

COMMITTENTE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – PONTI E CAVALCAFERROVIA

Ponte stradale su Torrente Giustenice  
Relazione di calcolo impalcato via inferiore L=28.38m, appoggi e giunti

SCALA:

-

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

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	K. Petrucci	Feb. 2022	F. Bonifacio	Feb. 2022	G. Fadda	Feb. 2022	A. Vittozzi Feb. 2022

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e Gestione della Infrastruttura  
Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova  
N° 432783

File: IV0100D09CLIV020A001A

n. Elab.:

## INDICE

1.	PREMESSA .....	2
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	3
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	4
3.1	CALCESTRUZZO.....	4
3.2	ACCIAIO .....	4
3.2.1	<i>Acciaio per cemento armato.....</i>	4
3.2.2	<i>Acciaio per carpenteria metallica .....</i>	4
4.	ANALISI DEI CARICHI .....	5
5.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	5
6.	VERIFICA SOLETTA.....	6
6.1	SEZIONI RESISTENTI .....	6
6.1.1	<i>Sezioni correnti.....</i>	6
6.1.2	<i>Sezioni in appoggio / giunti.....</i>	7
6.2	VERIFICA SOLETTA TRASVERSALE - SLU - STATO LIMITE ULTIMO .....	8
6.2.1	<i>Mezzeria - Verifica a pressoflessione .....</i>	8
6.2.2	<i>Appoggio - Verifica a pressoflessione .....</i>	8
6.3	VERIFICA SOLETTA TRASVERSALE - SLE - STATO LIMITE D'ESERCIZIO .....	10
6.3.1	<i>Appoggio - Verifica lato CLS .....</i>	10
6.3.2	<i>Appoggio - Verifica lato Acciaio .....</i>	10
6.3.3	<i>Appoggio Verifica a Fessurazione .....</i>	10

6.3.4	Mezzeria - Verifica lato CLS .....	13
6.3.5	Mezzeria - Verifica lato Acciaio .....	13
6.3.6	Mezzeria Verifica a Fessurazione .....	14
6.4	VERIFICA SOLETTA LONGITUDINALE - SLU - STATO LIMITE ULTIMO.....	15
6.4.1	Verifica in Mezzeria .....	17
6.4.2	Verifica in Appoggio.....	20
6.4.3	Verifica in Appoggio Zona Giunti .....	23
6.5	VERIFICA SOLETTA LONGITUDINALE - SLE - STATO LIMITE D'ESERCIZIO.....	26
6.5.1	Verifica in Mezzeria .....	26
6.5.2	Verifica in Appoggio.....	30
6.5.3	Verifica in Appoggio - Zona Giunti .....	34
7.	SCARICHI SUGLI APPOGGI .....	38
8.	SPOSTAMENTO GIUNTI .....	39
8.1	CORSA DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO.....	39
8.2	ESCURSIONE DEI GIUNTI .....	40
8.3	AMPIEZZA DEI VARCHI .....	40

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le verifiche di sicurezza e stabilità della soletta dell'impalcato in acciaio che realizza il cavalcavia "IV02", nell'ambito del raddoppio della linea Genova – Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora.

Relativamente alle caratteristiche geometriche e alle schematizzazioni di calcolo utilizzate per la verifica degli elementi in acciaio che realizzano le travi principali e secondarie si rimanda a quanto riportato nel documento "IV0I00D09ROIV0200001" (relazione descrittiva) nel documento "IV0I00D09CLIV0209001" (relazione di calcolo travi e traversi).

La soletta in cemento armato, la cui larghezza comprensiva di margini esterni è di 16.47m in retto, è realizzata con getto in opera mediante l'impiego di predalles autoportanti appoggiate sulle travi. La sezione trasversale presenta un'altezza variabile dai 30cm ai 40 cm (in media 35cm). La solidarizzazione tra la struttura metallica e la soletta in cemento armato è assicurata da un opportuno numero di connettori tipo Nelson saldati all'ala superiore di ciascuna delle quattro travi metalliche. Ai fini del calcolo è stata trascurata la collaborazione della predalla.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- DM 17 gennaio 2018: *Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”*(nel seguito **NTC18**);
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP: *istruzioni per l’applicazione delle NTC 2018* (nel seguito **circ. NTC18**);
- RFICTCSIMAIIFS001\_E: *Manuale di progettazione delle opere civili – PARTE II – SEZIONE 2 – PONTI E STRUTTURE - 31/12/2020* (nel seguito **MdP**)
- 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
- UNI EN 1991 (nel seguito **EN91**)
- UNI EN 1992 (nel seguito **EN92**)
- UNI EN 1994 (nel seguito **EN94**)
- Linee Guida per la progettazione di ponti e viadotti stradali a travata, Settembre 2012 (nel seguito **LG ANAS**)

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

#### 3.1 Calcestruzzo

Soletta: Classe C35/45

$$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 37,35 \cdot 0,85 / 1,5 = 21,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,35 \text{ N/mm}^2$$

Tipo di cemento: CEM I ÷ V

Rapporto Acqua/Cemento:  $\leq 0,50$

Classe minima di consistenza: S4

Classe di esposizione ambientale: XC3+XS1

Copriferro = 40 mm

Diametro massimo inerti: 20 mm

#### 3.2 Acciaio

##### 3.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	<b>B450C</b>
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ ;
rapporto di incrudimento	$1,15 \leq f_{tk} / f_{yk} \leq 1,35$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ ;
modulo elastico	$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$ .

##### 3.2.2 Acciaio per carpenteria metallica

Per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio che costituisce la carpenteria metallica si rimanda al documento "IV0100D09CLIV0209001" (relazione di calcolo travi e traversi).

#### **4. ANALISI DEI CARICHI**

Per l'analisi dei carichi del cavalcavia IV02 si rimanda alla relazione "IV0I00D09CLIV0209001" (relazione di calcolo travi e traversi).

#### **5. COMBINAZIONI DI CARICO**

Per le combinazioni di carico utilizzate si rimanda alla relazione "IV0I00D09CLIV0209001" (relazione di calcolo travi e traversi).

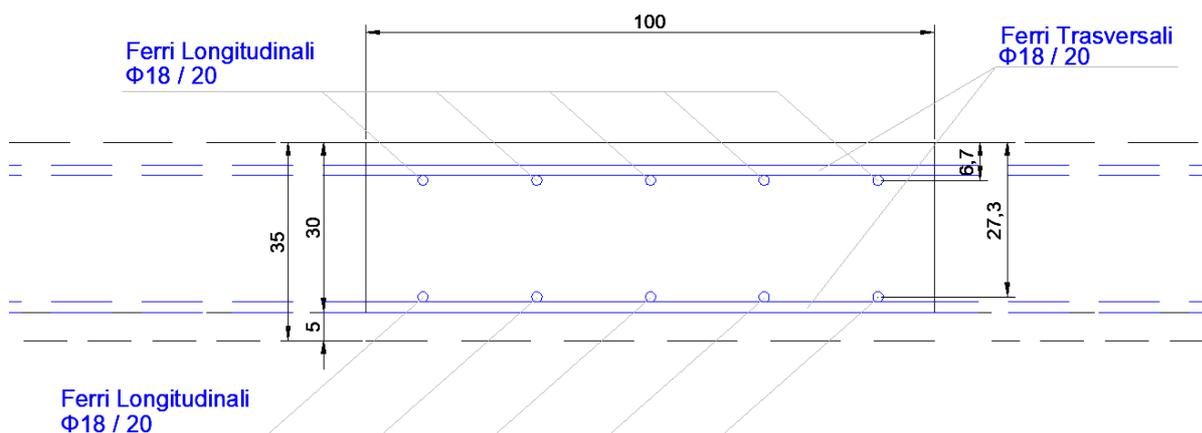
## 6. VERIFICA SOLETTA

### 6.1 Sezioni Resistenti

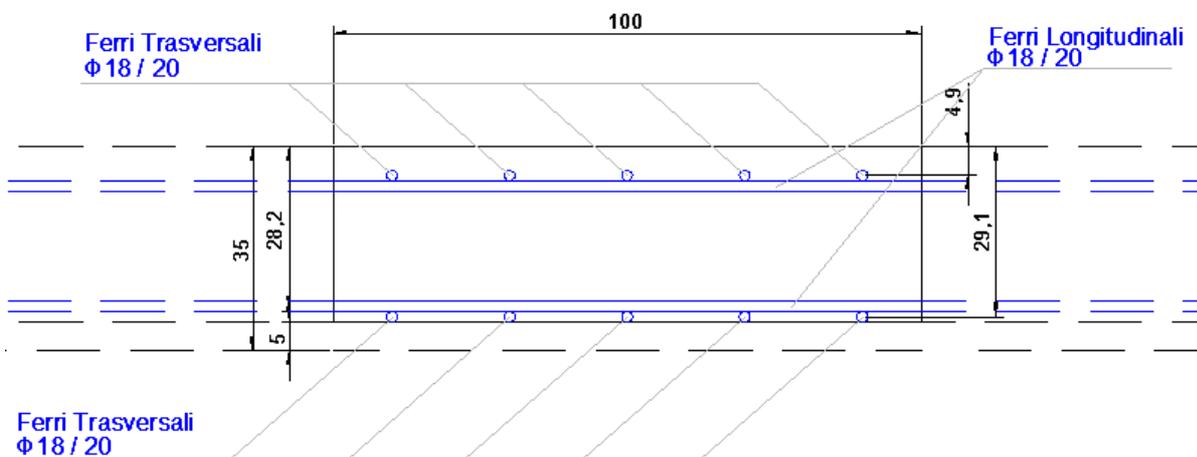
Il presente § riporta le verifiche della soletta sia per le sollecitazioni derivanti dalla collaborazione con i traversi dell'impalcato, sia per quelle dovute alla trasmissione dei carichi agenti sulle porzioni di soletta comprese tra due traversi successivi (effetto piastra). Ai fini del calcolo è stato trascurato il contributo offerto dalla predalla inferiore che pertanto costituisce il copriferro delle armature poste all'intradosso della soletta. Di seguito si riportano le sezioni resistenti in entrambe le direzioni (Trasversali e longitudinali):

#### 6.1.1 Sezioni correnti

### SEZIONE LONGITUDINALE



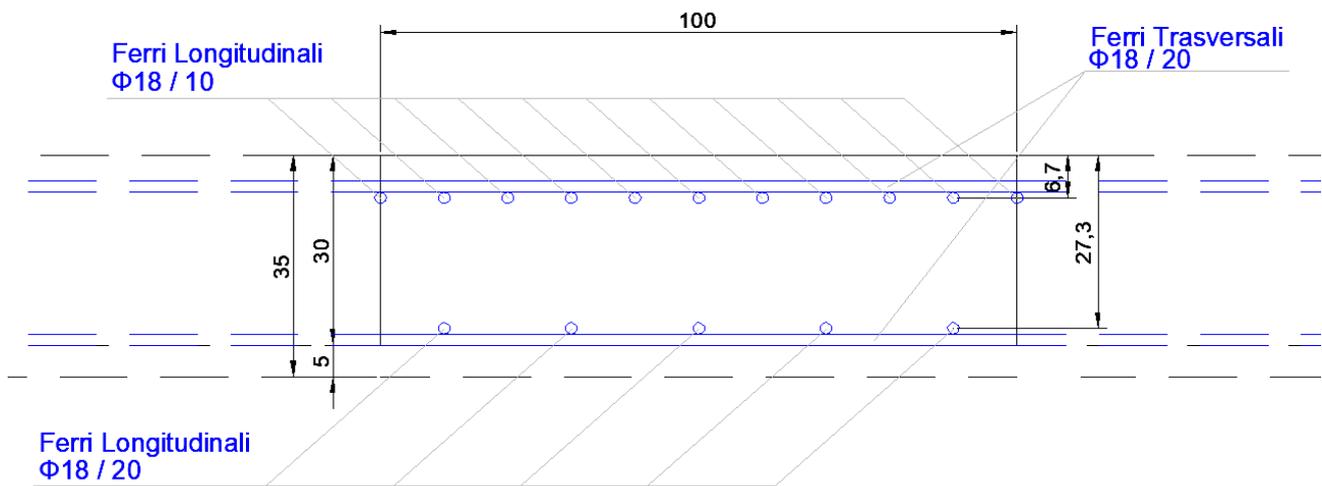
### SEZIONE TRASVERSALE



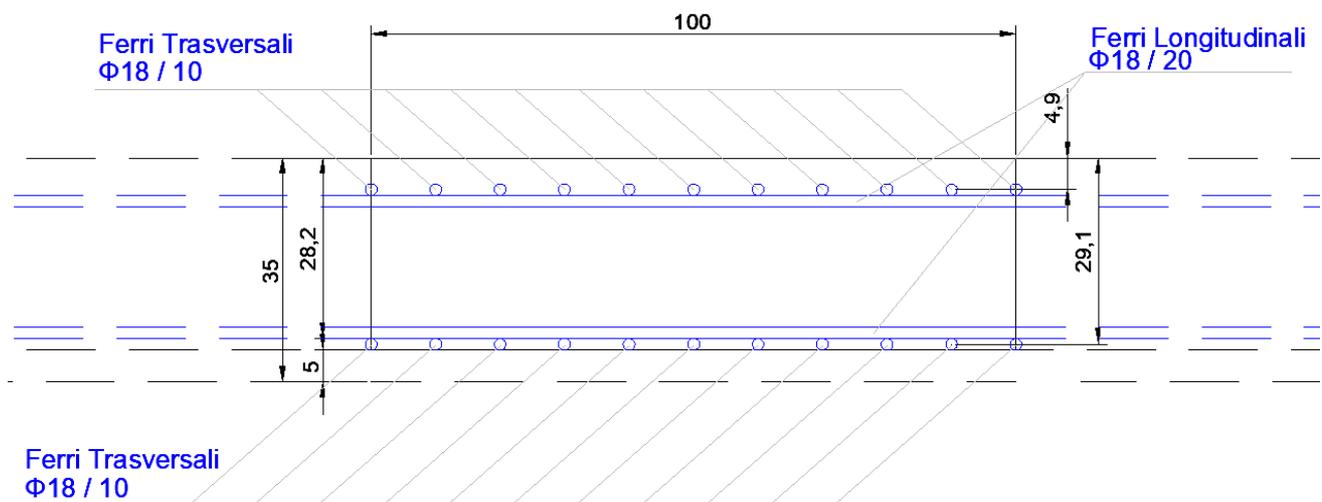
### 6.1.2 Sezioni in appoggio / giunti

Si è scelto di mettere un infittimento dei ferri nelle sezioni di appoggio dei traversi in direzione trasversale (superiormente ed inferiormente) e nelle sezioni in prossimità dei giunti trasversali della soletta in direzione longitudinale (solo superiormente).

## SEZIONE LONGITUDINALE



## SEZIONE TRASVERSALE



## 6.2 Verifica Soletta Trasversale - SLU - Stato Limite Ultimo

Di seguito si riportano le verifiche della soletta per le sollecitazioni derivanti dalla collaborazione con i traversi dell'impalcato.

### 6.2.1 Mezzeria - Verifica a pressoflessione

Per la verifica della soletta soggetta alle azioni di pressoflessione presenti nella sezione di mezzeria del traverso relative alle combinazioni allo Stato limite ultimo si rimanda a quanto già riportato nella relazione IV000D09CLIV0209001.

### 6.2.2 Appoggio - Verifica a pressoflessione

Nelle sezioni in appoggio a causa della connessione tra acciaio (traversi) e soletta quest'ultima risulta prevalentemente tesa per effetto delle azioni di Termica e Ritiro. Viceversa, la mancanza di un collegamento specifico tra le travi longitudinali di impalcato e le armature trasversali della soletta e ha portato a trascurare il contributo di quest'ultime nella verifica a pressoflessione del traverso nelle sezioni di appoggio (ipotesi a favore di sicurezza per traverso in acciaio). Pertanto nelle sezioni in appoggio si è controllato che la trazione sulle barre d'armatura trasversali indotta dalle azioni di termica e ritiro allo stato limite ultimo fosse minore della relativa resistenza.

F da Ritiro	9770	[ kN ]
L longitudinale	14.81	[ m ]
F da Ritiro / m	660	[ kN/m ]
$\gamma$ Ritiro	1.2	-
F da Ritiro / m	792	[ kN/m ]

F da Termica	10769	[ kN ]
L longitudinale	14.81	[ m ]
F da Termica / m	727	[ kN/m ]
$\gamma$ Termica	1.5	-
F da Ritiro / m	1091	[ kN/m ]

F da G1 / m	0	[ kN/m ]
F da G2 / m	0	[ kN/m ]

Trazione Totale / m	1882	[ kN/m ]
---------------------	------	----------

Armatura trasversale inferiore		
$\Phi$	18	[ mm ]
n°ferri	10	-
Area Inferiore	2545	[ mm <sup>2</sup> /m ]

Armatura trasversale superiore		
$\Phi$	18	[ mm ]
n°ferri	10	-
Area Superiore	2545	[ mm <sup>2</sup> /m ]

Resistenza a trazione ferri trasversali / m		
Aea totale	5089	[ mm <sup>2</sup> /m ]
fyk	450	[ N/mm <sup>2</sup> ]
gamma s	1.15	-
fyd	391	[ N/mm <sup>2</sup> ]
Rd / m	1991	[ kN/m ]
Trazione Totale / m	1882	[ kN/m ]
Coefficiente sicurezza	1.058	-
Tasso di lavoro	0.945	-

**La Verifica risulta SODDISFATTA**

### 6.3 Verifica Soletta Trasversale - SLE - Stato Limite d'Esercizio

Di seguito si riportano le verifiche allo stato limite d'esercizio della soletta per le sollecitazioni derivanti dalla collaborazione con i traversi dell'impalcato.

#### 6.3.1 Appoggio - Verifica lato CLS

##### 4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_{c,max}$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra prescritti vanno ridotti del 20%.

fck	37	[MPa]
-----	----	-------

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,agente}$	VERIFICA	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ c.s. ]	[ t.d.l ]
SLE_RARA	RARA	-22.41	18.80	Trazione	Trazione
SLE_QP	QP	-16.81	6.52	Trazione	Trazione

#### 6.3.2 Appoggio - Verifica lato Acciaio

##### 4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima,  $\sigma_{s,max}$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

fyk	450	[MPa]
-----	-----	-------

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,agente}$	VERIFICA	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ c.s. ]	[ t.d.l ]
SLE_RARA	RARA	360	239.51	1.50	0.67

#### 6.3.3 Appoggio Verifica a Fessurazione

Per la verifica all'appoggio della sezione trasversale a fessurazione si è proceduto con il metodo indiretto come suggerito da **circ. NTC18**. Il metodo indiretto permette di fare una verifica a fessurazione rispettando i limiti di tensione nell'acciaio massima dati dalle tabelle C4.1.II (Tensioni massime in funzione del diametro delle barre e aperture delle fessure) e C4.1.III (Tensioni massime in funzione del passo delle barre e aperture delle fessure).

Per ottenere le aperture da controllare ( $w_1$ ,  $w_2$  e  $w_3$ ) si è proceduto nel seguente modo come da §4.1.2.2.4.2 delle **NTC18**:

1. Si è presa la condizione ambientale relativa alla classe d'esposizione (nel nostro caso XS1 alla quale corrispondono condizioni ambientali "aggressive").

**Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

2. Data la presenza esclusiva di armature ordinarie il gruppo d'armatura scelto è "poco sensibili

**4.1.2.2.4.3 Sensibilità delle armature alla corrosione**

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso.

Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari.

3. Infine si è potuto scegliere lo stato limite di fessurazione e le aperture limiti relative come da tabella

4.1.IV:

**Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	$w_k$	Poco sensibile Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

$w_1, w_2, w_3$  sono definiti al § 4.1.2.2.4, il valore  $w_k$  è definito al § 4.1.2.2.4.5.

A favore di sicurezza si è preso il limite tensionale più stringente per il singolo stato limite d'esercizio

**Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III -Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

In blu si evidenzia l'intervallo di limiti tensionali per la combinazione Quasi Permanente (QP) mentre in rosso si evidenzia l'intervallo di limiti tensionali per la combinazione Frequente (FRQ). Per il calcolo delle tensioni limite si è proceduto con un'interpolazione lineare per poi scegliere il limite più stringente dalle due tabelle.

Di seguito si riportano i calcoli effettuati:

Classe esposizione	XS1	[-]
Condizioni Ambientali	Aggressive	[-]
Armature	Poco sensibili	[-]
Comb. FRQ	w2	[-]
Comb. QP	w1	[-]

$\sigma$ FRQ agente	190.79	[MPa]
$\sigma$ FRQ Max	231.000	[MPa]
c.s.	1.21	[-]
t.d.l.	0.83	[-]

$\sigma$ QP agente	111.80	[MPa]
$\sigma$ QP Max	191.000	[MPa]
c.s.	1.71	[-]
t.d.l.	0.59	[-]

### 6.3.4 Mezzeria - Verifica lato CLS

#### 4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_{c,max}$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra prescritti vanno ridotti del 20%.

fck	37	[MPa]
-----	----	-------

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,agente}$	VERIFICA	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ c.s. ]	[ t.d.l ]
SLE_RARA	RARA	-22.41	-15.80	1.42	0.71
SLE_QP	QP	-16.81	-1.51	11.14	0.09

### 6.3.5 Mezzeria - Verifica lato Acciaio

#### 4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima,  $\sigma_{s,max}$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

fyk	450	[MPa]
-----	-----	-------

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,agente}$	VERIFICA	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ c.s. ]	[ t.d.l ]
SLE_RARA	RARA	360	-83.01	-4.34	-0.23

### 6.3.6 Mezzeria Verifica a Fessurazione

Come riportato nel §6.3.3 si riportano gli intervalli di limite tensionale (blu QP, rosso FRQ):

**Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III -Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Di seguito si riportano i calcoli effettuati:

Classe esposizione	XS1	[ - ]
Condizioni Ambientali	Aggressive	[ - ]
Armature	Poco sensibili	[ - ]
Comb. FRQ	w2	[ - ]
Comb. QQ	w1	[ - ]

$\sigma$ FRQ agente	1.81	[MPa]
$\sigma$ FRQ Max	231.000	[MPa]
c.s.	127.80	[ - ]
t.d.l.	0.01	[ - ]

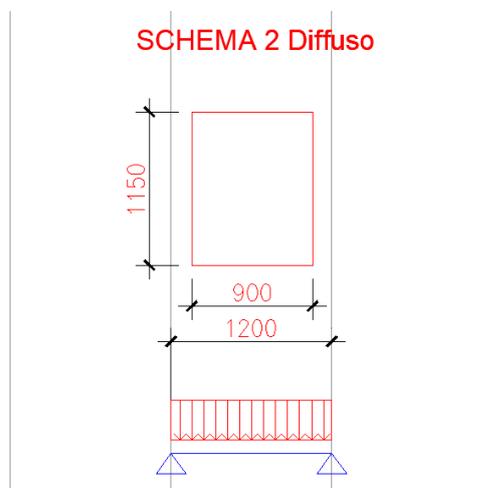
$\sigma$ QP agente	4.94	[MPa]
$\sigma$ QP Max	160.000	[MPa]
c.s.	32.36	[ - ]
t.d.l.	0.03	[ - ]

#### 6.4 Verifica Soletta Longitudinale - SLU - Stato Limite Ultimo

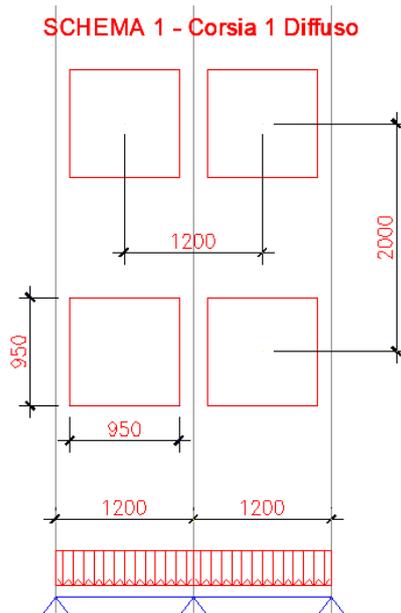
Di seguito si riportano le verifiche della soletta in direzione longitudinale per le sollecitazioni dovute alla trasmissione dei carichi agenti sulle porzioni di soletta comprese tra due trasversi successivi (effetto piastra)

Sono stati considerati 3 schemi statici principali:

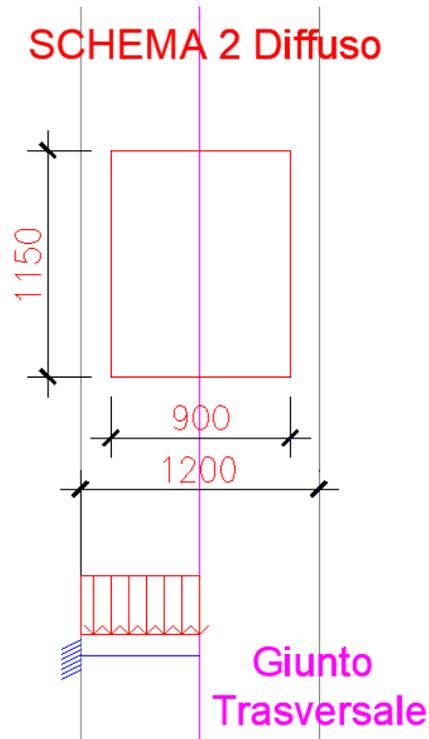
- 1) Per la Mezzeria: Trave appoggiata caricata uniformemente per impronta diffusa dello schema di carico n°2 (200 kN):



- 2) Per l'Appoggio: Trave a due campate su semplici appoggi caricata uniformemente dall'impronta diffusa dello schema di carico n°1 – Corsia n°1 (150kN x 2):



- 3) Per l'Appoggio in zona Giunti: Trave a mensola caricata uniformemente dall'impronta diffusa dello schema di carico n°2 (200kN con effetti dinamici):



### 6.4.1 Verifica in Mezzeria

Di seguito si riportano le sollecitazioni calcolate per la verifica con lo schema statico riportato in §6.4:

Impronta	200	[ kN ]
Area	1.068	[ m <sup>2</sup> ]
P	187	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	187	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
b	0.900	[ m ]
M(L/2)	33.2	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	84	[ kN/m ]
$\gamma Q_{\text{Mobili}}$	1.35	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	45	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	114	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(L/2)	1.68	[ kNm/m ]
V(L=0)	5.42	[ kN/m ]
$\gamma G1_{\text{Portanti}}$	1.35	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	2.26	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	7.31	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(L/2)	0.48	[ kNm/m ]
V(L=0)	1.55	[ kN/m ]
$\gamma G2_{\text{Portati}}$	1.5	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	0.72	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	2.32	[ kN/m ]

Momenti e Tagli Combinati		
$\gamma^*M$	47.83	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	123.38	[ kN/m ]



### 6.4.1.2 Mezzeria: Verifica a Taglio

La sollecitazione a Taglio è stata letta filo piattabanda:

<b>Geometria Sezione-Soletta</b>		
b	1.00	[ m ]
h	0.30	[ m ]
A	0.300	[ m <sup>2</sup> ]
Φ TRASV	18	[ mm ]
copriferro	0.018	[ m ]
Φ LONG	18	[ mm ]
d	0.273	[ m ]
Arm. Inf	1272	[ mm <sup>2</sup> ]
Arm. Sup	1272	[ mm <sup>2</sup> ]

<b>Armatura inferiore soletta</b>		
posizione	-	-
Φ	18	mm
n°ferri	5	-

<b>Armatura superiore soletta</b>		
posizione	-	-
Φ	18	mm
n°ferri	5	-

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-

<b>Parametri meccanici</b>		
f <sub>yk</sub>	450	[ N/mm <sup>2</sup> ]
gamma s	1.15	[ - ]
f <sub>yd</sub>	391.30	[ N/mm <sup>2</sup> ]
f <sub>ck</sub>	37.35	[ N/mm <sup>2</sup> ]

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-
AREA INF.	1272	mm <sup>2</sup>

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-
AREA SUP.	1272	mm <sup>2</sup>

Di seguito si riporta la verifica a taglio per elementi senza armature trasversali resistenti a taglio come da §4.1.2.3.5.1 delle NTC18:

<b>Verifica a taglio</b>		
V <sub>Ed</sub>	123.38	[ kN ]
k	1.733	[ - ]
f <sub>ck</sub>	37.35	[ N/mm <sup>2</sup> ]
v <sub>min</sub>	0.488	[ - ]
ρ <sub>1</sub>	0.005	[ - ]
N <sub>ed</sub>	0	[ N ]
Area Cls	3000000	[ mm <sup>2</sup> ]
σ <sub>macp</sub>	0.00	[ N/mm <sup>2</sup> ]
b <sub>w</sub>	1.00	[ m ]
γ <sub>c</sub>	1.50	[ - ]
V <sub>rd1</sub>	147	[ kN ]
V <sub>rd2</sub>	133	[ kN ]
V <sub>rd MAX</sub>	147	[ kN ]
V <sub>Ed</sub>	123	[ kN ]
V <sub>rd</sub>	147	[ kN ]
Verifica	1.19	[ - ]

### 6.4.2 Verifica in Appoggio

Di seguito si riportano le sollecitazioni calcolate per la verifica con lo schema statico riportato in §6.4:

#### CARICO TANDEM

Impronta	150	[ kN ]
Area	0.931	[ m <sup>2</sup> ]
P	161	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	0.980	[ m ]
P	158	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-30	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	-99	[ kN/m ]
$\gamma Q_{\text{Mobili}}$	1.35	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	-41	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	-133	[ kN/m ]

#### CARICO UNIFORME

P	9	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	9	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-2	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	-6	[ kN/m ]
$\gamma Q_{\text{Mobili}}$	1.35	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	-2	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	-8	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-1.68	[ kNm/m ]
V(appoggio)	6.77	[ kN/m ]
$\gamma G1_{\text{Portanti}}$	1.35	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	-2.26	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	9.14	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-0.479	[ kNm/m ]
V(appoggio)	1.935	[ kN/m ]
$\gamma G2_{\text{Portati}}$	1.5	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	-0.72	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	2.90	[ kN/m ]

#### Momenti e Tagli Combinati

$\gamma^*M$	-46.18	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	-128.56	[ kN/m ]

### 6.4.2.1 Appoggio: Verifica a Flessione

Si riporta di seguito il calcolo del Momento resistente grazie al programma VCA.Slu:

**Titolo :**

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-50	15	1	2.54	-40	-12.3
2	50	15	2	2.54	-20	-12.3
3	50	-15	3	2.54	0	-12.3
4	-50	-15	4	2.54	20	-12.3
			5	2.54	40	-12.3
			6	2.54	40	8.3

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**M<sub>xRd</sub>**  kN m

**Materiali**  
B450C C35/45  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  [?]  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  N/mm²  
τ<sub>c1</sub>  N/mm²

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub>  cm Col. modello

Precompresso

γ*M	-46.18	[ kNm/m ]
MRd	-109.70	[ kNm/m ]
Coefficiente sicurezza	2.38	[ - ]
Tasso di lavoro	0.42	[ - ]

### 6.4.2.2 Appoggio: Verifica a Taglio

La sollecitazione a Taglio è stata letta filo piattabanda:

<b>Geometria Sezione-Soletta</b>		
b	1.00	[ m ]
h	0.30	[ m ]
A	0.300	[ m <sup>2</sup> ]
Φ TRASV	18	[ mm ]
copriferro	0.058	[ m ]
Φ LONG	18	[ mm ]
d	0.233	[ m ]
Arm. Inf	1272	[ mm <sup>2</sup> ]
Arm. Sup	1272	[ mm <sup>2</sup> ]

<b>Armatura inferiore soletta</b>		
posizione	-	-
Φ	18	mm
n°ferri	5	-

<b>Armatura superiore soletta</b>		
posizione	-	-
Φ	18	mm
n°ferri	5	-

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-

<b>Parametri meccanici</b>		
fyk	450	[ N/mm <sup>2</sup> ]
gamma s	1.15	[ - ]
fyd	391.30	[ N/mm <sup>2</sup> ]
fck	37.35	[ N/mm <sup>2</sup> ]

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-
AREA INF.	1272	mm <sup>2</sup>

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-
AREA SUP.	1272	mm <sup>2</sup>

Di seguito si riporta la verifica a taglio per elementi senza armature trasversali resistenti a taglio come da §4.1.2.3.5.1 delle NTC18:

<b>Verifica a taglio</b>		
VEd	128.56	[ kN ]
k	1.858	[ - ]
fck	37.35	[ N/mm <sup>2</sup> ]
vmin	0.542	[ - ]
p1	0.005	[ - ]
Ned	0	[ N ]
Area Cls	3000000	[ mm <sup>2</sup> ]
Sigmacp	0.00	[ N/mm <sup>2</sup> ]
bw	1.00	[ m ]
yc	1.50	[ - ]
Vrd1	142	[ kN ]
Vrd2	126	[ kN ]
Vrd MAX	142	[ kN ]
VEd	-129	[ kN ]
Vrd	142	[ kN ]
Verifica	1.10	[ - ]

### 6.4.3 Verifica in Appoggio Zona Giunti

Per la verifica in zona giunti si è utilizzato un coefficiente di amplificazione dinamica per i carichi mobili pari a 1.3 in accordo a quanto specificato al § 4.3.3 delle **EN91**.

Impronta	200	[ kN ]
Area	1.068	[ m <sup>2</sup> ]
P	187	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	187	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	34	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	84	[ kN/m ]
Amp. Dinamica	1.300	[ - ]
M(incastro)	-43.8	[ kNm/m ]
V(incastro)	109.5	[ kN/m ]
$\gamma_Q$ Mobili	1.35	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	-59.147	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	147.867	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	1.575	[ kNm/m ]
V(incastro)	5.250	[ kN/m ]
$\gamma_{G1}$ Portanti	1.35	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	2.126	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	7.088	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	0.450	[ kNm/m ]
V(incastro)	1.500	[ kN/m ]
$\gamma_{G2}$ Portati	1.5	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	0.675	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	2.250	[ kN/m ]

Momenti e Tagli Combinati		
$\gamma^*M$	-56.35	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	157.20	[ kN/m ]

### 6.4.3.1 Appoggio in Zona Giunti: Verifica a Flessione

Si riporta di seguito il calcolo del Momento resistente grazie al programma VCA.Slu:

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-50	15	1	2.54	-40	-12.3
2	50	15	2	2.54	-20	-12.3
3	50	-15	3	2.54	0	-12.3
4	-50	-15	4	2.54	20	-12.3
			5	2.54	40	-12.3
			6	2.54	45	8.3

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub>  cm Col. modello

Precompresso

γ*M	-56.35	[ kNm/m ]
MRd	-211.8	[ kNm/m ]
Coefficiente sicurezza	3.76	[ - ]
Tasso di lavoro	0.27	[ - ]

**La Verifica risulta SODDISFATTA**

### 6.4.3.2 Appoggio in Zona Giunti: Verifica a Taglio

Geometria Sezione-Soletta		
b	1.00	[ m ]
h	0.30	[ m ]
A	0.300	[ m <sup>2</sup> ]
Φ TRASV	18	[ mm ]
copriferro	0.049	[ m ]
Φ LONG	18	[ mm ]
d	0.242	[ m ]
Arm. Inf	1272	[ mm <sup>2</sup> ]
Arm. Sup	2545	[ mm <sup>2</sup> ]

Armatura inferiore soletta		
posizione	-	-
Φ	18	mm
n°ferri	5	-

Armatura superiore soletta		
posizione	-	-
Φ	18	mm
n°ferri	5	-

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-

posizione	-	-
Φ	18	mm
n°ferri	5	-

Parametri meccanici		
fyk	450	[ N/mm <sup>2</sup> ]
gamma s	1.15	[ - ]
fyd	391.30	[ N/mm <sup>2</sup> ]
fck	37.35	[ N/mm <sup>2</sup> ]

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-
AREA INF.	1272	mm <sup>2</sup>

posizione	-	-
Φ	0	mm
n°ferri	0	-
AREA SUP.	2545	mm <sup>2</sup>

Di seguito si riporta la verifica a taglio per elementi senza armature trasversali resistenti a taglio come da §4.1.2.3.5.1 delle NTC18:

Verifica a taglio		
VEd	157.20	[ kN ]
k	1.826	[ - ]
fck	37.35	[ N/mm <sup>2</sup> ]
vmin	0.528	[ - ]
ρ1	0.011	[ - ]
Ned	0	[ N ]
Area Cls	3000000	[ mm <sup>2</sup> ]
Sigma <sub>cp</sub>	0.00	[ N/mm <sup>2</sup> ]
bw	1.00	[ m ]
γc	1.50	[ - ]
Vrd1	180	[ kN ]
Vrd2	128	[ kN ]
Vrd MAX	180	[ kN ]
VEd	157	[ kN ]
Vrd	180	[ kN ]
Verifica	1.15	[ - ]

## 6.5 Verifica Soletta Longitudinale - SLE - Stato Limite d'Esercizio

### 6.5.1 Verifica in Mezzeria

Di seguito si riportano le sollecitazioni calcolate per le combinazioni Frequenti, Quasi Permanenti e Rara in accordo allo schema statico riportato in §6.4:

### COMBINAZIONE FREQUENTE NTC18 2.5.3 - [ 2.5.3 ]

Impronta	200	[ kN ]
Area	1.068	[ m <sup>2</sup> ]
P	187	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	187	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
b	0.900	[ m ]
M(L/2)	33.2	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	84	[ kN/m ]
ψ11_Mobili	0.75	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	25	[ kNm/m ]
γ*V	63	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(L/2)	1.68	[ kNm/m ]
V(L=0)	5.42	[ kN/m ]
γG1_Portanti	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	1.68	[ kNm/m ]
γ*V	5.42	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(L/2)	0.48	[ kNm/m ]
V(L=0)	1.55	[ kN/m ]
γG2_Portati	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0.48	[ kNm/m ]
γ*V	1.55	[ kN/m ]

Momenti e Tagli Combinati		
γ*M	27.07	[ kNm/m ]
γ*V	70.16	[ kN/m ]

## COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE NTC18 2.5.3 - [ 2.5.4 ]

Impronta	200	[ kN ]
Area	1.068	[ m <sup>2</sup> ]
P	187	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	187	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
b	0.900	[ m ]
M(L/2)	33.2	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	84	[ kN/m ]
ψ21_Mobili	0	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0	[ kNm/m ]
γ*V	0	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(L/2)	1.68	[ kNm/m ]
V(L=0)	5.42	[ kN/m ]
γG1_Portanti	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	1.68	[ kNm/m ]
γ*V	5.42	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(L/2)	0.48	[ kNm/m ]
V(L=0)	1.55	[ kN/m ]
γG2_Portati	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0.48	[ kNm/m ]
γ*V	1.55	[ kN/m ]

Momenti e Tagli Combinati		
γ*M	2.16	[ kNm/m ]
γ*V	6.97	[ kN/m ]

## COMBINAZIONE RARA NTC18 2.5.3 - [ 2.5.2 ]

Impronta	200	[ kN ]
Area	1.068	[ m <sup>2</sup> ]
P	187	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	187	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
b	0.900	[ m ]
M(L/2)	33.2	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	84	[ kN/m ]
Mobili	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	33	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	84	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(L/2)	1.68	[ kNm/m ]
V(L=0)	5.42	[ kN/m ]
$\gamma G1\_Portanti$	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	1.68	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	5.42	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(L/2)	0.48	[ kNm/m ]
V(L=0)	1.55	[ kN/m ]
$\gamma G2\_Portati$	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma^*M$	0.48	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	1.55	[ kN/m ]

Momenti e Tagli Combinati		
$\gamma^*M$	35.37	[ kNm/m ]
$\gamma^*V$	91.22	[ kN/m ]

### 6.5.1.1 Mezzeria: Verifica lato CLS

Di seguito si riporta il calcolo tensionale della sezione ed il controllo della possibile apertura delle fessure:

	$\sigma_{cls, non\ fes}$	$\sigma_s$	Formazione	$\sigma_{sr}$
	[MPa]	[MPa]	fessure	[MPa]
1	-1.594	-14.4781	Non fessurata	-99.9111
2	-0.127	-1.1536	Non fessurata	-7.96114
3	-2.083	-18.9195	Non fessurata	-130.561

#### 4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_{c,max}$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra prescritti vanno ridotti del 20%.

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,agente}$	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ - ]
FRQ_SCHEMA_2	-	0.000	0.000	-
QP_SCHEMA_2	QP	16.808	0.127	$\sigma_{c,max} < \sigma_{c,agente}$
RARA_SCHEMA_2	RARA	22.410	2.083	$\sigma_{c,max} < \sigma_{c,agente}$

### 6.5.1.2 Mezzeria: Verifica lato Acciaio

#### 4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima,  $\sigma_{s,max}$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,agente}$	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ - ]
FRQ_SCHEMA_2	-	-	-	-
QP_SCHEMA_2	-	-	-	-
RARA_SCHEMA_2	RARA	360.000	-130.561	$\sigma_{s,max} < \sigma_{s,agente}$

### 6.5.1.1 Mezzeria: Verifica a Fessurazione

Come riportato in §6.5.1.1 la sezione risulta sempre compressa e dunque non si ha formazione di fessure.

### 6.5.2 Verifica in Appoggio

Di seguito si riportano le sollecitazioni calcolate per le combinazioni Frequenti, Quasi Permanenti e Rara in accordo allo schema statico riportato in §6.4:

## COMBINAZIONE FREQUENTE NTC18 2.5.3 - [ 2.5.3 ]

### CARICO TANDEM

Impronta	150	[ kN ]
Area	0.931	[ m <sup>2</sup> ]
P	161	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	0.980	[ m ]
P	158	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-30	[ kNm/m ]
V(filò piattab.)	-99	[ kN/m ]
Ψ11_Mobili	0.75	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-23	[ kNm/m ]
γ*V	-74	[ kN/m ]

### CARICO UNIFORME

P	9	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	9	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-2	[ kNm/m ]
V(filò piattab.)	-6	[ kN/m ]
Ψ11_Mobili	0.4	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-0.69	[ kNm/m ]
γ*V	-2	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-1.68	[ kNm/m ]
V(appoggio)	6.77	[ kN/m ]
γG1_Portanti	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-1.68	[ kNm/m ]
γ*V	6.77	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-0.479	[ kNm/m ]
V(appoggio)	1.935	[ kN/m ]
γG2_Portati	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-0.48	[ kNm/m ]
γ*V	1.94	[ kN/m ]

### Momenti e Tagli Combinati

γ*M	-25.55	[ kNm/m ]
γ*V	-67.44	[ kN/m ]

## COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE NTC18 2.5.3 - [ 2.5.4 ]

### CARICO TANDEM

Impronta	150	[ kN ]
Area	0.931	[ m <sup>2</sup> ]
P	161	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	0.980	[ m ]
P	158	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-30	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	-99	[ kN/m ]
Ψ21_Mobili	0	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0	[ kNm/m ]
γ*V	0	[ kN/m ]

### CARICO UNIFORME

P	9	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	9	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-2	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	-6	[ kN/m ]
Ψ21_Mobili	0	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0.00	[ kNm/m ]
γ*V	0	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-1.68	[ kNm/m ]
V(appoggio)	6.77	[ kN/m ]
γG1_Portanti	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-1.68	[ kNm/m ]
γ*V	6.77	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-0.479	[ kNm/m ]
V(appoggio)	1.935	[ kN/m ]
γG2_Portati	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-0.48	[ kNm/m ]
γ*V	1.94	[ kN/m ]

### Momenti e Tagli Combinati

γ*M	-2.16	[ kNm/m ]
γ*V	8.71	[ kN/m ]

## COMBINAZIONE RARA NTC18 2.5.3 - [ 2.5.2 ]

### CARICO TANDEM

Impronta	150	[ kN ]
Area	0.931	[ m <sup>2</sup> ]
P	161	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	0.980	[ m ]
P	158	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-30	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	-99	[ kN/m ]
Mobili	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-30	[ kNm/m ]
γ*V	-99	[ kN/m ]

### CARICO UNIFORME

P	9	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	9	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-2	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	-6	[ kN/m ]
Mobili	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-1.73	[ kNm/m ]
γ*V	-6	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-1.68	[ kNm/m ]
V(appoggio)	6.77	[ kN/m ]
γG1_Portanti	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-1.68	[ kNm/m ]
γ*V	6.77	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	1.238	[ m ]
M(appoggio)	-0.479	[ kNm/m ]
V(appoggio)	1.935	[ kN/m ]
γG2_Portati	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-0.48	[ kNm/m ]
γ*V	1.94	[ kN/m ]

### Momenti e Tagli Combinati

γ*M	-34.16	[ kNm/m ]
γ*V	-95.44	[ kN/m ]

### 6.5.2.1 Appoggio: Verifica lato CLS

Di seguito si riporta il calcolo tensionale della sezione ed il controllo della possibile apertura delle fessure:

	$\sigma_{cls, non\ fes}$	$\sigma_s$	Formazione	$\sigma_{sr}$
	[MPa]	[MPa]	fessure	[MPa]
4	-1.514	-12.5953	Non fessurata	-97.9419
5	-0.128	-1.0632	Non fessurata	-8.26771
6	-2.024	-16.8362	Non fessurata	-130.92

#### 4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_{c,max}$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{dk} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{dk} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra prescritti vanno ridotti del 20%.

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,agente}$	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ - ]
FRQ_SCHEMA_1	-	0.000	0.000	-
QP_SCHEMA_1	QP	16.808	0.128	$\sigma_{c,max} < \sigma_{c,agente}$
RARA_SCHEMA_1	RARA	22.410	2.024	$\sigma_{c,max} < \sigma_{c,agente}$

### 6.5.2.2 Mezzeria: Verifica lato Acciaio

#### 4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima,  $\sigma_{s,max}$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,agente}$	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ - ]
FRQ_SCHEMA_1	-	-	-	-
QP_SCHEMA_1	-	-	-	-
RARA_SCHEMA_1	RARA	360.000	-130.920	$\sigma_{s,max} < \sigma_{s,agente}$

### 6.5.2.3 Mezzeria: Verifica a Fessurazione

Come riportato in §6.5.2.1 la sezione risulta sempre compressa e dunque non si ha formazione di fessure.

### 6.5.3 Verifica in Appoggio – Zona Giunti

Di seguito si riportano le sollecitazioni calcolate per le combinazioni Frequenti, Quasi Permanenti e Rara in accordo allo schema statico riportato in §6.4:

### COMBINAZIONE FREQUENTE NTC18 2.5.3 - [ 2.5.3 ]

Impronta	200	[ kN ]
Area	1.068	[ m <sup>2</sup> ]
P	187	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	187	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	34	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	84	[ kN/m ]
Amp. Dinamica	1.300	[ - ]
M(incastro)	-43.8	[ kNm/m ]
V(incastro)	109.5	[ kN/m ]
Ψ11_Mobili	0.75	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-32.859	[ kNm/m ]
γ*V	82.148	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	1.575	[ kNm/m ]
V(incastro)	5.250	[ kN/m ]
γG1_Portanti	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	1.575	[ kNm/m ]
γ*V	5.250	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	0.450	[ kNm/m ]
V(incastro)	1.500	[ kN/m ]
γG2_Portati	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0.450	[ kNm/m ]
γ*V	1.500	[ kN/m ]

Momenti e Tagli Combinati		
γ*M	-30.83	[ kNm/m ]
γ*V	88.90	[ kN/m ]

### COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE NTC18 2.5.3 - [ 2.5.4 ]

Impronta	200	[ kN ]
Area	1.068	[ m <sup>2</sup> ]
P	187	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	187	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	34	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	84	[ kN/m ]
Amp. Dinamica	1.300	[ - ]
M(incastro)	-43.8	[ kNm/m ]
V(incastro)	109.5	[ kN/m ]
Ψ21_Mobili	0	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0.000	[ kNm/m ]
γ*V	0.000	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	1.575	[ kNm/m ]
V(incastro)	5.250	[ kN/m ]
γG1_Portanti	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	1.575	[ kNm/m ]
γ*V	5.250	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	0.450	[ kNm/m ]
V(incastro)	1.500	[ kN/m ]
γG2_Portati	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0.450	[ kNm/m ]
γ*V	1.500	[ kN/m ]

Momenti e Tagli Combinati		
γ*M	2.03	[ kNm/m ]
γ*V	6.75	[ kN/m ]

## COMBINAZIONE RARA NTC18 2.5.3 - [ 2.5.4 ]

Impronta	200	[ kN ]
Area	1.068	[ m <sup>2</sup> ]
P	187	[ kN/m <sup>2</sup> ]
L trasv	1	[ m ]
P	187	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	34	[ kNm/m ]
V(filo piattab.)	84	[ kN/m ]
Amp. Dinamica	1.300	[ - ]
M(incastro)	-43.8	[ kNm/m ]
V(incastro)	109.5	[ kN/m ]
Ψ21_Mobili	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	-43.813	[ kNm/m ]
γ*V	109.531	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S soletta	0.350	[ m ]
Largh soletta	1.000	[ m ]
Area	0.350	[ m <sup>2</sup> ]
G1_Soletta	8.75	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	1.575	[ kNm/m ]
V(incastro)	5.250	[ kN/m ]
γG1_Portanti	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	1.575	[ kNm/m ]
γ*V	5.250	[ kN/m ]

Gamma CLS	25	[ kN/m <sup>3</sup> ]
S pavim.	0.100	[ m ]
Largh pavim.	1.000	[ m ]
Area	0.100	[ m <sup>2</sup> ]
G2_Pavimentazione	2.5	[ kN/m ]
L	0.600	[ m ]
M(incastro)	0.450	[ kNm/m ]
V(incastro)	1.500	[ kN/m ]
γG2_Portati	1	[ kN/m <sup>3</sup> ]
γ*M	0.450	[ kNm/m ]
γ*V	1.500	[ kN/m ]

Momenti e Tagli Combinati		
γ*M	-41.79	[ kNm/m ]
γ*V	116.28	[ kN/m ]

### 6.5.3.1 Appoggio – Zona Giunti: Verifica lato CLS

Di seguito si riporta il calcolo tensionale della sezione ed il controllo della possibile apertura delle fessure:

	$\sigma_{cls,non\ fes}$	$\sigma_s$	Formazione	$\sigma_{sr}$
	[MPa]	[MPa]	fessure	[MPa]
7	-1.827	-15	Non fessurata	-118.19
8	-0.119	-1	Non fessurata	-7.47413
9	-2.476	-21	Non fessurata	-160.174

#### 4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_{c,max}$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra prescritti vanno ridotti del 20%.

OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,agente}$	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ - ]
FRQ_SCHEMA_2_GIUNTI	-	0.000	0.000	-
QP_SCHEMA_2_GIUNTI	QP	16.808	0.119	$\sigma_{c,max} < \sigma_{c,agente}$
RARA_SCHEMA_2_GIUNTI	RARA	22.410	2.476	$\sigma_{c,max} < \sigma_{c,agente}$

### 6.5.3.2 Appoggio – Zona Giunti: Verifica lato Acciaio

#### 4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima,  $\sigma_{s,max}$ , per effetto delle azioni dovute alla **combinazione caratteristica** deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

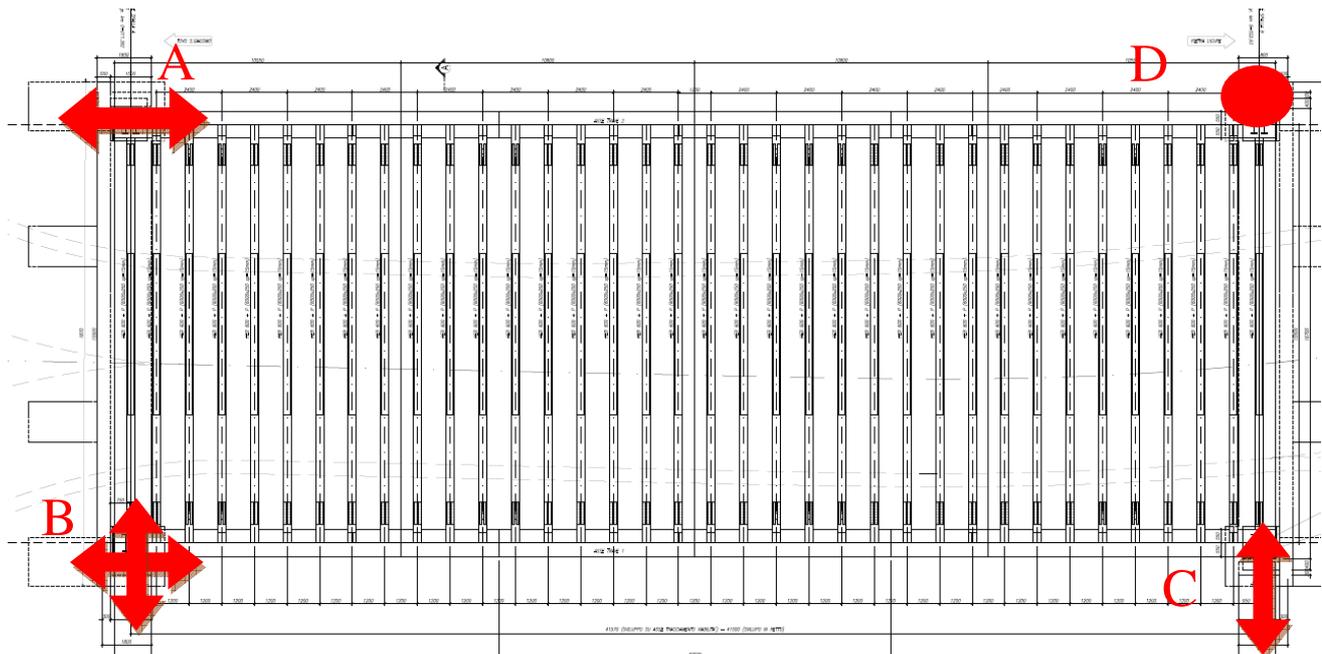
OutputCase	STATO LIMITE	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,agente}$	VERIFICA
Text	[ - ]	[MPa]	[MPa]	[ - ]
FRQ_SCHEMA_2_GIUNTI	-	-	-	-
QP_SCHEMA_2_GIUNTI	-	-	-	-
RARA_SCHEMA_2_GIUNTI	RARA	360.000	-160.174	$\sigma_{s,max} < \sigma_{s,agente}$

### 6.5.3.3 Appoggio – Zona Giunti: Verifica a Fessurazione

Come riportato in §6.5.3.1 la sezione risulta sempre compressa e dunque non si ha formazione di fessure.

## 7. SCARICHI SUGLI APPOGGI

La disposizione degli apparecchi di appoggio del cavalcavia IV01 è la seguente:



*Figura 1: Schema appoggi*

Ove nella planimetria si ha:

- Appoggio A = UL = Unidirezionale Longitudinale
- Appoggio B = ML = Multidirezionale ( Longitudinale e Trasversale)
- Appoggio C = UT = Unidirezionale Trasversale
- Appoggio D = F = Fisso

I valori delle reazioni vincolari per ognuna delle tipologie di appoggio derivano dal modello dell'impalcato.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa degli scarichi sugli appoggi:

Nome Appoggio	Tipo Appoggio	N max SLU Sforzo Assiale	TL max SLV Taglio Longitudinale	TT max SLV Taglio Trasversale
[ - ]	[ - ]	[ kN ]	[ kN ]	[ kN ]
A	UL - Unidirezionale Longitudinale	4718	0	1825
B	ML - Multidirezionale	4264	0	0
C	UT - Unidirezionale Trasversale	4214	1959	0
D	F - Fisso	4780	1897	1826

## 8. SPOSTAMENTO GIUNTI

In accordo con quanto prescritto dalle NTC18 §3.2.4.2 e §7.3.3.3 e nel rispetto delle prescrizioni del §2.5.2.1.5.1 del MdP, è stata calcolata l'escursione dei giunti e degli apparecchi d'appoggio tenendo conto dei tre contributi riportati nel seguito:

$$E_L = K_1 (E_1 + E_2 + E_3) = K_1 (2D_c + 4d_{Ed}K_2 + 2d_{eg})$$

Dove

$E_1$  è lo spostamento dovuto alla variazione termica uniforme,  $E_2$  è lo spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;  $E_3$  è lo spostamento dovuto all'azione sismica tra le fondazioni di strutture non collegate.  $K_1=0.45$  è un coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo,  $K_2=0.55$  è un coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti e  $d_{Ed}$  è lo spostamento relativo totale tra le parti pari allo spostamento  $d_E$  prodotto dall'azione sismica idi progetto calcolato in accordo con §7.3.3.3 della NTC18.

Si prescrive inoltre che per garantire un valore minimo di escursione il valore di  $E_L$  dovrà essere assunto non minore di:

$$E_L \geq 3.30 \frac{L}{1000} + 0.10 \text{ e } E_L \geq 0.15m \quad \text{per } a_g(SLV) \geq 0.25g$$

$$E_L \geq 2.30 \frac{L}{1000} + 0.073 \text{ e } E_L \geq 0.10m \quad \text{per } a_g(SLV) < 0.25g$$

Nel caso in esame si ha un valore di  $E_L$  pari a 56 mm che risulta inferiore rispetto al minimo (141mm per  $a_g(SLV) < 0.25g$ ); per tale ragione il calcolo viene eseguito considerando il minimo valore accettabile di  $E_L$ .

### 8.1 Corsa degli apparecchi d'appoggio

In accordo con il 2.5.2.1.5.2. del MdP, la corsa degli apparecchi d'appoggio deve essere non inferiore a  $\pm(E_L/2 + E_L/8)$  con un minimo di  $\pm(E_L/2 + 15\text{mm})$ .

CORSA APPARECCHIO D'APPOGGIO			
	SLU	SLV	
±	88	88	mm

## 8.2 Escursione dei giunti

Il giunto tra le testate di due travi adiacenti deve consentire un'escursione totale pari a  $\pm(E_L/2 + 10\text{mm})$ .

ESCURSIONE DEI GIUNTI			
	SLU	SLV	
±	81	81	mm

## 8.3 Ampiezza dei varchi

Il varco tra le testate degli impalcai adiacenti deve non essere inferiore a  $V \geq E_L/2 + V_0$  dove  $V_0$  è pari a 20mm.

AMPIEZZA DEI VARCHI			
	SLU	SLV	
	91	91	mm