0.00	-56.37
0.00	asse travi	0.00	-91.83
1.00		0.00	-108.16
2.00		0.00	-103.40
3.00		0.00	-82.89
4.00		0.00	-47.23
4.08	estremità sx	0.00	-47.23

Sez.	Descrizione	gruppo 1 (tab.5.1.IV)	
		Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-4.08	estremità dx	0.34	-1.05
-4.00		0.33	-1.03
-3.00		19.34	-34.54
-2.00		63.77	-88.19
-1.00		172.19	-112.88
0.00	asse travi	411.11	-47.34
1.00		804.73	-53.72
2.00		679.35	-52.41
3.00		195.90	-42.83
4.00		2.27	-25.33
4.08	estremità sx	0.00	-23.62

8.2 Valori di combinazione

Nelle combinazioni seguenti vengono sommati effetti globali ed effetti locali.
 Nei grafici sono riportati solo gli effetti globali.

8.2.1 Stati Limite Ultimi

8.2.1.1 Persistenti/Transitorie (P/T)

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-4.08	estremità dx	2.30	-514.38
-4.00		0.55	-563.09
-3.00		37.22	-937.58
-2.00		121.80	-1069.95
-1.00		200.35	-1376.15

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	36 di 72

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
0.00	asse travi	487.18	-1159.19
1.00		1023.40	-1001.73
2.00		835.78	-834.99
3.00		162.64	-837.92
4.00		-50.36	-604.39
4.08	estremità sx	-46.46	-575.60

8.2.2 Stati Limite di Esercizio

8.2.2.1 Combinazioni Rare

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-4.08	estremità dx	-340.48	-342.98
-4.00		-374.79	-375.41
-3.00		-571.40	-625.29
-2.00		-561.34	-713.31
-1.00		-641.06	-926.13
0.00	asse travi	-326.81	-785.26
1.00		174.49	-683.96
2.00		158.43	-573.33
3.00		-333.45	-572.18
4.00		-381.53	-409.14
4.08	estremità sx	-365.55	-389.16

8.2.2.2 Combinazioni Frequenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \Psi_1 \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-4.08	estremità dx	-341.50	-342.98
-4.00		-375.04	-375.41
-3.00		-574.92	-606.57
-2.00		-591.40	-667.00
-1.00		-744.37	-875.01
0.00	asse travi	-573.48	-784.41
1.00		-308.35	-683.96
2.00		-249.18	-573.33
3.00		-451.00	-572.18
4.00		-382.90	-409.14
4.08	estremità sx	-365.55	-389.16

8.2.2.3 Combinazioni Quasi Permanenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \Psi_2 \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
------	-------------	-------------	-------------

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	37 di 72

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-4.08	estremità dx	-342.18	-342.98
-4.00		-375.20	-375.41
-3.00		-577.26	-594.10
-2.00		-611.44	-636.13
-1.00		-813.25	-840.92
0.00	asse travi	-737.92	-783.84
1.00		-630.24	-683.96
2.00		-520.92	-573.33
3.00		-529.36	-572.18
4.00		-383.81	-409.14
4.08	estremità sx	-365.55	-389.16

9 SOLLECITAZIONI SULLA SOLETTA

9.1 Valori caratteristici

Il momento massimo trasversale dato dall'effetto locale dei carichi sulla soletta viene determinato servendosi di uno schema semplificato di trave semi incastrata e prendendo il momento in mezzzeria.

I carichi permanenti considerati sono il peso proprio della soletta (G1) e della pavimentazione (G2).

La ricerca del massimo momento flettente generato dai carichi mobili viene condotta considerando il carico LM2 illustrato nella Normativa al punto 5.1.3.3.5.

Tale schema, considerato autonomamente e assunto a riferimento solo per verifiche locali, è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico (di dimensioni 0.35x0.60 [m]) poste ad un interasse di 2.00 [m] :il carico totale asse è pari a 400.00 [KN]

I carichi concentrati da considerarsi ai fini delle verifiche locali si assumono uniformemente distribuiti sulla superficie della rispettiva impronta. La diffusione attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta si considera avvenire attraverso una diffusione a 45°, fino al piano medio della struttura della soletta sottostante.

Il momento minimo dato dall'effetto locale, invece, viene valutato come uno schema statico di trave perfettamente incastrata.

Luce Soletta	1.50
Carico per ruota - schema 2	200.00
Interasse ruote	2.00
Dimensioni impronta ruota LX x BY	0.35x0.60
Larghezza impronta a metà spessore soletta	0.92
Lunghezza influenza	2.00

Momento flettente trasversale [KN·m/m] (positivo tende le fibre inferiori):

	M max	M min
effetto locale permanenti strutturali	2.67	-1.78
effetto locale permanenti non strutturali	17.80	-11.87
effetto locale LM2	17.80	-16.40

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	38 di 72

9.2 Combinazioni SLU

9.2.1 Persistenti/Transitorie

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M \max = 56.12 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M \min = -43.99 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

9.3 Combinazioni SLE

9.3.1 Combinazioni Rare

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^{a_{fase}}} + Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M \max = 38.28 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M \min = -30.05 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

9.3.2 Combinazioni Frequenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^{a_{fase}}} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M \max = 33.83 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M \min = -25.95 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

9.3.3 Combinazioni Quasi Permanenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^{a_{fase}}} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M \max = 20.47 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M \min = -13.65 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	39 di 72

10 DEFORMAZIONI

Si calcolano gli abbassamenti in mezzera delle travi e le rotazioni in asse appoggi per effetto del peso proprio e dei carichi; i valori sono concordi all'asse Z, cioè valori negativi indicano abbassamenti.

I carichi mobili sono disposti come riportato al paragrafo *Carichi mobili per massimo effetto sulla trave 3*.

Le deformazioni sono calcolate in base a:

E calcestruzzo trave 1a fase	35000000.000	[KN/m ²]
J sezione sola trave	0.638	[m ⁴]
E calcestruzzo trave + getto in opera	35029445.788	[KN/m ²]
J sezione trave + getto in opera	1.747	[m ⁴]

I carichi permanenti portati di seconda fase comprendono:

- pavimentazione stradale;
- lineare di 2a fase: impianti SX;
- lineare di 2a fase: Veletta DX;
- lineare di 2a fase: Veletta SX;
- lineare di 2a fase: Barriera DX;
- lineare di 2a fase: Barriera SX;
- lineare di 2a fase: Banchina 3;
- lineare di 2a fase: Banchina 2;
- lineare di 2a fase: Banchina 1;
- lineare di 2a fase: Paraballast SX;

10.1 Abbassamenti - Prima fase

Trave	peso trave	peso soletta+traversi	carichi aggiuntivi
1	-0.0016	-0.0021	0.0000
2	-0.0016	-0.0017	0.0000
3	-0.0016	-0.0031	0.0000

10.2 Abbassamenti - Seconda fase

10.2.1 Carichi permanenti

Trave	peso cordoli	permanenti portati
1	-0.0002	-0.0003
2	-0.0002	-0.0010
3	-0.0003	-0.0016

10.2.2 Carichi da traffico

Trave	Tandem-TS	Distribuito-UDL	Folla marciapiedi	gruppo 1 (tab.5.1.IV)
1	0.0000	0.0000	-0.0003	-0.0002
2	0.0000	-0.0013	-0.0002	-0.0014
3	0.0000	-0.0025	-0.0001	-0.0026

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	40 di 72

10.2.3 Combinazione SLE rara - frecce totali di 2a fase

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^{a}fase} + Q_{k,gruppo 1} \}$$

Trave	F max	F min
1	-0.0005	-0.0007
2	-0.0013	-0.0027
3	-0.0020	-0.0046

 Freccia massima dovuta ai carichi da traffico $F_{max,gr1} = -0.0026$ [m] (= L/6857)

10.3 Rotazioni agli appoggi

Le rotazioni positive sono orarie.

	carico	rotazione X=0 [GRAD]	rotazione X=L [GRAD]
1a fase	peso trave	0.000290	-0.000290
	peso soletta+traversi+traversi	0.000553	-0.000553
2a fase	peso cordoli	0.000060	-0.000060
	permanenti portati	0.000281	-0.000281
	Traffico: tandem TS	0.000000	0.000000
	Traffico: distribuito UDL	0.000341	-0.000341
	Traffico: folla in carreggiata	0.000015	-0.000015
	Traffico: folla sui marciapiedi	0.000062	-0.000062
	Traffico: gruppo 1	0.000371	-0.000371
	Traffico: gruppo 2	0.000136	-0.000136
	Traffico: gruppo 3	0.000062	-0.000062
	Traffico: gruppo 4	0.000077	-0.000077
	Delta T	0.000000	0.000000

10.4 Dati di calcolo

10.4.1 Dati geometrici

10.4.1.1 Schemi statici

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto eseguito in opera di traversi e soletta collaborante. Si distinguono due fasi successive di lavoro:

PRIMA FASE: Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono al peso proprio ed a quello del getto eseguito in opera.

SECONDA FASE: Il sistema misto, travi prefabbricate e soletta gettata in opera, divenuto solidale dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi accidentali.

10.4.1.1.1 Prima fase

Nella prima fase i prefabbricati sono soggetti alle seguenti condizioni di vincolo:

In opera al momento del getto di 2a fase:

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	41 di 72

Sbalzo sinistro = 80.00

Sbalzo destro = 80.00

In fase di sollevamento:

Sbalzo sinistro = 60.00

Sbalzo sinistro = 60.00

10.4.1.1.2 Seconda fase

In seconda fase la struttura è vincolata sugli appoggi definitivi:

appoggio	descrizione	X	luce campata
1	Asse appoggi sx	0.00	
2	Asse appoggi dx	1780.00	1780.00

10.4.2 Armature trave prefabbricata
10.4.2.1 Armature di precompressione pretesate

trefoli :	6/10"	
area trefolo =	139.000	[mm ²]
acciaio :	prec.fpk=1860	
tensione di tesatura =	125550.00	[N/cm ²]
area totale A _p =	66.720	[cm ²]
precompressione totale N _p =	8376696.00	[N]
quota baricentro Z _{g,p} =	25.12	[cm]

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
203.00			
138.00	2		
131.00			
124.00			
117.00	2		
110.00			
103.00			
96.00	2		
89.00			
82.00			
75.00			
68.00			
37.00			
30.00			
17.00	14	8	300.00
12.00	14	8	300.00
7.00	14	8	300.00
N. trefoli=	48	L tot guaine=	7200.00

10.4.2.2 Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.	armatura	y	z	x iniziale	x finale
P1-L1	5Ø14	0.00	195.00	56.00	1884.00

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	42 di 72

pos.	armatura	y	z	x iniziale	x finale
P1-L2	5Ø14	0.00	204.00	56.00	1884.00
P1-L3	5Ø14	0.00	5.00	56.00	1884.00

Armatura trasversale :

pos.	armatura	x iniziale	x finale	
P1-S1	4Ø12/20.00	500.00	970.00	trave+colleg. con soletta
P1-S1	(simmetrica)	970.00	1440.00	
P1-S2	4Ø12/10.00	0.00	500.00	trave+colleg. con soletta
P1-S2	(simmetrica)	1440.00	1940.00	

armatura longit. appoggio :

n. barre	Ø	lunghezza	quota z
4	16	192.00	3.00

10.4.3 Armature getto in opera

10.4.3.1 Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.	armatura	Y	Z	X iniziale	X finale
S-L1	10Ø14	0.00	215.00	56.00	1724.00
S-L2	10Ø14	0.00	240.00	56.00	1724.00

10.4.4 Materiali - resistenze di calcolo

In questo paragrafo non valgono le convezioni di segno precedentemente riportate: per il calcestruzzo tutte le grandezze sono indicate con segno positivo e contestualmente viene specificato se si tratta di valori di compressione o di trazione.

10.4.4.1 Calcestruzzo delle travi prefabbricate

Ai fini del calcolo le caratteristiche rilevanti del calcestruzzo sono date dalla resistenza a rottura, dal modulo elastico e dall'entità dei fenomeni differiti nel tempo.

Le travi prefabbricate in c.a.p. sono precomprese a trefoli aderenti e devono perciò rispettare delle limitazioni tensionali già in fase iniziale, al rilascio dei trefoli.

Data l'entità delle sollecitazioni iniziali si raccomanda di eseguire il trasferimento della precompressione con opportuna gradualità. Nel seguito della relazione si indicherà sinteticamente tale operazione come "taglio dei trefoli".

Calcestruzzo	C45/55
resistenza caratteristica $R_{ck28,cub}$	5500.00
resistenza al taglio dei trefoli $R_{ckj,cub}$	3850.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.500
modulo elastico	3641611.39
peso specifico	0.0245
ritiro totale	-0.00030
% ritiro prima del taglio trefoli	25.5%
% ritiro taglio trefoli-getto soletta	25.5%
% ritiro da getto soletta a t=inf.	49%

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	43 di 72

coeff. di viscosità	2.300
% viscosità taglio trefoli-getto soletta	33%
% viscosità da getto soletta a t=inf.	67%

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione :

a tempo infinito	f_{ck}	$= 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 0.83 \cdot 5500.00 = 4565.00$	N/cm ²
al taglio dei trefoli	f_{ckj}	$= 0.83 \cdot R_{ckj}$	$= 0.83 \cdot 3850.00 = 3195.50$	N/cm ²

Resistenza di calcolo a compressione :

a tempo infinito	f_{cd}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 4565.00 / 1.5 = 2586.83$	N/cm ²
al taglio dei trefoli	f_{cdj}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ckj} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 3195.50 / 1.5 = 1810.78$	N/cm ²

Nel calcolo a rottura delle sezioni si utilizza il diagramma parabola-rettangolo con tensione massima a tempo infinito pari a :

$$f_{cd} = 2586.83 \text{ N/cm}^2$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione (formazione delle fessure) :

a tempo infinito	f_{ct}	$= f_{ctm} / 1.2$	$= 383.19 / 1.2 = 319.33$
al taglio dei trefoli	f_{ctj}	$= f_{ctmj} / 1.2$	$= 302.10 / 1.2 = 251.75$

Nelle condizioni di esercizio la massima tensione di compressione nel calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

al taglio dei trefoli :

σ_{cj}	$< 0.70 \cdot f_{ckj}$	$= 2236.85$	N/cm ²
---------------	------------------------	-------------	-------------------

a cadute avvenute :

σ_c	$< 0.6 \cdot f_{ck}$	$= 2739.00$	N/cm ²	(per comb. caratteristica rara)
σ_c	$< 0.45 \cdot f_{ck}$	$= 2054.25$	N/cm ²	(per comb. quasi permanente)

10.4.4.2 Calcestruzzo gettato in opera

Calcestruzzo	C35/45
resistenza caratteristica $R_{ck,cub}$	4500.00
coefficiente sicurezza del materiale	1.5
modulo elastico	3462548.52
peso specifico	0.0245
coeff. di omogeneizzazione con cls travi	0.951

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione :

a tempo infinito	f_{ck}	$= 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 0.83 \cdot 4500.00 = 3735.00$	N/cm ²
------------------	----------	-----------------------	----------------------------------	-------------------

Resistenza di calcolo a compressione :

a tempo infinito	f_{cd}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 3735.00 / 1.5 = 2116.50$	N/cm ²
------------------	----------	---	--	-------------------

Nel diagramma parabola-rettangolo la tensione massima è pari a :

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	44 di 72

$$f_{cd} = 2116.50$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione (formazione delle fessure) :

a tempo infinito	f_{ct}	$= f_{ctm}/1.2$	$= 335.21/1.2 = 279.34$
------------------	----------	-----------------	-------------------------

Nelle condizioni di esercizio la massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

σ_c	$< 0.6 \cdot f_{ck}$	$= 2241.00$	N/cm ²	(per comb. caratteristica rara)
σ_c	$< 0.45 \cdot f_{ck}$	$= 1680.75$	N/cm ²	(per comb. quasi permanente)

10.4.4.3 Acciaio per c.a.p.

Acciaio prec.fpk=1860 :

tensione all'1% deform. residua $f_{p(1)k}$	167400.00
Modulo elastico	19500000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6
coefficiente di sicurezza	1.15
% rilassam. prima del taglio trefoli	41.4%
% rilassam. taglio trefoli-getto soletta	25.9%
% rilassam. da getto soletta a t=inf.	32.7%

In base al punto 4.1.8.1.5 DM 17/01/2018 le tensioni iniziali all'atto della tesatura dei cavi pre-tesi deve rispettare la più restrittiva delle seguenti limitazioni:

σ_{spi}	$\leq 0.80 \cdot f_{ptk}$	$= 0.80 \cdot 184140.00 = 147312.00$	N/cm ²
σ_{spi}	$\leq 0.90 \cdot f_{p(1)k}$	$= 0.90 \cdot 167400.00 = 150660.00$	N/cm ²

E' ammessa una sovratensione iniziale pari a $0.05 f_{p(1)k}$.

La tensione massima in esercizio nella combinazione caratteristica (rara) deve rispettare la seguente limitazione (DM 17/01/2018- 4.1.8.1.2 e 4.1.2.2.5.2):

σ_{sp}	$\leq 0.80 \cdot f_{p(1)k}$	133920.00	N/cm ²
---------------	-----------------------------	-----------	-------------------

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

f_{ptd}	$= f_{p(1)k} / \gamma_s$	$= 167400.00 / 1.15 = 145565.22$	N/cm ²
-----------	--------------------------	----------------------------------	-------------------

10.4.4.4 Acciaio per armatura lenta

Questo tipo di acciaio costituisce l'armatura destinata ad assorbire gli sforzi di taglio (staffe) ed altri sforzi locali di trazione nel calcestruzzo.

tipo acciaio	B450C
tensione di snervamento f_{yk}	45000.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.15
modulo elastico	21000000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20 con marciapiede	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI02D8 001	REV. A

La tensione massima consentita (4.1.2.2.5.2 DM 17/01/2018) nella combinazione rara deve rispettare la seguente limitazione:

σ_s	$\leq 0.80 \cdot f_{yk}$	$= 0.80 \cdot 45000.00 = 36000.00$	N/cm ²
------------	--------------------------	------------------------------------	-------------------

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

f_{yd}	$= f_{yk}/\gamma_s$	$= 45000.00/1.15 = 39130.43$	N/cm ²
----------	---------------------	------------------------------	-------------------

10.4.5 Cadute di tensione

10.4.5.1 Rilassamento dell'acciaio da precompressione

La valutazione del rilassamento dell'acciaio da precompressione avviene con la formulazione indicata dalla normativa e con i dati forniti dal produttore.

Ad una temperatura costante di 20 [°C] la caduta di tensione $\Delta\sigma_{pr}$ per rilassamento al tempo t è:

classe	tipo	caduta
2	trecce e trefoli stabilizzati	$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{pi} \cdot [0.66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9.1\mu} \cdot (t/1000)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}]$

dove:

- σ_{pi} è la tensione iniziale nel cavo;
- ρ_{1000} è la perdita per rilassamento (in percentuale) a 1000 ore dopo la messa in tensione, a 20 [°C] e a partire da una tensione iniziale pari a 0.7 della resistenza f_p del campione provato:

Acciaio	classe	ρ_{1000}
1	2	2.5

- $\mu = \sigma_{pi}/f_{pk}$;
- f_{pk} è la resistenza caratteristica a trazione dell'acciaio;
- t è il tempo misurato in ore dalla messa in tensione.

La caduta finale per rilassamento può essere valutata con le formule sopra scritte ed inserendo un tempo di 500000 ore. Si ottiene così:

Armatura	classe	μ	$\Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi}$	
Trave 1 - gruppo 1	2	0.682	0.036	3.60%

10.4.5.2 Ritiro del calcestruzzo

L'accorciamento dovuto al ritiro viene assunto pari a :

prefabbricati $\epsilon_{cs1} = -0.00030$

getto in opera $\epsilon_{cs2} = -0.00030$

e la conseguente caduta di tensione nell'acciaio da precompressione viene calcolata in base al modulo elastico

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	46 di 72

dell'acciaio stesso:

Armatura	$\Delta\sigma_{ps}$		
Trave 1 - gruppo 1	-0.00030·19500000.00=	-5850.00	4.66%

10.4.5.3 Viscosità del calcestruzzo

Il valore della deformazione lenta del calcestruzzo (viscosità) si assume, ai fini del calcolo delle cadute di tensione nell'acciaio, secondo quanto indicato dalle norme (DM 17/01/2018- 11.2.10.7), pari a :

$$\varphi_{inf,1} = 2.3 \quad (\text{cavi pretesi nei prefabbricati})$$

10.4.5.4 Sviluppo nel tempo delle cadute di tensione

Per i cavi pretesi, che agiscono sugli elementi prefabbricati, i valori totali dei fenomeni differiti esposti ai paragrafi precedenti vengono ripartiti nelle diverse fasi tenendo conto delle diverse condizioni ambientali e tensionali.

	% rilassamento	% ritiro	% viscosità
dalla posa in tensione al taglio trefoli	41.40	25.50	0.00
dal taglio trefoli al getto in opera	25.90	25.50	33.00
dal getto in opera a tempo infinito	32.70	49.00	67.00

10.4.6 *Sollecitazioni esterne*

<nessun carico applicato in prima fase>

10.5 Stati limite di esercizio

10.5.1 *Stato Limite delle tensioni in esercizio - procedimento di calcolo*

Per valutare lo stato tensionale nelle sezioni di verifica distingueremo le seguenti fasi :

PRIMA FASE

- a) al manifestarsi della precompressione
- b) prima del getto in opera
- c) subito dopo il getto in opera

SECONDA FASE

- d) impalcato scarico
- e) impalcato carico

In tutte le fasi la determinazione dello stato tensionale degli elementi da verificare avviene in base alla combinazione caratteristica (rara) :

$$S = G_1 + G_2 + P + Q$$

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	47 di 72

dove:

- G₁ = permanenti strutturali
- G₂ = permanenti non strutturali
- P = precompressione
- Q = azioni variabili

10.5.1.1 Verifica al sollevamento

La verifica al sollevamento della trave viene eseguita in fase a).

Incremento dinamico = 0.15

Sbalzo sinistro = 60.00

Sbalzo destro = 60.00

10.5.2 *Stato limite di fessurazione travi prefabbricate*

Per garantire la durabilità della struttura il calcolo di verifica tensionale agli Stati Limite di esercizio viene condotto con opportune limitazioni che preservano le travi principali da una eccessiva fessurazione.

A questo scopo, facendo riferimento alla normativa (tab. 4.1.IV) ed adottando le limitazioni relative alle armature *sensibili* nel caso di ambiente molto aggressivo, andrebbero verificate le seguenti condizioni:

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	<nessuna verifica>	formazione fessure	decompressione

Per una maggiore tutela della durabilità dell'opera vengono invece rispettate nelle verifiche le seguenti limitazioni:

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	formazione fessure	decompressione	<nessuna verifica>
	$\sigma_{traz.} \leq f_{ctm}/1.2$		

10.5.3 *Stato Limite di deformazione*

Viene valutata l'entità delle deformazioni significative degli elementi inflessi nelle varie fasi.

La valutazione di tali deformazioni viene fatta assumendo per il modulo elastico del calcestruzzo il valore:

$$E_{travi} = 3641611.39$$

$$E_{soletta} = 3462548.52$$

e, per determinare gli effetti sotto l'azione dei carichi permanenti, viene assunto un coefficiente di viscosità pari a:

$$\varphi_{inf} = 2.3$$

L'effetto della viscosità viene poi ridotto moltiplicando tutte le deformazioni conseguenti per il valore 0.5

Le frecce calcolate sono positive se rappresentano uno spostamento verso l'alto, negative se verso il basso.

10.5.3.1 Prima fase

VH210 :

	accorciamento [cm]	rotaz. testata sinistra [rad]	rotaz. testata destra [rad]	frecce in mezzeria [cm]
al taglio trefoli	-0.2695	0.00145	-0.00145	0.7511
prima del getto in opera	-0.4977	0.00185	-0.00185	0.9778

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	48 di 72

	accorciamento [cm]	rotaz. testata sinistra [rad]	rotaz. testata destra [rad]	freccia in mezzeria [cm]
al getto soletta	-0.4977	0.00136	-0.00136	0.7043
dopo maturazione	-0.4996	0.00136	-0.00136	0.7055

10.5.3.2 Seconda fase

Spostamenti X in asse appoggi [cm] :

	dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf.
Asse appoggi sx	0.0000	0.0000	0.0000
Asse appoggi dx	0.0000	0.0000	-0.1099

Rotazioni in asse appoggi [rad] :

	dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf.
Asse appoggi sx	0.00000	0.00000	0.00080
Asse appoggi dx	0.00000	0.00000	-0.00080

Freccie in mezzeria [cm] :

campata	X	dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf. comb. rara max	t=inf. comb. rara min
1	890.00	0.7055	0.7055	1.1888	0.7323

10.6 Stati limite ultimi

10.6.1 Stato Limite Ultimo per sollecitazioni flettenti

Il calcolo dei momenti ultimi delle sezioni viene eseguito tenendo conto del diagramma $\sigma-\epsilon$ parabola-rettangolo per il calcestruzzo, con deformazione limite pari a -0.0035 in compressione, e deformazione indefinita a trazione con tensione nulla (sezione fessurata).

Per gli acciai si utilizza un diagramma tensioni-deformazioni linearmente elastico fino alla tensione di rottura e lineare orizzontale fino alla deformazione 0.01, sia in trazione che in compressione.

Si rimanda al capitolo dei materiali per i valori dei moduli elastici e delle tensioni di calcolo.

Nel calcolo del momento ultimo si tiene conto del delta di deformazione ϵ_{sp} dell'acciaio da precompressione rispetto agli altri materiali.

10.6.2 Stato Limite Ultimo per sollecitazioni taglianti e torcenti

Per valutare i tagli e momenti torcenti resistenti viene utilizzata la formulazione indicata dalle norme:

$$V_{Rd} = [0.18/\gamma_c \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (\text{taglio ultimo in assenza di armatura trasversale})$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot (\cotan\alpha + \cotan\theta) / (1 + \cotan^2\theta) \quad (\text{taglio ultimo per rottura delle bielle compresse})$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot (\cotan\alpha + \cotan\theta) \cdot \sin\alpha \quad (\text{taglio ultimo per rottura delle staffe})$$

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A_k \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot \cotan\theta / (1 + \cotan^2\theta) \quad (\text{momento torcente ultimo per rottura delle bielle compresse})$$

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	49 di 72

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A_k \cdot (A_{sw,parete}/s) \cdot f_{yd} \cdot \cotan\theta \quad (\text{momento torcente ultimo per rottura delle staffe})$$

Dove:

d: altezza utile della sezione

b_w : larghezza minima della sezione

A_{sw} : area armatura trasversale nella sezione

$A_{sw,parete}$: area armatura trasversale minima nelle pareti

s: passo staffe

α : inclinazione risp. all'orizzontale delle armature trasversali (90 [deg])

θ : inclinazione bielle compresse in cls

α_c : coeff. maggiorativo dovuto alla presenza dello sforzo assiale

A_{sl} : area acciaio in zona tesa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_{cls}$$

$$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$$

A_k : area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico della sezione

Nel modello a traliccio a rottura si considerano inclinate a 45 [deg] le bielle compresse di calcestruzzo in sezioni non precomprese, mentre si tiene conto dell'effetto benefico della precompressione valutando una minore inclinazione delle bielle in base alla tensione principale di trazione presente nella sezione a quota baricentrica. L'inclinazione così determinata viene comunque limitata come indicato nelle norme citate.

10.6.3 Stato Limite Ultimo per scorrimento tra i getti

Viene calcolato lo sforzo di scorrimento di progetto S_{Edi} tra il calcestruzzo delle travi prefabbricate e quello gettato in opera, e viene confrontato con quello ultimo di interfaccia S_{Rdi} , utilizzando le indicazioni della normativa EN1991-1-1-6.2.5

$$S_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed}/z$$

in cui:

- β è il rapporto tra la forza longitudinale nell'ultimo getto di calcestruzzo e la forza longitudinale totale in zona compressa o tesa, entrambe calcolate nella sezione considerata, assunto = 1.0
- V_{Ed} è la forza di taglio trasversale di 2ª fase
- z è il braccio della coppia interna della sezione composta

$$S_{Rdi} = b_i \cdot (c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n) + A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot \mu \leq 0.5 \cdot b_i \cdot v \cdot f_{cd}$$

in cui:

Larghezza superficie contatto / spess. tot. anime	b_i/b_w	1.000	[-]
Fattore di coesione tra le superfici	c	0.350	[-]
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	156.43	[N/cm²]

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	50 di 72

Coefficiente di attrito tra le superfici	μ	0.600	[-]
Compressione normale alle superfici di contatto	σ_n	14.00	[N/cm ²]
Area complessiva staffa di collegamento	A_{sw}	<variabile>	[cm ²]
Passo staffe di collegamento	s	<variabile>	[cm]
Resistenza calcestruzzo più debole	f_{cd}	2116.50	[N/cm ²]

10.7 Verifica delle sezioni

10.7.1 Verifica sezione X=0.00 - Sezione all'appoggio

10.7.1.1 Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-70.00	0.00	prefabb.:
2	-89.00	185.00	non reag.trazione
3	-135.00	198.00	
4	-135.00	210.00	
5	-56.00	210.00	
6	-40.00	50.00	
7	40.00	50.00	
8	56.00	210.00	
9	135.00	210.00	
10	135.00	198.00	
11	89.00	185.00	
12	70.00	0.00	
13	0.00	0.00	fine prefabb.

A	J _f	Z _g
20207.000	92909488.5695	98.19

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	195.00	7.697	5Ø14
2	204.00	7.697	5Ø14
3	5.00	7.697	5Ø14
4	3.00	8.042	armatura longit. appoggio 4Ø16

Sezione ideale (n=15.000)	A _{id}	J _{f, id}	Z _{g, id}
	20673.998	97379818.9031	98.24

Sollecitazioni	M _{esterno}
prima del getto in opera	30242553.47
dopo getto 2a fase	0.00

10.7.1.1.1 Tensioni nei materiali in prima fase

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	51 di 72

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
prima del getto in opera	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	0.00	0.00

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
prima del getto in opera	0.00	0.00		0.00	
dopo getto 2a fase	0.00	0.00		0.00	

10.7.1.1.2 Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase

<sollecitazioni flettenti nulle>

10.7.1.1.3 Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	θ [rad]	bw	Staffe:	A_{sw}
	0.785	70.00		0.45239

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
207.00	1.311	15.394	0.0011	0.00	1.000

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
514255.37	3297918.30	8433723.38

$$V_{Ed,max} = 995120.73 < 3297918.30$$

10.7.1.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	0.00	0.00
getto in opera	0.00	0.00

Cadute di tensione da maturazione soletta a t=inf. :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	2858.44	2.3%
rilassamento acciaio	32.6%	1473.32	1.2%
viscosità cls	100.0%	6600.45	5.3%

10.7.1.2.1 Verifiche in esercizio
10.7.1.2.1.1 Verifica tensionale

Sezione di calcestruzzo :

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	52 di 72

n.	Y	Z	
1	-70.00	0.00	prefabb.:
2	-89.00	185.00	non reag.trazione
3	-135.00	198.00	
4	-135.00	210.00	
5	-56.00	210.00	
6	-40.00	50.00	
7	40.00	50.00	
8	56.00	210.00	
9	135.00	210.00	
10	135.00	198.00	
11	89.00	185.00	
12	70.00	0.00	
13	0.00	0.00	fine prefabb.
14	-70.00	0.00	
15	-136.00	248.00	getto in opera
16	390.50	248.00	(m=0.951)
17	390.50	210.00	non reag.trazione
18	-136.00	210.00	
19	-136.00	248.00	

A	J _f	Z _g
39230.229	262868185.7906	161.62

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	195.00	7.697	5Ø14
2	204.00	7.697	5Ø14
3	5.00	7.697	5Ø14
4	3.00	8.042	armatura longit. appoggio 4Ø16

Sezione ideale (n=15.000)	A _{id}	J _{f,id}	Z _{g,id}
	39697.227	269051139.8478	160.90

Tensioni sul cls - VH210 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	0.00	0.00		0.00	
t=inf.-SLE Rare	0.00	0.00		0.00	

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	53 di 72

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00		0.00	

10.7.1.2.1.2 Verifica a rottura per flessione t=inf.

<sollecitazioni flettenti nulle>

10.7.1.2.1.3 Verifica rottura per taglio t=inf.

Calcestruzzo:	θ [rad]	bw	Staffe:	A_{sw}
	0.785	70.00		0.45239

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
245.00	1.286	15.394	0.0009	0.00	1.000

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
591247.43	3903333.26	9981943.13

$$V_{Ed,max} = 3783284.86 < 3903333.26$$

$$\text{Trazione per taglio (V=3783284.86)} = 1891642.43 \text{ [N]}$$

10.7.1.2.1.4 Verifica rottura per torsione t=inf.

<sollecitazioni torcenti nulle>

10.7.1.2.1.5 Verifica a taglio/torsione t=inf.

L'azione combinata di taglio e torsione impegna i materiali (bielle di calcestruzzo e staffe di acciaio) in misura superiore a quella delle azioni singole dei due parametri di sollecitazione.

Viene perciò eseguita la verifica secondo il punto 4.1.2.3.6 - [4.1.40] nella combinazione più sfavorevole.

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |0.00/420975819.58| + |3783284.86/3903333.26| = 0.969$$

10.7.1.2.1.6 Forze di scorrimento tra i getti

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 70.000 [cm²] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=0.00 risultano:

max valore di progetto scorrimento interfaccia	12644.74	[N/cm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[N/cm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	±4420.55	[N/cm]
staffe di collegamento	0.4524	[cm ² /cm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	±15041.87	[N/cm]

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	54 di 72

10.7.2 Verifica sezione X=1140.00 - Sezione di mezzeria
10.7.2.1 Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-70.00	0.00	prefabb.:
2	-89.00	185.00	reag.trazione
3	-135.00	198.00	
4	-135.00	210.00	
5	-75.00	210.00	
6	-57.00	28.00	
7	0.00	25.00	
8	57.00	28.00	
9	75.00	210.00	
10	135.00	210.00	
11	135.00	198.00	
12	89.00	185.00	
13	70.00	0.00	fine prefabb.

A	J _f	Z _g
11372.000	63761777.7876	95.53

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	138.00	2.780
2	117.00	2.780
3	96.00	2.780
4	17.00	19.460
5	12.00	19.460
6	7.00	19.460

Z _{g,p}	A _p
25.12	66.720

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	195.00	7.697	5Ø14
2	204.00	7.697	5Ø14
3	5.00	7.697	5Ø14

Sezione ideale (n=6.000)	A _{id}	J _{f, id}	Z _{g, id}
	11910.864	67584507.3837	93.62

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	1491.75	1.2%
rilassamento acciaio	41.4%	1870.57	1.5%

PROGETTO DEFINITIVO

 Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	55 di 72

Sollecitazioni	Mesterno	N _{precomp.}	M _{precomp.}
t=0 dopo taglio trefoli	103070049.84	-8152362.22	-573937077.17
prima del getto in opera	164233618.26	-7626599.59	-536922693.24
dopo getto 2a fase	297908978.36	-7624279.45	-536759352.15

10.7.2.1.1 Tensioni nei materiali in prima fase

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	99.59	-1315.10
prima del getto in opera	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	-253.81	-951.19

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
t=0 dopo taglio trefoli	115312.65	355.00		-7688.48	
prima del getto in opera	0.00	0.00		0.00	
dopo getto 2a fase	109101.02	-1642.39		-5607.52	

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	1491.75	1.2%
rilassamento acciaio	25.9%	1170.23	0.9%
viscosità cls	44.1%	5218.15	4.2%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.1%	8.06	0.0%
rilassamento acciaio	0.1%	4.15	0.0%
viscosità cls	0.2%	22.56	0.0%

10.7.2.1.2 Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase

 Presollecitazione armature pretese : $\epsilon_{sp,z=25.12}=0.00586$

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	Z _{gsup}	ϵ_{inf}	Z _{ginf}
(+)	136.15	1647498888.04	-0.00350	210.00	0.00622	5.00
(-)	32.14	-247393874.83	0.01000	204.00	-0.00187	0.00

$$M_{d,max} = 402177120.79 < 1647498888.04 \quad K_r=4.096$$

10.7.2.1.3 Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	θ [rad]	bw	Staffe:	A _{sw}
	0.381	32.00		0.22619

d	K	A _{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	56 di 72

d	K	A _{sl}	ρ _i	σ _{cp}	α _c
205.00	1.312	43.194	0.0066	-670.65	1.250

V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}
981125.10	4082560.57	3291526.72

$$V_{Ed,max} = 262937.24 < 3291526.72$$

10.7.2.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	σ _{e,max}	σ _{i,max}
trave prefabbricata	-253.89	-950.78
getto in opera	0.00	0.00

Cadute di tensione da maturazione soletta a t=inf. :

	%	Δσ _{sp}	Δσ _{sp} /σ _{spi}
ritiro cls	48.9%	2858.44	2.3%
rilassamento acciaio	32.6%	1473.32	1.2%
viscosità cls	55.7%	6600.45	5.3%

10.7.2.2.1 Verifiche in esercizio

10.7.2.2.1.1 Verifica tensionale

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-70.00	0.00	prefabb.:
2	-89.00	185.00	reag.trazione
3	-135.00	198.00	
4	-135.00	210.00	
5	-75.00	210.00	
6	-57.00	28.00	
7	0.00	25.00	
8	57.00	28.00	
9	75.00	210.00	
10	135.00	210.00	
11	135.00	198.00	
12	89.00	185.00	
13	70.00	0.00	fine prefabb.
14	-70.00	0.00	
15	-136.00	248.00	getto in opera
16	390.50	248.00	(m=0.951)
17	390.50	210.00	non reag.trazione
18	-136.00	210.00	
19	-136.00	248.00	

A	J _f	Z _g
30395.229	192847307.0957	179.06

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	57 di 72

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	138.00	2.780
2	117.00	2.780
3	96.00	2.780
4	17.00	19.460
5	12.00	19.460
6	7.00	19.460

Z _{g,p}	A _p
25.12	66.720

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	195.00	7.697	5Ø14
2	204.00	7.697	5Ø14
3	5.00	7.697	5Ø14
4	215.00	15.394	10Ø14
5	240.00	15.394	10Ø14

Sezione ideale (n=6.000)	A _{id}	J _{f,id}	Z _{g,id}
	31118.819	204627567.2140	177.17

Tensioni sul cls - VH210 :

	σ _{e,max}	σ _{e,min}	σ _{i,max}	σ _{i,min}
t=inf.-senza carichi	-247.27	-247.27	-832.30	-832.30
t=inf.-SLE Rare	-247.27	-373.58	-155.07	-832.30
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-247.27	-304.40	-528.45	-832.30

Tensioni sul cls - getto in opera :

	σ _{e,max}	σ _{e,min}	σ _{i,max}	σ _{i,min}
t=inf.-senza carichi	-12.96	-12.96	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	-12.96	-271.31	0.00	-113.81
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-12.96	-129.38	0.00	-48.03

Tensioni sugli acciai	σ _{sp}	σ _{sl,max}	pos.	σ _{sl,min}	pos.
t=inf.-senza carichi	94997.46	23.69		-4910.23	
t=inf.-SLE Rare	93910.19	23.69		-4910.23	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	23.69		-4910.23	

10.7.2.2.1.2 Verifica a rottura per flessione t=inf.

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	Δε _{sp}
Armature pretese	25.12	0.00511

fless.	Z asse neutro	Mr	ε _{sup}	Z _{g,sup}	ε _{inf}	Z _{g,inf}
(+)	225.80	2179899319.33	-0.00101	248.00	0.01000	5.00

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	58 di 72

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	Z _{gsup}	ϵ_{inf}	Z _{ginf}
(-)	34.77	-503923063.37	0.01000	240.00	-0.00169	0.00

$$M_{d,max} = 1544523150.78 < 2179899319.33 \quad K_r=1.411$$

10.7.2.2.1.3 Verifica rottura per taglio t=inf.

Calcestruzzo:	θ [rad]	bw	Staffe:	A _{sw}
	0.529	32.00		0.22619

d	K	A _{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
243.00	1.287	105.205	0.0135	-226.84	1.088

V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}
739249.23	3316500.70	4286300.51

$$V_{Ed,max} = 1243581.18 < 3316500.70$$

$$\text{Trazione per taglio (V=1243581.18)} = 1064004.71 \text{ [N]}$$

10.7.2.2.1.4 Verifica rottura per torsione t=inf.

<sollecitazioni torcenti nulle>

10.7.2.2.1.5 Verifica a taglio/torsione t=inf.

L'azione combinata di taglio e torsione impegna i materiali (bielle di calcestruzzo e staffe di acciaio) in misura superiore a quella delle azioni singole dei due parametri di sollecitazione.

Viene perciò eseguita la verifica secondo il punto 4.1.2.3.6 - [4.1.40] nella combinazione più sfavorevole.

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |0.00/395386934.84| + |-1243581.18/3316500.70| = 0.376$$

10.7.2.2.1.6 Forze di scorrimento tra i getti

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 32.000 [cm²] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=1140.00 risultano:

max valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[N/cm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	-4483.97	[N/cm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	±2020.82	[N/cm]
staffe di collegamento	0.2262	[cm ² /cm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	±7331.48	[N/cm]

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	59 di 72

11 DIAGRAMMI SOLLECITAZIONI

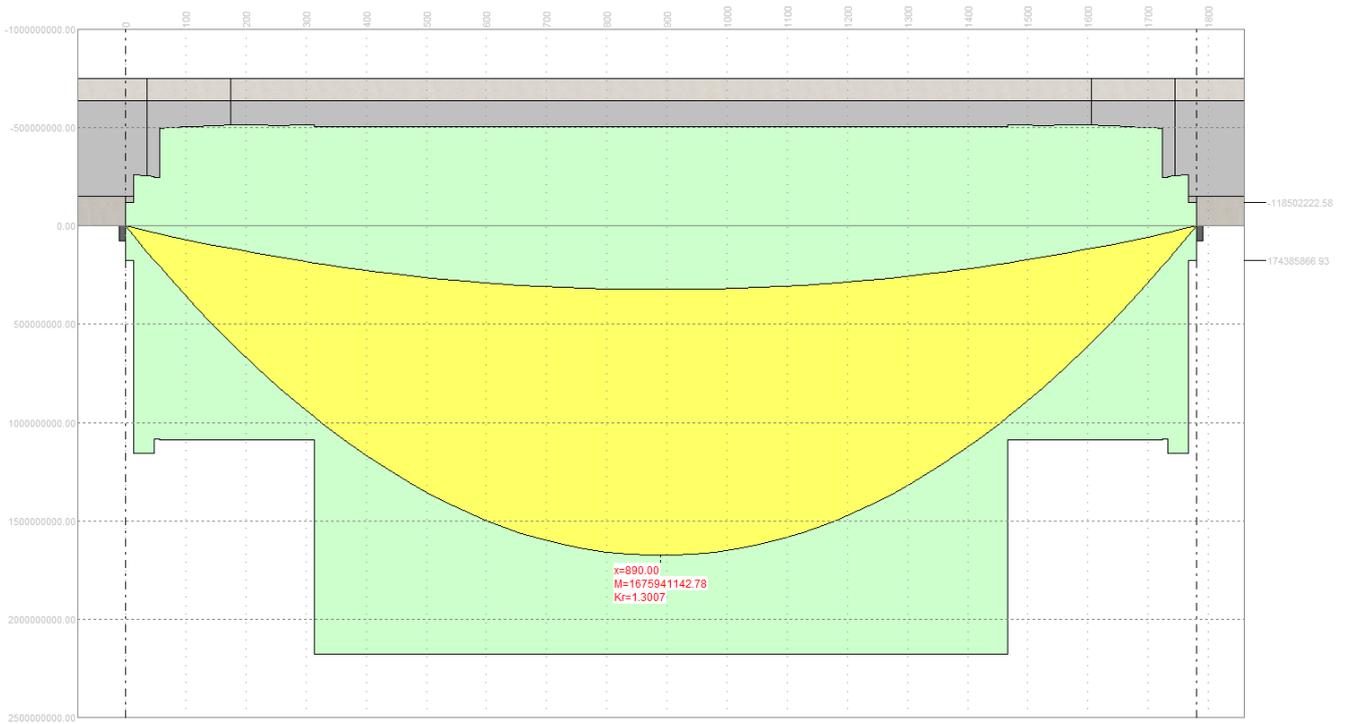


Figura 6: SLU Md su Mr - $t=\infty$

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	60 di 72

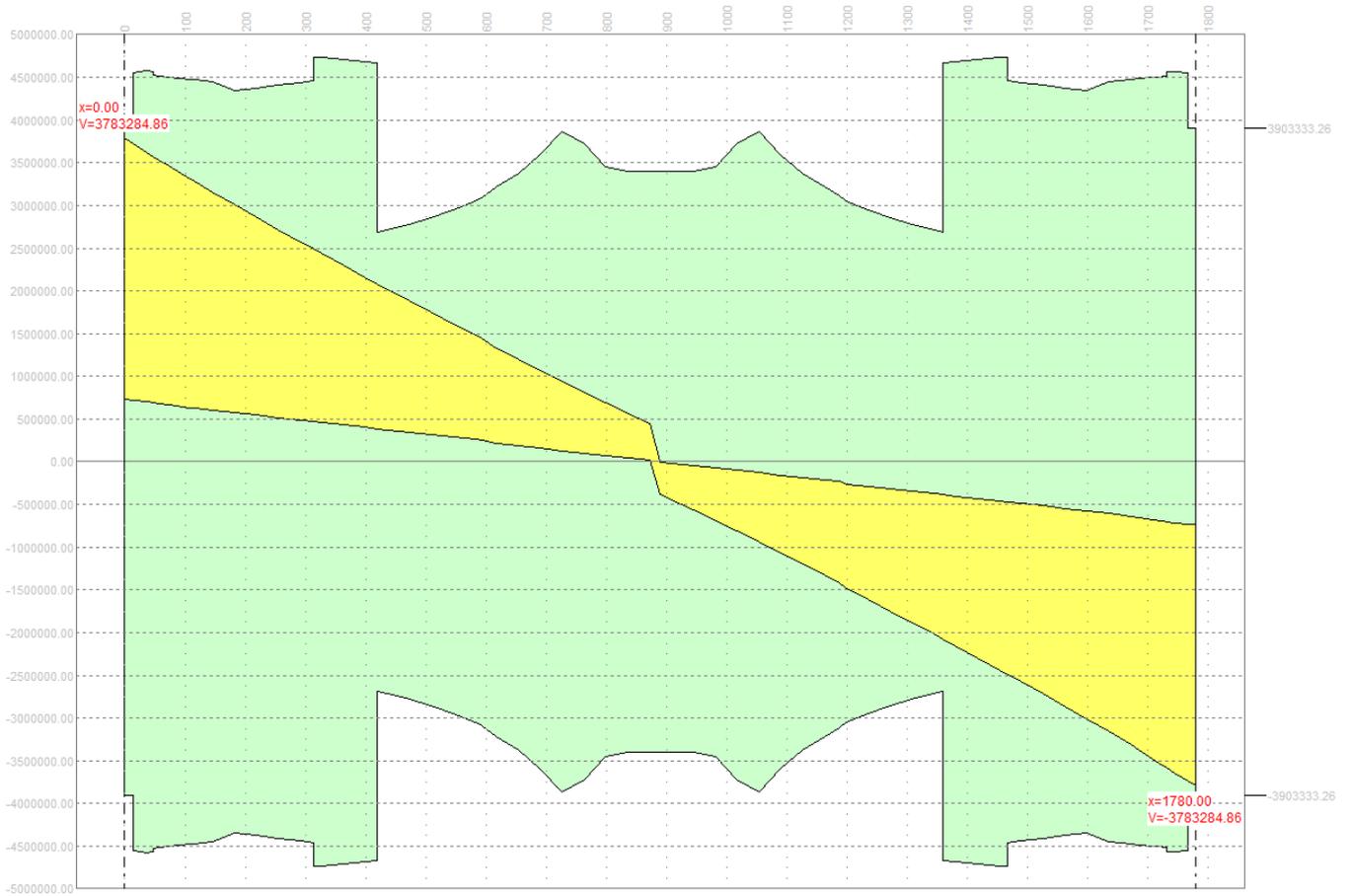


Figura 7: SLU Vd su Vr - t=∞

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	61 di 72

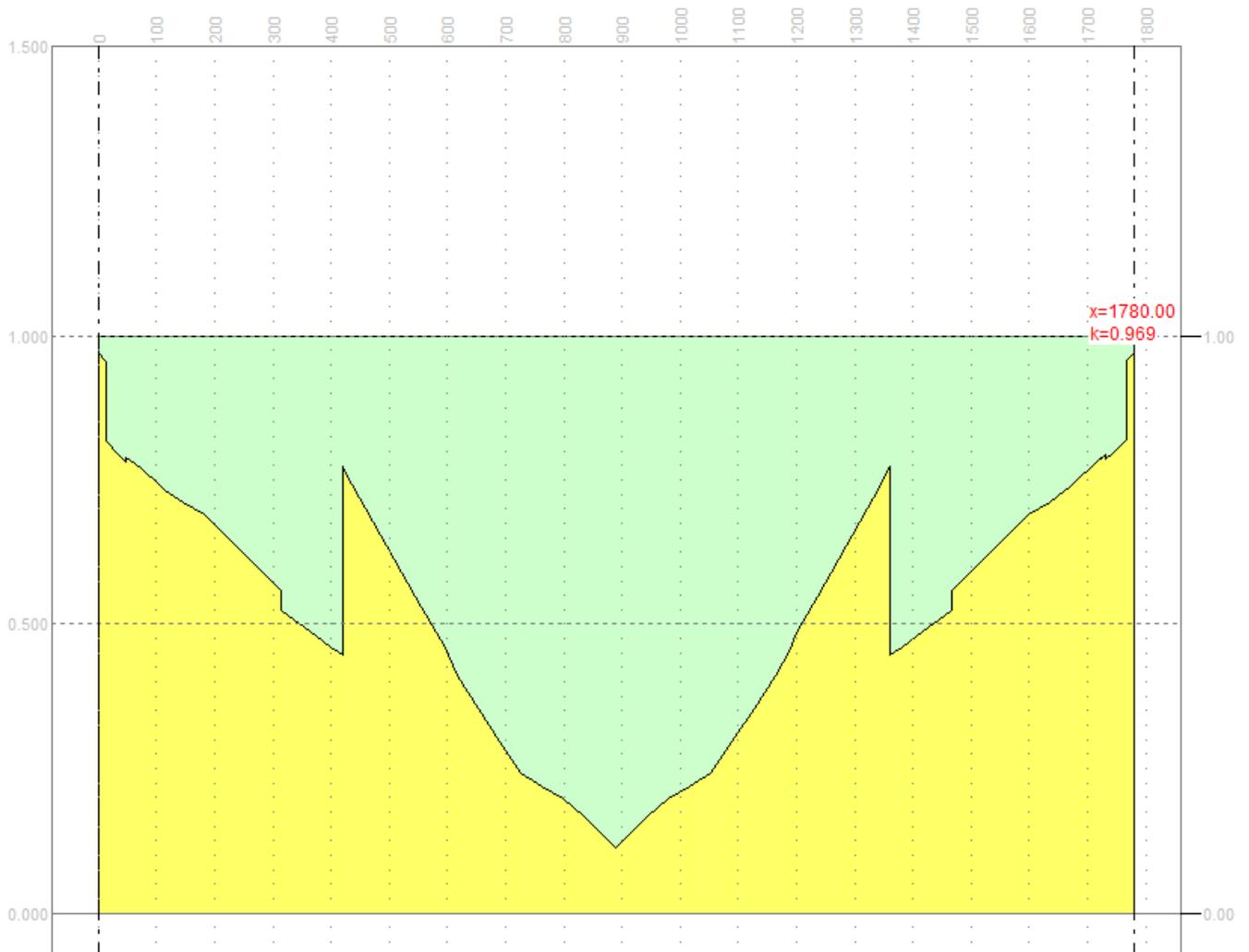


Figura 8: SLU Taglio-Torsione

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	62 di 72

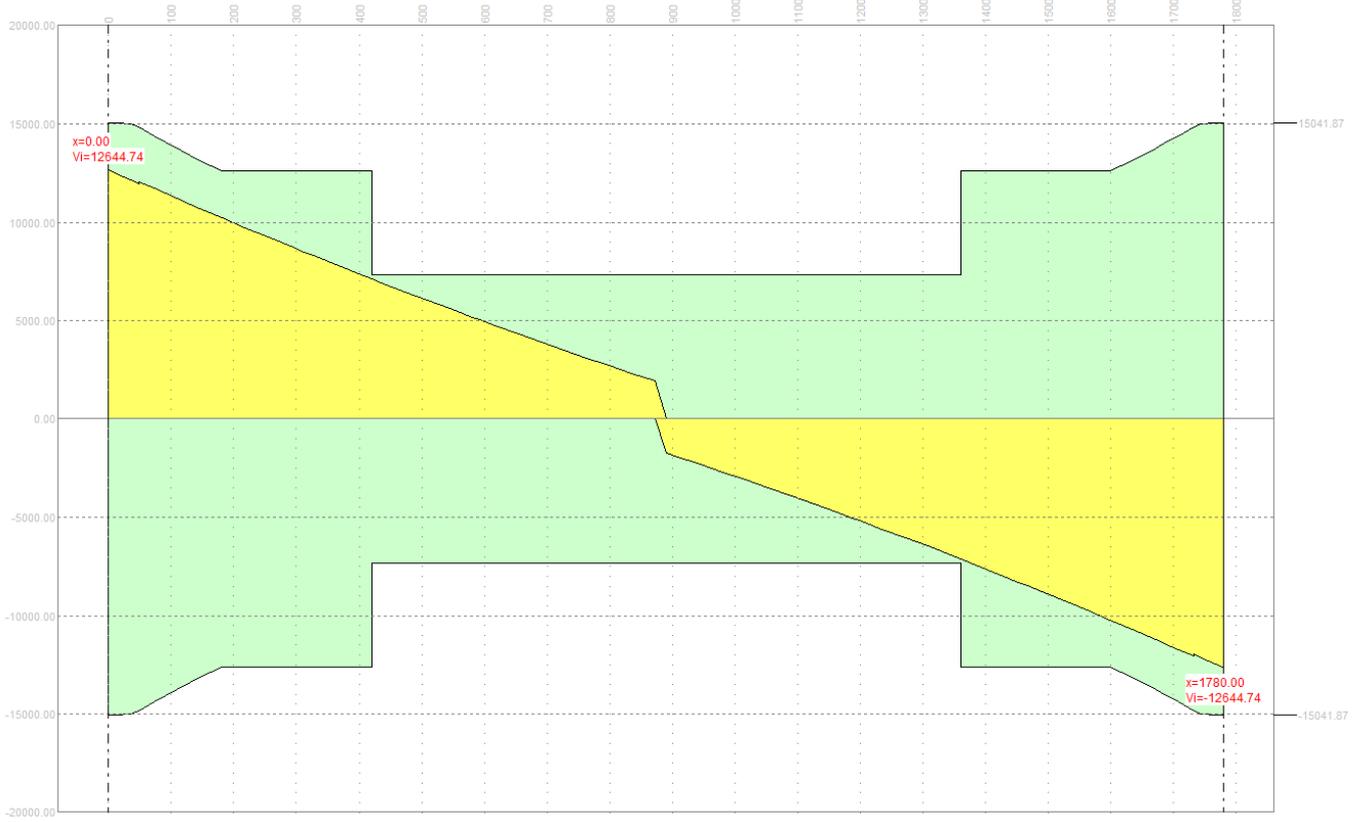


Figura 9: SLU Scorrimento interfaccia getti

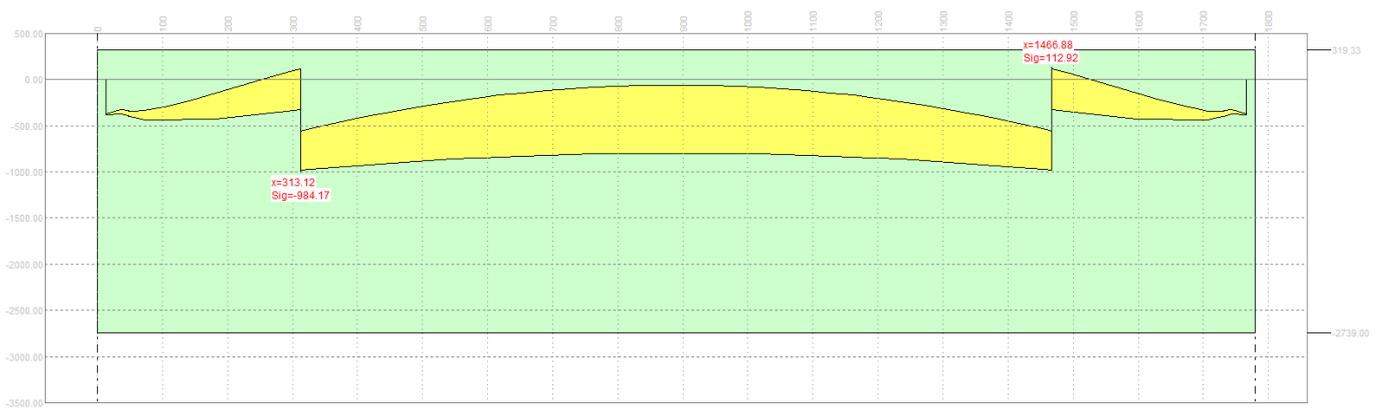


Figura 10: SLE tensioni cls

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	63 di 72

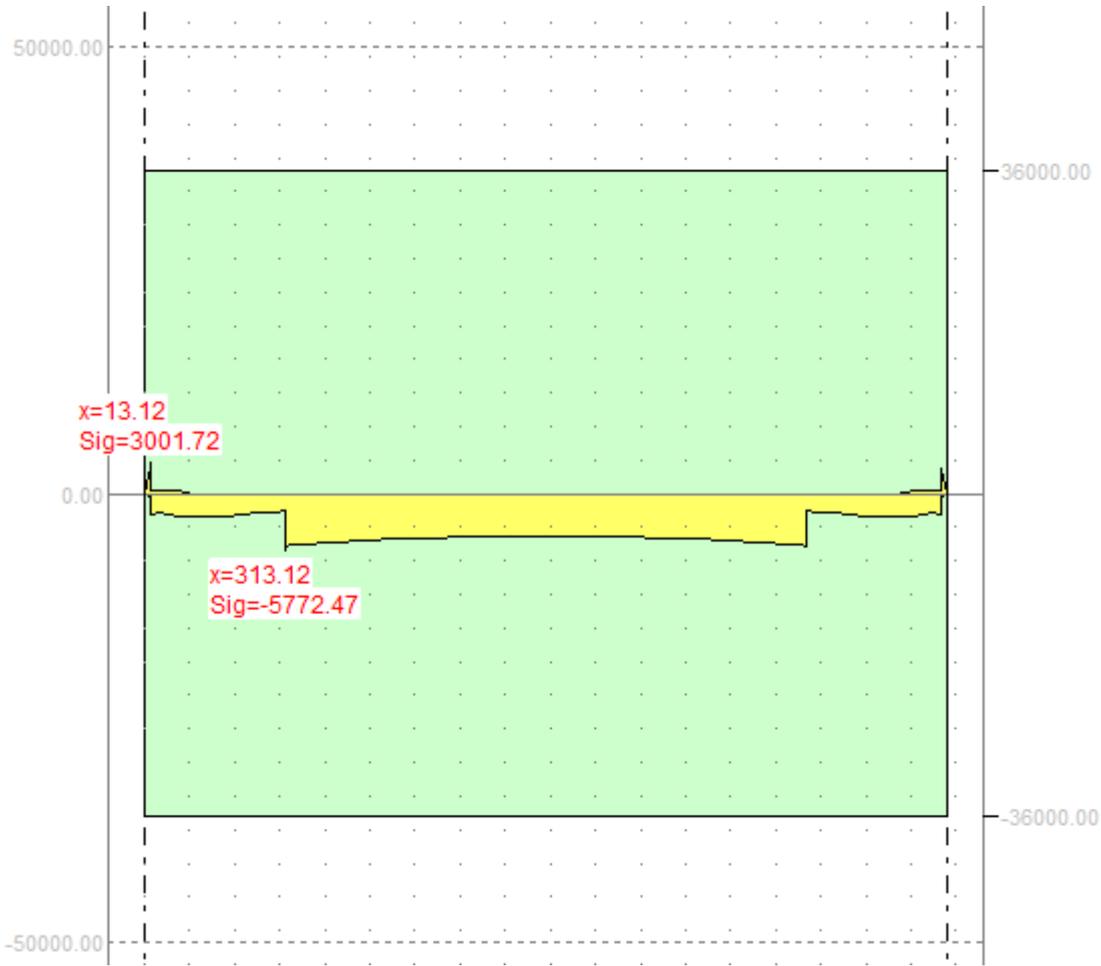


Figura 11: SLE tensioni acciaio

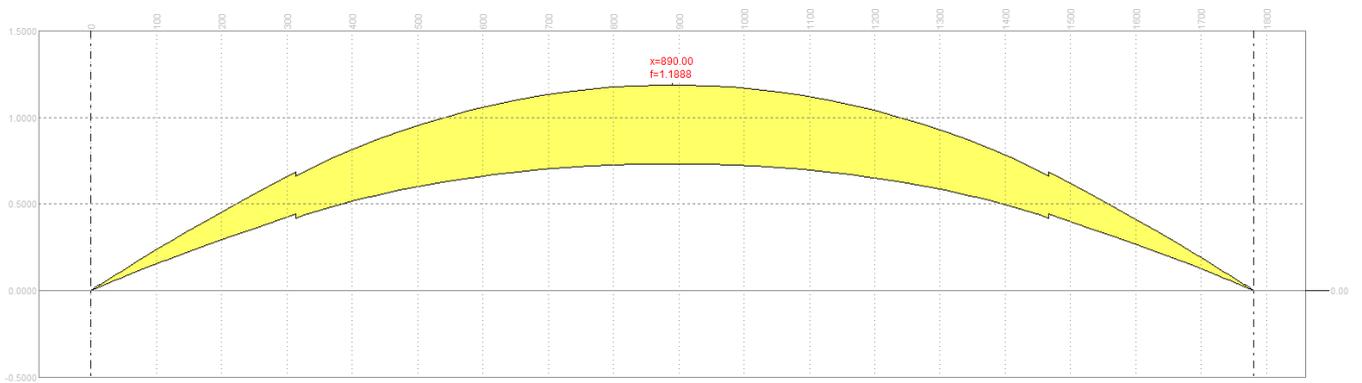


Figura 12: SLE deformazioni

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	64 di 72

12 SOLETTA

L'analisi delle sollecitazioni flettenti e taglianti nella direzione trasversale della soletta è stata sviluppata considerando una striscia di soletta di larghezza unitaria.

Si dispone armatura trasversale costituita da $\varnothing 16/20$ in zona tesa ed in zona compressa.

12.1 Campo intermedio

La soletta è interamente posizionata sul martello superiore delle travi, tuttavia per un calcolo degli effetti locali nel campo intermedio si considera uno schema semplificato di trave semi incastrata.

La verifica è condotta con riferimento alle sollecitazioni già calcolate al paragrafo "sollecitazioni sulla soletta" e di seguito riportate.

Combinazioni SLU

$$M_{\max} = 56.12 \text{ KNm}$$

$$M_{\min} = -43.99 \text{ KNm}$$

Combinazioni SLE

Rare

$$M_{\max} = 38.28$$

$$M_{\min} = -30.05$$

Frequenti

$$M_{\max} = 33.83$$

$$M_{\min} = -25.95$$

Quasi Permanenti

$$M_{\max} = 20.47$$

$$M_{\min} = -13.65$$

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:	C35/45
Resistenza compress. di progetto fcd:	21.20 MPa
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	65 di 72

Diagramma tensioni-deformaz.: Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale E_c : 34625.0 MPa
Resis. media a trazione f_{ctm} : 4.02 MPa
Coeff.Omogen. S.L.E.: 15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare: 20.5 MPa
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 20.5 MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 14.9 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. a snervamento f_{yk} : 450.0 MPa
Resist. caratt. a rottura f_{tk} : 450.0 MPa
Resist. a snerv. di progetto f_{yd} : 391.3 MPa
Resist. ultima di progetto f_{td} : 391.3 MPa
Deform. ultima di progetto E_{pu} : 0.068
Modulo Elastico E_f : 200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$: 0.50
Comb.Rare - Sf Limite: 337.5 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
Altezza: 35.0 cm
Barre inferiori: 5Ø16 (10.1 cm²)
Barre superiori: 5Ø16 (10.1 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre): 5.0 cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre): 5.0 cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre): 5.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	56.12	0.00	0.00
2	0.00	-43.99	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	38.28
2	0.00	-30.05

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	66 di 72

Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	33.83 (92.90)
2	0.00	-25.95 (-92.90)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	20.47 (92.90)
2	0.00	-13.65 (-92.90)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	56.12	-0.25	120.30	2.144	31.3	0.12	0.70	20.1
2	S	0.00	-43.99	-0.25	-120.30	2.735	3.7	0.12	0.70	20.1

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	35.0	-0.00121	30.0	-0.02473	5.0
2	0.00350	0.0	-0.00121	5.0	-0.02473	30.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	67 di 72

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.23	35.0	0.00	27.3	-140.3	30.0	9.1	910	10.1	22.5
2	S	2.53	0.0	0.00	7.7	-110.1	5.0	9.1	910	10.1	22.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00086	0.00024	0.50	0.60	0.000421 (0.000421)	389	0.164 (0.20)	92.90
2	S	-0.00067	0.00019	0.50	0.60	0.000330 (0.000330)	389	0.129 (0.20)	-92.90

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.85	35.0	0.00	27.3	-124.0	30.0	9.1	910	10.1	22.5
2	S	2.19	0.0	0.00	7.7	-95.1	5.0	9.1	910	10.1	22.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00076	0.00021	0.50	0.60	0.000372 (0.000372)	389	0.145 (0.20)	92.90
2	S	-0.00058	0.00016	0.50	0.60	0.000285 (0.000285)	389	0.111 (0.20)	-92.90

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.72	35.0	0.00	27.3	-75.0	30.0	9.1	910	10.1	22.5
2	S	1.15	0.0	0.00	7.7	-50.0	5.0	9.1	910	10.1	22.5

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00046	0.00013	0.50	0.40	0.000225 (0.000225)	389	0.088 (0.20)	92.90
2	S	-0.00031	0.00009	0.50	0.40	0.000150 (0.000150)	389	0.058 (0.20)	-92.90

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	68 di 72

13 VERIFICA TRAVERSO DI CAMPATA

Le sollecitazioni agenti sono desunte dal paragrafo “sollecitazioni sul traverso di campata” sono di seguito sintetizzate:

SLU

$$M_{\max} = 1023 \text{ KNm}$$

$$M_{\min} = -1376 \text{ KNm}$$

SLE – Rare

$$M_{\max} = 174 \text{ KNm}$$

$$M_{\min} = -926 \text{ KNm}$$

SLE – Frequenti

$$M_{\min} = -875 \text{ KNm}$$

SLE – Quasi permanenti

$$M_{\min} = -840 \text{ KNm}$$

Si verifica la sezione composta a T trasverso+soletta collaborante.

Si dispongono 2+2 Ø 24 barre di widad mentre in soletta sono presenti 1+1 Ø 12 /20

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C45/55	
	Resis. compr. di progetto fcd:	255	daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	362830	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	37.9	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	248	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	248	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	180	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913	daN/cm ²

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	69 di 72

Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C45/55

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-20.0	-82.5
2	-20.0	117.5
3	-105.0	117.5
4	-105.0	152.5
5	105.0	152.5
6	105.0	117.5
7	20.0	117.5
8	20.0	-82.5

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-15.0	-65.5	24
2	15.0	-65.5	24
3	-15.0	96.5	24
4	15.0	96.5	24
5	-100.0	122.5	12
6	100.0	122.5	12
7	-100.0	147.5	12
8	100.0	147.5	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	5	6	9	12
2	7	8	10	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	70 di 72

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0	1023	0
2	0	-1376	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	174	0
2	0	-926	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	-875 (-409679)	0 (0)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	-840 (-409679)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Componente momento flettente assegnato [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	1023	0	109909	107.44	30.5(28.5)
2	S	0	-1376	0	-275898	200.51	35.1(30.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	71 di 72

x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00138	0.020	-105.0	152.5	-0.00020	-100.0	147.5	-0.06750	-15.0	-65.5
2	0.00350	0.073	-20.0	-82.5	-0.00005	-15.0	-65.5	-0.04458	-100.0	147.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000315980	-0.046803313	0.020	0.700
2	0.000000000	-0.000209064	-0.013747784	0.073	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [daN/cm ²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm ²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.1	-105.0	152.5	-9	15.0	-65.5	1184	9.0
2	S	0.4	-20.0	-82.5	-16	81.8	147.5	4985	35.1

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20
con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02D8 001	A	72 di 72

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	0.500	24.0	158	0.00000 (0.00000) 1071	0.003 (0.20)	204395	0
2	S	-0.00001	0.00000	0.500	13.8	44	0.00000 (0.00000) 483	0.002 (0.20)	-409679	0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.4	-20.0	-82.5	-15	81.8	147.5	4985	35.1

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0.00000	0.500	13.8	44	0.00000 (0.00000) 483	0.002 (0.20)	-409679	0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.3	-20.0	-82.5	-14	81.8	147.5	4985	35.1

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0.00000	0.500	13.8	44	0.00000 (0.00000) 483	0.002 (0.20)	-409679	0