

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+361 a km 71+381

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B. L=20 senza 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 F 8 0 0 2 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: IV0100D09CLVI02F8002A.doc

n. Elab.:

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	2 di 100

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
1.1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	5
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI</b> .....	<b>7</b>
3.1	CALCESTRUZZO PER SOLETTA .....	7
3.2	CALCESTRUZZO PER TRAVI E TRASVERSI PREFABBRICATI – TEMPO T <sub>∞</sub> (FASE FINALE IN ESERCIZIO) .....	8
3.3	ACCIAIO PER C.A. (ARMATURA ORDINARIA) .....	8
3.4	ACCIAIO PER ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE.....	9
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO</b> .....	<b>10</b>
4.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO .....	10
4.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	10
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>13</b>
5.1	ESECUZIONE DEL MANUFATTO .....	15
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>16</b>
6.1	PESO PROPRIO (G1) .....	16
6.2	<i>Permanenti portati (G2)</i> .....	16
6.3	<i>Ballast – G2,1</i> .....	16
6.3.1	<i>Barriera antirumore – G2,2</i> .....	16
6.3.2	<i>Veletta in c.a. – G2,3</i> .....	16
6.4	<i>Sentiero pedonale – G2,6</i> .....	16
6.4.1	<i>Impianti – G2,7</i> .....	17
6.5	AZIONI VARIABILI (Q) .....	17
6.6	AZIONE DI FRENATURA / AVVIAMENTO (Q3) .....	18
6.7	AZIONE DI SERPEGGIO .....	18

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	3 di 100

6.8	AZIONE CENTRIFUGA (Q4).....	18
6.9	AZIONE DEL VENTO (Q5).....	18
6.10	AZIONI PARASSITE DEI VINCOLI (Q7).....	18
6.11	AZIONI SISMICHE (Q6) .....	19
6.12	COMBINAZIONE DI CARICO .....	20
7	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	23
7.1	VALORI CARATTERISTICI .....	23
7.2	VALORI CARATTERISTICI .....	23
7.3	<i>Prima fase - al taglio trefoli ed in opera .....</i>	23
7.4	<i>Seconda fase - carichi permanenti .....</i>	24
7.5	<i>Seconda fase - carichi da traffico.....</i>	26
7.6	<i>Fase transitoria - sollevamento.....</i>	30
7.7	VALORI DI COMBINAZIONE .....	31
7.8	<i>Stati Limite Ultimi .....</i>	31
7.9	<i>Stati Limite di Esercizio.....</i>	36
8	SOLLECITAZIONI SUL TRAVERSO IN CAMPATA .....	44
8.1	VALORI CARATTERISTICI MOMENTI FLETTENTI.....	44
8.2	<i>Carichi permanenti.....</i>	44
8.3	<i>Carichi da traffico.....</i>	44
8.4	VALORI DI COMBINAZIONE .....	46
8.5	<i>Stati Limite Ultimi .....</i>	46
8.6	<i>Stati Limite di Esercizio.....</i>	47
9	SOLLECITAZIONI SULLA SOLETTA .....	49
9.1	VALORI CARATTERISTICI .....	49
9.2	COMBINAZIONI SLU .....	50
9.3	<i>Persistenti/Transitorie.....</i>	50

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	4 di 100

9.4	COMBINAZIONI SLE .....	50
9.5	<i>Combinazioni Rare</i> .....	50
9.6	<i>Combinazioni Frequenti</i> .....	51
9.7	<i>Combinazioni Quasi Permanenti</i> .....	51
9.8	VERIFICA TRAVE C.A.P.....	51
9.9	<i>Dati geometrici</i> .....	51
9.10	<i>Armature trave prefabbricata</i> .....	52
9.11	<i>Armature getto in opera</i> .....	54
9.12	<i>Materiali - resistenze di calcolo</i> .....	55
9.13	<i>Cadute di tensione</i> .....	59
9.14	STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	62
9.15	<i>Stato Limite delle tensioni in esercizio - procedimento di calcolo</i> .....	62
9.16	<i>Stato limite di fessurazione travi prefabbricate</i> .....	63
9.17	<i>Stato Limite di deformazione</i> .....	63
9.18	STATI LIMITE ULTIMI .....	65
9.19	<i>Stato Limite Ultimo per sollecitazioni flettenti</i> .....	65
9.20	<i>Stato Limite Ultimo per sollecitazioni taglianti e torcenti</i> .....	66
9.21	<i>Stato Limite Ultimo per scorrimento tra i getti</i> .....	67
9.22	VERIFICA DELLE SEZIONI .....	68
9.23	<i>Verifica sezione X=0.00 - Sezione all'appoggio</i> .....	68
9.24	<i>Verifica sezione X=1140.00 - Sezione di mezzeria</i> .....	75
<b>10</b>	<b>DIAGRAMMI SOLLECITAZIONI</b> .....	<b>86</b>
11	SOLETTA .....	92
11.1	CAMPO INTERMEDIO.....	92
12	VERIFICA TRAVERSO DI CAMPATA.....	96

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	5 di 100

## 1 PREMESSA

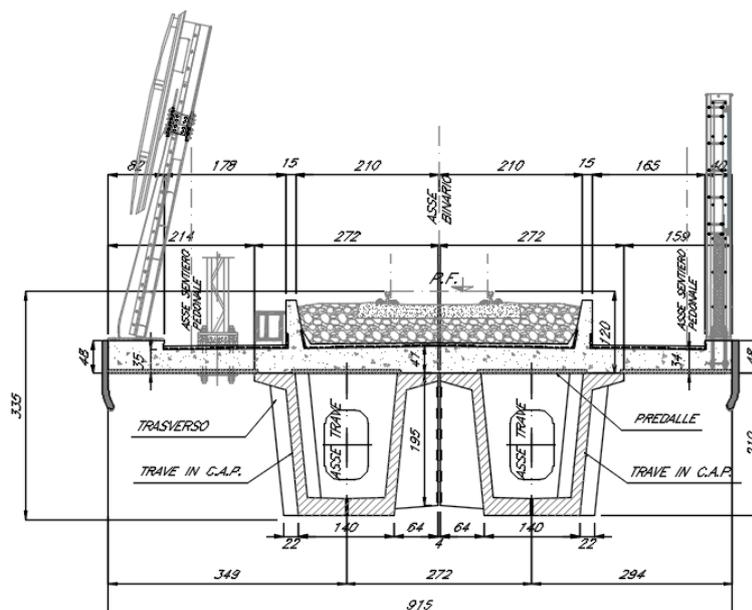
La presente relazione ha per oggetto il viadotto ferroviario su Torrente Maremola/Giustenice previsto dal progetto definitivo di raddoppio della linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure-Andora tra le progressive chilometriche 71+435.295 e 71+015.297 su binario pari.

### 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 2 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 9.15m 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><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B.</b> <b>L=20 senza marciapiede</b></p>	<p>COMMESSA <b>IV01</b></p>	<p>LOTTO <b>00</b></p>	<p>CODIFICA <b>D 09 CL</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>VI02F8 002</b></p>	<p>REV. <b>A</b></p>	<p>FOGLIO <b>6 di 100</b></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 senza marciapiede**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	7 di 100

### 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 senza marciapiede**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	8 di 100

**3.2 Calcestruzzo per travi e trasversi prefabbricati – tempo  $t_{\infty}$  (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
$\epsilon_{yd} =$	0,196%	deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%	deformazione caratteristica ultima

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	9 di 100

### 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  $\varepsilon_{c2}$  e  $\varepsilon_{cu2}$  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 " $\varepsilon_{ud}$ " 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 " $\varepsilon_{ud}$ " 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  $f_{ptk} / \gamma_s$ .

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B.</b> <b>L=20 senza marciapiede</b></p>	<p>COMMESSA <b>IV01</b></p>	<p>LOTTO <b>00</b></p>	<p>CODIFICA <b>D 09 CL</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>VI02F8 002</b></p>	<p>REV. <b>A</b></p>	<p>FOGLIO <b>10 di 100</b></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 ( $V_N$ ), 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 ( $C_U$ )

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 senza marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	11 di 100

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 15.29741  
LATITUDINE: 47.05012

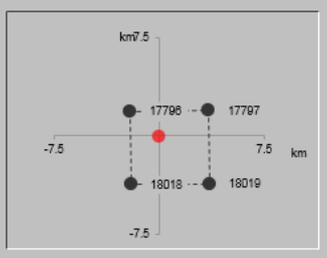
Ricerca per comune

REGIONE: Liguria | PROVINCIA: Savona | COMUNE: Pietra Ligure

Elaborazioni grafiche:  
Grafici spettri di risposta  
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:  
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione:  
superficie rigata

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

INTRO | **FASE 1** | FASE 2 | FASE 3

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) -  $V_N$ : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$ : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 112.5 info

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

Stati limite di esercizio - SLE:
 

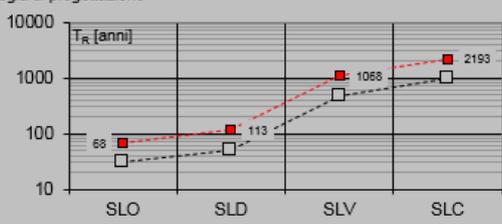
- SLO -  $P_{VR} = 81\%$ : 68
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$ : 113

Stati limite ultimi - SLU:
 

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$ : 1068
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$ : 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

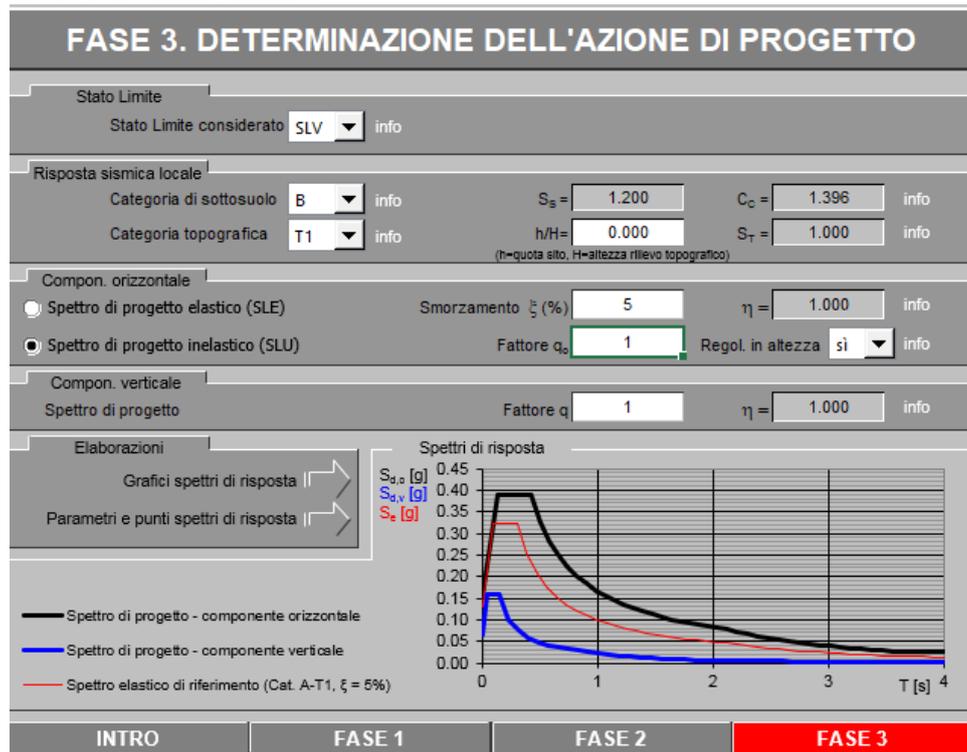
**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	12 di 100

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 senza marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	13 di 100

## 5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

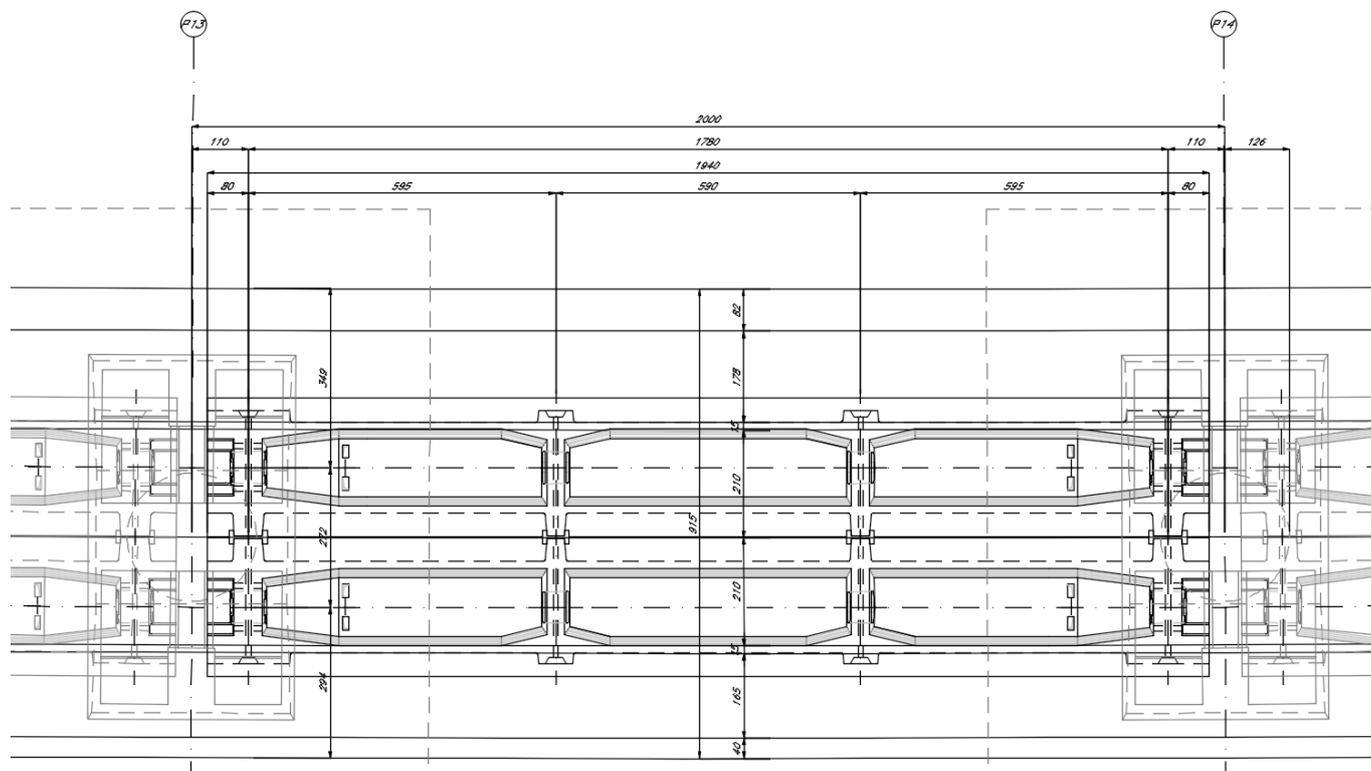
L'impalcato oggetto della presente relazione, è realizzato con un sistema di travi prefabbricate in cemento armato precompresso. Lo schema statico è quello di una trave semplicemente appoggiata alle estremità di luce netta pari a circa 17.80 m (da appoggio a appoggio). L'impalcato è caratterizzato da una larghezza complessiva pari a 9.15 m (di cui 4.10 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.

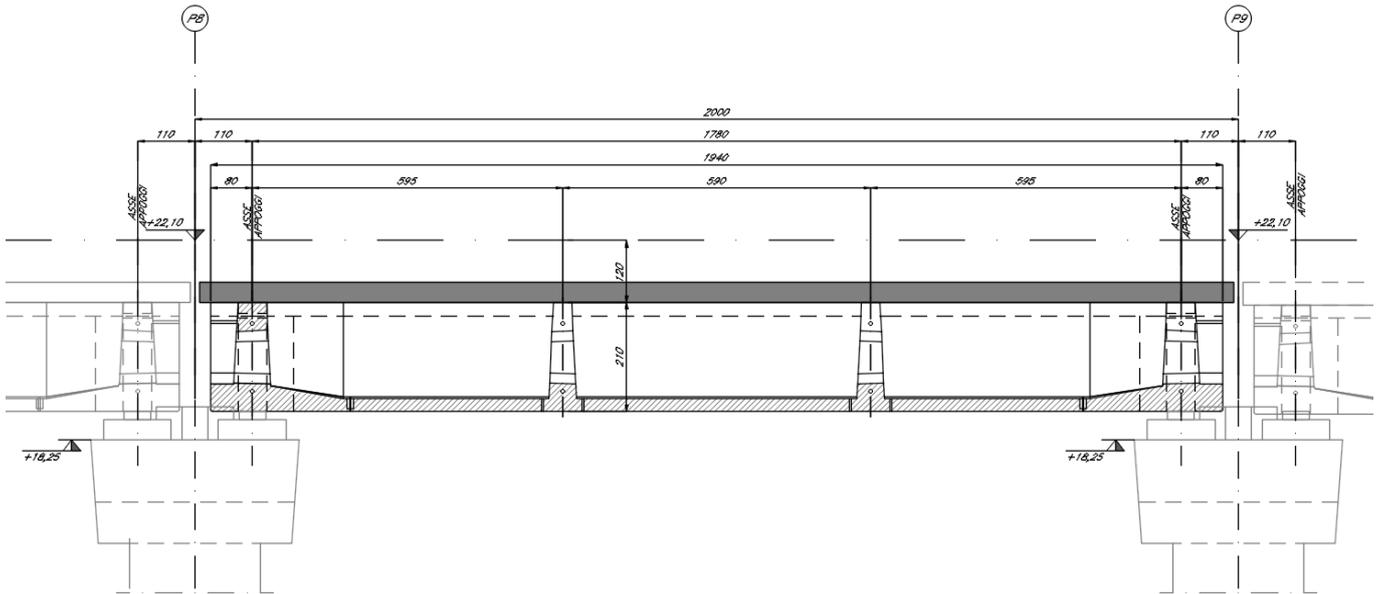


**Figura 2 – Pianta dell'impalcato**

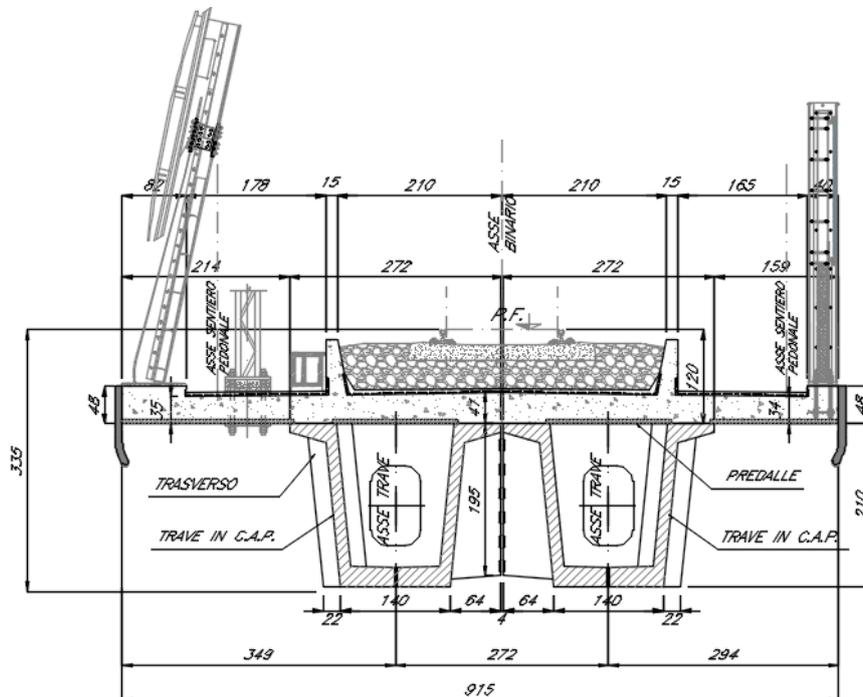
PROGETTO DEFINITIVO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	14 di 100



**Figura 3 – Sezione longitudinale**

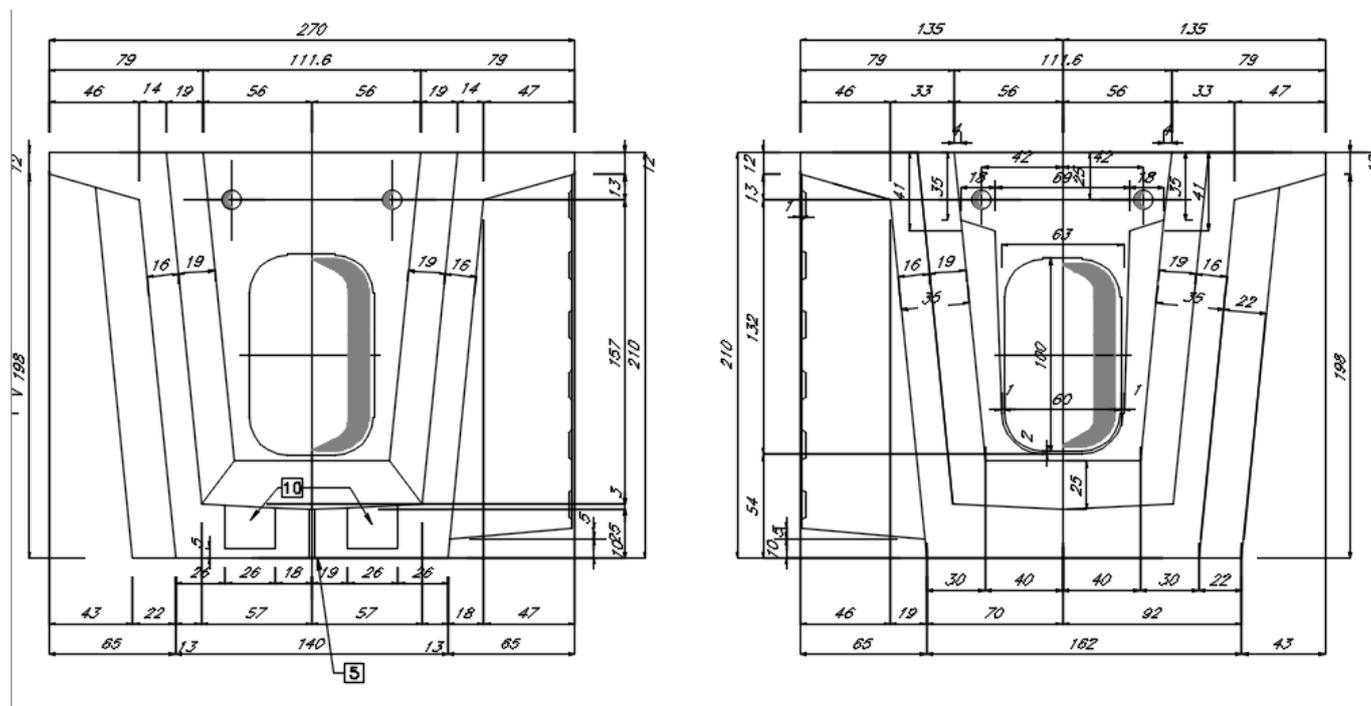


**Figura 4 – Sezione tipica trasversale dell'impalcato**

PROGETTO DEFINITIVO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	15 di 100



**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 senza marciapiede**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	16 di 100

## 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

#### 6.3 Ballast – G2,1

Si considera il peso specifico della pavimentazione pari a 18 kN/m<sup>3</sup> e uno spessore medio di 80 cm. Il peso al metro quadrato è pari a 18x0.80 = 14.4 kN/m<sup>2</sup>.

##### 6.3.1 Barriera antirumore – G2,2

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

##### 6.3.2 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.

#### 6.4 Sentiero pedonale – G2,6

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	17 di 100

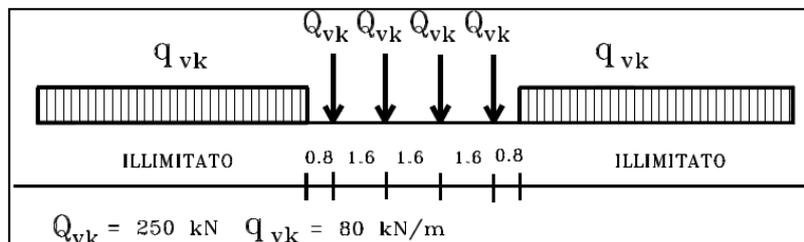
### 6.4.1 Impianti – G2,7

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

### 6.5 Azioni variabili (Q)

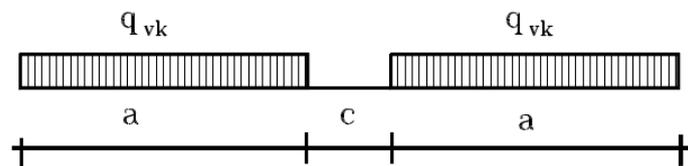
I carichi mobili sono costituiti per trave semplicemente appoggiata:

- 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 = 1435mm) 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/m<sup>2</sup>

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

coefficiente di adattamento	$\alpha$	<b>1.10</b>
freccia in mezzeria dovuta alle azioni permanenti	$\delta_o$	14.2 mm
prima frequenza flessionale	$n_o$	4.7 Hz
limite superiore del fuso	$n_{o,sup}$	9.1 Hz
limite inferiore del fuso	$n_{o,inf}$	3.7 Hz
standard manutentivo	normale	
coefficiente di amplificazione dinamica	$\Phi 3$	<b>1.202</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	18 di 100

### 6.6 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

### 6.7 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]
--	----------	---	-----	------

### 6.8 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.

### 6.9 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.

### 6.10 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 senza marciapiede**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	19 di 100

### 6.11 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  $\eta$  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 senza marciapiede**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	20 di 100

- 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  $2500 \text{ kg/m}^3$ );
- 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).

## 6.12 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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B.</b> <b>L=20 senza marciapiede</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI02F8 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>21 di 100</p>

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;
- $\gamma_G, \gamma_P$  e  $\gamma_Q$  sono i coefficienti parziali delle azioni per gli SLU;
- $\psi_0, \psi_2$  sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili.

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	22 di 100

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

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

<sup>(2)</sup> 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.

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

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

<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
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 <sub>1</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr <sub>2</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr <sub>3</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr <sub>4</sub>	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	F <sub>Wk</sub>	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 <sub>k</sub>	0,60	0,60	0,50

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	23 di 100

## 7 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

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

### 7.2 Valori caratteristici

### 7.3 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	428.95
1.00		246.40	224.87	405.47	383.12
2.00		453.91	192.44	765.48	337.28
3.00		632.52	164.55	1080.01	291.44
4.00		783.45	136.66	1349.08	245.60
5.00		905.86	108.77	1571.25	199.77
6.00		1000.84	80.88	1746.90	147.94
7.00		1067.59	52.99	1856.59	87.09
8.00		1106.95	25.10	1921.29	41.25
8.90	mezzeria	1118.29	0.00	1939.92	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	24 di 100

X	Descrizione	peso trave		peso soletta+traversi	
		M [KN·m]	V [KN]	M [KN·m]	V [KN]
9.00		1118.04	-2.79	1939.51	-4.58
10.00		1100.96	-30.68	1911.44	-50.42
11.00		1056.42	-58.57	1838.24	-96.26
12.00		984.22	-86.46	1716.85	-163.10
13.00		883.57	-114.35	1530.42	-208.93
14.00		755.13	-142.24	1298.33	-254.77
15.00		599.02	-170.13	1020.76	-300.61
16.00		415.24	-198.08	697.73	-346.45
17.00		198.36	-240.21	328.01	-392.28
17.80	appoggio	0.00	-270.97	0.00	-428.95

#### 7.4 Seconda fase - carichi permanenti

Sez.X	Descrizione	peso cordoli		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	175.18	0.00
1.00		165.09	155.49	0.00
2.00		310.66	135.81	0.00
3.00		436.71	116.13	0.00
4.00		543.23	96.45	0.00
5.00		629.62	76.76	0.00
6.00		696.65	57.08	0.00
7.00		743.75	37.40	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	25 di 100

Sez.X	Descrizione	peso cordoli		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
8.00		771.54	17.71	0.00
8.90	mezzeria	779.54	0.00	0.00
9.00		779.36	-1.97	0.00
10.00		767.31	-21.65	0.00
11.00		735.87	-41.33	0.00
12.00		684.92	-61.02	0.00
13.00		613.89	-80.70	0.00
14.00		523.24	-100.38	0.00
15.00		413.07	-120.07	0.00
16.00		283.38	-139.75	0.00
17.00		133.63	-159.43	0.00
17.80	appoggio	0.00	-175.18	0.00

Sez.X	Descrizione	permanenti portati		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	562.26	0.00
1.00		529.90	499.09	0.00
2.00		997.13	435.91	0.00
3.00		1401.70	372.74	0.00
4.00		1743.60	309.56	0.00
5.00		2020.87	246.38	0.00
6.00		2236.03	183.21	0.00
7.00		2387.21	120.03	0.00
8.00		2476.39	56.86	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	26 di 100

Sez.X	Descrizione	permanenti portati		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
8.90	mezzeria	2502.07	0.00	0.00
9.00		2501.49	-6.32	0.00
10.00		2462.81	-69.49	0.00
11.00		2361.92	-132.67	0.00
12.00		2198.37	-195.84	0.00
13.00		1970.38	-259.02	0.00
14.00		1679.43	-322.20	0.00
15.00		1325.82	-385.37	0.00
16.00		909.55	-448.55	0.00
17.00		428.92	-511.72	0.00
17.80	appoggio	0.00	-562.26	0.00

## 7.5 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 senza marciapiede**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	27 di 100

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	792.40	0.00
1.00		746.79	705.93	0.00
2.00		1405.26	624.42	0.00
3.00		1975.42	547.87	0.00
4.00		2457.26	476.28	0.00
5.00		2848.01	409.81	0.00
6.00		3151.24	348.26	0.00
7.00		3364.31	291.77	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	28 di 100

Sez.X	Descrizione	Distribuito-UDL		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
8.00		3489.98	240.20	0.00
8.90	mezzeria	3526.17	-198.10	0.00
9.00		3525.36	-202.60	0.00
10.00		3470.84	-250.18	0.00
11.00		3328.66	-302.68	0.00
12.00		3098.17	-360.15	0.00
13.00		2776.86	-422.71	0.00
14.00		2366.83	-490.27	0.00
15.00		1868.49	-562.78	0.00
16.00		1281.83	-640.25	0.00
17.00		604.48	-722.82	0.00
17.80	appoggio	0.00	-792.40	0.00

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	94.15	0.00
1.00		88.73	83.57	0.00
2.00		166.96	72.99	0.00
3.00		234.71	62.41	0.00
4.00		291.96	51.83	0.00
5.00		338.38	41.26	0.00
6.00		374.41	30.68	0.00
7.00		399.73	20.10	0.00
8.00		414.66	9.52	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	29 di 100

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
8.90	mezzeria	418.96	0.00	0.00
9.00		418.86	-1.06	0.00
10.00		412.38	-11.64	0.00
11.00		395.49	-22.21	0.00
12.00		368.11	-32.79	0.00
13.00		329.93	-43.37	0.00
14.00		281.21	-53.95	0.00
15.00		222.00	-64.53	0.00
16.00		152.30	-75.11	0.00
17.00		71.82	-85.68	0.00
17.80	appoggio	0.00	-94.15	0.00

Sez.X		gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	839.47	0.00
1.00		791.15	747.71	0.00
2.00		1488.74	660.91	0.00
3.00		2092.77	579.08	0.00
4.00		2603.24	502.20	0.00
5.00		3017.20	430.44	0.00
6.00		3338.44	363.60	0.00
7.00		3564.17	301.82	0.00
8.00		3697.31	244.96	0.00
8.90	mezzeria	3735.65	-198.10	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	30 di 100

Sez.X		gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
9.00		3734.79	-203.13	0.00
10.00		3677.03	-255.99	0.00
11.00		3526.41	-313.79	0.00
12.00		3282.23	-376.54	0.00
13.00		2941.82	-444.40	0.00
14.00		2507.44	-517.24	0.00
15.00		1979.49	-595.04	0.00
16.00		1357.98	-677.81	0.00
17.00		640.39	-765.67	0.00
17.80	appoggio	0.00	-839.47	0.00

## 7.6 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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	31 di 100

Sez.X	Descrizione	M max [KN-m]	M min [KN-m]
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
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

## 7.7 Valori di combinazione

## 7.8 Stati Limite Ultimi

### 1.1.1.1 Prima fase - al taglio dei trefoli

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

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	32 di 100

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

### 1.1.1.2 Fase transitoria - sollevamento

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	33 di 100

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

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
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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	34 di 100

### 1.1.1.3 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	944.90
1.00		880.03	820.78
2.00		1646.18	715.12
3.00		2311.91	615.59
4.00		2878.92	516.06
5.00		3344.10	416.52
6.00		3709.45	308.91
7.00		3947.64	189.11
8.00		4088.14	89.58
8.90	mezzeria	4128.59	0.00
9.00		4127.69	-9.95
10.00		4066.74	-109.49
11.00		3907.80	-209.02
12.00		3646.44	-336.90
13.00		3258.89	-436.43
14.00		2772.16	-535.96
15.00		2186.71	-635.49
16.00		1502.51	-735.11
17.00		710.59	-853.86
17.80	appoggio	0.00	-944.90

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	35 di 100

#### 1.1.1.4 Seconda fase - Persistenti Transitorie (P/T)

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

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

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

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

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	3242.01	0.00
1.00		3044.93	2863.51	0.00
2.00		5719.95	2510.66	0.00
3.00		8038.53	2171.12	0.00
4.00		10002.37	1838.79	0.00
5.00		11600.32	1513.87	0.00
6.00		12844.70	1188.00	0.00
7.00		13700.58	857.29	0.00
8.00		14205.40	553.97	0.00
8.90	mezzeria	14350.76	-287.24	0.00
9.00		14347.51	-316.62	0.00
10.00		14128.51	-614.15	0.00
11.00		13557.40	-918.81	0.00
12.00		12627.87	-1259.02	0.00
13.00		11308.84	-1578.28	0.00
14.00		9633.47	-1904.77	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	36 di 100

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
15.00		7603.35	-2238.45	0.00
16.00		5218.46	-2579.41	0.00
17.00		2462.94	-2946.89	0.00
17.80	appoggio	0.00	-3242.01	0.00

## 7.9 Stati Limite di Esercizio

### 1.1.1.5 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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	37 di 100

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
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

#### 1.1.1.6 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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	38 di 100

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

#### 1.1.1.7 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	699.92
1.00		651.88	607.99
2.00		1219.39	529.72
3.00		1712.53	455.99
4.00		2132.53	382.26
5.00		2477.11	308.54
6.00		2747.74	228.82
7.00		2924.18	140.08
8.00		3028.25	66.35
8.90	mezzeria	3058.21	0.00
9.00		3057.55	-7.37

PROGETTO DEFINITIVO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	39 di 100

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
10.00		3012.40	-81.10
11.00		2894.66	-154.83
12.00		2701.07	-249.55
13.00		2413.99	-323.28
14.00		2053.45	-397.01
15.00		1619.78	-470.74
16.00		1112.97	-544.53
17.00		526.36	-632.49
17.80	appoggio	0.00	-699.92

#### 1.1.1.8 Seconda fase - combinazione Caratteristica (Rara)

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

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	1576.91	0.00
1.00		1486.14	1402.29	0.00
2.00		2796.54	1232.63	0.00
3.00		3931.18	1067.94	0.00
4.00		4890.07	908.21	0.00
5.00		5667.68	753.59	0.00
6.00		6271.12	603.89	0.00
7.00		6695.14	459.25	0.00
8.00		6945.24	319.53	0.00
8.90	mezzeria	7017.25	-198.10	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	40 di 100

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
9.00		7015.64	-211.41	0.00
10.00		6907.14	-347.14	0.00
11.00		6624.21	-487.79	0.00
12.00		6165.52	-633.40	0.00
13.00		5526.08	-784.12	0.00
14.00		4710.11	-939.82	0.00
15.00		3718.38	-1100.48	0.00
16.00		2550.90	-1266.10	0.00
17.00		1202.94	-1436.82	0.00
17.80	appoggio	0.00	-1576.91	0.00

#### 1.1.1.9 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	1101.47	0.00
1.00		1038.07	978.74	0.00
2.00		1953.38	857.98	0.00
3.00		2745.93	739.22	0.00
4.00		3415.71	622.44	0.00
5.00		3958.88	507.70	0.00
6.00		4380.38	394.93	0.00
7.00		4676.55	284.19	0.00
8.00		4851.25	175.41	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	41 di 100

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
8.90	mezzeria	4901.55	-79.24	0.00
9.00		4900.43	-89.85	0.00
10.00		4824.64	-197.03	0.00
11.00		4627.01	-306.18	0.00
12.00		4306.61	-417.32	0.00
13.00		3859.97	-530.49	0.00
14.00		3290.01	-645.66	0.00
15.00		2597.29	-762.81	0.00
16.00		1781.81	-881.95	0.00
17.00		840.26	-1003.12	0.00
17.80	appoggio	0.00	-1101.47	0.00

#### 1.1.1.10 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	784.51	0.00
1.00		739.36	696.37	0.00
2.00		1391.28	608.22	0.00
3.00		1955.76	520.07	0.00
4.00		2432.81	431.92	0.00
5.00		2819.67	343.78	0.00
6.00		3119.88	255.63	0.00
7.00		3330.83	167.48	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	42 di 100

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
8.00		3455.26	79.33	0.00
8.90	mezzeria	3491.08	0.00	0.00
9.00		3490.28	-8.81	0.00
10.00		3436.30	-96.96	0.00
11.00		3295.54	-185.11	0.00
12.00		3067.34	-273.26	0.00
13.00		2749.23	-361.40	0.00
14.00		2343.28	-449.55	0.00
15.00		1849.90	-537.70	0.00
16.00		1269.07	-625.85	0.00
17.00		598.46	-714.00	0.00
17.80	appoggio	0.00	-784.51	0.00



**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	43 di 100

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	44 di 100

## 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

#### 8.2 Carichi permanenti

Sez.	Descrizione	peso cordoli [KN-m]	Perm Portati [KN-m]
-2.72	estremità dx	0.18	-224.10
-2.00		-41.09	-265.01
-1.00		-105.73	-254.59
0.00	asse travi	-134.69	-184.17
1.00		-123.35	-305.69
2.00		-66.63	-334.13
2.72	estremità sx	0.00	-273.50

#### 8.3 Carichi da traffico

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-2.72	estremità dx	0.00	0.00
-2.00		0.00	0.00
-1.00		0.00	0.00
0.00	asse travi	0.00	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	45 di 100

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

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
1.00		0.00	0.00
2.00		0.00	0.00
2.72	estremità sx	0.00	0.00

Sez.	Descrizione	Distribuito-UDL	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-2.72	estremità dx	1.49	0.00
-2.00		62.70	0.00
-1.00		352.42	0.00
0.00	asse travi	797.31	0.00
1.00		324.52	0.00
2.00		57.04	0.00
2.72	estremità sx	0.00	0.00

Sez.	Descrizione	Folla Marciapiedi	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-2.72	estremità dx	0.00	-31.66
-2.00		0.00	-61.51
-1.00		0.00	-91.61
0.00	asse travi	0.00	-105.08
1.00		0.00	-99.49
2.00		0.00	-76.89
2.72	estremità sx	0.00	-52.09

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	46 di 100

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

Sez.	Descrizione	gruppo 1 (tab.5.1.IV)	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-2.72	estremità dx	1.49	-16.49
-2.00		62.70	-29.91
-1.00		352.42	-45.57
0.00	asse travi	797.31	-52.33
1.00		324.52	-50.33
2.00		57.04	-39.49
2.72	estremità sx	0.00	-26.04

#### 8.4 Valori di combinazione

Nelle combinazioni seguenti vengono sommati effetti globali ed effetti locali.

Nei grafici sono riportati solo gli effetti globali.

#### 8.5 Stati Limite Ultimi

##### 1.1.1.11 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]
-2.72	estremità dx	-0.35	-324.40

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	47 di 100

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-2.00		49.83	-496.36
-1.00		405.29	-590.70
0.00	asse travi	1021.41	-533.97
1.00		347.20	-698.03
2.00		16.07	-648.40
2.72	estremità sx	0.00	-448.02

## 8.6 Stati Limite di Esercizio

### 1.1.1.12 Combinazioni Rare

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

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-2.72	estremità dx	-203.68	-216.74
-2.00		-243.40	-336.01
-1.00		-7.90	-405.89
0.00	asse travi	478.45	-371.19
1.00		-104.52	-479.36
2.00		-343.72	-440.25
2.72	estremità sx	-273.50	-299.55

### 1.1.1.13 Combinazioni Frequenti

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	48 di 100

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m]	Mmin [KN-m]
-2.72	estremità dx	-203.68	-216.74
-2.00		-281.02	-336.01
-1.00		-219.35	-405.89
0.00	asse travi	0.07	-371.19
1.00		-299.23	-479.36
2.00		-377.95	-440.25
2.72	estremità sx	-273.50	-299.55

#### 1.1.1.14 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]
-2.72	estremità dx	-203.68	-216.74
-2.00		-306.11	-336.01
-1.00		-360.32	-405.89
0.00	asse travi	-318.86	-371.19
1.00		-429.03	-479.36
2.00		-400.76	-440.25
2.72	estremità sx	-273.50	-299.55

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	49 di 100

## 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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	50 di 100

Larghezza impronta a metà spessore soletta	0.92
Lunghezza influenza	2.00

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

	<b>M max</b>	<b>M min</b>
effetto locale permanenti strutturali	2.67	-1.78
effetto locale permanenti non strutturali	17.72	-11.81
effetto locale LM2	17.80	-16.40

## 9.2 Combinazioni SLU

### 9.3 Persistenti/Transitorie

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

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

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

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

$$M \max = 56.00 \text{ [KN·m/m]}$$

$$M \min = -43.90 \text{ [KN·m/m]}$$

## 9.4 Combinazioni SLE

## 9.5 Combinazioni Rare

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	51 di 100

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

$$M_{max} = 38.19 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{min} = -29.99 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

### 9.6 Combinazioni Frequenti

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

$$M_{max} = 33.74 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{min} = -25.89 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

### 9.7 Combinazioni Quasi Permanenti

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

$$M_{max} = 20.39 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{min} = -13.59 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

### 9.8 Verifica trave c.a.p.

### 9.9 Dati geometrici

#### 1.1.1.15 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.

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	52 di 100

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.

#### 9.9.1.1.1 Prima fase

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

In opera al momento del getto di 2a fase:

Sbalzo sinistro = 80.00

Sbalzo destro = 80.00

In fase di sollevamento:

Sbalzo sinistro = 60.00

Sbalzo sinistro = 60.00

#### 9.9.1.1.2 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

### 9.10 Armature trave prefabbricata

#### 1.1.1.16 Armature di precompressione pretesate

trefoli :	6/10"	
area trefolo =	139.000	[mm <sup>2</sup> ]
acciaio :	prec.fpk=1860	

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	53 di 100

tensione di tesatura =	125550.00	[N/cm <sup>2</sup> ]
area totale A <sub>p</sub> =	66.720	[cm <sup>2</sup> ]
precompressione totale N <sub>p</sub> =	8376696.00	[N]
quota baricentro Z <sub>g,p</sub> =	27.83	[cm]

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
203.00	2		
138.00			
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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	54 di 100

1.1.1.17 Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.	armatura	y	z	x iniziale	x finale
P1-L1	6Ø14	0.00	195.00	56.00	1884.00
P1-L2	6Ø14	0.00	204.00	56.00	1884.00
P1-L3	6Ø14	0.00	6.00	56.00	1884.00

Armatura trasversale :

pos.	armatura	x iniziale	x finale	
P1-S1	4Ø12/20.00	400.00	970.00	trave+colleg. con soletta
P1-S1	(simmetrica)	970.00	1540.00	
P1-S2	4Ø12/10.00	0.00	400.00	trave+colleg. con soletta
P1-S2	(simmetrica)	1540.00	1940.00	

armatura longit. appoggio :

n. barre	Ø	lunghezza	quota z
4	16	192.00	3.00

**9.11 Armature getto in opera**

1.1.1.18 Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.	armatura	Y	Z	X iniziale	X finale
S-L1	9Ø14	0.00	215.00	56.00	1724.00
S-L2	9Ø14	0.00	240.00	56.00	1724.00

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	55 di 100

## 9.12 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.

### 1.1.1.19 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%
coeff. di viscosità	2.300
% viscosità taglio trefoli-getto soletta	33%

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	56 di 100

% 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 <sup>2</sup>
al taglio dei trefoli	$f_{ckj}$	$= 0.83 \cdot R_{ckj}$	$= 0.83 \cdot 3850.00 = 3195.50$	N/cm <sup>2</sup>

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 <sup>2</sup>
al taglio dei trefoli	$f_{cdj}$	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ckj} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 3195.50 / 1.5 = 1810.78$	N/cm <sup>2</sup>

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 :

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	57 di 100

a cadute avvenute :

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

**1.1.1.20 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 <sup>2</sup>
------------------	----------	-----------------------	----------------------------------	-------------------

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 <sup>2</sup>
------------------	----------	---	--	-------------------

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

$$f_{cd} = 2116.50$$

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	58 di 100

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:

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

1.1.1.21 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:

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

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	59 di 100

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):

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

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 <sup>2</sup>
-----------	--------------------------	----------------------------------	-------------------

#### 1.1.1.22 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

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

$\sigma_s$	$\leq 0.80 \cdot f_{yk}$	$= 0.80 \cdot 45000.00 = 36000.00$	N/cm <sup>2</sup>
------------	--------------------------	------------------------------------	-------------------

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 <sup>2</sup>
----------	-----------------------	--------------------------------	-------------------

### 9.13 Cadute di tensione

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B.</b> <b>L=20 senza marciapiede</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI02F8 002	REV. A

### 1.1.1.23 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	treccie 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:

- $\sigma_{pi}$  è la tensione iniziale nel cavo;
- $\rho_{1000}$  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	$\rho_{1000}$
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	$\mu$	$\Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi}$	
Trave 1 - gruppo 1	2	0.682	0.036	3.60%

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	61 di 100

 1.1.1.24 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 dell'acciaio stesso:

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

 1.1.1.25 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 :

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

 1.1.1.26 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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B.</b> <b>L=20 senza marciapiede</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI02F8 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 62 di 100</p>

#### 9.14 Stati limite di esercizio

#### 9.15 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) :

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

dove:

$G_1$  = permanenti strutturali

$G_2$  = permanenti non strutturali

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	63 di 100

P = precompressione

Q = azioni variabili

1.1.1.27 Verifica al sollevamento

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

Incremento dinamico = 0.15

Sbalzo sinistro = 60.00

Sbalzo sinistro = 60.00

**9.16 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>
	$\sigma_{traz.} \leq f_{ctm}/1.2$		

**9.17 Stato Limite di deformazione**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	64 di 100

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.

1.1.1.28 Prima fase

VH210 :

	accorciamento	rotaz. testata	rotaz. testata	freccia in
	[cm]	sinistra [rad]	destra [rad]	mezzeria [cm]
al taglio trefoli	-0.2699	0.00136	-0.00136	0.7134
prima del getto in opera	-0.4986	0.00175	-0.00175	0.9296
al getto soletta	-0.4986	0.00130	-0.00130	0.6789
dopo maturazione	-0.5005	0.00130	-0.00130	0.6801

1.1.1.29 Seconda fase

Spostamenti X in asse appoggi [cm] :

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	65 di 100

	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.
Asse appoggi sx	0.0000	0.0000	0.0000
Asse appoggi dx	0.0000	0.0000	-0.1143

Rotazioni in asse appoggi [rad] :

	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.
Asse appoggi sx	0.00000	0.00000	0.00079
Asse appoggi dx	0.00000	0.00000	-0.00079

Freccce in mezzeria [cm] :

campata		dopo maturazione	postesi e	t=inf.	t=inf.
	X	soletta	cambio vincoli	comb. rara max	comb. rara min
1	890.00	0.6801	0.6801	1.1455	0.7896

## 9.18 Stati limite ultimi

### 9.19 Stato Limite Ultimo per sollecitazioni flettenti

Il calcolo dei momenti ultimi delle sezioni viene eseguito tenendo conto del diagramma  $\sigma$ - $\varepsilon$  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.

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	66 di 100

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

## 9.20 Stato Limite Ultimo per sollecitazioni taglianti e torcenti

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

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

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

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

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

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

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

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

$\theta$ : inclinazione bielle compresse in cls

$\alpha_c$ : coeff. maggiorativo dovuto alla presenza dello sforzo assiale

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	67 di 100

$A_{sj}$ : area acciaio in zona tesa

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

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

$$\rho_I = A_{sj}/(b_w \cdot d)$$

$A_k$ : 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.

### 9.21 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:

- $\beta$  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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	68 di 100

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

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

## 9.22 Verifica delle sezioni

### 9.23 Verifica sezione X=0.00 - Sezione all'appoggio

#### 1.1.1.30 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	

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	69 di 100

n.	Y	Z	
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 <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
20207.000	92909488.5695	98.19

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	195.00	9.236	6Ø14
2	204.00	9.236	6Ø14
3	6.00	9.236	6Ø14
4	3.00	8.042	armatura longit. appoggio 4Ø16

Sezione ideale (n=15.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	20743.270	98028959.6221	98.37

Sollecitazioni	M <sub>esterno</sub>
prima del getto in opera	30242553.47

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	70 di 100

Sollecitazioni	Mesterno
dopo getto 2a fase	0.00

**9.23.1.1.1 Tensioni nei materiali in prima fase**

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	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,max}$	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	

**9.23.1.1.2 Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase**

<sollecitazioni flettenti nulle>

**9.23.1.1.3 Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase**

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	bw	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0.785	70.00		0.45239

PROGETTO DEFINITIVO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	71 di 100

d	K	A <sub>sl</sub>	ρ <sub>i</sub>	σ <sub>cp</sub>	α <sub>c</sub>
207.00	1.311	18.473	0.0013	0.00	1.000

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
514255.37	3297918.30	8433723.38

$$V_{Ed,max} = 944898.03 < 3297918.30$$

#### 1.1.1.31 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	σ <sub>e,max</sub>	σ <sub>i,max</sub>
trave prefabbricata	0.00	0.00
getto in opera	0.00	0.00

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

	%	Δσ <sub>sp</sub>	Δσ <sub>sp</sub> /σ <sub>spi</sub>
ritiro cls	48.9%	2858.44	2.3%
rilassamento acciaio	32.6%	1473.32	1.2%
viscosità cls	100.0%	6444.48	5.1%

### 9.23.1.1.4 Verifiche in esercizio

#### 9.23.1.1.4.1 Verifica tensionale

Sezione di calcestruzzo :

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	72 di 100

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	-111.00	248.00	(m=0.951)
17	346.50	248.00	non reag.trazione
18	346.50	210.00	
19	-136.00	210.00	
20	-136.00	248.00	

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
37640.444	255154494.8989	158.78

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	73 di 100

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

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	195.00	9.236	6Ø14
2	204.00	9.236	6Ø14
3	6.00	9.236	6Ø14
4	3.00	8.042	armatura longit. appoggio 4Ø16

Sezione ideale (n=15.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f, id</sub>	Z <sub>g, id</sub>
	38176.714	261759142.5057	158.02

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	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	74 di 100

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

9.23.1.1.4.2 Verifica a rottura per flessione t=inf.

<sollecitazioni flettenti nulle>

9.23.1.1.4.3 Verifica rottura per taglio t=inf.

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
	0.785	70.00		0.45239

d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
245.00	1.286	18.473	0.0011	0.00	1.000

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

$$V_{Ed,max} = 3242013.98 < 3903333.26$$

Trazione per taglio ( $V=3242013.98$ ) = 1621006.99 [N]

9.23.1.1.4.4 Verifica rottura per torsione t=inf.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. S.B.</b> <b>L=20 senza marciapiede</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI02F8 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 75 di 100</p>

<sollecitazioni torcenti nulle>

#### 9.23.1.1.4.5 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.

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |0.00/420975819.58| + |3242013.98/3903333.26| = 0.831$$

#### 9.23.1.1.4.6 Forze di scorrimento tra i getti

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 70.000 [cm<sup>2</sup>] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=0.00 risultano:

max valore di progetto scorrimento interfaccia	10417.76	[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 <sup>2</sup> /cm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	±15041.87	[N/cm]

## 9.24 Verifica sezione X=1140.00 - Sezione di mezzeria

### 1.1.1.32 Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
----	---	---	--

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	76 di 100

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 <sub>r</sub>	Z <sub>g</sub>
11372.000	63761777.7876	95.53

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	203.00	2.780
2	117.00	2.780
3	96.00	2.780
4	17.00	19.460
5	12.00	19.460

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	77 di 100

n.	Z	area
6	7.00	19.460

Z <sub>g,p</sub>	A <sub>p</sub>
27.83	66.720

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	195.00	9.236	6Ø14
2	204.00	9.236	6Ø14
3	6.00	9.236	6Ø14

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	11938.573	68021032.9725	93.81

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%

Sollecitazioni	M <sub>esterno</sub>	N <sub>precomp.</sub>	M <sub>precomp.</sub>
t=0 dopo taglio trefoli	103070049.84	-8152362.22	-551857762.83
prima del getto in opera	164233618.26	-7639150.46	-517116924.89

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	78 di 100

Sollecitazioni	Mesterno	N <sub>precomp.</sub>	M <sub>precomp.</sub>
dopo getto 2a fase	282666849.48	-7636853.28	-516961421.90

### 9.24.1.1.1 Tensioni nei materiali in prima fase

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	59.81	-1282.43
prima del getto in opera	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	-261.83	-945.07

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
t=0 dopo taglio trefoli	115560.49	128.75		-7464.49	
prima del getto in opera	0.00	0.00		0.00	
dopo getto 2a fase	109368.56	-1688.10		-5553.32	

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	43.8%	5030.04	4.0%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.1%	8.06	0.0%

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	79 di 100

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
rilassamento acciaio	0.1%	4.15	0.0%
viscosità cls	0.2%	22.22	0.0%

### 9.24.1.1.2 Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase

Presollecitazione armature pretese :  $\epsilon_{sp,z=27.83}=0.00587$

fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	Z <sub>gsup</sub>	$\epsilon_{inf}$	Z <sub>ginf</sub>
(+)	139.29	1649298978.10	-0.00350	210.00	0.00660	6.00
(-)	32.35	-295977302.68	0.01000	204.00	-0.00188	0.00

$$M_{d,max} = 381600246.80 < 1649298978.10 \quad K_r=4.322$$

### 9.24.1.1.3 Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	b <sub>w</sub>	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0.381	32.00		0.22619

d	K	A <sub>sl</sub>	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
204.00	1.313	26.813	0.0041	-671.75	1.250

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
931051.09	4062645.64	3275470.49

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	80 di 100

$$V_{Ed,max} = 248829.74 < 3275470.49$$

### 1.1.1.33 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-261.90	-944.67
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	56.1%	6444.48	5.1%

## 9.24.1.1.4 Verifiche in esercizio

### 9.24.1.1.4.1 *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	

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	81 di 100

n.	Y	Z	
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	-111.00	248.00	(m=0.951)
17	346.50	248.00	non reag.trazione
18	346.50	210.00	
19	-136.00	210.00	
20	-136.00	248.00	

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
28805.444	188472659.5778	176.31

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	203.00	2.780
2	117.00	2.780
3	96.00	2.780

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	82 di 100

n.	Z	area
4	17.00	19.460
5	12.00	19.460
6	7.00	19.460

Z <sub>g,p</sub>	A <sub>p</sub>
27.83	66.720

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	195.00	9.236	6Ø14
2	204.00	9.236	6Ø14
3	6.00	9.236	6Ø14
4	215.00	13.854	9Ø14
5	240.00	13.854	9Ø14

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	29538.270	200130821.3181	174.35

Tensioni sul cls - VH210 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-255.33	-255.33	-829.58	-829.58
t=inf.-SLE Rare	-255.33	-371.24	-266.71	-829.58

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	83 di 100

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-255.33	-313.41	-549.54	-829.58

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-12.43	-12.43	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	-12.43	-239.43	0.00	-103.97
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-12.43	-125.83	0.00	-48.98

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	95430.80	23.88		-4879.02	
t=inf.-SLE Rare	93747.42	23.88		-4879.02	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	23.88		-4879.02	

9.24.1.1.4.2 Verifica a rottura per flessione t=inf.

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	$\Delta \epsilon_{sp}$
Armature pretese	27.83	0.00513

fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	Z <sub>gsup</sub>	$\epsilon_{inf}$	Z <sub>ginf</sub>
(+)	224.76	2162499492.73	-0.00106	248.00	0.01000	6.00
(-)	34.73	-527062778.17	0.01000	240.00	-0.00169	0.00

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	84 di 100

$$M_{d,max} = 1322757638.88 < 2162499492.73 \quad K_r=1.635$$

*9.24.1.1.4.3 Verifica rottura per taglio  $t=inf$ .*

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	bw	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0.476	32.00		0.22619

d	K	A <sub>sl</sub>	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
242.00	1.287	108.283	0.0140	-240.16	1.093

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
757119.70	3738253.98	4013511.58

$$V_{Ed,max} = 1042735.79 < 3738253.98$$

Trazione per taglio ( $V=1042735.79$ ) = 1009430.92 [N]

*9.24.1.1.4.4 Verifica rottura per torsione  $t=inf$ .*

<sollecitazioni torcenti nulle>

*9.24.1.1.4.5 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.

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	85 di 100

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |0.00/420402899.62| + |-1042735.79/3738253.98| = 0.280$$

*9.24.1.1.4.6 Forze di scorrimento tra i getti*

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 32.000 [cm<sup>2</sup>] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=1140.00 risultano:

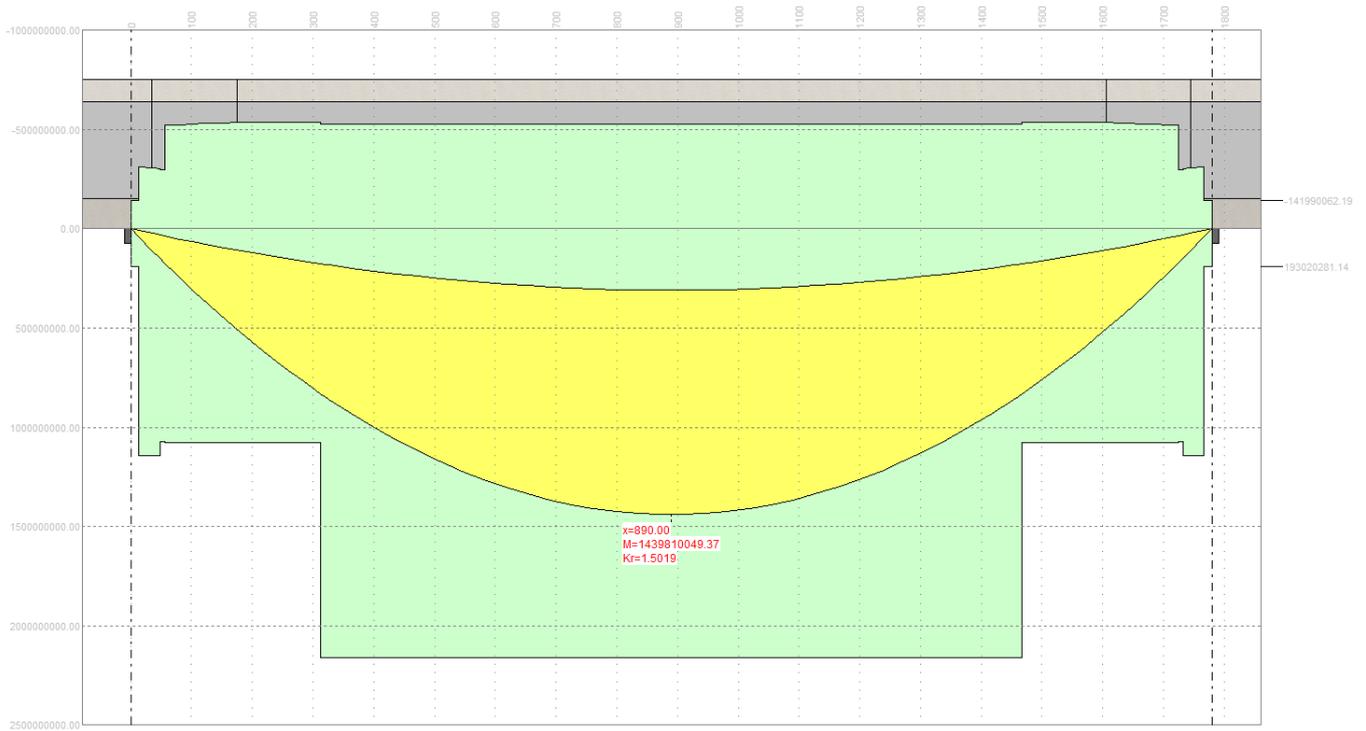
max valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[N/cm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	-3645.12	[N/cm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	±2020.82	[N/cm]
staffe di collegamento	0.2262	[cm <sup>2</sup> /cm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	±7331.48	[N/cm]

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	86 di 100

## 10 DIAGRAMMI SOLLECITAZIONI

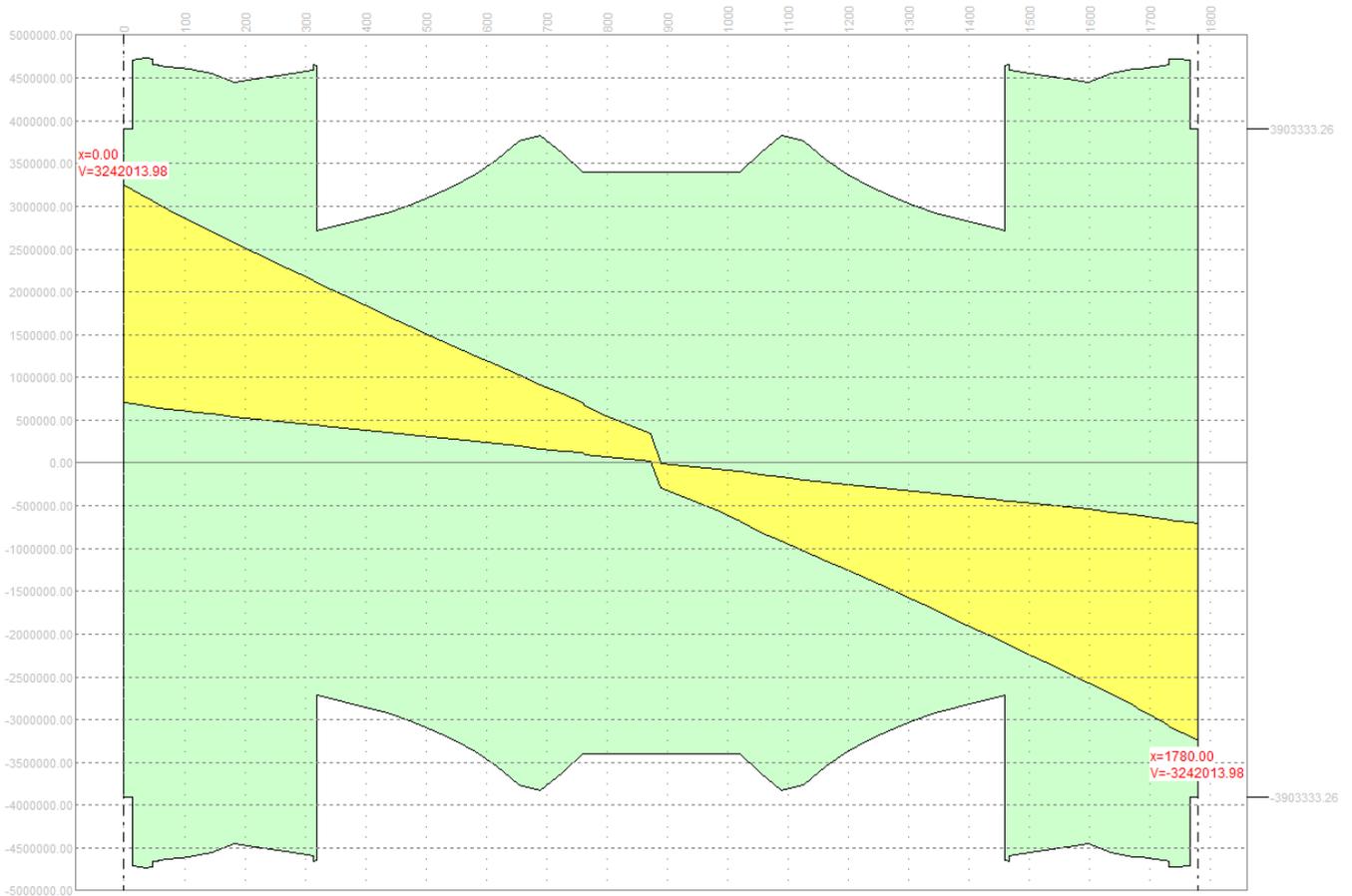


**Figura 6: SLU Md su Mr -  $t=\infty$**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	87 di 100

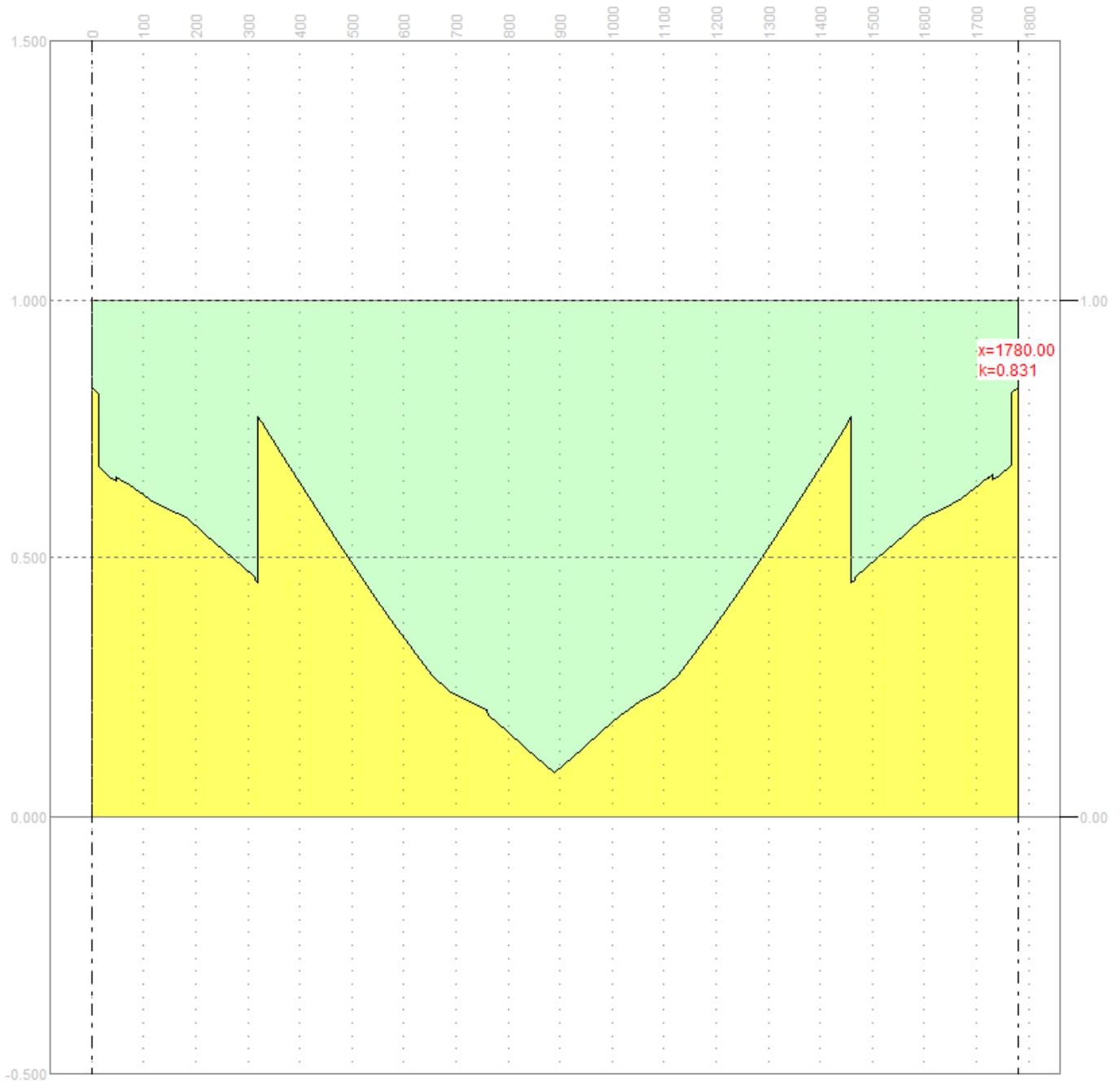


**Figura 7: SLU Vd su Vr -  $t=\infty$**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	88 di 100

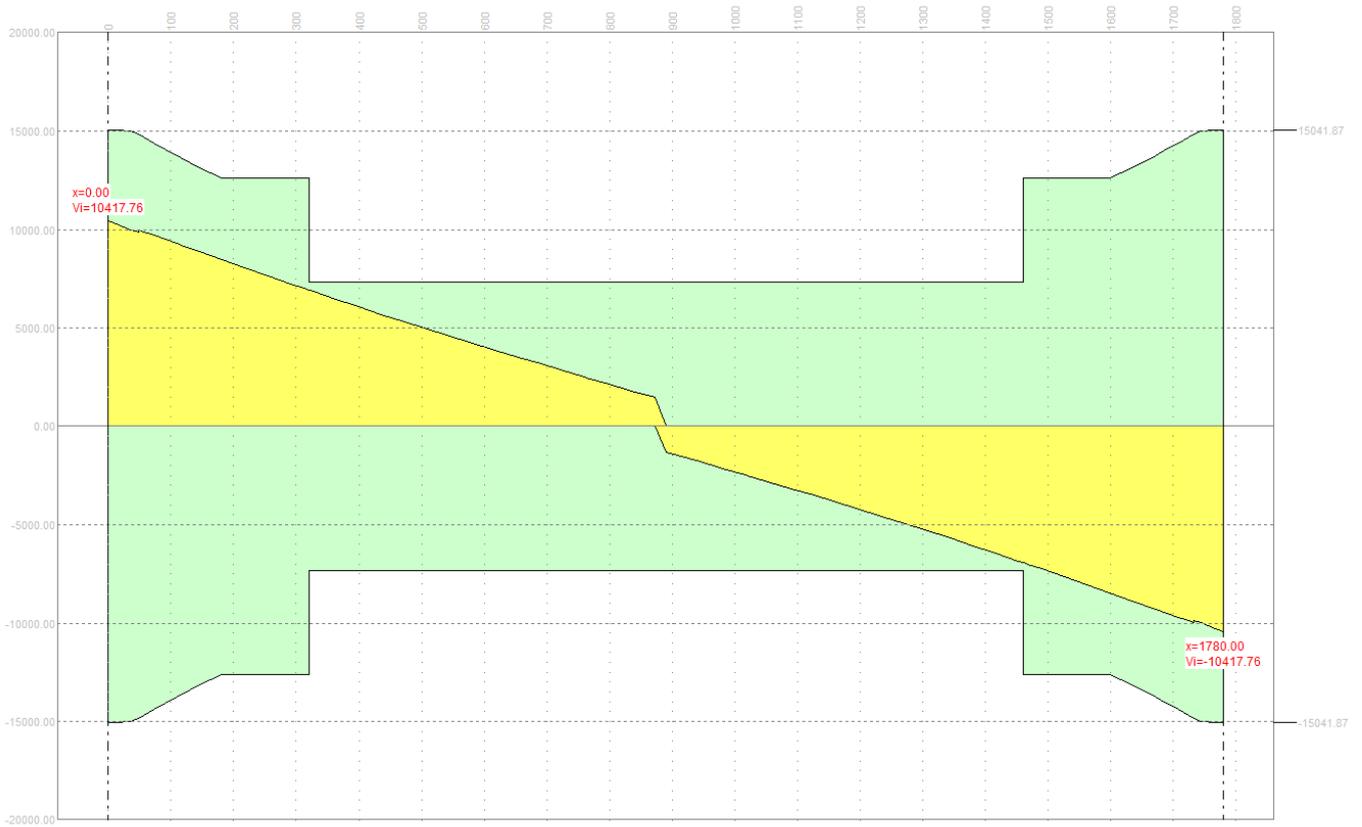


**Figura 8: SLU Taglio-Torsione**

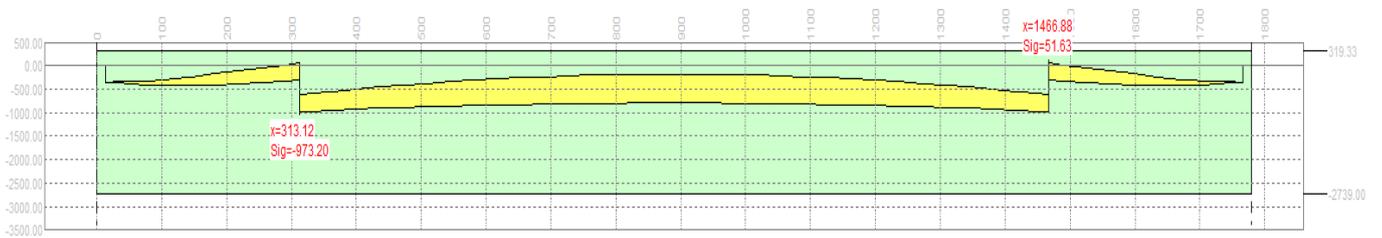
**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	89 di 100



**Figura 9: SLU Scorrimento interfaccia getti**

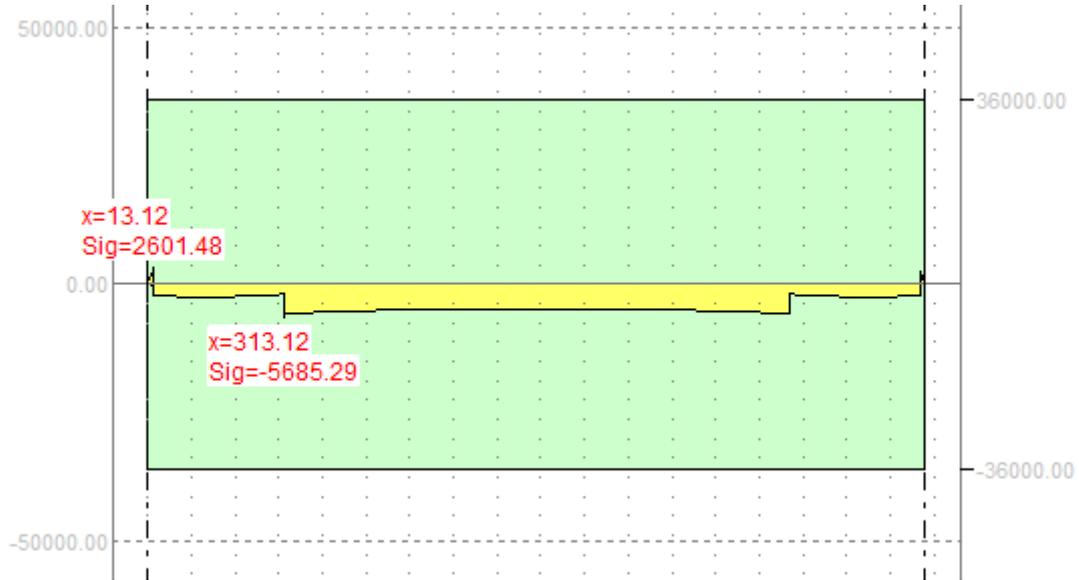


**Figura 10: SLE rara tensioni cls**

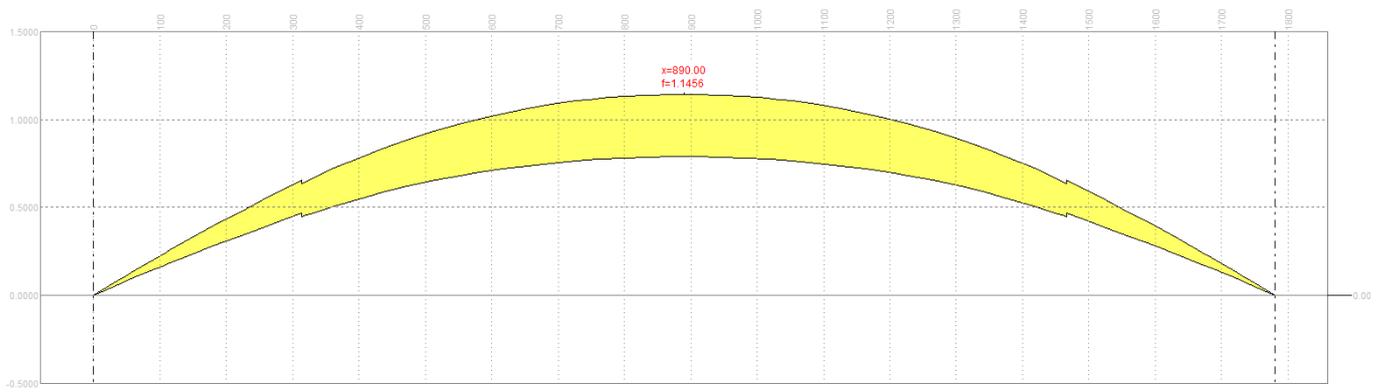
**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	90 di 100



**Figura 11: SLE tensioni acciaio**



**Figura 12: SLE deformazioni**



**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	91 di 100

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	92 di 100

## 11 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.

### 11.1 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

$$M_{\max} = 56.00 \text{ KNm}$$

$$M_{\min} = -43.90 \text{ KNm}$$

#### Combinazioni SLE

##### Rare

$$M_{\max} = 38.19$$

$$M_{\min} = -29.99$$

##### Frequenti

$$M_{\max} = 33.74$$

$$M_{\min} = -25.89$$

##### Quasi Permanenti

$$M_{\max} = 20.39$$

$$M_{\min} = -13.59$$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45  
Resistenza compress. di progetto fcd: 21.20 MPa

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	93 di 100

Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	34625.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	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 fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	337.5	MPa

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	35.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
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	56.00	0.00	0.00
2	0.00	-43.90	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	38.19
2	0.00	-29.99

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	94 di 100

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	33.74 (92.90)
2	0.00	-25.89 (-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	20.39 (92.90)
2	0.00	-13.59 (-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  $\geq 1.000$   
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 [cm<sup>2</sup>] 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	56.00	-0.25	120.30	2.148	31.3	0.12	0.70	20.1
2	S	0.00	-43.90	-0.25	-120.30	2.740	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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	95 di 100

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
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 <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] 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	3.22	35.0	0.00	27.3	-140.0	30.0	9.1	910	10.1	22.5
2	S	2.53	0.0	0.00	7.7	-109.9	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	0.000420 (0.000420)	389	0.163 (0.20)	92.90
2	S	-0.00067	0.00019	0.50	0.60	0.000330 (0.000330)	389	0.128 (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	2.84	35.0	0.00	27.3	-123.7	30.0	9.1	910	10.1	22.5
2	S	2.18	0.0	0.00	7.7	-94.9	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	0.000371 (0.000371)	389	0.144 (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	-74.7	30.0	9.1	910	10.1	22.5
2	S	1.15	0.0	0.00	7.7	-49.8	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	0.000224 (0.000224)	389	0.087 (0.20)	92.90
2	S	-0.00030	0.00009	0.50	0.40	0.000149 (0.000149)	389	0.058 (0.20)	-92.90

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	96 di 100

## 12 VERIFICA TRAVERSO DI CAMPATA

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

### SLU

$$M_{\max} = 1021 \text{ KNm}$$

$$M_{\min} = -698 \text{ KNm}$$

### SLE – Rare

$$M_{\max} = 478 \text{ KNm}$$

$$M_{\min} = -479 \text{ KNm}$$

### SLE – Frequenti

$$M_{\min} = -479 \text{ KNm}$$

### SLE – Quasi permanenti

$$M_{\min} = -479 \text{ KNm}$$

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

Si dispongono 2+2 Ø 24 barre diwidag 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 <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	37.9	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	248	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	248	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	180	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500	daN/cm <sup>2</sup>

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	97 di 100

Resist. caratt. rottura ftk:	4500	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di progetto fyd:	3913	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di progetto ftd:	3913	daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

**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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	98 di 100

Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Componente del Taglio [daN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0	1021	0
2	0	-698	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	-479	0
2	0	478	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	-479 (-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	-479 (-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<sub>r</sub>, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] 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	1021	0	109909	107.65	30.5(28.5)
2	S	0	-698	0	-275898	395.27	35.1(30.6)

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	99 di 100

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

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/cm²]
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/cm²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.2	-20.0	-82.5	-8	81.8	147.5	4985	35.1
2	S	0.1	-105.0	152.5	-24	15.0	-65.5	1184	9.0

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ 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; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ 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 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI02F8 002	A	100 di 100

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(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]

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	13.8	44	0.00000 (0.00000)	483	0.001 (0.20)	-409679	0
2	S	-0.00001	0.00000	0.500	24.0	158	0.00001 (0.00001)	1071	0.008 (0.20)	204395	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	0.2	-20.0	-82.5	-8	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	0.00000	0.00000	0.500	13.8	44	0.00000 (0.00000)	483	0.001 (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	0.2	-20.0	-82.5	-8	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	0.00000	0.00000	0.500	13.8	44	0.00000 (0.00000)	483	0.001 (0.20)	-409679	0