



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

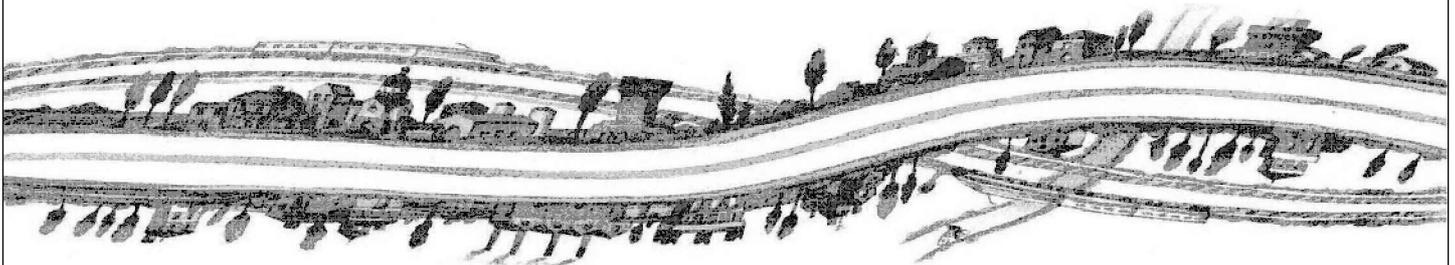
## PROGETTO DEFINITIVO

**VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE D04-08 (ex 1FE)  
Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana  
OPERE STRUTTURALI**

**OPERE D'ARTE MAGGIORI - VIADOTTI E PONTI - D08 (EX 1FE - TRATTO D)**

**DPO11 - PONTE SUL CAVO PORRETTO**

**RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO**



IL PROGETTISTA

**Alpina S.p.A.**  
Dott. Ing. Marco Bonfanti  
Ordine Ingegneri di Milano  
n. A/23384

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio-Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

*G. Pattuzzi*

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE				Ing. Illuminati	Ing. Bonfanti	Ing. Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: <b>MAGGIO 2012</b>
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
5654	PD	0	D08	DPO11	D	OM	RC	01	A	



## INDICE

<b>1. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>8</b>
<b>3. SOFTWARE DI CALCOLO .....</b>	<b>9</b>
<b>4. INCIDENZE .....</b>	<b>10</b>
<b>5. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPALCATO .....</b>	<b>11</b>
5.1. MODELLAZIONE .....	11
5.1.1. METODO ED IPOTESI DI CALCOLO .....	11
5.1.2. DATI IMPALCATO .....	13
5.1.2.1 <i>Dati geometrici</i> .....	13
5.1.2.2 <i>Traversi in testata</i> .....	14
5.1.2.3 <i>Trave prefabbricata a "T" rovesciato h = 80 cm</i> .....	15
5.1.3. RIPARTIZIONE TRAVERSALE DEI CARICHI .....	18
5.1.3.1 <i>Parametri di Massonnet</i> .....	18
5.1.3.2 <i>Coefficienti</i> .....	19
5.1.4. ANALISI DEI CARICHI .....	19
5.1.4.1 <i>Valori caratteristici delle azioni permanenti</i> .....	19
5.1.5. COMBINAZIONI .....	21
5.1.5.1 <i>Stati limite ultimi</i> .....	21
5.1.5.2 <i>Stati limite di esercizio</i> .....	21
5.1.6. APPLICAZIONE METODO DI MASSONNET .....	22
5.1.6.1 <i>Cordoli</i> .....	22
5.1.6.2 <i>Lineari per trave</i> .....	22
5.1.6.3 <i>Carichi mobili per massimo effetto sulla trave 1</i> .....	22
5.1.6.4 <i>Carichi mobili per calcolo M max trasv. soletta (effetto globale)</i> .....	24
5.1.6.5 <i>Carichi mobili per calcolo M min trasv. soletta (effetto globale)</i> .....	24
5.1.7. SOLLECITAZIONI .....	25
5.1.7.1 <i>Trave: valori caratteristici</i> .....	25
5.1.7.2 <i>Trave: sollecitazioni SLU</i> .....	30
5.1.7.3 <i>Trave: sollecitazioni SLE</i> .....	33
5.1.7.4 <i>Soletta: valori caratteristici</i> .....	38
5.1.7.5 <i>Soletta: sollecitazioni SLU</i> .....	40
5.1.7.6 <i>Soletta: sollecitazioni SLE</i> .....	41
5.1.8. REAZIONI MASSIME SUGLI APPOGGI .....	43
5.1.8.1 <i>Forze orizzontali</i> .....	43
5.1.8.2 <i>Valori caratteristici reazioni verticali</i> .....	44
5.1.8.3 <i>Combinazioni</i> .....	45
5.1.9. DEFORMAZIONI .....	47
5.1.9.1 <i>Prima fase</i> .....	47
5.1.9.2 <i>Seconda fase</i> .....	48
5.1.10. AZIONE SISMICA .....	49

5.1.10.1	Parametri per la determinazione dell'azione sismica.....	49
5.1.10.2	Modello a mensola .....	50
5.1.10.3	Azioni sismiche SLE.....	51
5.1.10.4	Azioni sismiche SLU.....	57
5.1.11.	VERIFICHE .....	63
5.1.11.1	Cadute di tensione nell'acciaio da precompressione .....	64
5.1.11.2	Stati limite di esercizio .....	66
5.1.11.3	Stati limite ultimi.....	68
<b>6.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO ISOLATORI IN GOMMA .....</b>	<b>102</b>
<b>7.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO GIUNTO DI DILATAZIONE.....</b>	<b>103</b>
<b>8.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLA SOLETTA IN CEMENTO ARMATO .....</b>	<b>104</b>
<b>9.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLE PREDALLES .....</b>	<b>109</b>
<b>10.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLE SOTTOSTRUTTURE .....</b>	<b>114</b>
10.1.	SPALLA PASSANTE .....	114
10.1.1.1	Modellazione .....	114
10.1.1.2	Analisi dei carichi.....	118
10.1.1.3	Combinazioni.....	132
10.1.1.4	Sollecitazioni .....	134
10.1.1.5	Verifiche.....	141
10.2.	PALI 148	

## 1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente parte della relazione è volta al dimensionamento e alla verifica delle opere del ponte sul Cavo Porretto, inserito nella realizzazione della viabilità Bondeno Cento di adduzione all'Autostrada Regionale Cispadana.

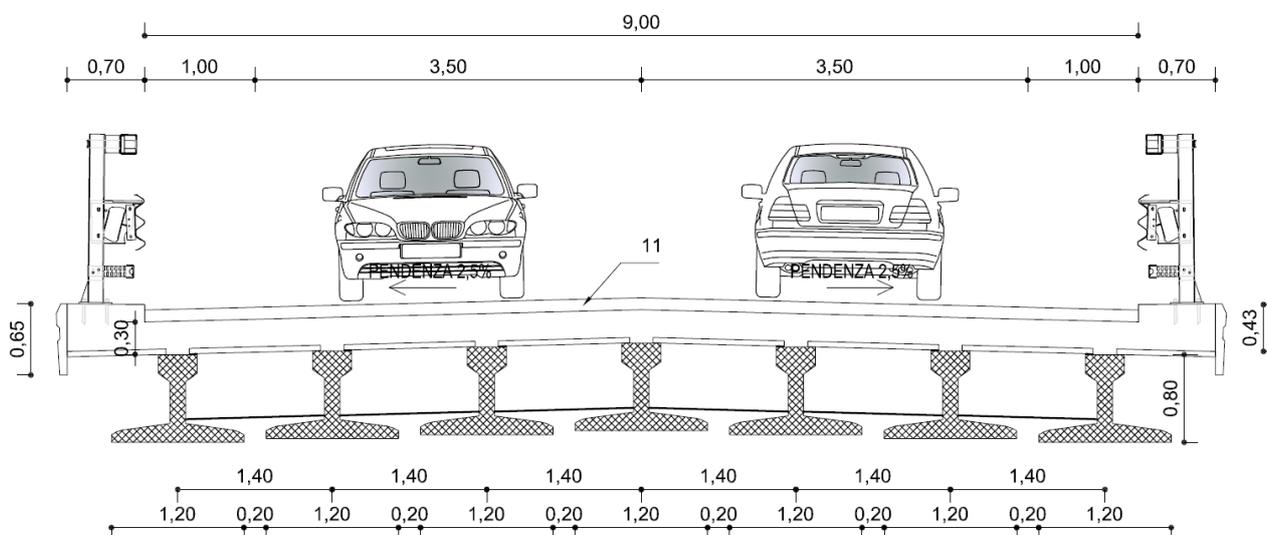
L'opera in oggetto è un ponte in c.a.p. a campata singola di lunghezza 18.00 metri.

L'opera è costituita da una sola carreggiata stradale, di larghezza costante pari a 9.00 ml. A lato della carreggiata sono presenti due cordoli di dimensioni 0.70 ml per l'infissione della barriera stradale.

La soletta di calcestruzzo ha quindi larghezza di 10.40 ml.

Le travi dell'impalcato sono a I: presentano altezza pari a 80.00 cm e interasse di 140.00 cm. Sono 7 e sono disposte scalettate per permettere alla soletta di rimanere parallela al pacchetto della carreggiata stradale.

L'immagine seguente ne mostra la geometria: per elementi di maggior dettaglio si può fare riferimento agli elaborati grafici del presente progetto.



**FIGURA 1-1 SEZIONE TRASVERSALE TIPICA**

L'asse stradale in corrispondenza dell'impalcato si sviluppa in rettilineo con pendenza trasversale a schiena d'asino pari al 2.5%.

La soletta presenta spessore di 30 cm e predalles di 5 cm interne e 7 cm esterne.

Le spalle sono di tipo passanti: consistono in due pulvini di larghezza di 180.00 cm e altezza 140.00 cm che poggiano su tre pali trivellati in calcestruzzo di diametro 120.00 e di lunghezza 18.00 metri

Il sistema di vincolamento della struttura è realizzata da isolatori in gomma.

La vita nominale dell'opera è pari a 50 anni e rientra in una classe d'uso III. Per il calcolo dei parametri sismici , che è stato effettuato come da NTC 2008, si è utilizzato il programma fornito dal ministero.

L'opera è sista ad una latitudine di 44.8824 ed ad una longitudine di 11.3826.

Il terreno è di tipo D.

Le immagini seguenti mostrano i paraetri ottenuti.

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.160 g
$F_0$	2.566
$T_C^*$	0.275 s
$S_S$	1.784
$C_C$	2.382
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.784
$\eta$	1.000
$T_B$	0.219 s
$T_C$	0.656 s
$T_D$	2.240 s

**FIGURA 1-2 PARAMETRI SISMICI SLV**

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.057 g
$F_0$	2.488
$T_C^*$	0.278 s
$S_S$	1.800
$C_C$	2.371
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.220 s
$T_C$	0.659 s
$T_D$	1.828 s

**FIGURA 1-3 PARAMETRI SISMICI SLD**

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto in opera di traversi e soletta collaboranti.

Le travi sono autoportanti, non necessitano quindi di alcun rompitratta o puntellamento provvisorio durante l'esecuzione dell'impalcato.

Si distinguono due fasi successive di lavoro:

#### *PRIMA FASE*

Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono da sole al peso proprio ed a quello della soletta gettata in opera.

#### *SECONDA FASE*

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

Le travi vengono costruite in uno stabilimento di prefabbricazione e successivamente trasportate a piè d'opera e varate.

Il sistema di precompressione è del tipo a fili aderenti.

I trefoli che costituiscono l'armatura di precompressione vengono tesati sino alla tensione  $\sigma_{spi}$  prevista nella presente relazione.

Disposta l'armatura lenta per gli sforzi di taglio (staffe), ultimata la tesatura e fissata la cassetta, si procede al getto del calcestruzzo.

La maturazione del calcestruzzo avviene con ciclo termico a vapore opportunamente tarato in funzione del



AUTOSTRADA  
REGIONALE  
CISPADANA

**REGIONE EMILIA ROMAGNA**

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA  
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D04-08 - Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana

**DPO11 - PONTE SUL CAVO PORRETTO - RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO**

---

mix-design e della resistenza  $R_{ckj}$  che è richiesta al momento del taglio dei trefoli.

Una volta raggiunta la resistenza  $R_{ckj}$  si procede all'allentamento delle armature di precompressione ed allo stoccaggio del manufatto.



## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

---

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore elencate nell'elaborato PD\_0\_0000\_0000\_GE\_KT\_01 - ELENCO NORMATIVE DI RIFERIMENTO.

I materiali impiegati e le proprietà meccaniche sono descritti nell'elaborato PD\_0\_0000\_0000\_0\_GE\_TB\_01 - TABELLA MATERIALI E CLASSI DI ESPOSIZIONE CALCESTRUZZO.



### **3. SOFTWARE DI CALCOLO**

---

Il calcolo dell'impalcato è realizzato con il programma Sigma C Soft – Eng8, mentre quello delle sottostrutture con il programma PRO\_SAP della 2si di Ferrara.

Nei capitoli seguenti verranno spiegate nei dettagli il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali impiegati.

## 4. INCIDENZE

Si forniscono qui di seguito le incidenze d'armatura relative ai singoli elementi costituenti l'Opera:

Cod Wbs	Parte d'opera	Incidenza kg/mc												Incidenza kg/mq
		Pali	Diaframmi	Diaframmi Idraulici	Trave di coronamento Diafr. Idraulici	Fondazione	Elevazione	Pulvino	Baggioli e ritegni	Soletta di transizione	Soletta Marciapiede su Spalla	Soletta (escluso predalles)	Traverso	
D08-PO11 Porretto	SPALLA PASSANTE (su 1 fila di pali)	140					140	120	200	80				
D08-PO11 Porretto	IMPALCATO											120	180	

## **5. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPALCATO**

---

### **5.1. MODELLAZIONE**

---

Nel presente paragrafo si descrive brevemente la modellazione.

#### **5.1.1. METODO ED IPOTESI DI CALCOLO**

L'impalcato viene realizzato con travi in semplice appoggio collaboranti tra loro grazie all'azione della soletta. Esso si presenta quindi come una lastra appoggiata sui lati opposti e che presenta una forte ortotropia.

Per la ricerca delle sollecitazioni nei vari elementi componenti l'impalcato si ricorre al metodo di Massonnet che permette, mediante l'ausilio di opportuni coefficienti, di risolvere la ripartizione dei carichi e conoscere le sollecitazioni.

Questo metodo fu proposto da Guyon nel 1946 per un grigliato di travi prive di rigidità torsionale, ripreso da Massonnet nel 1950 per tener conto della torsione, infine esteso da Bares; questi ultimi Autori hanno sistemato in modo definitivo la materia in un libro ("Les calculs des grillages de pontes ed dalles orthotropes selon la Method Guyon - Massonnet - Bares", Dunod, Parigi, 1966) che fornisce un gran numero di tabelle direttamente utilizzabili dal progettista e che ne ha agevolato una larga diffusione.

Nel grigliato ortotropo il procedimento di Massonnet trae origine dallo studio di un graticcio appoggiato in corrispondenza degli estremi delle travi principali longitudinali e libero sugli altri estremi; graticcio che si suppone equivalente ad una piastra ortotropa.

Se si osserva un graticcio di travi si constata che si tratta di una struttura a travi bidirezionali a direzioni per lo più ortogonali.

Il comportamento dell'impalcato dipende essenzialmente dalle rigidità flessionali e torsionali dei due ordini di travi e dalla loro reciproca influenza.

Si può, pertanto, pensare di assimilare l'impalcato ad una piastra ortotropa nella quale la caratterizzazione di comportamento nelle due direzioni sia data dalle rigidità flessionali e torsionali anziché dai legami costitutivi dei materiali.

Il metodo di Massonnet considera l'impalcato reale come una lastra rettangolare di larghezza teorica

$$2 \times B = n \times i$$

$n = n.\text{travi}$  ,  $i = \text{interasse travi}$

e lunghezza pari alla luce di calcolo; tiene conto della differente deformabilità della lastra in senso longitudinale e in senso trasversale.

Si considera una condizione di carico

$$p(x;e) = P_m \text{ sen } (\pi x/l)$$

variabile con legge sinusoidale ed agente parallelamente all'asse  $x$  con eccentricità  $e$ ; per tale carico la deformata ha una legge  $w(x,y;e)$  che si ottiene integrando l'equazione di Huber. Esprimendo in serie di Levy, la deformata assume la forma

$$w(x,y;e) = w(1/2,y;e) \text{ sen } (\pi x/l)$$

considerando una condizione di carico avente la stessa legge di variazione e lo stesso  $P_m$  ma distribuito su tutta la larghezza dell'impalcato

$$p(x;e) = (P_m/2b) \text{ sen } (\pi x/l)$$

si avrà una deformata cilindrica che può assumere la forma

$$w(x) = w(1/2) \text{ sen } (\pi x/l)$$

Si può, quindi, definire per una trave di ordinata  $y$  e carico di eccentricità  $e$ , il coefficiente di ripartizione trasversale (adimensionale)

$$K(y;e) = w(x,y;e) / w(x) = w(1/2,y;e) / w(1/2)$$

Si ha, pertanto, per il carico unitario di eccentricità  $e$ , il rapporto fra il carico su una trave di ordinata  $y$  e il carico medio  $1/n$  dove  $n$  è il numero delle travi.

Il valore di  $K(y;e)$  è stato calcolato dal Massonnet e tabellato in base ai parametri dai quali dipende e precisamente

- a) dal rapporto  $y/b$  rappresentante la posizione della trave longitudinale presa in considerazione (e lungo la quale  $y$  ha sempre lo stesso valore);
- b) dal rapporto  $e/b$  che rappresenta la posizione del carico
- c) dal rapporto di rigidità torsionale (compreso tra 0 e 1)
- d) dal rapporto adimensionale di rigidità flessionale

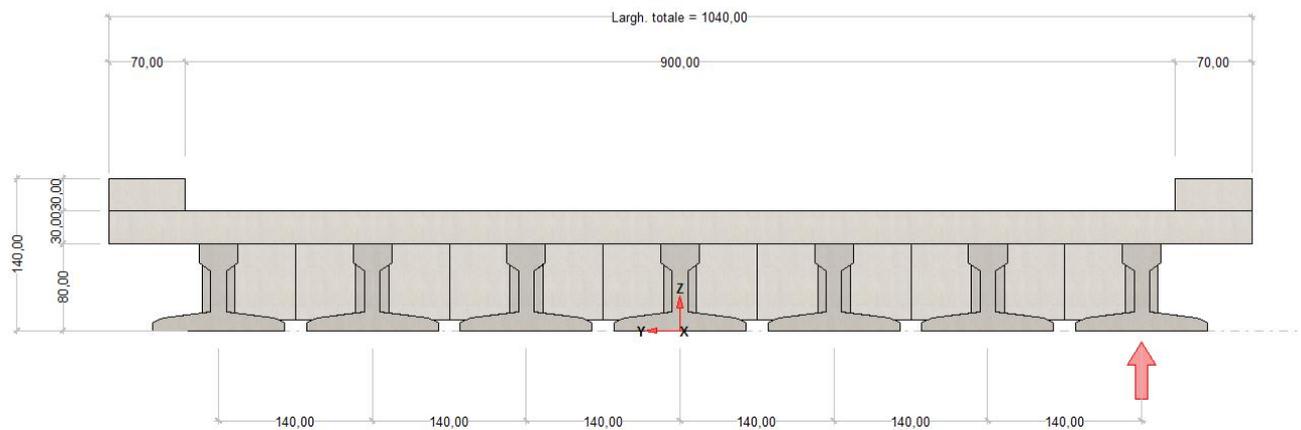
### 5.1.2. DATI IMPALCATO

Tipo di impalcato: travi in c.a.p. più soletta collaborante

#### 5.1.2.1 Dati geometrici

Luce di calcolo	1800,00
Larghezza cordolo sinistro	70,00
Larghezza carreggiata	900,00
Larghezza cordolo destro	70,00
Larghezza fuori tutto impalcato	1040,00
Numero travi	7
Tipo trave	H=80 cm
Interasse travi	140,00
Larghezza travi	120,00
Lunghezza retrotrave	50,00
Lunghezza ringrosso	200,00
Lunghezza svasatura	100,00
Eccentricità travi-soletta	0,00

Spessore medio soletta	30,00
Spessore minimo soletta	30,00
Luce di calcolo soletta	140,00
Larghezza marciapiede sinistro	0,00
Dist. marciapiede sinistro	0,00
Larghezza marciapiede destro	0,00
Dist. marciapiede destro	0,00
Spessore medio cordoli	30,00



**5.1.2.2 Traversi in testata**

Altezza sezione traversi	70,00
Spessore sezione traversi	25,00
<b>n.</b>	<b>X</b>
1	0,00
2	1800,00

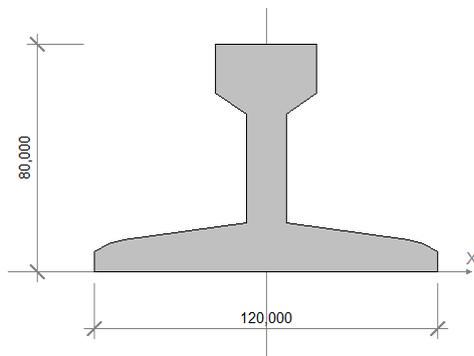
5.1.2.3 Trave prefabbricata a "T" rovesciato h = 80 cm

Per la descrizione geometrica delle sezioni della trave viene utilizzato il sistema di riferimento x,y locale, avente asse x allineato con l'asse Y globale ma di direzione discorde, ed asse y concorde con asse Z globale.

**Sezione in campata**

Vertice n.	x	y
1	-60,000	0,000
2	-60,000	7,000
3	-55,000	9,700
4	-50,000	11,200
5	-7,000	17,100
6	-7,000	55,300
7	-17,600	62,700
8	-17,600	80,000
9	17,600	80,000
10	17,600	62,700
11	7,000	55,300
12	7,000	17,100
13	50,000	11,200
14	55,000	9,700
15	60,000	7,000
16	60,000	0,000
17	-60,000	0,000
18	0,000	0,000

Altezza della sezione	80,00
Spessore complessivo anime	14,00
Area sezione di calcestruzzo	2970,10
Ordinata y baricentro	28,73
Ascissa x baricentro	0,00
J baricentro	2189706,47
Peso specifico	0,0245
Coefficiente torsionale	-1,00

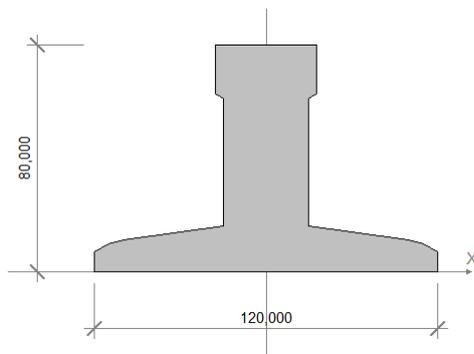


### Sezione in testata

Vertice n.	x	y
1	-60,000	0,000
2	-60,000	7,000
3	-55,000	9,700
4	-50,000	11,200
5	-15,000	16,000
6	-15,000	60,900
7	-17,600	62,700
8	-17,600	80,000
9	17,600	80,000

10	17,600	62,700
11	15,000	60,900
12	15,000	16,000
13	50,000	11,200
14	55,000	9,700
15	60,000	7,000
16	60,000	0,000
17	-60,000	0,000
18	0,000	0,000

Altezza della sezione	80,00
Spessore complessivo anime	30,00
Area sezione di calcestruzzo	3634,64
Ordinata y baricentro	30,31
Ascissa x baricentro	0,00
J baricentro	2326516,43
Coefficiente torsionale	-1,00



### **Parametri dei materiali**

Ritiro differenziale trave - soletta	0,00000
Coeff. omogen. E cls soletta / E cls trave	1,00
E trave/soletta (calcolo frecce)	3450211,00
Peso specifico calcestruzzo	0,0245

### 5.1.3. RIPARTIZIONE TRAVERSALE DEI CARICHI

#### 5.1.3.1 Parametri di Massonnet

Trave verificata: 1	eccentricità	-420,00
	Y	
	Luce di calcolo travi principali	L 1800,00
	Interasse traversi	L1 1,00
	Semilarghezza teorica impalcato	B 490,00
	Interasse travi	B1 140,00

Trave:

$A_p = 7427,24$  (area sezione cls trave+soletta)

$D_p = 68,50$  (quota baricentro)

$J_p = 10352088,99$  (momento d'inerzia flessionale)

$C_p = 575808,53$  (coefficiente di torsione)

Traverso:

$A_e = 30,00$  (area sezione traverso/soletta)

$D_e = 15,00$  (quota baricentro da base sezione)

$J_e = 2250,00$  (momento d'inerzia flessionale)

$C_e = 2250,00$  (coefficiente di torsione)

Larghezza soletta collaborante con il traverso = 1,00

Coeff. omogen. E cls soletta / E cls trave = 1,00

Teta = 0,652                  Radice alfa = 0,497

### 5.1.3.2 Coefficienti

Si calcolano i coefficienti d'influenza della 1<sup>a</sup> trave che ha una eccentricita'  $Y = 420$  [cm] e che risulta essere la piu' sollecitata:

Y=	490,00	367,50	245,00	122,50	0,00	-122,50	-245,00	-367,50	-490,00
$K_0$	-0,716	-0,531	-0,320	-0,027	0,428	1,124	2,106	3,341	4,664
$K_1$	0,253	0,327	0,430	0,584	0,808	1,115	1,507	1,951	2,349
$K_{\square}$	-0,235	-0,105	0,052	0,277	0,617	1,119	1,809	2,650	3,514

Vengono riportati di seguito i coefficienti  $\mu_a$  relativi alla sezione  $Y = 0,00$  del traverso, ed alla prima armonica.

Y=	490,00	367,50	245,00	122,50	0,00	-122,50	-245,00	-367,50	-490,00
$\square_{\square}$	-0,097	-0,058	-0,012	0,051	0,150	0,051	-0,012	-0,058	-0,097

## 5.1.4. ANALISI DEI CARICHI

### 5.1.4.1 Valori caratteristici delle azioni permanenti

#### FASE 1

Pesi gravanti sulla trave singola:

Lunghezza trave in asse	1900,00	[cm]
Peso trave (sezione filante)	72,84	[N/cm]
Peso trave (sezione ringrossata)	89,14	[N/cm]
Peso totale trave prefabbricata	146548,16	[N]

Peso soletta gravante sulla trave	125,08 [N/cm]
Peso trasverso in testata	4046,63 [N]

## FASE 2

### Pavimentazione

Peso pavimentazione (0,30 [N/cm<sup>2</sup>]) gravante sulla trave: 36.56 [N/cm]

La larghezza della carreggiata viene suddivisa in 20 intervalli uguali e per ciascuno di essi si determina il valore del coefficiente  $K_{\alpha}$  di Massonnet in corrispondenza del proprio baricentro. Si procede poi alla somma di tali effetti in modo da ottenere la porzione del carico pavimentazione agente sulla trave considerata

### Cordoli

I cordoli in calcestruzzo non hanno funzione strutturale.

Il loro peso viene applicato al modello di calcolo come carico lineare uniforme distribuito su tutta la luce e posizionato in sezione trasversale con data eccentricità.

	peso lineare [N/cm]	Ecc. Y	peso totale [N]
cordolo sinistro	51,50	485,00	92704,50
cordolo destro	51,50	-485,00	92704,50

Peso totale cordoli = 185409,00

### Azioni variabili

Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3.00 m. In ogni caso il numero delle colonne non deve essere inferiore a 2, a meno che la larghezza della sede stradale sia inferiore a 5,40 m.

La disposizione dei carichi ed il numero delle colonne sulla carreggiata saranno volta per volta quelli che determinano le condizioni più sfavorevoli di sollecitazione per la struttura, membratura o sezione considerata.

Categoria ponte : *Stradale 1a categoria*

Numero assi per corsia: 2

corsia	Nome	carico asse Q	p	$\alpha_Q$	$\alpha_q$
1	Corsia 1	300000,00	0,90	1,00	1,00

2	Corsia 2	200000,00	0,25	1,00	1,00
3	Corsia 3	100000,00	0,25	1,00	1,00

Carico folla sui marciapiedi= 0,50 [N/cm<sup>2</sup>]

### 5.1.5. COMBINAZIONI

#### 5.1.5.1 Stati limite ultimi

	sup.	inf.
Coeff. sicurezza carichi permanenti	1,35	1,00
Coeff. sicurezza carichi traffico	1,35	0,00
Coeff. sicurezza carichi vento	1,50	0,00

#### 5.1.5.2 Stati limite di esercizio

Carico	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
LM1/UDL	0,40	0,40	0,00
LM1/TS	0,75	0,75	0,00
forze orizzontali	0,00	0,00	0,00
carico pedonale	0,00	0,00	0,00
LM4 folla	0,00	0,75	0,00
LM3	0,00	0,00	0,00
asse singolo LM2	0,00	0,00	0,00
vento	0,60	0,20	0,00
termico	0,60	0,60	0,50

## 5.1.6. APPLICAZIONE METODO DI MASSONNET

### 5.1.6.1 Cordoli

Descrizione	[N/cm]	Ecc. Y	K Massonnet	$\mu$ Massonnet
cordolo sinistro	51,50	485,00	-0,229	-0,095
cordolo destro	51,50	-485,00	3,480	-0,095

### 5.1.6.2 Lineari per trave

Vengono considerati concentrati in direzione y e uniformemente distribuiti in direzione x.

n.	Descrizione	[N/cm]	Ecc. Y	K Massonnet	$\mu$ Massonnet
1	New Jersey sx	120,00	-485,00	3,480	-0,095
2	New Jersey dx	120,00	485,00	-0,299	-0,095

### 5.1.6.3 Carichi mobili per massimo effetto sulla trave 1

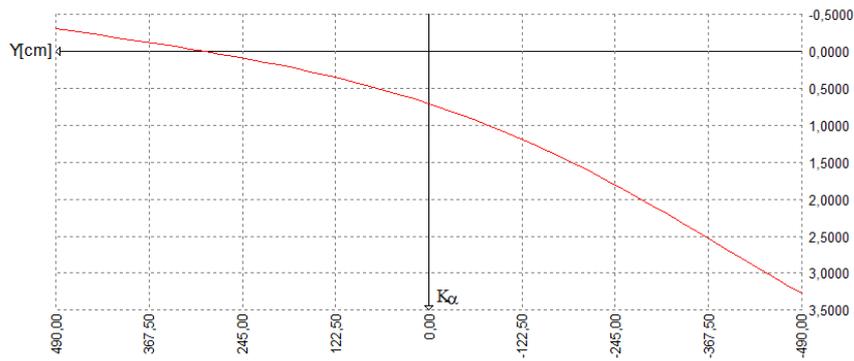
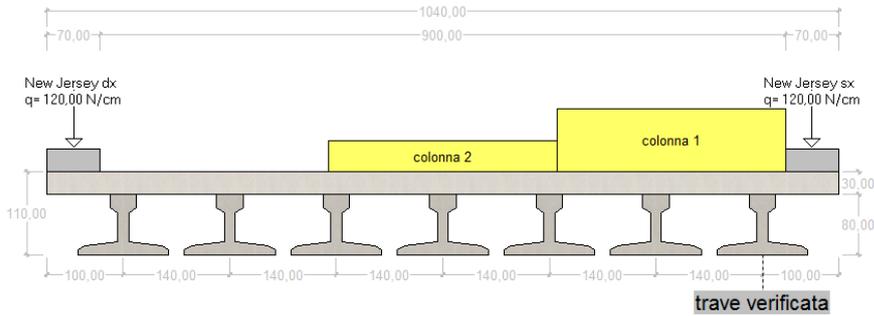
Descrizione	Q· $\alpha$ [N]	q· $\alpha$ [N/cm]	Ecc. Y	Larghezza	Ka
Corsia 1	300000,00	270,00	-300,00	300,00	2,173
Corsia 2	200000,00	75,00	0,00	300,00	0,617

Descrizione	q [N/cm]	Ecc. Y	Larghezza	Ka
-------------	----------	--------	-----------	----

Coefficiente di incremento dinamico = 1.0

Le colonne di carico vengono posizionate in direzione x in modo da generare la massima sollecitazione nella specifica sezione di verifica.

Diagramma di ripartizione trasversale - coeff.  $K_Q$  di Massonnet

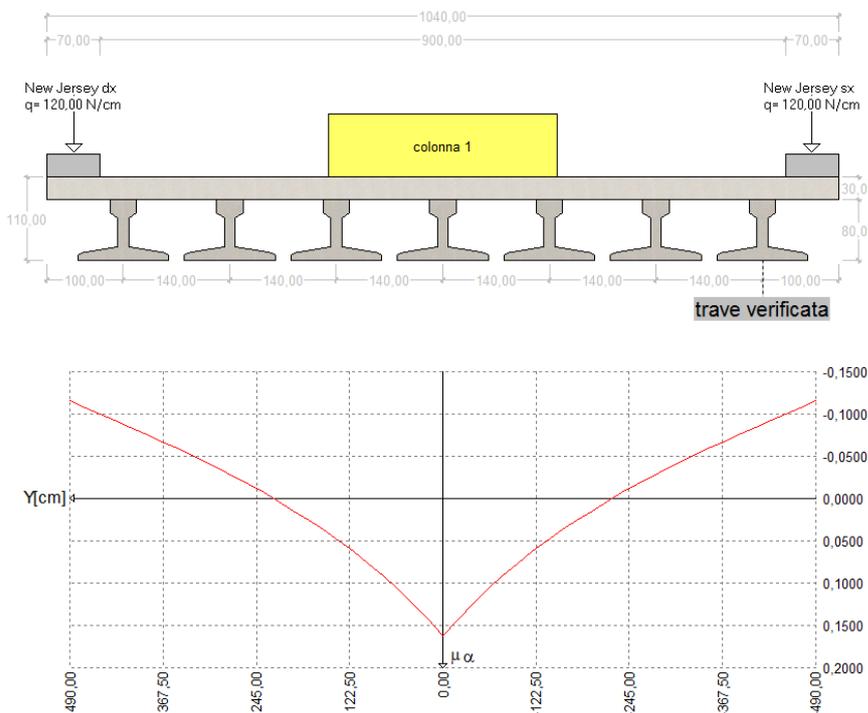


**5.1.6.4 Carichi mobili per calcolo M max trasv. soletta (effetto globale)**

Per la ricerca del massimo momento flettente (che tende le fibre inferiori) si dispongono i carichi in vari modi sia in senso longitudinale che trasversale. Viene qui riportata la configurazione più sfavorevole per la sezione Y=0 in asse travi.

Descrizione	Q- $\alpha$ [N]	q- $\alpha$ [N/cm]	Ecc. Y	Larghezza	$\mu$
Corsia 1	300000,00	270,00	0,00	300,00	0,162

**Diagramma coeff.  $\mu$  di influenza del traverso, configurazione del carico per M max**



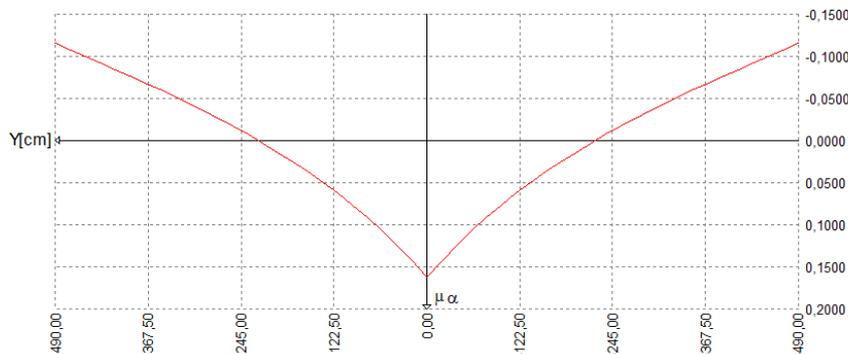
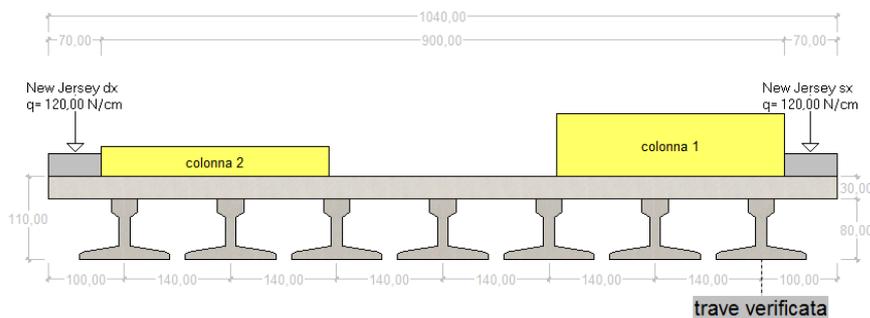
**5.1.6.5 Carichi mobili per calcolo M min trasv. soletta (effetto globale)**

Per la ricerca del minimo momento flettente (che tende le fibre superiori) si dispongono i carichi in vari modi sia in senso longitudinale che trasversale. Viene qui riportata la configurazione più sfavorevole per la sezione Y=0 in asse travi.

Descrizione	Q- $\alpha$ [N]	q- $\alpha$ [N/cm]	Ecc. Y	Larghezza	$\mu$
-------------	-----------------	--------------------	--------	-----------	-------

Corsia 1	300000,00	270,00	-300,00	300,00	-0,034
Corsia 2	200000,00	75,00	300,00	300,00	-0,034

Diagramma coeff.  $\mu$  di influenza del traverso, configurazione del carico per M min



## 5.1.7. SOLLECITAZIONI

### 5.1.7.1 Trave: valori caratteristici

Al taglio trefoli ed in opera

Sez.X	Descrizione	peso trave		peso soletta e traversi	
		M	V	M	V
0,00	appoggio	0,00	68817,10	0,00	112569,75
100,00		6423946,41	59903,15	10614656,98	100062,00
200,00		11970568,78	51220,07	19991562,43	87554,25



300,00		16715304,64	43705,02	28130716,37	75046,50
400,00		20723570,25	36420,85	35013364,97	62538,75
500,00		23994620,79	29136,68	40630131,34	50031,00
600,00		26544838,83	21852,51	45009146,19	37523,25
700,00		28374224,36	14568,34	48150409,52	25015,50
800,00		29460933,98	7284,17	50016413,70	12507,75
900,00	mezzeria	29833637,15	0,00	50656387,50	0,00
1000,00		29460933,98	-7284,17	50016413,70	-12507,75
1100,00		28374224,36	-14568,34	48150409,52	-25015,50
1200,00		26544838,83	-21852,51	45009146,19	-37523,25
1300,00		23994620,79	-29136,68	40630131,34	-50031,00
1400,00		20723570,25	-36420,85	35013364,97	-62538,75
1500,00		16715304,64	-43705,02	28130716,37	-75046,50
1600,00		11965852,75	-51450,94	19991562,43	-87554,25
1700,00		6423946,41	-59903,15	10614656,98	-100062,00
1800,00	appoggio	0,00	-68817,10	0,00	-112569,75

**Seconda fase - carichi permanenti**

Sez.X	Descrizione	peso cordoli		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	21522,13	-1033572,05
100,00		2029408,80	19130,78	-1006019,34
200,00		3822172,76	16739,44	-929263,65
300,00		5378291,88	14348,09	-813501,11
400,00		6694180,63	11956,74	-672724,83
500,00		7768046,24	9565,39	-522645,28



600,00		8605267,01	7174,04	-376008,26
700,00		9205842,93	4782,70	-240028,40
800,00		9562602,96	2391,35	-116274,05
900,00	mezzeria	9684959,10	0,00	0,00
1000,00		9562602,96	-2391,35	116274,05
1100,00		9205842,93	-4782,70	240028,40
1200,00		8605267,01	-7174,04	376008,26
1300,00		7768046,24	-9565,39	522645,28
1400,00		6694180,63	-11956,74	672724,83
1500,00		5378291,88	-14348,09	813501,11
1600,00		3822172,76	-16739,44	929263,65
1700,00		2029408,80	-19130,78	1006019,34
1800,00	appoggio	0,00	-21522,13	1033572,05

Sez.X	Descrizione	permanenti portati		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	83048,39	-2188587,98
100,00		7830968,67	73820,79	-2130175,89
200,00		14748785,52	64593,19	-1967463,74
300,00		20753450,54	55365,59	-1722095,21
400,00		25831128,11	46138,00	-1423774,22
500,00		29974900,40	36910,40	-1105844,48
600,00		33205520,87	27682,80	-795345,87
700,00		35522989,51	18455,20	-507572,82
800,00		36899635,06	9227,60	-245827,77
900,00	mezzeria	37371776,06	0,00	0,00
1000,00		36899635,06	-9227,60	245827,77



1100,00		35522989,51	-18455,20	507572,82
1200,00		33205520,87	-27682,80	795345,87
1300,00		29974900,40	-36910,40	1105844,48
1400,00		25831128,11	-46138,00	1423774,22
1500,00		20753450,54	-55365,59	1722095,21
1600,00		14748785,52	-64593,19	1967463,74
1700,00		7830968,67	-73820,79	2130175,89
1800,00	appoggio	0,00	-83048,39	2188587,98

**Seconda fase - carichi da traffico**

Sez.X	Descrizione	Tandem-TS		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	214117,29	193185,70
100,00		20147857,56	201811,70	482454,23
200,00		37860222,63	189506,11	671424,86
300,00		53137095,23	177200,52	528204,36
400,00		65941573,94	164894,92	-28319,95
500,00		76255208,07	152589,33	-256230,53
600,00		84133349,72	140283,74	-119894,47
700,00		89575998,89	127978,15	130945,17
800,00		92509352,78	115672,56	242174,64
900,00	mezzeria	93030277,56	-103366,96	215117,40
1000,00		92509352,78	-115672,56	-242174,64
1100,00		89575998,89	-127978,15	-130945,17
1200,00		84133349,72	-140283,74	119894,47
1300,00		76255208,07	-152589,33	256230,53



1400,00		65941573,94	-164894,92	28319,95
1500,00		53137095,23	-177200,52	-528204,36
1600,00		37860222,63	-189506,11	-671424,86
1700,00		20147857,56	-201811,70	-482454,23
1800,00	appoggio	0,00	-214117,29	-193185,70
<b>Sez.X</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Distribuito-UDL</b>		
		<b>M</b>	<b>V</b>	<b>T</b>
0,00	appoggio	0,00	81382,37	-202473,15
100,00		7673872,60	72597,86	-226075,41
200,00		14452912,00	64310,49	-272121,70
300,00		20337118,20	56520,24	-293330,45
400,00		25312933,13	49234,66	-253789,54
500,00		29373577,73	42457,50	-156655,90
600,00		32539389,13	36177,47	-36804,78
700,00		34810367,33	30394,58	73258,58
800,00		36159396,17	25123,87	160740,88
900,00	mezzeria	36622065,61	17723,27	228009,55
1000,00		36159396,17	-25123,87	-160740,88
1100,00		34810367,33	-30394,58	-73258,58
1200,00		32539389,13	-36177,47	36804,78
1300,00		29373577,73	-42457,50	156655,90
1400,00		25312933,13	-49234,66	253789,54
1500,00		20337118,20	-56520,24	293330,45
1600,00		14452912,00	-64310,49	272121,70
1700,00		7673872,60	-72597,86	226075,41
1800,00	appoggio	0,00	-81382,37	202473,15

Sez.X		gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	295499,66	-9287,45
100,00		27821730,16	274409,56	256378,82
200,00		52313134,64	253816,60	399303,17
300,00		73474213,43	233720,76	234873,91
400,00		91254507,07	214129,58	-282109,49
500,00		105628785,80	195046,83	-412886,43
600,00		116672738,85	176461,21	-156699,25
700,00		124386366,22	158372,72	204203,75
800,00		128668748,95	140796,43	402915,52
900,00	mezzeria	129652343,17	-85643,70	443126,96
1000,00		128668748,95	-140796,43	-402915,52
1100,00		124386366,22	-158372,72	-204203,75
1200,00		116672738,85	-176461,21	156699,25
1300,00		105628785,80	-195046,83	412886,43
1400,00		91254507,07	-214129,58	282109,49
1500,00		73474213,43	-233720,76	-234873,91
1600,00		52313134,64	-253816,60	-399303,17
1700,00		27821730,16	-274409,56	-256378,82
1800,00	appoggio	0,00	-295499,66	9287,45

5.1.7.2 Trave: sollecitazioni SLU

**Al taglio dei trefoli**

$$E_d = E\{\gamma_{G1,sup} \cdot G_{1k,1}\}$$

$$E_d = E\{\gamma_{G1,inf} \cdot G_{1k,1}\}$$



Sez.X	Descrizione	M	V
0,00	appoggio	0,00	92903,09
100,00		8672327,66	80869,25
200,00		16160267,85	69147,09
300,00		22565661,26	59001,78
400,00		27976819,83	49168,15
500,00		32392738,07	39334,52
600,00		35835532,43	29500,89
700,00		38305202,89	19667,26
800,00		39772260,87	9833,63
900,00	mezzeria	40275410,15	0,00
1000,00		39772260,87	-9833,63
1100,00		38305202,89	-19667,26
1200,00		35835532,43	-29500,89
1300,00		32392738,07	-39334,52
1400,00		27976819,83	-49168,15
1500,00		22565661,26	-59001,78
1600,00		16153901,21	-69458,77
1700,00		8672327,66	-80869,25
1800,00	appoggio	0,00	-92903,09

**Al getto soletta**

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G2_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G2_{k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M	V
0,00	appoggio	0,00	244872,25

100,00		23002114,57	215952,95
200,00		43148877,14	187345,33
300,00		60542128,35	160314,55
400,00		75244862,55	133595,46
500,00		87243415,38	106876,37
600,00		96597879,78	80157,28
700,00		103308255,74	53438,18
800,00		107294419,37	26719,09
900,00	mezzeria	108661533,28	0,00
1000,00		107294419,37	-26719,09
1100,00		103308255,74	-53438,18
1200,00		96597879,78	-80157,28
1300,00		87243415,38	-106876,37
1400,00		75244862,55	-133595,46
1500,00		60542128,35	-160314,55
1600,00		43142510,49	-187657,01
1700,00		23002114,57	-215952,95
1800,00	appoggio	0,00	-244872,25

### Seconda fase P/T

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G2_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G2_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G2_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G2_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M	V	T
0,00	appoggio	0,00	797424,26	-4690742,31

100,00		75047605,18	722963,60	-4553389,94
200,00		141054720,40	649485,76	-4205701,53
300,00		198123186,34	578255,89	-3681369,32
400,00		246222283,09	508018,99	-3424687,65
500,00		285291489,23	438468,47	-2921734,53
600,00		315531468,99	369589,07	-1912173,95
700,00		336942222,36	301380,80	-1085397,57
800,00		349256197,04	233863,99	-525711,62
900,00	mezzeria	352824555,43	-115618,99	598221,39
1000,00		349256197,04	-233863,99	525711,62
1100,00		336942222,36	-301380,80	1085397,57
1200,00		315531468,99	-369589,07	1912173,95
1300,00		285291489,23	-438468,47	2921734,53
1400,00		246222283,09	-508018,99	3424687,65
1500,00		198123186,34	-578255,89	3681369,32
1600,00		141048353,76	-649797,44	4205701,53
1700,00		75047605,18	-722963,60	4553389,94
1800,00	appoggio	0,00	-797424,26	4690742,31

5.1.7.3 Trave: sollecitazioni SLE

**Al taglio dei trefoli**

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

Sez.X	Descrizione	M	V
0,00	appoggio	0,00	68817,10
100,00		6423946,41	59903,15
200,00		11970568,78	51220,07

300,00		16715304,64	43705,02
400,00		20723570,25	36420,85
500,00		23994620,79	29136,68
600,00		26544838,83	21852,51
700,00		28374224,36	14568,34
800,00		29460933,98	7284,17
900,00	mezzeria	29833637,15	0,00
1000,00		29460933,98	-7284,17
1100,00		28374224,36	-14568,34
1200,00		26544838,83	-21852,51
1300,00		23994620,79	-29136,68
1400,00		20723570,25	-36420,85
1500,00		16715304,64	-43705,02
1600,00		11965852,75	-51450,94
1700,00		6423946,41	-59903,15
1800,00	appoggio	0,00	-68817,10

**Al getto soletta**

$$E_d = E\{ \sum G_{1,k,i} + \sum G_{2,k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M	V
0,00	appoggio	0,00	181386,85
100,00		17038603,39	159965,15
200,00		31962131,21	138774,32
300,00		44846021,00	118751,52
400,00		55736935,22	98959,60
500,00		64624752,14	79167,68
600,00		71553985,02	59375,76

700,00		76524633,88	39583,84
800,00		79477347,68	19791,92
900,00	mezzeria	80490024,65	0,00
1000,00		79477347,68	-19791,92
1100,00		76524633,88	-39583,84
1200,00		71553985,02	-59375,76
1300,00		64624752,14	-79167,68
1400,00		55736935,22	-98959,60
1500,00		44846021,00	-118751,52
1600,00		31957415,18	-139005,19
1700,00		17038603,39	-159965,15
1800,00	appoggio	0,00	-181386,85

**Seconda fase - S.L.E. Rara 2<sup>a</sup> fase**

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

Sez.X	Descrizione	M	V	T
0,00	appoggio	0,00	400070,18	-3222160,03
100,00		37682107,63	367361,14	-2879816,41
200,00		70884092,92	335149,22	-2497424,22
300,00		99605955,85	303434,44	-2300722,42
400,00		123779815,80	272224,32	-2096499,04
500,00		143371732,44	241522,62	-1628489,76
600,00		158483526,72	211318,05	-1171354,13
700,00		169115198,66	181610,62	-543397,47
800,00		175130986,97	152415,38	40813,70
900,00	mezzeria	176709078,33	-85643,70	443126,96

1000,00		175130986,97	-152415,38	362101,82
1100,00		169115198,66	-181610,62	747601,22
1200,00		158483526,72	-211318,05	1328053,38
1300,00		143371732,44	-241522,62	2041376,19
1400,00		123779815,80	-272224,32	2378608,53
1500,00		99605955,85	-303434,44	2535596,32
1600,00		70884092,92	-335149,22	2896727,39
1700,00		37682107,63	-367361,14	3136195,23
1800,00	appoggio	0,00	-400070,18	3231447,49

### Seconda fase - S.L.E. Frequente 2<sup>a</sup> fase

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

Sez.X	Descrizione	M	V	T
0,00	appoggio	0,00	297711,44	-3158260,02
100,00		28040819,68	273349,50	-2864784,72
200,00		52747290,06	249186,41	-2502007,42
300,00		74119411,12	225222,17	-2256775,24
400,00		92106662,44	201459,79	-2096499,04
500,00		106683783,78	177900,79	-1628489,76
600,00		117926555,82	154540,63	-1171354,13
700,00		125834978,54	131379,33	-620088,91
800,00		130308011,07	108422,91	-116174,49
900,00	mezzeria	131478269,58	-70435,92	252541,87
1000,00		130308011,07	-108422,91	362101,82
1100,00		125834978,54	-131379,33	747601,22
1200,00		117926555,82	-154540,63	1275996,90

1300,00		106683783,78	-177900,79	1883325,02
1400,00		92106662,44	-201459,79	2219254,82
1500,00		74119411,12	-225222,17	2535596,32
1600,00		52747290,06	-249186,41	2896727,39
1700,00		28040819,68	-273349,50	3136195,23
1800,00	appoggio	0,00	-297711,44	3222160,03

**Seconda fase - S.L.E. Quasi permanente 2<sup>a</sup> fase**

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

Sez.X	Descrizione	M	V	T
0,00	appoggio	0,00	104570,52	-3222160,03
100,00		9860377,47	92951,58	-3136195,23
200,00		18570958,28	81332,63	-2896727,39
300,00		26131742,42	69713,68	-2535596,32
400,00		32525308,73	58094,73	-2096499,04
500,00		37742946,64	46475,79	-1628489,76
600,00		41810787,87	34856,84	-1171354,13
700,00		44728832,44	23237,89	-747601,22
800,00		46462238,02	11618,95	-362101,82
900,00	mezzeria	47056735,16	0,00	0,00
1000,00		46462238,02	-11618,95	362101,82
1100,00		44728832,44	-23237,89	747601,22
1200,00		41810787,87	-34856,84	1171354,13
1300,00		37742946,64	-46475,79	1628489,76
1400,00		32525308,73	-58094,73	2096499,04
1500,00		26131742,42	-69713,68	2535596,32

1600,00		18570958,28	-81332,63	2896727,39
1700,00		9860377,47	-92951,58	3136195,23
1800,00	appoggio	0,00	-104570,52	3222160,03

5.1.7.4 Soletta: valori caratteristici

**EFFETTO GLOBALE**

**Carichi permanenti**

Sez.	Descrizione	peso cordoli	Perm Portati
-490,00	estremità dx	0,00	0,00
-400,00		-2916,17	-6290,03
-300,00		-4844,65	-10285,60
-200,00		-5717,83	-12081,40
-100,00		-6045,79	-12747,64
0,00	asse travi	-6123,10	-12902,50
100,00		-6045,79	-12747,64
200,00		-5717,83	-12081,40
300,00		-4844,65	-10285,60
400,00		-2916,17	-6290,03
490,00	estremità sx	0,00	0,00

**Carichi da traffico**

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	0,00	0,00
-400,00		9743,76	-3355,09
-300,00		19214,89	-5643,10

-200,00		16308,91	-8892,69
-100,00		19653,52	-13361,27
0,00	asse travi	21391,80	-16409,34
100,00		19653,52	-13361,27
200,00		16308,91	-8892,69
300,00		19214,89	-5643,10
400,00		9743,76	-3355,09
490,00	estremità sx	0,00	0,00

Sez.	Descrizione	Distribuito-UDL	
		Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	0,00	-372,86
-400,00		4000,64	-1697,71
-300,00		8260,04	-3192,72
-200,00		19600,72	-4854,04
-100,00		24430,78	-6831,45
0,00	asse travi	25229,63	-7336,79
100,00		24430,78	-6434,46
200,00		19600,72	-4548,31
300,00		8260,04	-2874,67
400,00		4000,64	-1368,00
490,00	estremità sx	0,00	0,00

### EFFETTO LOCALE

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 35,00x60,00 [cm]) poste ad un interasse di 200,00 [cm]: il carico totale asse è pari a 400000,00 [N]

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	140,00
Carico per ruota - schema 2	200000,00
Interasse ruote	200,00
Dimensioni impronta ruota LX x BY	35,00x60,00
Larghezza impronta a metà spessore soletta	90,00
Lunghezza influenza	200,00

Momento flettente trasversale [N-cm/cm] (positivo tende le fibre inferiori):

	M max	M min
effetto locale permanenti strutturali	1802,59	-1201,73
effetto locale permanenti non strutturali	735,00	-490,00
effetto locale LM2	16205,36	-15089,29
M tot. effetto locale	18742,94	-16781,01

#### 5.1.7.5 Soletta: sollecitazioni SLU

Nelle combinazioni seguenti vengono sommati effetti globali ed effetti locali.

#### **Persistenti/Transitorie**

$$Ed = E \{ \sum \gamma G_{1,sup} \cdot G_{1k,i} + \sum \gamma G_{2,sup} \cdot G_{2k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G2_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G2_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G2_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	25413,23	-22727,86
-400,00		39318,59	-42739,33
-300,00		55926,32	-56493,45
-200,00		66439,98	-67042,90
-100,00		77147,84	-77216,63
0,00	asse travi	80495,65	-82405,07
100,00		77147,84	-77216,63
200,00		66439,98	-67042,90
300,00		55926,32	-56493,45
400,00		39318,59	-42739,33
490,00	estremità sx	25413,23	-22727,86

#### 5.1.7.6 Soletta: sollecitazioni SLE

#### **Combinazioni Rare**

$$E_d = E\{ \sum G1_{k,2}^a \text{ fase} + \sum G2_{k,2}^a \text{ fase} + Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	18742,94	-16781,01
-400,00		23281,15	-30905,43
-300,00		31087,62	-40649,71
-200,00		36853,34	-48264,58

-100,00		44033,82	-55726,66
0,00	asse travi	46338,78	-59552,74
100,00		44033,82	-55726,66
200,00		36853,34	-48264,58
300,00		31087,62	-40649,71
400,00		23281,15	-30905,43
490,00	estremità sx	18742,94	-16781,01

### Combinazioni Frequenti

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

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	2537,59	-1691,73
-400,00		2239,47	-14039,49
-300,00		5122,52	-22292,44
-200,00		4810,32	-28077,14
-100,00		8256,61	-33222,49
0,00	asse travi	9647,69	-35959,04
100,00		8256,61	-33222,49
200,00		4810,32	-28077,14
300,00		5122,52	-22292,44
400,00		2239,47	-14039,49
490,00	estremità sx	2537,59	-1691,73

### Combinazioni Quasi Permanenti

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

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	2537,59	-1691,73

-400,00		-6668,61	-10897,92
-300,00		-12592,66	-16821,97
-200,00		-15261,65	-19490,96
-100,00		-16255,84	-20485,15
0,00	asse travi	-16488,01	-20717,32
100,00		-16255,84	-20485,15
200,00		-15261,65	-19490,96
300,00		-12592,66	-16821,97
400,00		-6668,61	-10897,92
490,00	estremità sx	2537,59	-1691,73

### 5.1.8. REAZIONI MASSIME SUGLI APPOGGI

#### 5.1.8.1 Forze orizzontali

Azione del vento :

Altezza barriera 270,00

Pressione cinetica 0,11

Forza totale sull'impalcato Fyw 85690,00

Azione longitudinale di frenamento q3 :

Forza totale sull'impalcato Fxq 408600,00

Azione centrifuga Q4 :

Raggio di curvatura 0,00

Forza totale sull'impalcato Fyq 0,00

5.1.8.2 Valori caratteristici reazioni verticali

**Carichi di 1a fase**

Trave	peso trave	peso soletta e traversi
1	73274,08	122870,25
2	73274,08	101901,38
3	73274,08	101901,38
4	73274,08	101901,38
5	73274,08	101901,38
6	73274,08	101901,38
7	73274,08	122870,25

**Carichi permanenti di 2a fase**

Trave	peso cordoli	permanentemente portati
1	22717,81	34730,07
2	14047,37	36617,16
3	8458,70	37853,55
4	6554,90	38277,59
5	8458,70	37853,55
6	14047,37	36617,16
7	22717,81	34730,07

Trave	x=0	x=Luce
1	50146,22	50146,22
2	31007,51	31007,51
3	18671,33	18671,33
4	14468,97	14468,97
5	18671,33	18671,33

6	31007,51	31007,51
7	50146,22	50146,22

### Carichi da traffico

Trave	Tandem-TS	Distribuito-UDL	Folla Marciapiedi
1	214117,31	81382,37	0,00
2	205991,78	73570,91	0,00
3	182985,91	59786,23	0,00
4	151986,24	44679,63	0,00
5	111190,07	29706,25	0,00
6	69762,13	16495,38	0,00
7	32097,78	5122,46	0,00

### 5.1.8.3 Combinazioni

#### Combinazioni SLU P/T

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G2_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G2_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} + \psi_0 \cdot \gamma_W \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G1_{k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G2_{k,i} + \gamma_W \cdot W_k + \psi_0 \cdot \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Trave	Rz max	Rz min
1	821702,87	422778,31
2	734297,46	356887,82
3	660435,81	332693,42
4	589954,75	324455,82
5	522903,46	332693,42
6	473335,46	356887,82
7	473025,64	422778,31

Reazione laterale su spalla  $R_y = 71032,50$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 558900,00$

### **SLE Rare**

$$E_d = E\{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + Q_{k,gruppo\ 1} + \Psi_{0,W} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + W_k + \Psi_{0'} \cdot Q_{k,gruppo\ 2} \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + Q_{k,gruppo\ 2} + \Psi_{0,W} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max	Rz min
1	403093,77	107594,09
2	361234,74	81672,05
3	307755,72	64983,58
4	255967,34	59301,46
5	205879,90	64983,58
6	167929,55	81672,05
7	144814,34	107594,09

Reazione laterale su spalla  $R_y = 42845,00$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 408600,00$

### **SLE Frequenti**

$$E_d = E\{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + \Psi_{1'} \cdot Q_{k,gruppo\ 4} + \Psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + \Psi_{1,W} \cdot W_k + \Psi_{2'} \cdot Q_{k,gruppo\ 2} \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + \Psi_{1'} \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \Psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max	Rz min
1	151006,68	107594,09
2	127443,49	81672,05
3	112300,51	64983,58

4	107148,45	59301,46
5	112300,51	64983,58
6	127443,49	81672,05
7	151006,68	107594,09

Reazione laterale su spalla Ry = 8569,00

Reazione longitudinale totale Rx = 0,00

### ***SLE Quasi permanenti***

$$E_d = E \{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + \psi_{2,Q} \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E \{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + \psi_{2,Q} \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max	Rz min
1	107594,09	1E30
2	81672,05	1E30
3	64983,58	1E30
4	59301,46	1E30
5	64983,58	1E30
6	81672,05	1E30
7	107594,09	1E30

Reazione laterale su spalla Ry = 0,00

Reazione longitudinale totale Rx = 0,00

## **5.1.9. DEFORMAZIONI**

### **5.1.9.1 Prima fase**

Trave	peso trave	peso soletta e traversi	carichi aggiuntivi
1	1,9801	3,4000	0,0000
2	1,9801	2,8000	0,0000

3	1,9801	2,8000	0,0000
4	1,9801	2,8000	0,0000
5	1,9801	2,8000	0,0000
6	1,9801	2,8000	0,0000
7	1,9801	3,4000	0,0000

### 5.1.9.2 Seconda fase

#### **Carichi permanenti**

Trave	peso cordoli	permanenti portati
1	0,1265	0,2947
2	0,0864	0,2947
3	0,0601	0,2947
4	0,0510	0,2947
5	0,0601	0,2947
6	0,0864	0,2947
7	0,1265	0,2947

#### **Carichi da traffico**

Trave	Tandem-TS	Distribuito-UDL	Folla marciapiedi
1	1,0331	0,5222	0,0000
2	0,9706	0,4649	0,0000
3	0,8570	0,3805	0,0000
4	0,7135	0,2894	0,0000
5	0,5352	0,1986	0,0000
6	0,3534	0,1159	0,0000
7	0,1840	0,0420	0,0000

## 5.1.10. AZIONE SISMICA

### 5.1.10.1 Parametri per la determinazione dell'azione sismica

Categoria di sottosuolo D

Categoria topografica T1

Coeff. di combinazione sismica carichi da traffico  $\Psi_E$  0,2

q Coefficiente di struttura

$\eta$  1/q

$a_g$  Accelerazione orizzontale massima al sito

$T_c^*$  Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

$F_0$  Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

Forze orizzontali :

	$\eta$	$a_g/g$	$T_c^*$	$F_0$
SLE	1,00	0,06	0,28	2,49
SLU	1,00	0,16	0,28	2,57

Forze verticali :

	$\eta$
SLE	1,00
SLU	1,00

Coefficiente di struttura  $q = 1,50$

Dati Spalla

Altezza 300,00

B Trasversale 1046,00

B Longitudinale 140,00

Classe calcestruzzo C28/35 E = 3258810,78

**5.1.10.2 Modello a mensola**

Peso Impalcato 3652481,85

Peso Carichi Mobili 1655500,00

Aliquota Carichi Mobili 0,20

Peso Totale Struttura 3983581,85

Massa Struttura [Kg massa] 406073,58

Rigidezza 3339933,24

Periodo fondamentale [s] 0,0828

Peso spalla 1077432,30

Massa spalla [Kg massa] 109830,00

Modulo elastico spalla 3258811

Momento d'inerzia trasversale 13351862253,33

Momento d'inerzia longitudinale 239185333,33

Rigidezza trasversale 4834576963,24

Rigidezza longitudinale 86606638,13

Periodo fondamentale (componente trasversale) [s] 0,0061

Periodo fondamentale (componente longitudinale) [s] 0,0458

Valore massimo del coeff. di amplificazione topografica  $S_t$  1,00

***Forze orizzontali***

Valori per SLE

$S_s$  1,80

$C_c$  2,37

TB 0,22

TC 0,66

TD 1,83

Spettro di risposta elastico in accelerazione(componente trasversale)  $S_e$  0,1069

Forza 443390,43

Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente longitudinale)  $S_e$  0,1345

Forza 535615,68

Valori per SLU

$S_s$  1,80

$C_c$  2,38

TB 0,22

TC 0,65

TD 2,19

Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente trasversale)  $S_e$  0,2785

Forza 1187452,19

Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente longitudinale)  $S_e$  0,3798

Forza 1218621,81

### **Forze verticali**

TB 0,05

TC 0,15

TD 1,00

Valori per SLE

$S_s$  1,00

Fattore di amplificazione spettrale massima  $F_v$  0,80

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{ve}$  0,0823

Valori per SLU

$S_s$  1,00

Fattore di amplificazione spettrale massima  $F_v$  1,39

Spettro di risposta elastico  $S_{ve}$  0,3956

### 5.1.10.3 Azioni sismiche SLE

#### **Trave: azione sismica caratteristica**



Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	24866,35	-268435,56
100,00		2339392,84	22003,37	-261751,16
200,00		4395443,15	19167,57	-242806,59
300,00		6174357,58	16436,05	-213443,45
400,00		7678318,86	13731,83	-176665,99
500,00		8905666,01	11035,98	-136562,10
600,00		9862546,00	8348,31	-96979,02
700,00		10548958,85	5668,81	-60303,57
800,00		10956708,57	2997,75	-27147,00
900,00	mezzeria	11096552,38	291,64	3751,91
1000,00		10956708,57	-2997,75	27147,00
1100,00		10548958,85	-5668,81	60303,57
1200,00		9862546,00	-8348,31	96979,02
1300,00		8905666,01	-11035,98	136562,10
1400,00		7678318,86	-13731,83	176665,99
1500,00		6174357,58	-16436,05	213443,45
1600,00		4395055,14	-19186,57	242806,59
1700,00		2339392,84	-22003,37	261751,16
1800,00	appoggio	0,00	-24866,35	268435,56

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	-23527,20	265103,85
100,00		-2213118,96	-20808,77	258031,08
200,00		-4157619,91	-18109,34	238328,82
300,00		-5839709,50	-15506,01	208616,69
400,00		-7261793,55	-12921,68	172489,87

500,00		-8422322,63	-10337,34	133984,32
600,00		-9327109,07	-7753,01	96373,39
700,00		-9976152,88	-5168,67	61509,04
800,00		-10361704,28	-2584,34	29792,00
900,00	mezzeria	-10493934,85	0,00	0,00
1000,00		-10361704,28	2584,34	-29792,00
1100,00		-9976152,88	5168,67	-61509,04
1200,00		-9327109,07	7753,01	-96373,39
1300,00		-8422322,63	10337,34	-133984,32
1400,00		-7261793,55	12921,68	-172489,87
1500,00		-5839709,50	15506,01	-208616,69
1600,00		-4157231,90	18128,34	-238328,82
1700,00		-2213118,96	20808,77	-258031,08
1800,00	appoggio	0,00	23527,20	-265103,85

**Trave: Combinazione sismica**

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

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	145713,35	-3531090,22
100,00		13734544,83	129474,52	-3443161,47
200,00		25856983,83	113362,30	-3193958,32
300,00		36373523,64	97453,78	-2807705,87
400,00		45266214,22	81673,50	-2323922,94
500,00		52523328,19	66003,27	-1796383,04
600,00		58181211,70	50440,64	-1275694,10
700,00		62239864,76	34985,62	-807904,78
800,00		64650825,83	19641,47	-389248,82



900,00	mezzeria	65477700,66	3836,29	49353,82
1000,00		64650825,83	-19641,47	389248,82
1100,00		62239864,76	-34985,62	807904,78
1200,00		58181211,70	-50440,64	1275694,10
1300,00		52523328,19	-66003,27	1796383,04
1400,00		45266214,22	-81673,50	2323922,94
1500,00		36373523,64	-97453,78	2807705,87
1600,00		25856595,82	-113381,30	3193958,32
1700,00		13734544,83	-129474,52	3443161,47
1800,00	appoggio	0,00	-145713,35	3531090,22

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	81043,32	-2957056,18
100,00		7647258,51	72142,80	-2878164,15
200,00		14413338,36	63223,29	-2658398,57
300,00		20292032,92	54207,67	-2326979,64
400,00		25263515,18	45173,06	-1924009,17
500,00		29320624,01	36138,45	-1494505,44
600,00		32483678,80	27103,83	-1074980,74
700,00		34752679,56	18069,22	-686092,18
800,00		36100533,74	9034,61	-332309,82
900,00	mezzeria	36562800,32	0,00	0,00
1000,00		36100533,74	-9034,61	332309,82
1100,00		34752679,56	-18069,22	686092,18
1200,00		32483678,80	-27103,83	1074980,74
1300,00		29320624,01	-36138,45	1494505,44
1400,00		25263515,18	-45173,06	1924009,17

1500,00		20292032,92	-54207,67	2326979,64
1600,00		14413726,38	-63204,29	2658398,57
1700,00		7647258,51	-72142,80	2878164,15
1800,00	appoggio	0,00	-81043,32	2957056,18

**Traverso: azione sismica caratteristica**

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	0,00	0,00
-400,00		-691,61	-783,16
-300,00		-1108,92	-1295,78
-200,00		-1141,90	-1543,28
-100,00		-1144,22	-1657,98
0,00	asse travi	-1150,18	-1686,06
100,00		-1144,22	-1657,98
200,00		-1141,90	-1543,28
300,00		-1108,92	-1295,78
400,00		-691,61	-783,16
490,00	estremità sx	0,00	0,00

**Traverso: combinazione sismica**

$$E_d = E\{ \sum G1_{k,2}^a \text{ fase} + \sum G2_{k,2}^a \text{ fase} + \psi_{2,E} \cdot Q_{k,\text{gruppo } 1} \pm E \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	0,00	0,00
-400,00		-9097,68	-10301,98
-300,00		-14587,16	-17045,10
-200,00		-15021,00	-20300,85

-100,00		-15051,50	-21809,60
0,00	asse travi	-15129,85	-22179,02
100,00		-15051,50	-21809,60
200,00		-15021,00	-20300,85
300,00		-14587,16	-17045,10
400,00		-9097,68	-10301,98
490,00	estremità sx	0,00	0,00

### Appoggi: azione sismica caratteristica

Azione verticale

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$
1	-6590,34	-353,16	6590,34	0,00
2	-5572,93	-319,26	5572,93	0,00
3	-5210,83	-259,44	5210,83	0,00
4	-5087,55	-193,89	5087,55	0,00
5	-5210,83	-128,91	5210,83	0,00
6	-5572,93	-71,58	5572,93	0,00
7	-6590,34	-22,23	6590,34	0,00

Azione orizzontale

	trasversale su spalla		longitudinale intero impalcato	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$
1	196198,18	6641,43	493712,77	44518,31

### Appoggi: Combinazione sismica

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	355894,86	310328,76
2	306867,85	262420,43
3	283243,18	245369,86
4	268528,66	239564,46
5	262998,55	245369,86
6	268454,49	262420,43
7	310328,76	304569,90
	reazioni massime	reazioni minime
1	Reazione trasversale su pila	538231,08
2	Reazione longitudinale totale	202839,61

#### 5.1.10.4 Azioni sismiche SLU

##### **Trave: azione sismica caratteristica**

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	119549,37	-1290551,39
100,00		11247044,56	105785,11	-1258414,97
200,00		21131869,86	92151,50	-1167335,60
300,00		29684315,41	79019,24	-1026167,12
400,00		36914875,08	66018,22	-849352,97
500,00		42815563,43	53057,43	-656546,41
600,00		47415933,14	40135,96	-466243,76
700,00		50715984,22	27253,83	-289920,05
800,00		52676313,07	14412,21	-130514,00



900,00	mezzeria	53348636,91	1402,10	18037,95
1000,00		52676313,07	-14412,21	130514,00
1100,00		50715984,22	-27253,83	289920,05
1200,00		47415933,14	-40135,96	466243,76
1300,00		42815563,43	-53057,43	656546,41
1400,00		36914875,08	-66018,22	849352,97
1500,00		29684315,41	-79019,24	1026167,12
1600,00		21130004,42	-92242,82	1167335,60
1700,00		11247044,56	-105785,11	1258414,97
1800,00	appoggio	0,00	-119549,37	1290551,39

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	-113111,17	1274533,63
100,00		-10639960,58	-100041,86	1240530,03
200,00		-19988492,61	-87063,86	1145807,92
300,00		-28075435,60	-74547,89	1002961,60
400,00		-34912356,02	-62123,24	829275,55
500,00		-40491804,69	-49698,59	644153,28
600,00		-44841725,45	-37273,95	463332,12
700,00		-47962118,28	-24849,30	295715,57
800,00		-49815724,77	-12424,65	143230,30
900,00	mezzeria	-50451446,60	0,00	0,00
1000,00		-49815724,77	12424,65	-143230,30
1100,00		-47962118,28	24849,30	-295715,57
1200,00		-44841725,45	37273,95	-463332,12
1300,00		-40491804,69	49698,59	-644153,28
1400,00		-34912356,02	62123,24	-829275,55



1500,00		-28075435,60	74547,89	-1002961,60
1600,00		-19986627,17	87155,19	-1145807,92
1700,00		-10639960,58	100041,86	-1240530,03
1800,00	appoggio	0,00	113111,17	-1274533,63

**Trave: Combinazione sismica**

$$E_d = E\{ \sum G1_{k,i} + \sum G2_{k,i} + \psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo 1} \pm E \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	421783,22	-4553206,05
100,00		39680799,94	373221,40	-4439825,29
200,00		74555541,75	325120,54	-4118487,33
300,00		104729502,47	278788,49	-3620429,54
400,00		130239705,66	232919,49	-2996609,92
500,00		151057977,75	187192,40	-2316367,35
600,00		167288583,86	141604,06	-1644958,85
700,00		178931524,01	96154,48	-1037521,27
800,00		185847778,01	50847,85	-492615,82
900,00	mezzeria	188219809,85	4946,75	63639,86
1000,00		185847778,01	-50847,85	492615,82
1100,00		178931524,01	-96154,48	1037521,27
1200,00		167288583,86	-141604,06	1644958,85
1300,00		151057977,75	-187192,40	2316367,35
1400,00		130239705,66	-232919,49	2996609,92
1500,00		104729502,47	-278788,49	3620429,54
1600,00		74548960,28	-325442,74	4118487,33
1700,00		39680799,94	-373221,40	4439825,29



1800,00	appoggio	0,00	-421783,22	4553206,05
---------	----------	------	------------	------------

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	172846,20	-1947626,40
100,00		16259020,28	152874,87	-1895665,20
200,00		30544596,88	133043,08	-1750919,47
300,00		42902327,83	113917,31	-1532634,72
400,00		53349887,94	94931,09	-1267223,49
500,00		61875894,08	75944,87	-984336,48
600,00		68523047,44	56958,66	-708022,01
700,00		73291348,04	37972,44	-451885,65
800,00		76123860,93	18986,22	-218871,52
900,00	mezzeria	77095313,22	0,00	0,00
1000,00		76123860,93	-18986,22	218871,52
1100,00		73291348,04	-37972,44	451885,65
1200,00		68523047,44	-56958,66	708022,01
1300,00		61875894,08	-75944,87	984336,48
1400,00		53349887,94	-94931,09	1267223,49
1500,00		42902327,83	-113917,31	1532634,72
1600,00		30541746,29	-133182,63	1750919,47
1700,00		16259020,28	-152874,87	1895665,20
1800,00	appoggio	0,00	-172846,20	1947626,40

**Traverso: azione sismica caratteristica**

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	0,00	0,00

-400,00		-3325,04	-3765,19
-300,00		-5331,35	-6229,68
-200,00		-5489,91	-7419,60
-100,00		-5501,06	-7971,02
0,00	mezzeria	-5529,70	-8106,04
100,00		-5501,06	-7971,02
200,00		-5489,91	-7419,60
300,00		-5331,35	-6229,68
400,00		-3325,04	-3765,19
490,00	estremità sx	0,00	0,00

**Traverso: combianzione sismica**

$$E_d = E \{ \sum G1_{k,i} + \sum G2_{k,i} + \psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo 1} \pm E \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-490,00	estremità dx	0,00	0,00
-400,00		-11731,11	-13284,02
-300,00		-18809,59	-21979,00
-200,00		-19369,00	-26177,17
-100,00		-19408,33	-28122,64
0,00	mezzeria	-19509,37	-28599,00
100,00		-19408,33	-28122,64
200,00		-19369,00	-26177,17
300,00		-18809,59	-21979,00
400,00		-11731,11	-13284,02
490,00	estremità sx	0,00	0,00

**Appoggi: azione sismica caratteristica**

Azione verticale

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$
1	-30721,11	-1646,26	30721,11	0,00
2	-25978,41	-1488,24	25978,41	0,00
3	-24290,48	-1209,40	24290,48	0,00
4	-23715,77	-903,81	23715,77	0,00
5	-24290,48	-600,92	24290,48	0,00
6	-25978,41	-333,68	25978,41	0,00
7	-30721,11	-103,62	30721,11	0,00

Azione orizzontale

	trasversale su spalla		longitudinale intero impalcato	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$
1	547277,02	18525,68	1394461,45	125739,25

**Appoggi: Combinazione sismica**

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	334459,53	330470,99
2	285293,39	282825,91
3	264449,51	263213,58
4	258192,69	249190,51
5	264449,51	243446,90
6	282825,91	247786,91
7	334459,53	280357,74

	reazioni massime	reazioni minime
1	Reazione trasversale su pila	1520200,70
2	Reazione longitudinale totale	565802,70

### 5.1.11. VERIFICHE

Il codice di calcolo TCAP riceve le combinazioni di carico della struttura dal programma di calcolo delle sollecitazioni ed esegue le verifiche nelle situazioni agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio inserendo nelle combinazioni l'effetto della precompressione.

Per valutare l'effetto della precompressione nelle varie sezioni viene assunto un modello di calcolo appropriato che riproduce le condizioni iperstatiche della struttura reale.

La struttura è considerata lineare e rettilinea, soggetta a deformazione longitudinale assiale generata dalla precompressione e deformazione trasversale per inflessione nel piano verticale. Essa viene schematizzata come una struttura a telaio piano che discretizza i tratti a sezione (e quindi baricentro) costante con aste orizzontali e i tratti a geometria variabile con aste inclinate.

Le forze di precompressione sono rappresentate da forze longitudinali e da coppie di trasporto delle forze stesse alla quota del baricentro locale.

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 proprie e da quello del getto eseguito in opera.

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

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

In opera al momento del getto di 2a fase:

Sbalzo sinistro = 50,00

Sbalzo destro = 50,00

In seconda fase la struttura è vincolata sugli appoggi definitivi:

appoggio	descrizione	X	luce campata
1	Spalla iniziale	0,00	
2	Spalla finale	1800,00	1800,00

#### 5.1.11.1 Cadute di tensione nell'acciaio da precompressione

##### **Rilassamento dell'acciaio da precompressione**

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

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

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

dove:

$\sigma_{pi}$  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%

### Ritiro del calcestruzzo

L'accorciamento dovuto al ritiro viene assunto pari a :

prefabbricati  $\varepsilon_{cs1} = -0,00030$

getto in opera  $\varepsilon_{cs2} = -0,00030$

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	-0,00030·20600000,00=	-6180,00	4,92%

### 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 (11.2.10.7 D.M.14/01/2008), pari a :

$\varphi_{inf,1} = 2,3$  (cavi pretesi nei prefabbricati)

### 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

#### 5.1.11.2 Stati limite di esercizio

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
- P = precompressione
- Q = azioni variabili

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:

$$E_{travi} = 3641611,39$$

$$E_{soletta} = 3258810,78$$

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.

### Prima fase

trave :

	accorciamento [cm]	rotaz. testata sinistra [rad]	rotaz. testata destra [rad]	frecce in mezzeria [cm]
al taglio trefoli	-0,6996	0,00854	-0,00854	3,8141
al getto soletta	-1,0377	0,00689	-0,00689	2,7200
dopo maturazione	-1,0408	0,00690	-0,00690	2,7242

### Seconda fase

Spostamenti X in asse appoggi [cm] :

	dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0,0000	0,0000	0,0000
Spalla finale	0,0000	0,0000	-0,2371

Rotazioni in asse appoggi [rad] :

	dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0,00000	0,00000	0,00504
Spalla finale	0,00000	0,00000	-0,00504

Frecce in mezzeria [cm] :

campata	dopo maturazione	postesi e	t=inf.	t=inf.	
X	soletta	cambio vincoli	comb. rara max	comb. rara min	
1	900,00	2,7242	2,7242	4,4240	3,0246

### 5.1.11.3 Stati limite ultimi

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.

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

d: altezza utile della sezione

$b_w$ : larghezza minima della sezione

$A_{sw}$ : area armatura trasversale

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

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

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

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

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

$A_k$ : 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.

### **Verifica sezione X=0,00 – Appoggio**

#### **Prima fase: sola trave**

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-60,00	0,00
2	-60,00	7,00
3	-55,00	9,70
4	-50,00	11,20
5	-15,00	16,00
6	-15,00	60,90
7	-17,60	62,70
8	-17,60	80,00
9	17,60	80,00
10	17,60	62,70



11	15,00	60,90
12	15,00	16,00
13	50,00	11,20
14	55,00	9,70
15	60,00	7,00
16	60,00	0,00
17	-60,00	0,00

$$A = 3634,640$$

$$J_f = 2326516,4337$$

$$Y_g = 30,31$$

<nessuna armatura di precompressione>

Armatore lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	18,096	4Ø24 armatura longit. appoggio

$$n = 15,000$$

$$A_{i,d} = 3887,978$$

$$J_{f,id} = 2503091,8776$$

$$Y_{g,id} = 28,53$$

Sollecitazioni :

istante	M <sub>esterno</sub>
prima del getto	0,00
dopo getto 2a fase	0,00

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
prima del getto	0,00	0,00
dopo getto 2a fase	0,00	0,00

Tensioni sugli acciai :

	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,inf}$
prima del getto	0,00	0,00
dopo getto 2a fase	0,00	0,00

Momenti di rottura in flessione retta

$\Delta\varepsilon$  armature pretese:  $\varepsilon_{sp,z=0,00}=0,00000$

fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	Z $\varepsilon_{sup}$	$\varepsilon_{inf}$	Z $\varepsilon_{inf}$
(+)	67,90	5,134451E7	-0,00186	80,00	0,01000	3,00
(-)	2,14	-1131881,00	0,00141	3,00	-0,00350	0,00

6.1.1.2 Verifica rottura a taglio

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	bw	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0,785	30,00		0,452

d	K	A <sub>sl</sub>	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
77,00	1,510	18,096	0,0078	0,00	1,000

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
137869,80	1226762,00	1344507,00

$$V_{d,max} = 271591,34 < 1226761,88$$

**Seconda fase: trave + getto in opera**

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	0,00	0,00
getto in opera	0,00	0,00

**Verifica in esercizio**

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-60,00	0,00
2	-60,00	7,00
3	-55,00	9,70
4	-50,00	11,20
5	-15,00	16,00
6	-15,00	60,90
7	-17,60	62,70
8	-17,60	80,00
9	17,60	80,00
10	17,60	62,70
11	15,00	60,90
12	15,00	16,00
13	50,00	11,20
14	55,00	9,70
15	60,00	7,00

16	60,00	0,00	fine prefabb.
17	-60,00	0,00	
18	-100,00	110,00	getto in opera
19	70,00	110,00	(m=1,000)
20	70,00	80,00	
21	-100,00	80,00	
22	-100,00	110,00	

$$A = 8734,640$$

$$J_f = 11591300,2301$$

$$Y_g = 68,08$$

<nessuna armatura di precompressione>

*Armature lente longitudinali :*

n.	Z	area	
1	3,00	18,096	4Ø24 armatura longit. appoggio

$$n = 15,000$$

$$A_{i,d} = 8987,978$$

$$J_{f,id} = 12634025,5158$$

$$Y_{g,id} = 66,25$$

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

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48,9%	3019,69	2,4%
rilassamento acciaio	24,1%	1473,32	1,2%
viscosità cls	100,0%	11239,97	9,0%

*Tensioni sul cls - trave :*

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	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 :**

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Rare	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Frequenti	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0,00	0,00	0,00	0,00

*Tensioni sugli acciai :*

	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,inf}$
dopo iniezione cavi	0,00	0,00
t=inf.-SLE Rare	0,00	0,00
t=inf.-SLE Frequenti	0,00	0,00
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0,00	0,00

*Momenti di rottura per flessione retta*

*armature di precompressione :*

	Z	$\Delta \epsilon_{sp}$				
fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	Z $\epsilon_{sup}$	$\epsilon_{inf}$	Z $\epsilon_{inf}$
Armature pretese	0,00	0,00000				

(+)	102,41	7,390763E7	-0,00076	110,00	0,01000	3,00
(-)	2,14	-1133066,00	0,00141	3,00	-0,00350	0,00

Verifica rottura per taglio

<b>Calcestruzzo:</b>	$\theta$ [rad]	<b>bw</b>	<b>Staffe:</b>	<b>A<sub>sw</sub></b>
	0,785	30,00		0,452

<b>d</b>	<b>K</b>	<b>A<sub>sl</sub></b>	<b><math>\rho_l</math></b>	<b><math>\sigma_{cp}</math></b>	<b><math>\alpha_c</math></b>
107,00	1,432	18,096	0,0056	0,00	1,000

<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>V<sub>Rsd</sub></b>	<b>V<sub>Rcd</sub></b>
162892,50	1704721,00	1868340,00

$$V_{d,max} = 797424,26 < 1704721,06$$

**Verifica sezione X=225,00 - L/8**

**Prima fase: sola trave**

Sezione di calcolo :

<b>n.</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
1	-60,00	0,00
2	-60,00	7,00
3	-55,00	9,70
4	-50,00	11,20
5	-9,00	16,83



6	-9,00	56,70
7	-17,60	62,70
8	-17,60	80,00
9	17,60	80,00
1	17,60	62,70
0		
1	9,00	56,70
1		
1	9,00	16,83
2		
1	50,00	11,20
3		
1	55,00	9,70
4		
1	60,00	7,00
5		
1	60,00	0,00
6		
1	-60,00	0,00
7		

$$A = 3126,185$$

$$J_f = 2218432,5053$$

$$Y_g = 29,12$$

*Armature di precompressione :*

n.	Z	area
1	15,00	4,170
2	10,00	12,510

3            5,00            22,240

*Armatore lente longitudinali :*

n.	Z	area	
1	0,00	21,991	7Ø20 lembo inferiore
2	0,00	12,566	4Ø20 lembo superiore

n = 6,000

$A_{id} = 3493,573$

$J_{f,id} = 2432344,1162$

$Y_{g,id} = 26,48$

*Cadute di tensione prima del taglio trefoli :*

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25,5%	1575,90	1,3%
rilassamento acciaio	30,6%	1870,57	1,5%

*Sollecitazioni :*

istante	$M_{esterno}$	$N_{precomp.}$	$M_{precomp.}$
t=0 dopo taglio trefoli	13233395,38	-4752269,51	-101974427,37
prima del getto	13233395,38	-4357697,29	-93507933,78
dopo getto 2a fase	35386334,52	-4355849,75	-93468289,54

*Tensioni sul calcestruzzo :*

$\sigma_{e,max}$

$\sigma_{i,max}$

dopo getto 2a fase                      -220,45                      -1753,47

*Tensioni sugli acciai :*

	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
t=0 dopo taglio trefoli	112364,54	-10941,42	-10941,42
prima del getto	103077,61	-9973,14	-9973,14
dopo getto 2a fase	103933,88	-8767,33	-8767,33

*Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :*

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25,5%	1575,90	1,3%
rilassamento acciaio	19,1%	1170,23	0,9%
viscosità cls	39,6%	7391,90	5,9%

*Cadute di tensione durante maturazione soletta :*

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0,1%	8,51	0,0%
rilassamento acciaio	0,1%	4,15	0,0%
viscosità cls	0,2%	34,80	0,0%

*Momenti di rottura in flessione retta*

$\Delta\varepsilon$  armature pretese:  $\varepsilon_{sp,z=7,68}=0,00544$

fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	Z $\varepsilon_{sup}$	$\varepsilon_{inf}$	Z $\varepsilon_{inf}$
(+)	4,24	1,76043E8	-0,00350	80,00	0,00020	0,00

(-)                    9,41                    -2,250023E7                    0,00208                    15,00                    -0,00350                    0,00

$$M_{d,max} = 47771551,61 < M_r$$

Verifica rottura a taglio

<b>Calcestruzzo:</b>	$\theta$ [rad]	$b_w$	<b>Staffe:</b>	$A_{sw}$
	0,381	18,14		0,113

$d$	$K$	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
80,00	1,500	38,920	0,0200	1391,72	1,155

$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
420112,30	796597,20	674274,60

$$V_{d,max} = 180438,17 < 674274,65$$

### Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-220,68	-1752,56
getto in opera	0,00	0,00

### Verifica in esercizio

Sezione di calcolo :



n.	Y	Z	
1	-60,00	0,00	
2	-60,00	7,00	
3	-55,00	9,70	
4	-50,00	11,20	
5	-9,00	16,83	
6	-9,00	56,70	
7	-17,60	62,70	
8	-17,60	80,00	
9	17,60	80,00	
1	17,60	62,70	
0			
1	9,00	56,70	
1			
1	9,00	16,83	
2			
1	50,00	11,20	
3			
1	55,00	9,70	
4			
1	60,00	7,00	
5			
1	60,00	0,00	fine prefabb.
6			
1	-60,00	0,00	
7			
1	-100,00	110,00	getto in opera
8			
1	70,00	110,00	(m=0,895)
9			

2	70,00	80,00
0		
2	-100,00	80,00
1		
2	-100,00	110,00
2		

$$A = 7690,081$$

$$J_f = 10614277,0040$$

$$Y_g = 68,22$$

*Armature di precompressione :*

n.	Z	area
1	15,00	4,170
2	10,00	12,510
3	5,00	22,240

*Armature lente longitudinali :*

n.	Z	area	
1	0,00	21,991	7Ø20 lembo inferiore
2	0,00	12,566	4Ø20 lembo superiore
3	85,00	50,265	16Ø20 lembo sup
4	105,00	50,265	16Ø20 lembo inf

$$n = 6,000$$

$$A_{id} = 8560,123$$

$$J_{f,id} = 12532692,2590$$

$Y_{g,id} = 67,04$

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

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48,9%	3019,69	2,4%
rilassamento acciaio	24,1%	1473,32	1,2%
viscosità cls	60,2%	11239,97	9,0%

Tensioni sul cls - trave :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	-220,68	-220,68	-1752,56	-1752,56
$t=inf.$ -SLE Rare	-187,94	-269,20	-1061,22	-1481,10
$t=inf.$ -SLE Quasi Permanenti	-187,94	-209,23	-1371,06	-1481,10

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	0,00	0,00	0,00	0,00
$t=inf.$ -SLE Rare	-50,80	-291,69	29,31	-43,41

Tensioni sugli acciai :

	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
dopo iniezione cavi	103890,40	-8762,80	-8762,80
$t=inf.$ -SLE Rare	106992,02	-5306,11	-8972,05
$t=inf.$ -SLE Frequenti	106516,39	-5843,27	-8972,05
$t=inf.$ -SLE Quasi Permanenti	105620,31	-6855,30	-8972,05

*Momenti di rottura per flessione retta*

*armature di precompressione :*

		Z	$\Delta\varepsilon_{sp}$				
Armature pretese		7,68	0,00510				
fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	Z $\varepsilon_{sup}$	$\varepsilon_{inf}$	Z $\varepsilon_{inf}$	
(+)	85,85	6,714357E8	-0,00281	110,00	0,01000	0,00	
(-)	29,05	-3,533426E8	0,00915	105,00	-0,00350	0,00	

$$M_{d,max} = 156228769,48 < M_r$$

*Verifica rottura per taglio*

Calcestruzzo:		$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
		0,409	18,14		0,113
d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
110,00	1,426	73,478	0,0200	1195,57	1,250
$V_{Rd}$		$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$		
511102,50		1013321,00	1055562,00		

$$V_{d,max} = 631460,18 < 1012126,02$$

**Verifica sezione X=450,00 - L/4**

**Prima fase: sola trave**



Sezione di calcolo :

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-60,00	0,00
2	-60,00	7,00
3	-55,00	9,70
4	-50,00	11,20
5	-7,00	17,10
6	-7,00	55,30
7	-17,60	62,70
8	-17,60	80,00
9	17,60	80,00
1	17,60	62,70
0		
1	7,00	55,30
1		
1	7,00	17,10
2		
1	50,00	11,20
3		
1	55,00	9,70
4		
1	60,00	7,00
5		
1	60,00	0,00
6		
1	-60,00	0,00
7		

$$A = 2970,100$$

$$J_f = 2189706,4698$$

$$Y_g = 28,73$$

*Armature di precompressione :*

n.	Z	area
1	15,00	4,170
2	10,00	12,510
3	5,00	22,240

*Armature lente longitudinali :*

n.	Z	area	
1	0,00	21,991	7Ø20 lembo inferiore
2	0,00	12,566	4Ø20 lembo superiore

$$n = 6,000$$

$$A_{i,d} = 3337,488$$

$$J_{f,id} = 2396193,4573$$

$$Y_{g,id} = 26,01$$

*Cadute di tensione prima del taglio trefoli :*

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25,5%	1575,90	1,3%
rilassamento acciaio	30,6%	1870,57	1,5%

*Sollecitazioni :*

<b>istante</b>	<b>M<sub>esterno</sub></b>	<b>N<sub>precomp.</sub></b>	<b>M<sub>precomp.</sub></b>
t=0 dopo taglio trefoli	22449199,58	-4752269,51	-100033996,33
prima del getto	22449199,58	-4361972,93	-91818358,15
dopo getto 2a fase	60425666,68	-4360251,67	-91782126,10

*Tensioni sul calcestruzzo :*

	<b><math>\sigma_{e,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{i,max}</math></b>
t=0 dopo taglio trefoli	33,43	-2126,13
prima del getto	-10,86	-1931,50
dopo getto 2a fase	-866,47	-1519,22

*Tensioni sugli acciai :*

	<b><math>\sigma_{sp}</math></b>	<b><math>\sigma_{long,inf}</math></b>	<b><math>\sigma_{long,sup}</math></b>
t=0 dopo taglio trefoli	112509,28	-10630,65	-10630,65
prima del getto	103339,60	-9657,49	-9657,49
dopo getto 2a fase	104792,53	-7596,09	-7596,09

*Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :*

	<b>%</b>	<b><math>\Delta\sigma_{sp}</math></b>	<b><math>\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}</math></b>
ritiro cls	25,5%	1575,90	1,3%
rilassamento acciaio	19,1%	1170,23	0,9%
viscosità cls	39,2%	7282,04	5,8%

*Cadute di tensione durante maturazione soletta :*

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0,1%	8,51	0,0%
rilassamento acciaio	0,1%	4,15	0,0%
viscosità cls	0,2%	31,56	0,0%

*Momenti di rottura in flessione retta*

$\Delta\varepsilon$  armature pretese:  $\varepsilon_{sp,z=7,68}=0,00544$

fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	Z $\varepsilon_{sup}$	$\varepsilon_{inf}$	Z $\varepsilon_{inf}$
(+)	2,38	1,649292E8	-0,00350	80,00	0,00011	0,00
(-)	9,42	-2,249117E7	0,00207	15,00	-0,00350	0,00

$M_{d,max} = 81574650,02 < M_r$

*Verifica rottura a taglio*

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
	0,381	14,00		0,113

d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
80,00	1,500	38,920	0,0200	1468,63	1,081

$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
337507,60	796597,20	485841,40

$V_{d,max} = 120235,92 < 485841,44$

**Seconda fase: trave + getto in opera**

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-866,66	-1518,36
getto in opera	0,00	0,00

### Verifica in esercizio

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-60,00	0,00
2	-60,00	7,00
3	-55,00	9,70
4	-50,00	11,20
5	-7,00	17,10
6	-7,00	55,30
7	-17,60	62,70
8	-17,60	80,00
9	17,60	80,00
1	17,60	62,70
0		
1	7,00	55,30
1		
1	7,00	17,10
2		
1	50,00	11,20
3		
1	55,00	9,70

4			
1	60,00	7,00	
5			
1	60,00	0,00	fine prefabb.
6			
1	-60,00	0,00	
7			
1	-100,00	110,00	getto in opera
8			
1	70,00	110,00	(m=0,895)
9			
2	70,00	80,00	
0			
2	-100,00	80,00	
1			
2	-100,00	110,00	
2			

A = 7533,996

J<sub>f</sub> = 10434009,2103

Y<sub>g</sub> = 68,87

*Armature di precompressione :*

n.	Z	area
1	15,00	4,170
2	10,00	12,510
3	5,00	22,240

*Armature lente longitudinali :*

n.	Z	area	
1	0,00	21,991	7Ø20 lembo inferiore
2	0,00	12,566	4Ø20 lembo superiore
3	85,00	50,265	16Ø20 lembo sup
4	105,00	50,265	16Ø20 lembo inf

n = 6,000

$A_{id} = 8404,038$

$J_{f,id} = 12364451,7614$

$Y_{g,id} = 67,60$

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

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48,9%	3019,69	2,4%
rilassamento acciaio	24,1%	1473,32	1,2%
viscosità cls	60,6%	11239,97	9,0%

*Tensioni sul cls - trave :*

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	-866,66	-866,66	-1518,36	-1518,36
t=inf.-SLE Rare	-831,66	-966,14	-505,67	-1239,06
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-831,66	-867,03	-1046,18	-1239,06

**Tensioni sul cls - getto in opera :**

$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
------------------	------------------	------------------	------------------

dopo iniezione cavi	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Rare	-50,65	-462,24	31,33	-89,02

Tensioni sugli acciai :

	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
dopo iniezione cavi	104752,09	-7591,80	-7591,80
t=inf.-SLE Rare	109281,82	-2528,33	-7798,46
t=inf.-SLE Frequenti	108450,06	-3466,66	-7798,46
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	106886,22	-5230,89	-7798,46

Momenti di rottura per flessione retta

armature di precompressione :

	Z	$\Delta\varepsilon_{sp}$				
fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	Z $\varepsilon_{sup}$	$\varepsilon_{inf}$	Z $\varepsilon_{inf}$
	Armature pretese	7,68	0,00515			
(+)	85,85	6,71436E8	-0,00281	110,00	0,01000	0,00
(-)	30,96	-3,532035E8	0,00837	105,00	-0,00350	0,00

$$M_{d,max} = 266860539,46 < M_r$$

Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$	
	0,403	14,00		0,113	
d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
110,00	1,426	73,478	0,0200	1261,88	1,250



$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
410190,80	1028378,00	808072,10

$$V_{d,max} = 473159,84 < 808072,13$$

**Verifica sezione X=900,00 - L/2**

**Prima fase: sola trave**

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-60,00	0,00
2	-60,00	7,00
3	-55,00	9,70
4	-50,00	11,20
5	-7,00	17,10
6	-7,00	55,30
7	-17,60	62,70
8	-17,60	80,00
9	17,60	80,00
1	17,60	62,70
0		
1	7,00	55,30
1		
1	7,00	17,10
2		
1	50,00	11,20
3		

1	55,00	9,70
4		
1	60,00	7,00
5		
1	60,00	0,00
6		
1	-60,00	0,00
7		

$$A = 2970,100$$

$$J_f = 2189706,4698$$

$$Y_g = 28,73$$

*Armature di precompressione :*

n.	Z	area
1	15,00	4,170
2	10,00	12,510
3	5,00	22,240

*Armature lente longitudinali :*

n.	Z	area	
1	0,00	21,991	7Ø20 lembo inferiore
2	0,00	12,566	4Ø20 lembo superiore

$$n = 6,000$$

$$A_{id} = 3337,488$$

$$J_{f,id} = 2396193,4573$$

$$Y_{g,id} = 26,01$$

*Cadute di tensione prima del taglio trefoli :*

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25,5%	1575,90	1,3%
rilassamento acciaio	30,6%	1870,57	1,5%

*Sollecitazioni :*

istante	$M_{esterno}$	$N_{precomp.}$	$M_{precomp.}$
t=0 dopo taglio trefoli	29833637,15	-4752269,51	-100033996,33
prima del getto	29833637,15	-4370318,62	-91994032,81
dopo getto 2a fase	80490024,65	-4368723,72	-91960460,57

*Tensioni sul calcestruzzo :*

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	-132,94	-2045,96
prima del getto	-176,28	-1855,49
dopo getto 2a fase	-1317,57	-1305,56

*Tensioni sugli acciai :*

	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
t=0 dopo taglio trefoli	112791,79	-10229,82	-10229,82
prima del getto	103818,19	-9277,47	-9277,47
dopo getto 2a fase	105756,24	-6527,78	-6527,78

*Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :*

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25,5%	1575,90	1,3%
rilassamento acciaio	19,1%	1170,23	0,9%
viscosità cls	38,5%	7067,61	5,6%

*Cadute di tensione durante maturazione soletta :*

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0,1%	8,51	0,0%
rilassamento acciaio	0,1%	4,15	0,0%
viscosità cls	0,2%	28,31	0,0%

*Momenti di rottura in flessione retta*

$\Delta\varepsilon$  armature pretese:  $\varepsilon_{sp,z=7,68}=0,00545$

fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	Z $\varepsilon_{sup}$	$\varepsilon_{inf}$	Z $\varepsilon_{inf}$
(+)	2,34	1,649202E8	-0,00350	80,00	0,00011	0,00
(-)	9,44	-2,249059E7	0,00206	15,00	-0,00350	0,00

$M_{d,max} = 108661533,28 < Mr$

*Verifica rottura a taglio*

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
	0,381	14,00		0,113

d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
---	---	----------	----------	---------------	------------

80,00      1,500      73,478      0,0200      1471,44      1,078

$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
337979,70	796597,20	484620,60

$V_{d,max} = 0,00 < 484620,58$

### Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-1317,75	-1304,76
getto in opera	0,00	0,00

### Verifica in esercizio

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-60,00	0,00
2	-60,00	7,00
3	-55,00	9,70
4	-50,00	11,20
5	-7,00	17,10
6	-7,00	55,30
7	-17,60	62,70
8	-17,60	80,00
9	17,60	80,00



1	17,60	62,70	
0			
1	7,00	55,30	
1			
1	7,00	17,10	
2			
1	50,00	11,20	
3			
1	55,00	9,70	
4			
1	60,00	7,00	
5			
1	60,00	0,00	fine prefabb.
6			
1	-60,00	0,00	
7			
1	-100,00	110,00	getto in opera
8			
1	70,00	110,00	(m=0,895)
9			
2	70,00	80,00	
0			
2	-100,00	80,00	
1			
2	-100,00	110,00	
2			

A = 7533,996

J<sub>f</sub> = 10434009,2103

Y<sub>g</sub> = 68,87

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	15,00	4,170
2	10,00	12,510
3	5,00	22,240

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	0,00	21,991	7Ø20 lembo inferiore
2	0,00	12,566	4Ø20 lembo superiore
3	85,00	50,265	16Ø20 lembo sup
4	105,00	50,265	16Ø20 lembo inf

n = 6,000

$A_{id} = 8404,038$

$J_{f,id} = 12364451,7614$

$Y_{g,id} = 67,60$

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

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48,9%	3019,69	2,4%
rilassamento acciaio	24,1%	1473,32	1,2%
viscosità cls	61,3%	11239,97	9,0%

Tensioni sul cls - trave :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	-1317,75	-1317,75	-1304,76	-1304,76
t=inf.-SLE Rare	-1282,75	-1459,91	-59,29	-1025,46
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-1282,75	-1329,93	-768,18	-1025,46

**Tensioni sul cls - getto in opera :**

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Rare	-50,65	-592,88	31,33	-127,22

*Tensioni sugli acciai :*

	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
dopo iniezione cavi	105718,77	-6523,80	-6523,80
t=inf.-SLE Rare	111280,17	-296,47	-6730,47
t=inf.-SLE Frequenti	110184,10	-1532,98	-6730,47
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	108138,33	-3840,89	-6730,47

*Momenti di rottura per flessione retta*

*armature di precompressione :*

	Z	$\Delta\varepsilon_{sp}$				
Armature pretese	7,68	0,00519				
<b>fless.</b>	<b>Z asse neutro</b>	<b>Mr</b>	$\varepsilon_{sup}$	<b>Z</b> $\varepsilon_{sup}$	$\varepsilon_{inf}$	<b>Z</b> $\varepsilon_{inf}$
(+)	85,85	6,71436E8	-0,00281	110,00	0,01000	0,00
(-)	31,67	-3,528096E8	0,00810	105,00	-0,00350	0,00

$$M_{d,max} = 352824555,43 < M_r$$

Verifica rottura per taglio

<b>Calcestruzzo:</b>	<b><math>\theta</math> [rad]</b>	<b><math>b_w</math></b>	<b>Staffe:</b>	<b><math>A_{sw}</math></b>
	0,381	14,00		0,113

<b>d</b>	<b>K</b>	<b><math>A_{sl}</math></b>	<b><math>\rho_l</math></b>	<b><math>\sigma_{cp}</math></b>	<b><math>\alpha_c</math></b>
110,00	1,426	73,478	0,0200	1264,74	1,250

<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b><math>V_{Rsd}</math></b>	<b><math>V_{Rcd}</math></b>
410849,70	1095323,00	772705,00

$$V_{d,max} = 115618,99 < 772704,96$$

Verifica rottura per taglio

<b>Calcestruzzo:</b>	<b><math>\theta</math> [rad]</b>	<b><math>f'_{cd}</math></b>	<b>Staffe:</b>	<b><math>A_{sw}</math></b>	<b><math>f_{yd}</math></b>
	0,381	1293,42		0,113	39130,43

<b><math>A_k</math></b>	<b><math>t_{min}</math></b>	<b><math>u_k</math></b>
-1,000	0,00	0,00

<b><math>T_{Rcd}</math></b>	<b><math>T_{Rsd}</math></b>
0,00	-22127,74

$$T_{d,max} = 598221,39 > -22127,74 - \text{verifica non soddisfatta}$$



AUTOSTRADA  
REGIONALE  
CISPADANA

**REGIONE EMILIA ROMAGNA**

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA  
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D04-08 - Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana

**DPO11 - PONTE SUL CAVO PORRETTO - RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO**

---

## 6. DIMENSIONAMENTO ISOLATORI IN GOMMA

---

In base alle reazioni e alle deformazioni esposte nel capitolo precedente si procede alla scelta degli isolatori.

Il committente ha richiesto l'utilizzo di isolatori i gomma

Si scelgono in base al carico massimo verticale agente sull'appoggio (circa 825.00 KN).

Si ipotizza in questa fase un isolatore con le seguenti caratteristiche:

spostamento massimo +/- 55 mm

carico verticale massimo in condizioni statiche 825.00 KN

carico verticale massimo in condizioni sismiche 335.00 KN

smorzamento 10%

kr (rigidezza orizzontale) = 4.08 KN/mm

## 7. DIMENSIONAMENTO GIUNTO DI DILATAZIONE

---

Per "capacità di spostamento" dei giunti di dilatazione posti alle estremità dell'impalcato si intende la capacità di deformarsi in allungamento (dilatazione), di accorciarsi (contrazione) e di deformarsi trasversalmente (scorrimento). I giunti sono stati previsti secondo i seguenti indici prestativi:

- Devono garantire come capacità di spostamento, senza danneggiarsi, l'assorbimento degli spostamenti longitudinali e trasversali dovuti al normale esercizio dell'opera (SLE) per le variazioni termiche, l'azione di frenatura, l'azione del vento, le azioni dei carichi mobili e quelle dovute ai carichi permanenti portati;
- Devono garantire come capacità di spostamento, senza danneggiarsi, l'assorbimento degli spostamenti longitudinali e trasversali dovuti allo Stato Limite di Danno (SLD) in condizione sismica, opportunamente combinati con quelli derivanti dalle variazioni termiche e dai carichi permanenti portati;
- Devono garantire la fruibilità del ponte in condizioni sismiche violente (SLC) opportunamente combinato con le variazioni termiche e i carichi permanenti, anche se irreversibilmente danneggiati in termini di capacità di spostamento;
- Devono evitare, in termini di distanza strutturale tra la spalle e la testata della soletta, fenomeni longitudinali di martellamento per un sisma violento (SLC) opportunamente combinato con le variazioni termiche e i carichi permanenti.

In base alle dilatazioni presenti sull'impalcato (si vedano immagini riportate nei capitoli precedenti) si prevede un giunto che abbia capacità di spostamento longitudinale pari a +/- 110 mm.

## 8. DIMENSIONAMENTO DELLA SOLETTA IN CEMENTO ARMATO

I carichi gravanti sulla soletta sono riportati nel capitolo dedicato al dimensionamento dell'impalcato.

La tabella seguente riassume le sollecitazioni agenti

<b>STATO LIMITE</b>	<b>M<sup>+</sup> (KNm)</b>	<b>M<sup>-</sup> (KNm)</b>
SLU	80.50	- 82.41
SLE RARE	46.35	- 59.55
SLE FREQUENTI	9.65	-35.95
SLE QUASI PERMANENTI	--	-20.71

Le verifiche sono condotte su una strisciata di trave unitaria (le sollecitazioni infatti si riferiscono ad una soletta di larghezza 1.00 ml).

Data la presenza della predalle (5 cm) lo spessore della soletta si considera ridotto, pari a 25 cm.

La sezione da verificare ha quindi dimensioni 100\*26.

La verifica viene condotta tramite l'ausilio del programma PRO\_VLIM, modulo aggiuntivo del programma PRO\_SAP per la verifica delle sezioni.

Il copri ferro è assunto pari a 3.50 cm.

Si arma la sezione con  $\varnothing$  20/20 cm.

La verifica è condotta in ottemperanza alle NTC 2008.

### **Geometria della sezione**

<b>Vert.</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	n.	cm      cm
1	0.0	0.0
2	0.0	25.0
3	100.0	25.0
4	100.0	0.0



FIGURA 8-1 GEOMETRIA

**Armature**

Pos.	X	Y	AreaPretens.		(s/n)
n.	cm	cm	cm	cmq	
1	19.5	20.7	3.1		no
2	34.8	20.7	3.1		no
3	50.0	20.7	3.1		no
4	65.2	20.7	3.1		no
5	80.5	20.7	3.1		no
6	80.5	4.3	3.1		no
7	65.2	4.3	3.1		no
8	50.0	4.3	3.1		no
9	34.8	4.3	3.1		no
10	19.5	4.3	3.1		no

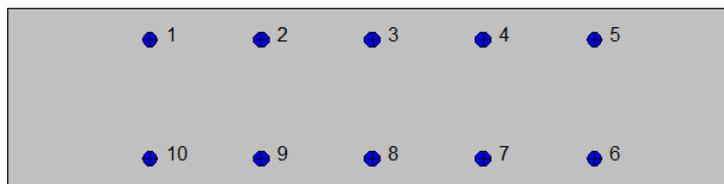


FIGURA 8-2 ARMATURE

**Caratteristiche limite della sezione**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-1229.32	0.0000	0.0000	Completamente tesa
5932.65	0.0000	0.0003	Completamente compressa
0.00	116.5751	0.0000	Fibre inferiori tese
0.00	-116.5751	0.0000	Fibre superiori tese
0.00	0.0000	457.5744	Fibre di sinistra tese
0.00	0.0000	-457.5744	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

e in caso di verifica proporzionale positiva:

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0.00	80.5000	0.0000	P	0.00	115.6077	0.0000	0.700	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00	115.6077	0.0000	0.700	
2	0.00	-82.4100	0.0000	P	0.00	-115.6077	0.0000	0.710	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00	-115.6077	0.0000	0.710	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
------	---	----	----	------	----	-----	-----	-------	--------

	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
2	0.00	-82.4100	0.0000	P	0.00	-115.6077	0.0000	0.710	OK
1	0.00	80.5000	0.0000	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK
2	0.00	-82.4100	0.0000	N	0.00	-115.6077	0.0000	0.710	OK

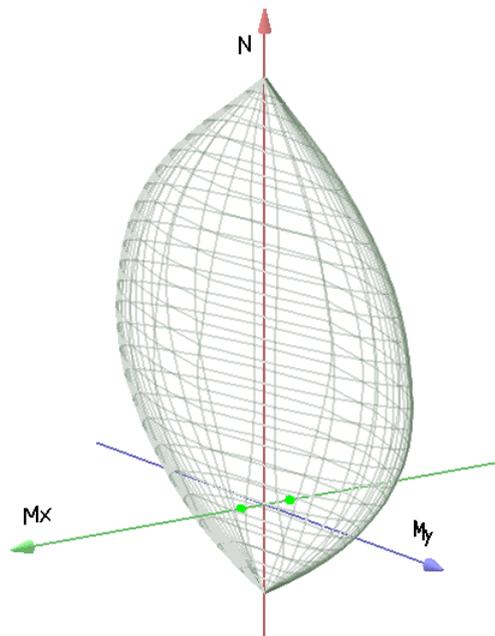


FIGURA 8-3 DOMINIO SLU

### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19.92 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360.00 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

	Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato		kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
3 OK		46.3500	0.0000	0.00	-5.91	0.30	166.61	0.46
4 OK		-59.5500	0.0000	0.00	-7.59	0.38	214.06	0.59

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti**

Valori limite:

Fessure:  $WkL = 0.40$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

	<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato		kN m	kN m	kN	mm	
5 OK		9.6500	0.0000	0.00	0.00	0.00
6 OK		-35.9500	0.0000	0.00	0.05	0.13

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti**

Valori limite:

CLS:  $\sigma L = 14.94$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma/\sigma L < 1$ )

Fessure:  $WkL = 0.30$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

	<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b><math>\sigma/\sigma L</math></b>	<b>Wk/WkL</b>	
n. e stato		kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
7 OK		-20.7100	0.0000	0.00	-2.64	0.18	0.00	0.00

## 9. DIMENSIONAMENTO DELLE PREDALLES

---

La soletta dell'impalcato presenta andamento parallelo alla careggiata stradale. Le predalles risultano quindi avere geometrie diverse.

Le predalles intermedie presentano luci ridotte e, al fine di disporre correttamente il traliccio, presentano schema statico di semplice appoggio. Non si ritiene dimensionante in questa fase il dimensionamento delle predalles intermedie in quanto fungono solo da cassero a perdere per una luce ridotta.

Si procede alla verifica della predalles più sollecitata, quella laterale, che presenta schema statico di trave a due campate, una a sbalzo ed una in semplice appoggio. La campata in semplice appoggio ha luce 140.00 cm, mentre lo sbalzo di 100.00 cm.

Per le lastre predalle si prevedono moduli da 120 cm, armati con 6 trallicci, ognuno di essi costituito da due ferri longitudinali inferiori  $\phi_i = 14\text{mm}$  ed uno superiore  $\phi_s = 16\text{ mm}$  e da una doppia staffatura continua  $d_s = 10\text{mm}/200$  (vedi schema di seguito riportato).

Per il traliccio si prevede un'altezza complessiva di 190 mm

Le caratteristiche geometriche assunte per il traliccio sono le seguenti:

$$H = 160\text{ mm}$$

$$\phi_s = 16\text{ mm}$$

$$\phi_i = 12\text{ mm}$$

$$d_s = \phi\ 10/20\text{ cm}$$

$$\beta = 10^\circ$$

$$\alpha = 62^\circ$$

### VISTA TRALICCIO

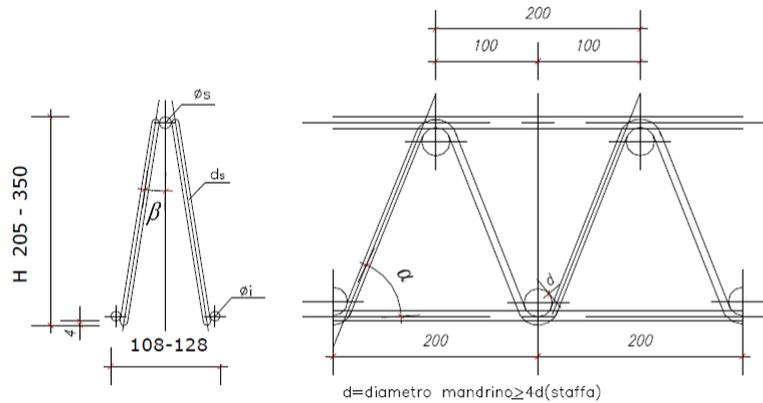


FIGURA 9-1 TRALICCIO

Si procede quindi alla verifica del solaio con suddetto traliccio.

Considerando un copriferro di 25 mm l'altezza utile  $h$  del traliccio risulta di 132 mm.

I carichi in gioco sono di seguito riassunti:

$p_L$  = peso lastra ( $\gamma=25$  KN/mc) = 2.10 KN/m

$p_g$  = peso getto ( $\gamma=26$  KN/mc) = 9.36 KN/m

$p_v$  = sovraccarico di costruzione (1.50 KN/mq) = 1.80 KN/m

$F$  = Peso veletta e sopralzo del cordolino terminale = 8.00 KN.

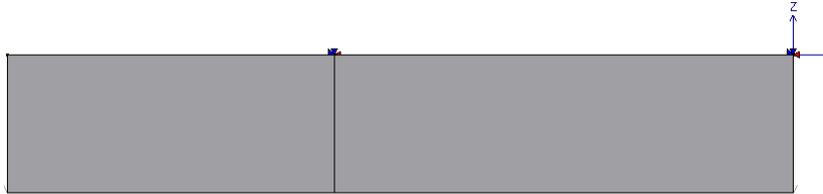
L'immagine seguente mostra lo schema di carico utilizzato e i carichi assegnati al modello.



FIGURA 9-2 SCHEMA DI CARICO



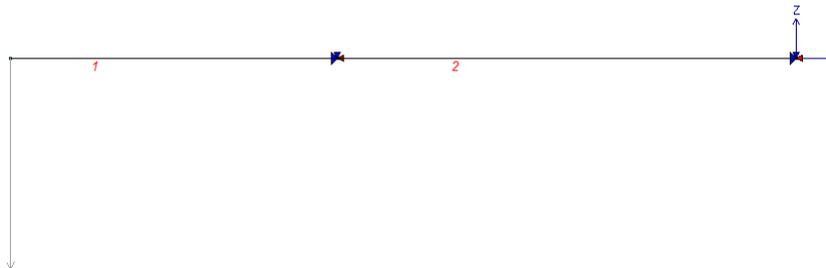
**FIGURA 9-3 PESO DELLA LASTRA**



**FIGURA 9-4 PESO DEL GETTO**

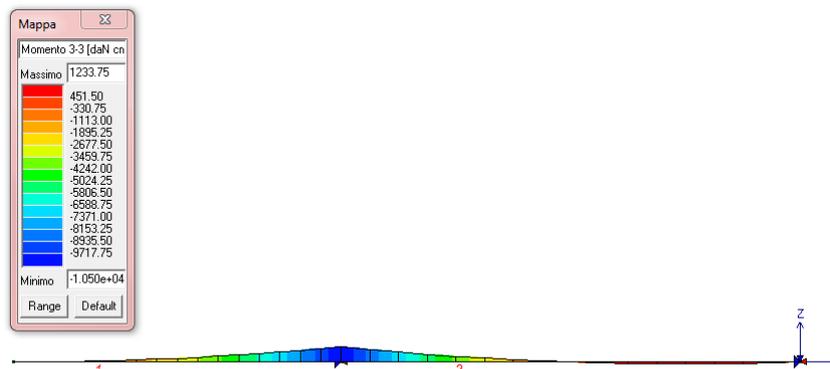


**FIGURA 9-5 SOVRACCARICO**

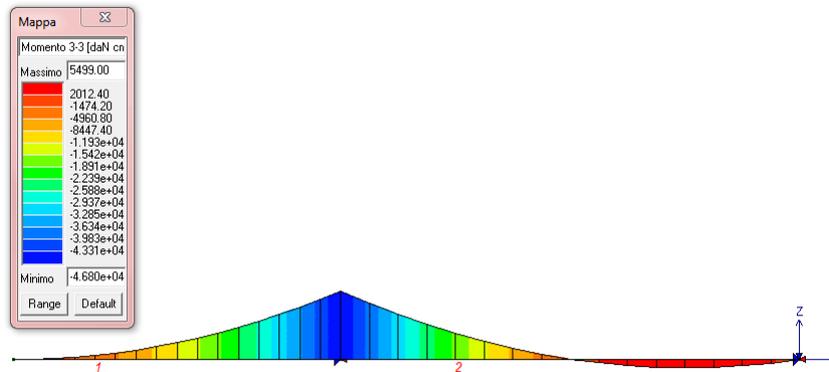


**FIGURA 9-6 PESO VELETTA**

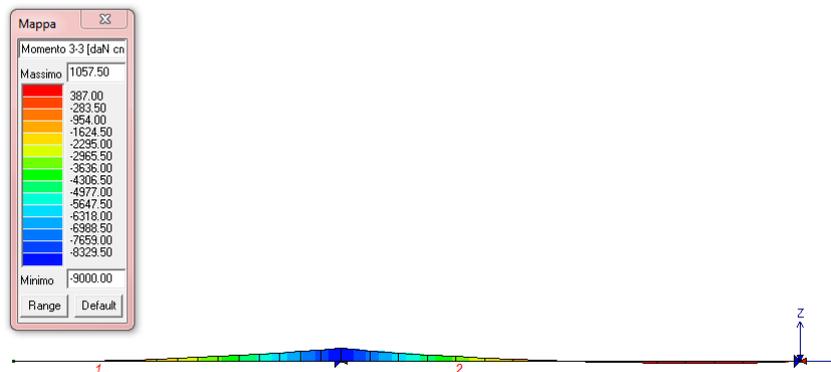
Le immagini seguenti mostrano invece i momenti massimi generati dal singolo casi di carico.



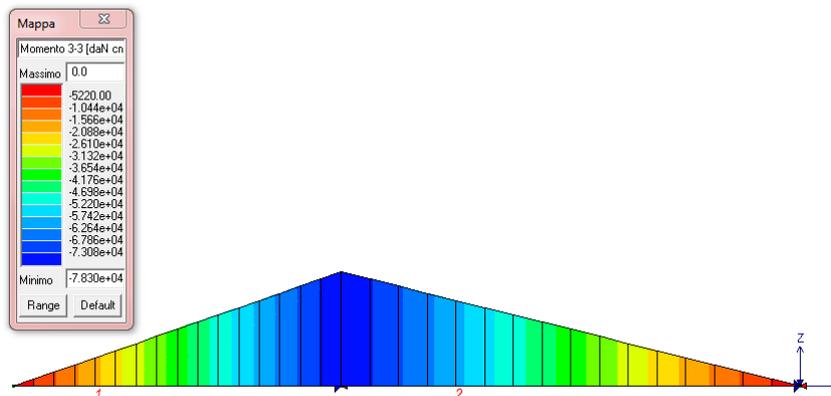
**FIGURA 9-7 PESO DELLA LASTRA: DIAGRAMMA MOMENTO**



**FIGURA 9-8 PESO GETTO: DIAGRAMMA MOMENTO**



**FIGURA 9-9 SOVRACCARICO: DIAGRAMMA MOMENTO**



**FIGURA 9-10 PESO VELETTA: DIAGRAMMA MOMENTO**

Combinando i momenti ottenuti otteniamo i seguenti momenti agli SLU sulle predalles.

Dati i ridotti momenti si effettua la verifica solo in fase 2 e solo per momento negativo

**Fase 2**

$$M^r = 1.35 \cdot (1.05 + 0.90 + 4.68) + 1.50 \cdot 7.83 = 26.13 \text{ KNm}$$

Per quanto concerne il momento su ogni traliccio agisce una forza di:

$$F = M / (h \cdot 6) = 24.59 \text{ KN}$$

I ferri superiori del traliccio (1 $\phi$ 16) di acciaio B450C possono resistere ad una forza di circa 78.67 KN.

La verifica pertanto risulta soddisfatta.

## 10. DIMENSIONAMENTO DELLE SOTTOSTRUTTURE

### 10.1. SPALLA PASSANTE

#### 10.1.1.1 Modellazione

Con l'ausilio del programma PRO\_SAP viene modellata una trave su pali sulla quale gravano i pesi derivanti dall'impalcato e specificati nei capitoli precedenti.

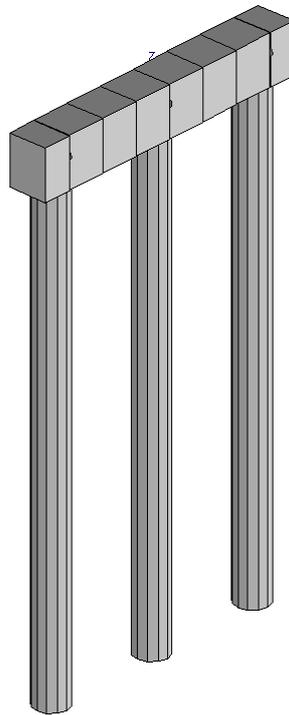


FIGURA 10-1 MODELLAZIONE UTILIZZATA VISTA 3D

Vengono inoltre modellati isolatori elastometrici per simulare lo smorzamento dei carichi derivanti dall'impalcato.

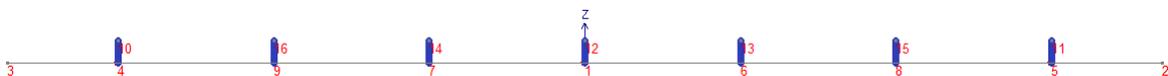
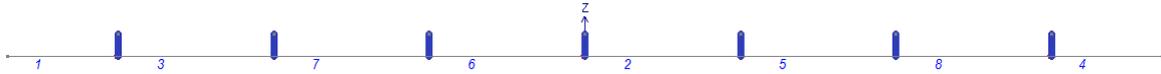


FIGURA 10-2 NUMERAZIONE DEI NODI



**FIGURA 10-3 NUMERAZIONE DELLE ASTE**

Si riportano in seguito le sezioni utilizzate e le caratteristiche dei nodi della modellazione.

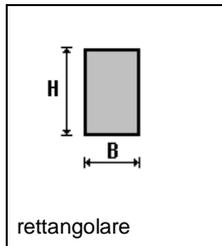
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

1 sezione di tipo generico

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidità
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati soprariportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidità degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.



Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):

i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2

i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	PULVINO	2.380e+04	1.983e+04	1.983e+04	7.823e+07	5.732e+07	3.887e+07	6.743e+05	5.553e+05	1.011e+06	8.330e+05

### TABELLA DATI TRAVI

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz.	Svincolo I	Svincolo J	Wink V	Wink O
						gradi			daN/cm3	daN/cm3
1	Trave	3	4	3	1					
2	Trave	1	6	3	1					
3	Trave	4	9	3	1					
4	Trave	5	2	3	1					
5	Trave	6	8	3	1					
6	Trave	7	1	3	1					
7	Trave	9	7	3	1					
8	Trave	8	5	3	1					

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z
Note	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).
Note	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo.  (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
Rig. TX	valore della rigidità dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 14/01/08

### TABELLA DATI NODI

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
2	0.0	520.0	0.0	3	0.0	-520.0	0.0	10	0.0	-420.0	20.0

11	0.0	420.0	20.0	12	0.0	0.0	20.0	13	0.0	140.0	20.0
14	0.0	-140.0	20.0	15	0.0	280.0	20.0	16	0.0	-280.0	20.0

Nodo	X	Y	Z	Note	Rig. TX	Rig. TY	Rig. TZ	Rig. RX	Rig. RY	Rig. RZ
	cm	cm	cm		daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN cm/rad	daN cm/rad	daN cm/rad
1	0.0	0.0	0.0	FS=1 ISO=1						
4	0.0	-420.0	0.0	FS=1 ISO=1						
5	0.0	420.0	0.0	FS=1 ISO=1						
6	0.0	140.0	0.0	ISO=1						
7	0.0	-140.0	0.0	ISO=1						
8	0.0	280.0	0.0	ISO=1						
9	0.0	-280.0	0.0	ISO=1						

Sigla Id	Ke	KvSmorz. e H strutt.	bx (D)	by	ti	n.ti	ts	te	Gdin	Eb	S1	S2	min
	daN/cm	daN/cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			
1) ISOLATORE	2040.0	2.040e+08	10.0	20.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nodo	X	Y	Z	Sigla Id	Raggio	mu att.	Ke	Smorz. e	T	N st	dE
	cm	cm	cm		cm		daN/cm		s	daN	cm
1	0.0	0.0	0.0	ISOLATORE			2040.0	10.0			
4	0.0	-420.0	0.0	ISOLATORE			2040.0	10.0			
5	0.0	420.0	0.0	ISOLATORE			2040.0	10.0			
6	0.0	140.0	0.0	ISOLATORE			2040.0	10.0			
7	0.0	-140.0	0.0	ISOLATORE			2040.0	10.0			
8	0.0	280.0	0.0	ISOLATORE			2040.0	10.0			
9	0.0	-280.0	0.0	ISOLATORE			2040.0	10.0			

### 10.1.1.2 Analisi dei carichi

Per quanto concerne le reazioni provenienti dall'impalcato vengono inseriti i carichi derivanti dalla modellazione dell'impalcato già fattorizzati.

Si inseriscono inoltre i pesi derivanti dalla spineta della terra a riposo sul pulvino e dalle spinte sismiche delle terre sia allo SLV che allo SLD.

Considerando che a tergo delle spalle ci sarà un terreno costituito da rilevato, si assumono i seguenti valori geotecnici:

Peso specifico  $\gamma = 19.50 \text{ KN/mc}$

Angolo di attrito  $\varphi = 38^\circ$

Il coefficiente di spinta delle terre a riposo  $k_0$  risulta pari a 0.384.

L'altezza delle terre a tergo delle spalle è circa 3 ml, quindi consideriamo alla base della spalla un carico massimo di **21.88 KN/mq**

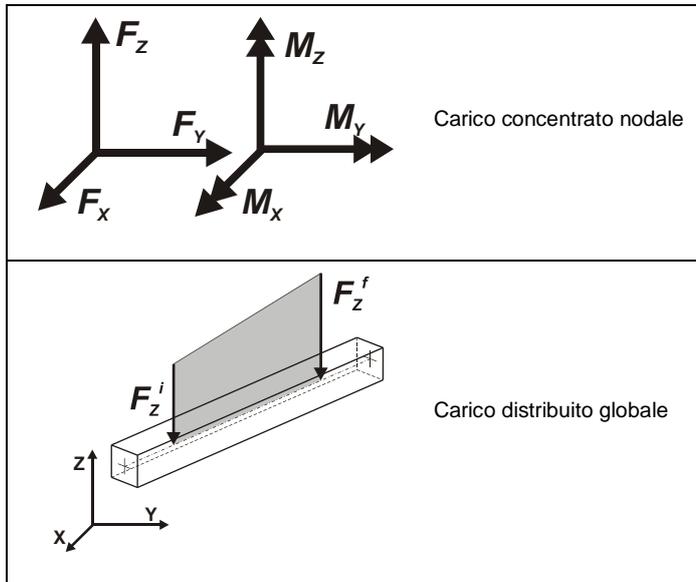
Per quanto concerne la sovraspinta sismica delle terre è calcolata in accordo con l'Eurocodice 8 e assume il valore di:

$$S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 1.80 \cdot 0.148 \cdot 1.00 \cdot 19.50 \cdot 3.00 = \mathbf{70.15 \text{ KN/mq}} \quad \text{per SLV}$$

$$S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 1.80 \cdot 0.054 \cdot 1.00 \cdot 19.50 \cdot 3.00 = \mathbf{23.89 \text{ KN/mq}} \quad \text{per SLD}$$

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	carico concentrato nodale
	6 dati (forza $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , momento $M_x$ , $M_y$ , $M_z$ )
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave
	7 dati ( $f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z$ , ascissa di inizio carico)
	7 dati ( $f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z$ , ascissa di fine carico)



Tipo carico concentrato nodale

Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
1	SLU MAX T1	0.0	0.0	-8.217e+04	0.0	0.0	0.0
2	SLU MAX T2	0.0	0.0	-7.343e+04	0.0	0.0	0.0
3	SLU MAX T3	0.0	0.0	-6.604e+04	0.0	0.0	0.0
4	SLU MAX T4	0.0	0.0	-5.900e+04	0.0	0.0	0.0
5	SLU MAX T5	0.0	0.0	-5.229e+04	0.0	0.0	0.0
6	SLU MAX T6	0.0	0.0	-4.733e+04	0.0	0.0	0.0
7	SLU MAX T7	0.0	0.0	-4.730e+04	0.0	0.0	0.0
8	SLU MIN T1	0.0	0.0	-4.228e+04	0.0	0.0	0.0
9	SLU MIN T2	0.0	0.0	-3.569e+04	0.0	0.0	0.0
10	SLU MIN T3	0.0	0.0	-3.327e+04	0.0	0.0	0.0
11	SLU MIN T4	0.0	0.0	-3.245e+04	0.0	0.0	0.0
12	SLU MIN T5	0.0	0.0	-3.327e+04	0.0	0.0	0.0
13	SLU MIN T6	0.0	0.0	-3.569e+04	0.0	0.0	0.0
14	SLU MIN T7	0.0	0.0	-4.228e+04	0.0	0.0	0.0
15	RARE MAX T1	0.0	0.0	-4.031e+04	0.0	0.0	0.0
16	RARE MAX T2	0.0	0.0	-3.612e+04	0.0	0.0	0.0



Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
17	RARE MAX T3	0.0	0.0	-3.078e+04	0.0	0.0	0.0
18	RARE MAX T4	0.0	0.0	-2.560e+04	0.0	0.0	0.0
19	RARE MAX T5	0.0	0.0	-2.059e+04	0.0	0.0	0.0
20	RARE MAX T6	0.0	0.0	-1.679e+04	0.0	0.0	0.0
21	RARE MAX T7	0.0	0.0	-1.448e+04	0.0	0.0	0.0
22	RARE MIN T1	0.0	0.0	-1.076e+04	0.0	0.0	0.0
23	RARE MIN T2	0.0	0.0	-8168.00	0.0	0.0	0.0
24	RARE MIN T3	0.0	0.0	-6499.00	0.0	0.0	0.0
25	RARE MIN T4	0.0	0.0	-5931.00	0.0	0.0	0.0
26	RARE MIN T5	0.0	0.0	-6499.00	0.0	0.0	0.0
27	RARE MIN T6	0.0	0.0	-8168.00	0.0	0.0	0.0
28	RARE MIN T7	0.0	0.0	-1.076e+04	0.0	0.0	0.0
29	FREQUENTI MAX T1	0.0	0.0	-1.510e+04	0.0	0.0	0.0
30	FREQUENTI MAX T2	0.0	0.0	-1.275e+04	0.0	0.0	0.0
31	FREQUENTI MAX T3	0.0	0.0	-1.123e+04	0.0	0.0	0.0
32	FREQUENTI MAX T4	0.0	0.0	-1.072e+04	0.0	0.0	0.0
33	FREQUENTI MAX T5	0.0	0.0	-1.123e+04	0.0	0.0	0.0
34	FREQUENTI MAX T6	0.0	0.0	-1.275e+04	0.0	0.0	0.0
35	FREQUENTI MAX T7	0.0	0.0	-1.510e+04	0.0	0.0	0.0
36	FREQUENTI MIN T1	0.0	0.0	-1.076e+04	0.0	0.0	0.0
37	FREQUENTI MIN T2	0.0	0.0	-8168.00	0.0	0.0	0.0
38	FREQUENTI MIN T3	0.0	0.0	-6499.00	0.0	0.0	0.0
39	FREQUENTI MIN T4	0.0	0.0	-5931.00	0.0	0.0	0.0
40	FREQUENTI MIN T5	0.0	0.0	-6499.00	0.0	0.0	0.0
41	FREQUENTI MIN T6	0.0	0.0	-8168.00	0.0	0.0	0.0
42	FREQUENTI MIN T7	0.0	0.0	-1.076e+04	0.0	0.0	0.0
43	PERMA MAX T1	0.0	0.0	-1.076e+04	0.0	0.0	0.0
44	PERMA MAX T2	0.0	0.0	-8168.00	0.0	0.0	0.0
45	PERMA MAX T3	0.0	0.0	-6499.00	0.0	0.0	0.0
46	PERMA MAX T4	0.0	0.0	-5931.00	0.0	0.0	0.0



Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
47	PERMA MAX T5	0.0	0.0	-6499.00	0.0	0.0	0.0
48	PERMA MAX T6	0.0	0.0	-8168.00	0.0	0.0	0.0
49	PERMA MAX T7	0.0	0.0	-1.076e+04	0.0	0.0	0.0
50	PERMA MIN T1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
51	PERMA MIN T2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	PERMA MIN T3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
53	PERMA MIN T4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	PERMA MIN T5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55	PERMA MIN T6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	PERMA MIN T7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
57	SISMICA SLU MAX T1	0.0	0.0	-3.345e+04	0.0	0.0	0.0
58	SISMICA SLU MAX T2	0.0	0.0	-2.852e+04	0.0	0.0	0.0
59	SISMICA SLU MAX T3	0.0	0.0	-2.645e+04	0.0	0.0	0.0
60	SISMICA SLU MAX T4	0.0	0.0	-2.582e+04	0.0	0.0	0.0
61	SISMICA SLU MAX T5	0.0	0.0	-2.645e+04	0.0	0.0	0.0
62	SISMICA SLU MAX T6	0.0	0.0	-2.828e+04	0.0	0.0	0.0
63	SISMICA SLU MAX T7	0.0	0.0	-3.345e+04	0.0	0.0	0.0
64	SISMICA SLU MIN T1	0.0	0.0	-3.305e+04	0.0	0.0	0.0
65	SISMICA SLU MIN T2	0.0	0.0	-2.828e+04	0.0	0.0	0.0
66	SISMICA SLU MIN T3	0.0	0.0	-2.632e+04	0.0	0.0	0.0
67	SISMICA SLU MIN T4	0.0	0.0	-2.492e+04	0.0	0.0	0.0
68	SISMICA SLU MIN T5	0.0	0.0	-2.435e+04	0.0	0.0	0.0
69	SISMICA SLU MIN T6	0.0	0.0	-2.478e+04	0.0	0.0	0.0
70	SISMICA SLU MIN T7	0.0	0.0	-2.804e+04	0.0	0.0	0.0
71	SISMICA SLE MAX T1	0.0	0.0	-3.559e+04	0.0	0.0	0.0
72	SISMICA SLE MAX T2	0.0	0.0	-3.069e+04	0.0	0.0	0.0
73	SISMICA SLE MAX T3	0.0	0.0	-2.833e+04	0.0	0.0	0.0
74	SISMICA SLE MAX T4	0.0	0.0	-2.685e+04	0.0	0.0	0.0
75	SISMICA SLE MAX T5	0.0	0.0	-2.630e+04	0.0	0.0	0.0
76	SISMICA SLE MAX T6	0.0	0.0	-2.685e+04	0.0	0.0	0.0

Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
77	SISMICA SLE MAX T7	0.0	0.0	-3.103e+04	0.0	0.0	0.0
78	SISMICA SLE MIN T1	0.0	0.0	-3.103e+04	0.0	0.0	0.0
79	SISMICA SLE MIN T2	0.0	0.0	-2.624e+04	0.0	0.0	0.0
80	SISMICA SLE MIN T3	0.0	0.0	-2.454e+04	0.0	0.0	0.0
81	SISMICA SLE MIN T4	0.0	0.0	-2.396e+04	0.0	0.0	0.0
82	SISMICA SLE MIN T5	0.0	0.0	-2.454e+04	0.0	0.0	0.0
83	SISMICA SLE MIN T6	0.0	0.0	-2.624e+04	0.0	0.0	0.0
84	SISMICA SLE MIN T7	0.0	0.0	-3.046e+04	0.0	0.0	0.0
85	SLU TRASV trave singola	0.0	920.00	0.0	0.0	0.0	0.0
86	SLU LONG trave singola	7900.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
87	RARE TRASV trave singola	0.0	615.00	0.0	0.0	0.0	0.0
88	RARE LONG trave singola	5900.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
89	FREQUENTI TRASV trave singola	0.0	125.00	0.0	0.0	0.0	0.0
90	FREQUENTI LONG trave singola	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
91	PERMA TRASV trave singola	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
92	PERMA LONG trave singola	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
93	SLV SISMA TRASV trave singola	0.0	2.172e+04	0.0	0.0	0.0	0.0
94	SLV SISMA LONG trave singola	8100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95	SLD SISMA TRASV trave singola	0.0	7700.00	0.0	0.0	0.0	0.0
96	SLD SISMA LONG trave singola	2900.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Tipo** carico distribuito globale su trave

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
97	TERRE RIPOSO	0.0	31.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	31.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
98	SISMICA TERRE SLV	0.0	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99	SISMICA TERRE SLD	0.0	18.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		0.0	18.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	SLU MAX	Nodo: 10 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : SLU MAX T1
			Nodo: 10 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLU MAX T7
			Nodo: 12 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLU MAX T4
			Nodo: 13 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : SLU MAX T5
			Nodo: 14 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : SLU MAX T3
			Nodo: 15 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : SLU MAX T6
			Nodo: 16 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : SLU MAX T2



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
3	Gk	SLU MIN	Nodo: 10 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : SLU MIN T1
			Nodo: 10 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLU MIN T7
			Nodo: 12 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLU MIN T4
			Nodo: 13 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : SLU MIN T5
			Nodo: 14 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : SLU MIN T3
			Nodo: 15 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : SLU MIN T6
			Nodo: 16 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : SLU MIN T2
4	Gk	RARE MAX	Nodo: 10 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : RARE MAX T1
			Nodo: 10 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : RARE MAX T7
			Nodo: 12 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : RARE MAX T4



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 13 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : RARE MAX T5
			Nodo: 14 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : RARE MAX T3
			Nodo: 15 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : RARE MAX T6
			Nodo: 16 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : RARE MAX T2
5	Gk	RARE MIN	Nodo: 10 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : RARE MIN T1
			Nodo: 10 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : RARE MIN T7
			Nodo: 12 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : RARE MIN T4
			Nodo: 13 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : RARE MIN T5
			Nodo: 14 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : RARE MIN T3
			Nodo: 15 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : RARE MIN T6



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 16 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : RARE MIN T2
6	Gk	FREQUENTI MAX	Nodo: 10 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : FREQUENTI MAX T1
			Nodo: 10 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : FREQUENTI MAX T7
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI MAX T4
			Nodo: 13 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : FREQUENTI MAX T5
			Nodo: 14 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : FREQUENTI MAX T3
			Nodo: 15 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : FREQUENTI MAX T6
			Nodo: 16 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : FREQUENTI MAX T2
7	Gk	FREQUENTI MIN	Nodo: 10 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : FREQUENTI MIN T1
			Nodo: 10 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : FREQUENTI MIN T7



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI MIN T4
			Nodo: 13 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : FREQUENTI MIN T5
			Nodo: 14 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : FREQUENTI MIN T3
			Nodo: 15 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : FREQUENTI MIN T6
			Nodo: 16 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : FREQUENTI MIN T2
8	Gk	PERMA MAX	Nodo: 10 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : PERMA MAX T1
			Nodo: 10 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : PERMA MAX T7
			Nodo: 12 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : PERMA MAX T4
			Nodo: 13 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : PERMA MAX T5
			Nodo: 14 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : PERMA MAX T3



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 14 Azione : PERMA MIN T3
			Nodo: 15 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : PERMA MAX T6
			Nodo: 16 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : PERMA MAX T2
9	Gk	PERMA MIN	Nodo: 10 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : PERMA MIN T1
			Nodo: 10 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : PERMA MIN T7
			Nodo: 12 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : PERMA MIN T4
			Nodo: 13 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : PERMA MIN T5
			Nodo: 14 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : PERMA MIN T3
			Nodo: 15 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : PERMA MIN T6
			Nodo: 16 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : PERMA MIN T2
10	Gk	SLV SISMICA MAX	Nodo: 10 Azione : SISMICA SLU MAX T1
			Nodo: 10 Azione : SLV SISMA LONG trave singola

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 10 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SISMICA SLU MAX T7
			Nodo: 12 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SISMICA SLU MAX T4
			Nodo: 13 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : SISMICA SLU MAX T5
			Nodo: 14 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : SISMICA SLU MAX T3
			Nodo: 15 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : SISMICA SLU MAX T6
			Nodo: 16 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : SISMICA SLU MAX T2
			D2 :da 1 a 8 Azione : SISMICA TERRE SLV
11	Gk	SLV SISMICA MIN	Nodo: 10 Azione : SISMICA SLU MIN T1
			Nodo: 10 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SISMICA SLU MIN T7
			Nodo: 12 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SISMICA SLU MIN T4
			Nodo: 13 Azione : SLV SISMA LONG trave singola



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 13 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : SISMICA SLU MIN T5
			Nodo: 14 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : SISMICA SLU MIN T3
			Nodo: 15 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : SISMICA SLU MIN T6
			Nodo: 16 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : SISMICA SLU MIN T2
			D2 :da 1 a 8 Azione : SISMICA TERRE SLV
12	Gk	SLD SISMICA MAX	Nodo: 10 Azione : SISMICA SLE MAX T1
			Nodo: 10 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SISMICA SLE MAX T7
			Nodo: 12 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SISMICA SLE MAX T4
			Nodo: 13 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : SISMICA SLE MAX T5
			Nodo: 14 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : SISMICA SLE MAX T3
			Nodo: 15 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : SISMICA SLE MAX T6

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 16 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : SISMICA SLE MAX T2
			D2 :da 1 a 8 Azione : SISMICA TERRE SLD
13	Gk	SLD SISMICA MIN	Nodo: 10 Azione : SISMICA SLE MIN T1
			Nodo: 10 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 11 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 11 Azione : SISMICA SLE MIN T7
			Nodo: 12 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SISMICA SLE MIN T4
			Nodo: 13 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 13 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 13 Azione : SISMICA SLE MIN T5
			Nodo: 14 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 14 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 14 Azione : SISMICA SLE MIN T3
			Nodo: 15 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 15 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 15 Azione : SISMICA SLE MIN T6
			Nodo: 16 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 16 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 16 Azione : SISMICA SLE MIN T2
			D2 :da 1 a 8 Azione : SISMICA TERRE SLD
14	Gk	TERRE	D2 :da 1 a 8 Azione : TERRE RIPOSO

### 10.1.1.3 Combinazioni

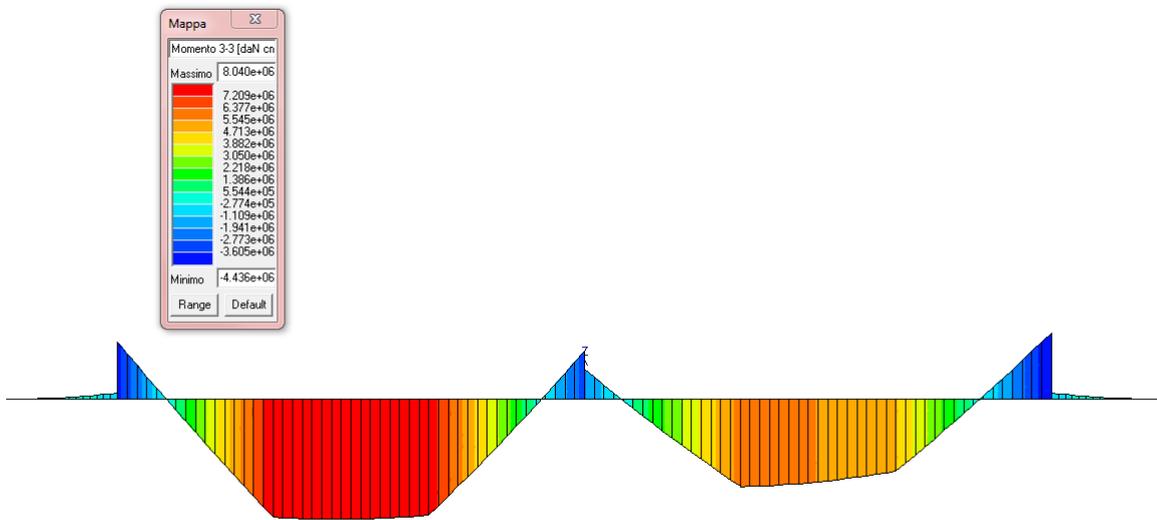
La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: *Numero, Tipo, Sigla identificativa*. Una seconda tabella riporta il *peso nella combinazione*, assunto per ogni caso di carico.

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	SLU 1
2	SLU	SLU 2
3	SLU	SLV 1
4	SLU	SLV 2
5	SLE RARA	RARE 1
6	SLE RARA	RARE 2
7	SLE FREQUENTE	FREQ 1
8	SLE FREQUENTE	FREQ 2
9	SLE Q. PERMANENTE	PERMA 1
10	SLE Q. PERMANENTE	PERMA 2
11	SLD	SLD 1
12	SLD	SLD 2

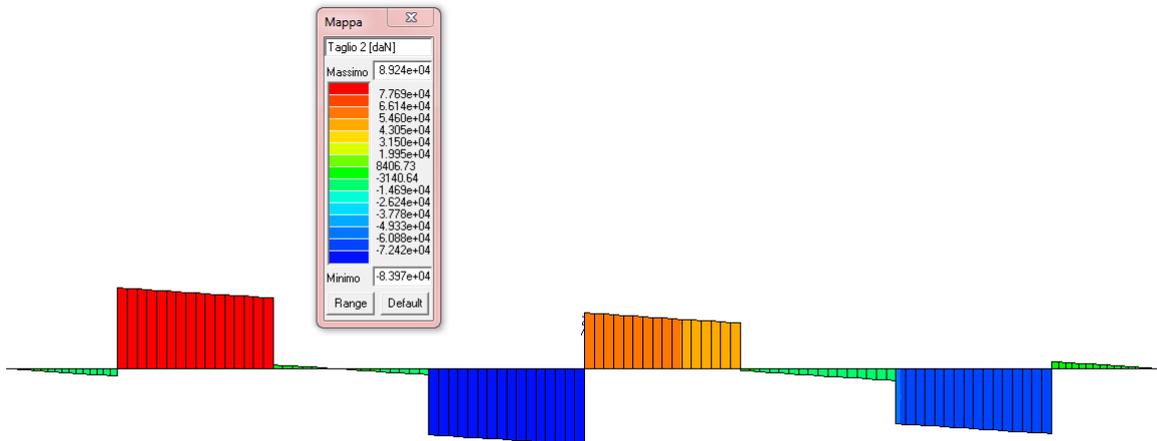
Cmb	PESO PROPRIO	SLU MAX IMPALCA TO	SLU MIN IMPALCA TO	RARE MAX IMPALCA TO	RARE MIN IMPALCA TO	FREQ. MAX IMPALCA TO	FREQ. MIN IMPALCA TO	PERMA. MAX IMPALCA TO	PERMA. MIN IMPALCA TO	SLV MAX IMPALCA TO	SLV MIN IMPALCA TO	SLD MAX IMPALCA TO	SLD MIN IMPALCA TO	INTERRE
1	1.35	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35
2	1.35	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35
3	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
4	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00
5	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
6	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
7	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
8	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
9	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
10	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
11	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00
12	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00

10.1.1.4 Sollecitazioni

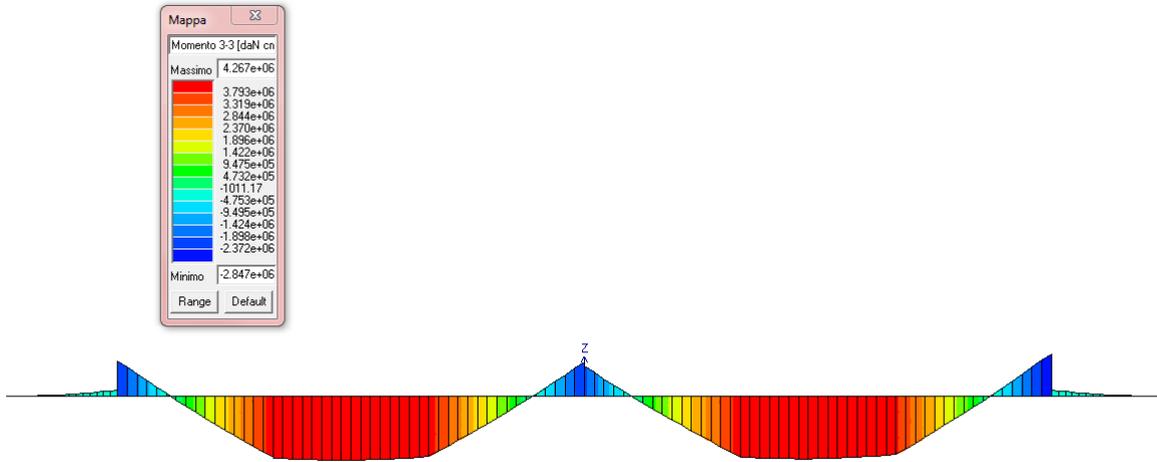
Le immagini seguenti mostrano le sollecitazioni agenti sulla sottostruttura.



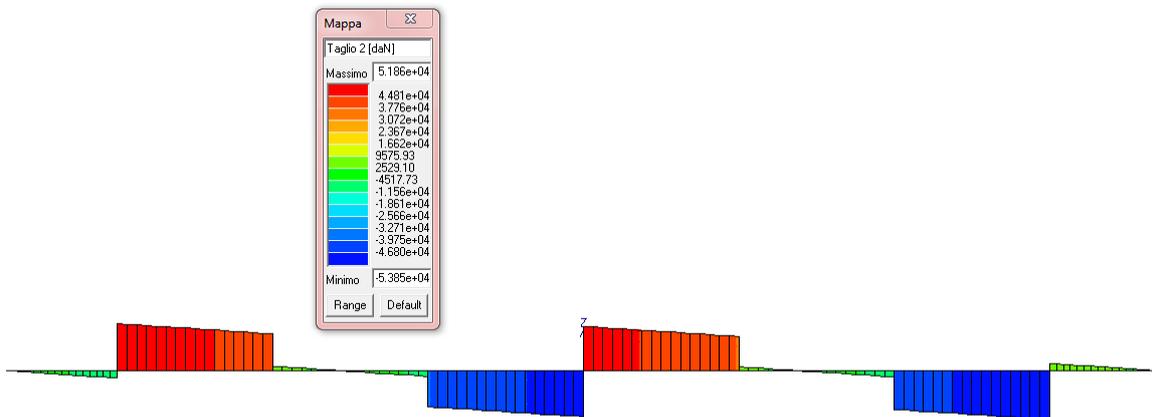
**FIGURA 10-4 COMBINAZIONE SLU 1 : MOMENTO FLETTENTE**



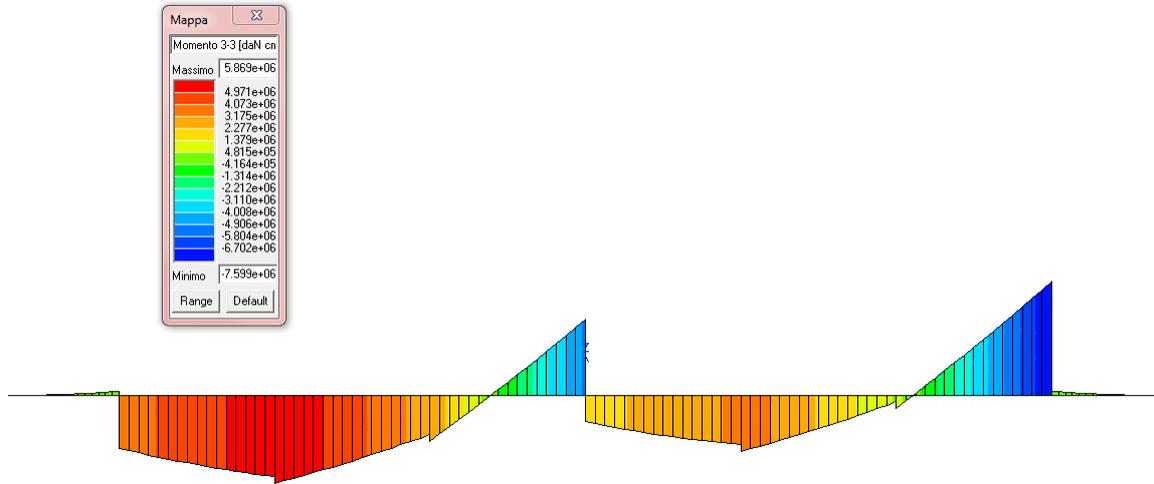
**FIGURA 10-5 COMBINAZIONE SLU 1 : TAGLIO**



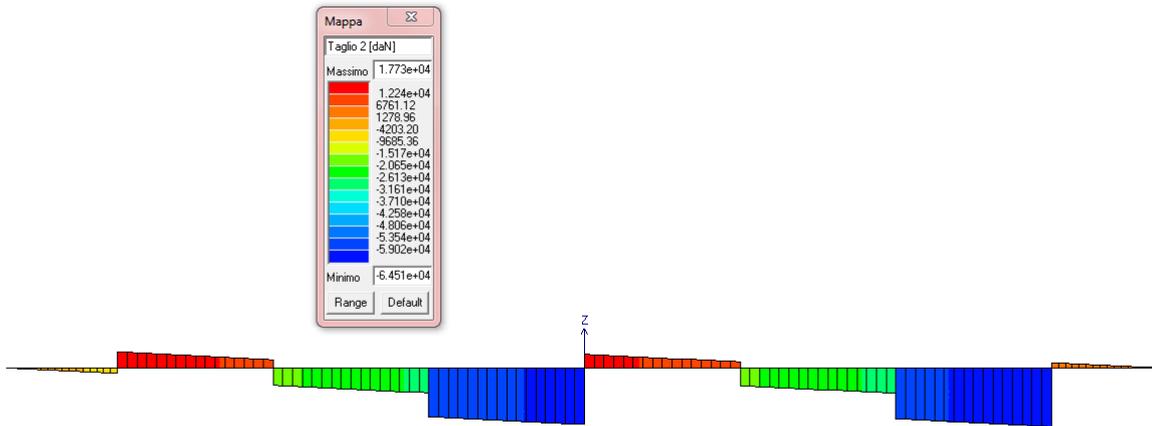
**FIGURA 10-6 COMBINAZIONE SLU 2 : MOMENTO FLETTENTE**



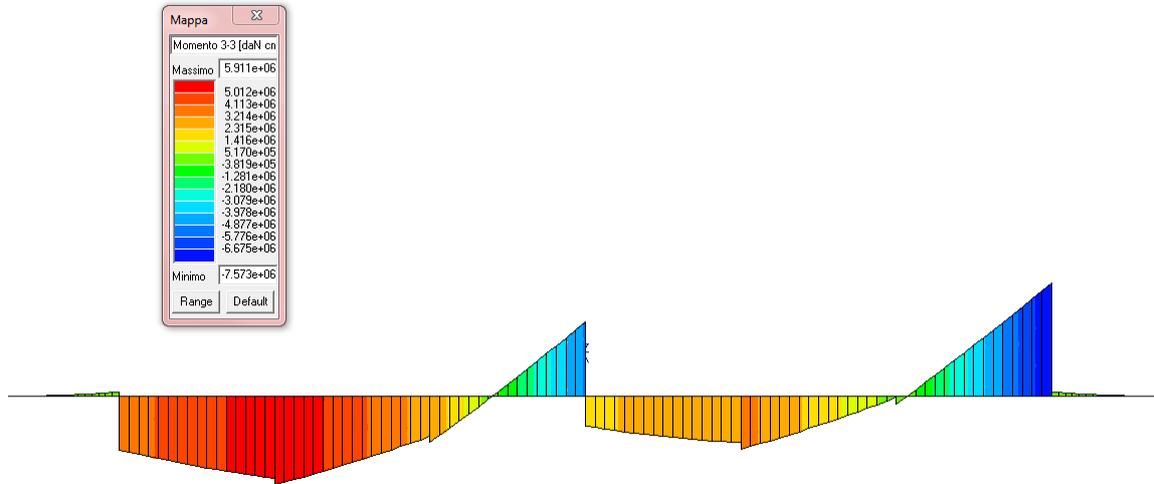
**FIGURA 10-7 COMBINAZIONE SLU 2 : TAGLIO**



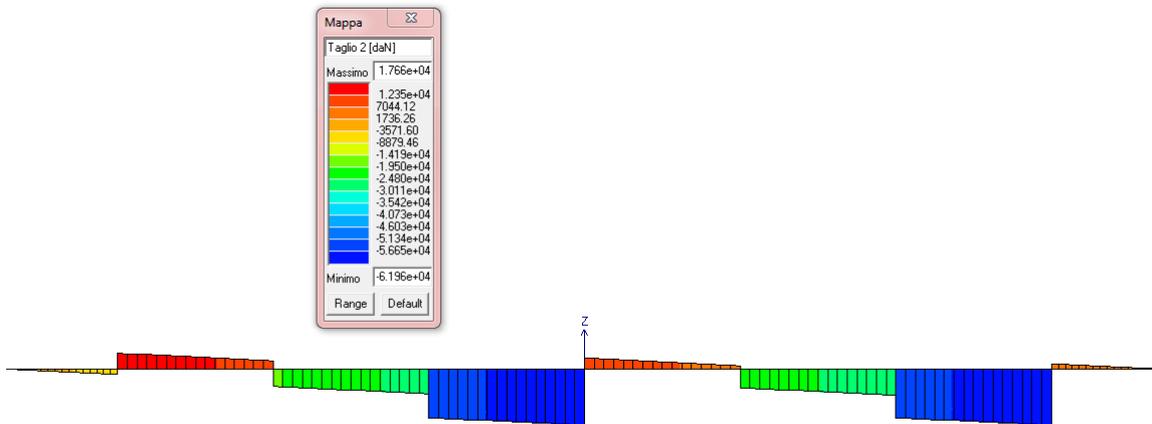
**FIGURA 10-8 COMBINAZIONE SLV 1 : MOMENTO FLETTENTE**



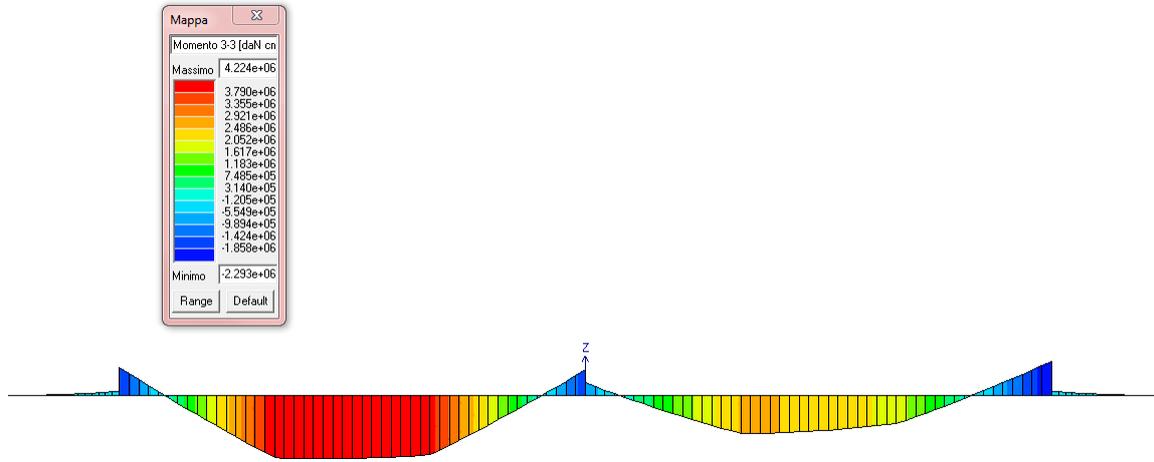
**FIGURA 10-9 COMBINAZIONE SLV 1 : TAGLIO**



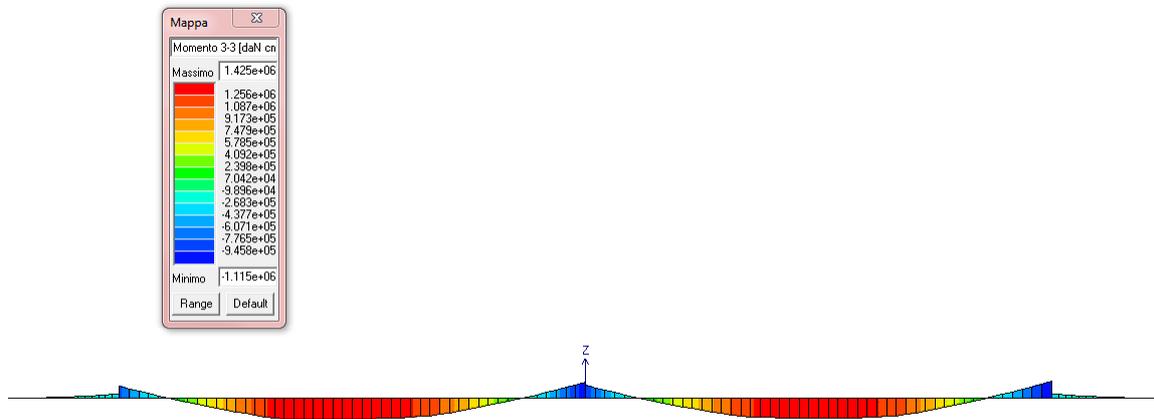
**FIGURA 10-10 COMBINAZIONE SLV 2 : MOMENTO FLETTENTE**



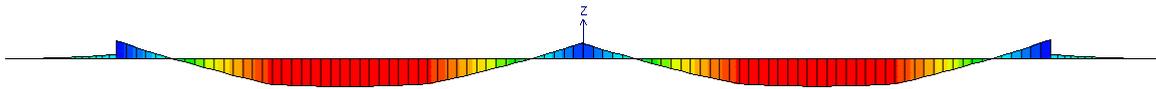
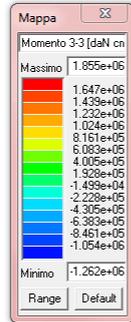
**FIGURA 10-11 COMBINAZIONE SLV 2 : TAGLIO**



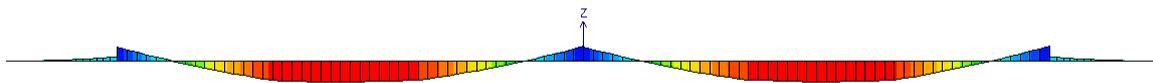
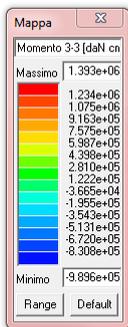
**FIGURA 10-12 COMBINAZIONE SLE RARA 1 : MOMENTO FLETTENTE**



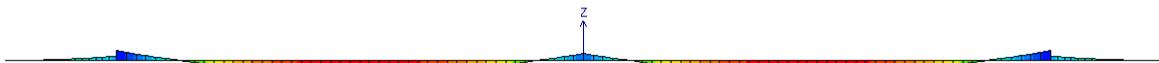
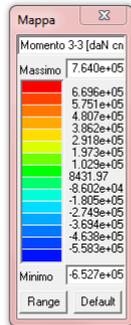
**FIGURA 10-13 COMBINAZIONE SLE RARA 2 : MOMENTO FLETTENTE**



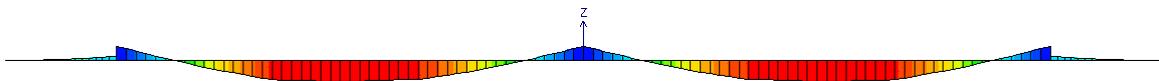
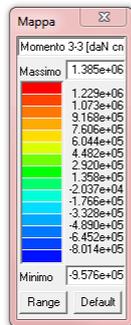
**FIGURA 10-14 COMBINAZIONE SLE FREQUENTE 1 : MOMENTO FLETTENTE**



**FIGURA 10-15 COMBINAZIONE SLE FREQUENTE 2 : MOMENTO FLETTENTE**



**FIGURA 10-16 COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE 1 : MOMENTO FLETTENTE**



**FIGURA 10-17 COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE 2 : MOMENTO FLETTENTE**

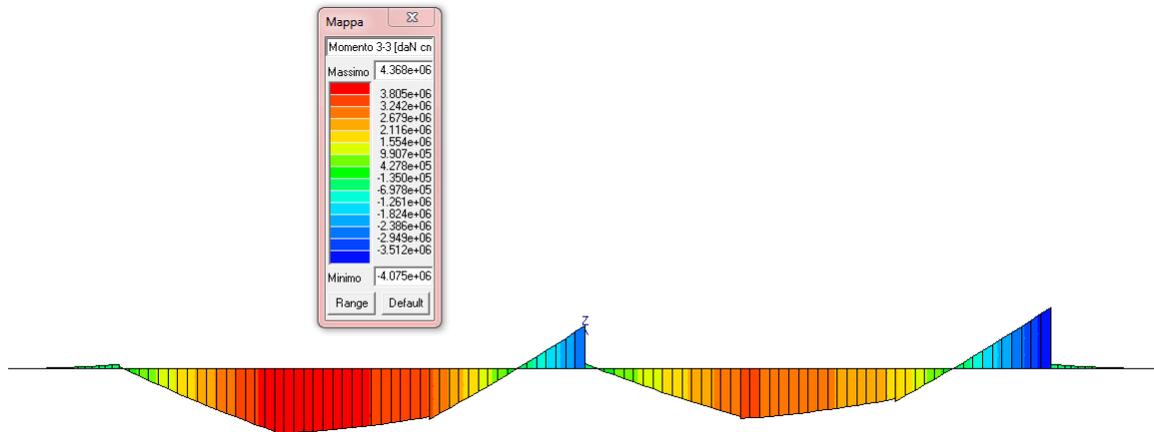


FIGURA 10-18 COMBINAZIONE SLD 1 : MOMENTO FLETTENTE

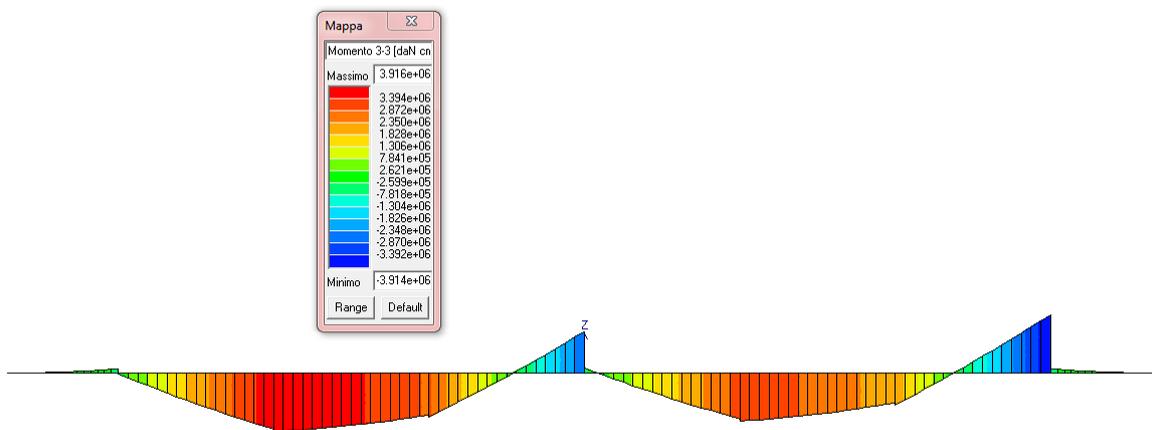


FIGURA 10-19 COMBINAZIONE SLD 2 : MOMENTO FLETTENTE

### 10.1.1.5 Verifiche

Il pulvino viene verificato con l'ausilio del programma PRO\_VLIM che verifica sezioni in cemento armato agli SLU e SLE.

La verifica è condotta con le sollecitazioni sopra riportate. A favore di sicurezza non si considera lo sforzo normale agente.

La sezione viene armata con ferri di diametro 20 mm sia inferiormente che superiormente passo 20 cm.

In questa fase di calcolo non si ritiene dimensionante il calcolo dei ferri di "parete".

### Geometria della sezione

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0.0	0.0
2	0.0	140.0
3	170.0	140.0
4	170.0	0.0

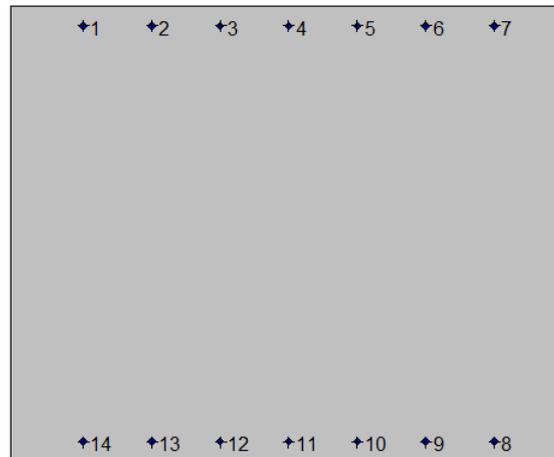


FIGURA 10-20 GEOMETRIA

### Armature

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	22.0	134.0	3.1	no
2	43.0	134.0	3.1	no
3	64.0	134.0	3.1	no
4	85.0	134.0	3.1	no
5	106.0	134.0	3.1	no
6	127.0	134.0	3.1	no
7	148.0	134.0	3.1	no

8	148.0	6.0	3.1	no
9	127.0	6.0	3.1	no
10	106.0	6.0	3.1	no
11	85.0	6.0	3.1	no
12	64.0	6.0	3.1	no
13	43.0	6.0	3.1	no
14	22.0	6.0	3.1	no



**FIGURA 10-21 ARMATURE**

**Caratteristiche limite della sezione**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-1721.05	0.0000	0.0000	Completamente tesa
40832.37	0.0000	0.0045	Completamente compressa
0.00	1124.1124	0.0000	Fibre inferiori tese
0.00	-1124.1124	0.0000	Fibre superiori tese
0.00	0.0000	1343.2275	Fibre di sinistra tese
0.00	0.0000	-1343.2275	Fibre di destra tese

### Verifiche stato limite ultimo

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

e in caso di verifica proporzionale positiva:

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0.00	804.0000	0.0000	P	0.00	1124.1120	0.0000	0.710	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00	1124.1120	0.0000	0.710	
2	0.00	-760.0000	0.0000	P	0.00	-1124.1120	0.0000	0.680	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00	-1124.1120	0.0000	0.680	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0.00	804.0000	0.0000	P	0.00	1124.1120	0.0000	0.710	OK
1	0.00	804.0000	0.0000	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK
1	0.00	804.0000	0.0000	N	0.00	1124.1120	0.0000	0.710	OK

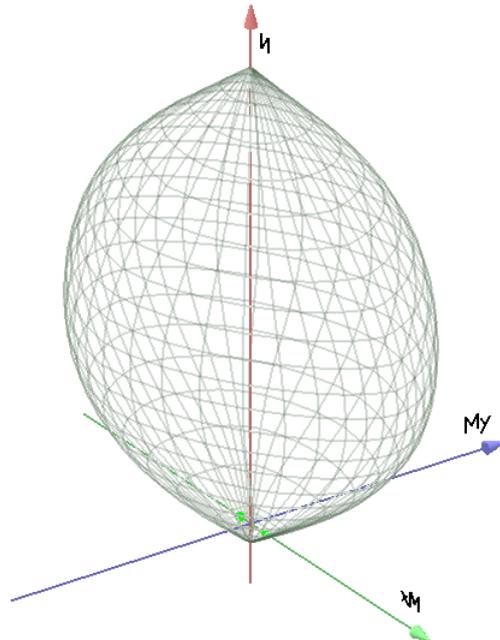


FIGURA 10-22 DOMINIO SLU

### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_L = 17.40 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma/\sigma_L < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_a = 360.00 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_aL < 1$ )

	Cmb	Mx	My	N	$\sigma$	$\sigma/\sigma_L$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_aL$
n. e stato		kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
3 OK	422.0000	0.0000	0.00	0.00	-1.73	0.10	150.52	0.42
4 OK	-230.0000	0.0000	0.00	0.00	-0.95	0.05	82.04	0.23

### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0.30 \text{ mm}$  (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
-----	----	----	---	----	--------

n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
5 OK	185.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00
6 OK	-126.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00

### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 13.05$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0.20$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

	<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b>Wk/Wk/WkL</b>	
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN	kN/mq		mm	
7 OK	138.0000	0.0000	0.00	0.00	-0.57	0.04	0.00	0.00
8 OK	-95.7600	0.0000	0.00	0.00	-0.39	0.03	0.00	0.00

### Verifiche a taglio

Il massimo sforzo di taglio agli SLU agente sulla sezione è pari a 892.00 KN. Questo sforzo è in corrispondenza dei pali.

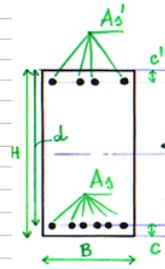
La sezione, senza armatura a taglio, ha una resistenza pari a 583.30 KN che non è sufficiente ad assorbire il taglio di progetto ma molto vicino.

Si prevedono quindi staffe verticali di diametro 16 mm passo 20 cm a due braccia aggiuntive solo in corrispondenza dei pali di fondazione.

Con suddette staffe la resistenza a taglio della sezione risulta 956.00 KN quindi la verifica risulta soddisfatta.

**DATI DELLA SEZIONE**

B =	170 cm	base
H =	140 cm	altezza
c =	5 cm	copriferro ferro teso
c' =	5 cm	copriferro ferro compresso
d = H-c =	135 cm	altezza utile
As =	21.98 cm <sup>2</sup>	area ferro teso
As' =	21.98 cm <sup>2</sup>	area ferro compresso



fyk =	4500 kg/cm <sup>2</sup>
Es =	2100000 kg/cm <sup>2</sup>
fyd =	3913 kg/cm <sup>2</sup>
esy =	1.86 * 10 <sup>-3</sup>
σs,adm =	2600 kg/cm <sup>2</sup>

Rck =	450 kg/cm <sup>2</sup>
Ec =	346255 kg/cm <sup>2</sup>
fcd =	212 kg/cm <sup>2</sup>
fctm =	33.5 kg/cm <sup>2</sup>
fctk =	23.5 kg/cm <sup>2</sup>
fctd =	15.6 kg/cm <sup>2</sup>
fcfm =	40.2 kg/cm <sup>2</sup>
fcfk =	28.2 kg/cm <sup>2</sup>
fcfd =	18.8 kg/cm <sup>2</sup>
αc =	1.0 per membrature non compresse (altrimenti vedasi formule nel Par. 4.1.2.1.3.2 del D.M. 14/01/2008)
fcd' =	105.83 kg/cm <sup>2</sup>

**ELEMENTI SENZA ARMATURA RESISTENTE A TAGLIO**

k =	1.38 < 2
pl =	0.0010 < 0,02
NEd =	0 kg
αcp =	0.00 N/mm <sup>2</sup> < 0,2 fcd = 4.23 N/mm <sup>2</sup>
V <sub>Rd</sub> =	58330 kg
V <sub>Rd</sub> =	58.3 t

**STAFFE**

Asw =	2.01 cm <sup>2</sup>
n.bracci =	2
passo =	20 cm
θ =	45° tra 22° e 45°, si può usare θ* per massimizzare la resistenza a taglio
ctg θ =	1.00
α =	90° per staffe
ctg α =	0.00

**θ\* OTTIMALE PER MASSIMIZZARE LA RESISTENZA A TAGLIO**

ctg θ* =	4.68
θ* =	12.07°

**RESISTENZA LATO ACCIAIO**

V <sub>Rsd</sub> =	95562 kg
V <sub>Rsd</sub> =	95.6 t

**RESISTENZA LATO CALCESTRUZZO**

V <sub>Rcd</sub> =	1092908 kg
V <sub>Rcd</sub> =	1092.9 t

**RESISTENZA A TAGLIO**

V <sub>Rcd</sub> =	95.6 t	min (V <sub>Rsd</sub> , V <sub>Rcd</sub> )
--------------------	--------	--

## 10.2. PALI

La capacità portante e la lunghezza del palo trivellato di diametro 120 cm sono state determinate dalla relazione geotecnica dell'opera in questione.

La figura sottostante mostra che il carico massimo che si ha sul singola palo è pari a 2046.00 KN.

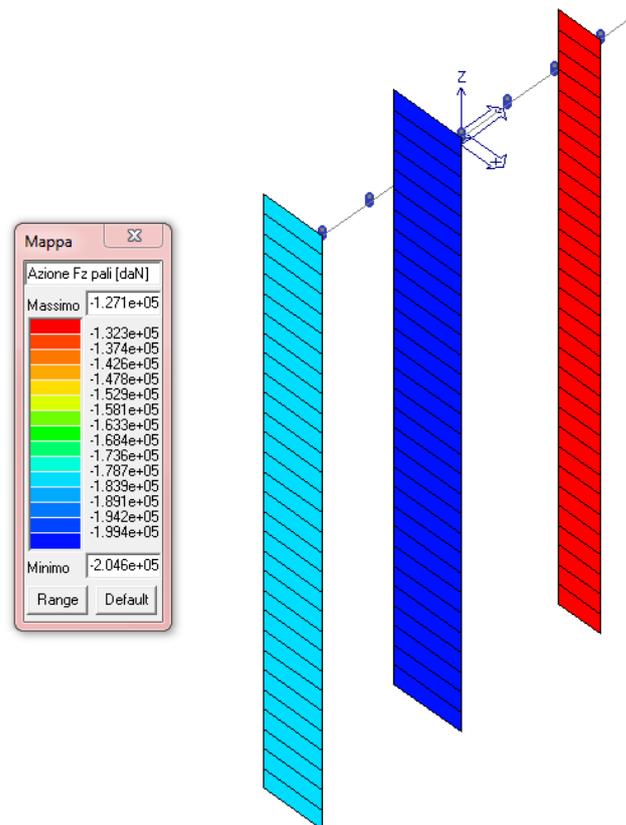
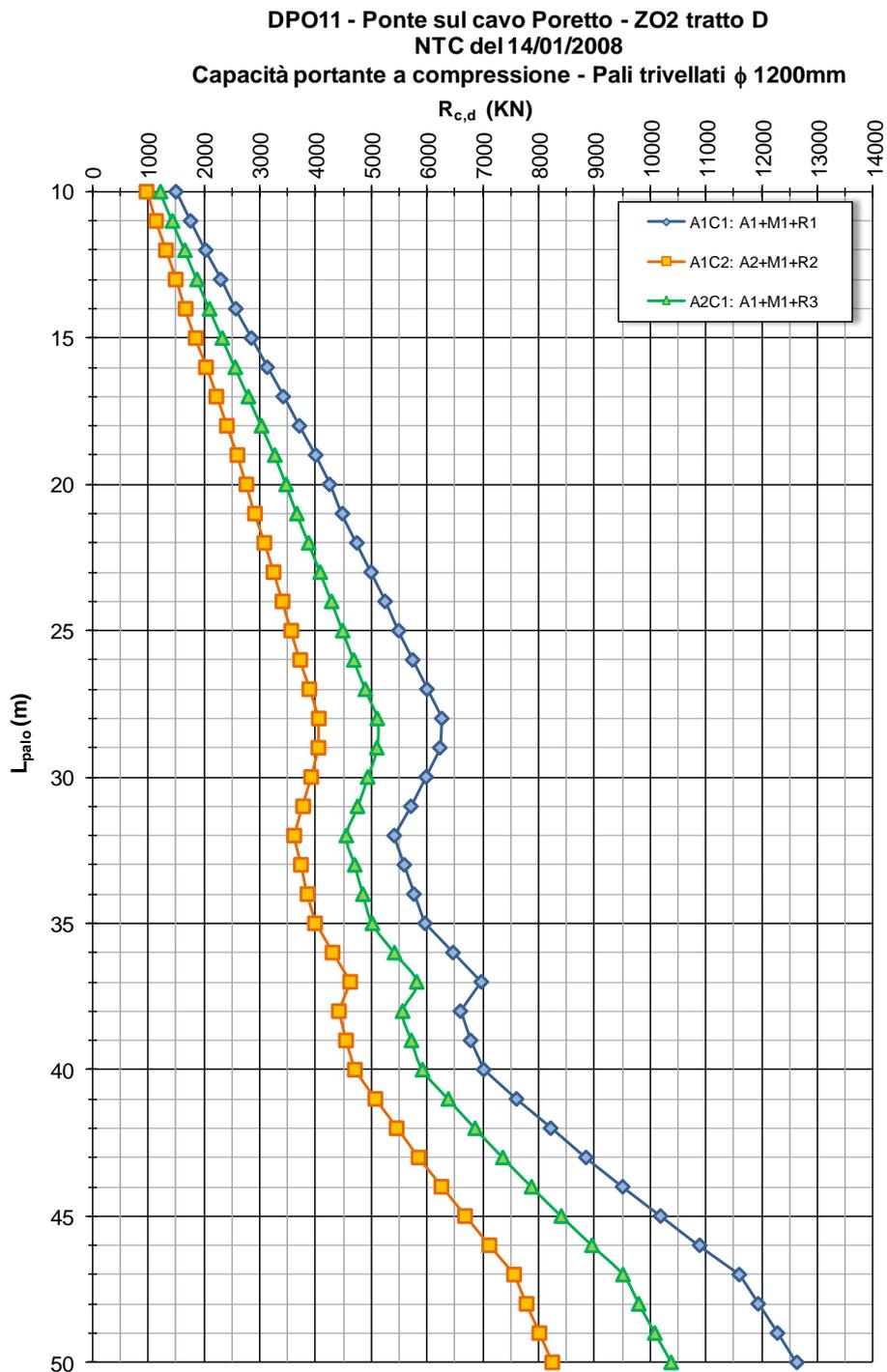


FIGURA 5.1.11-1 CARICO SU PALO

La figura sottostante mostra invece la capacità portante di pali di diametro 120 per il ponte in oggetto.



**FIGURA 5.1.11-2 CAPACITA' PORTANTE PALO**

In base all'immagine di cui sopra la capacità portante di un palo di ml 18.00 ml risulta superiore a quella ottenuta nella modellazione.

Per quanto riguarda le verifiche di resistenza, esse sono effettuate in automatico dal programma di calcolo.

Si ipotizza di armare la sezione con 36 ferri diametro 26 mm.

Diametro palo = 120.0 cm

Armatura corrente: 36 Ø 26 = 191.1 cmq

Armatura a taglio: spirale Ø10/10

**Stato limite ultimo**

Ver. N/M = rapporto Sd/Su con sollecitazioni ultime proporzionali

Ver. (25)= rapporto Nd/Nu, dove Nu viene ottenuto con riduzione del 25% di fcd

Ver.V = verifica a taglio, rapporto Vrd/Vu

(Verifica positiva per valori inferiori a 1)

Sezioni maggiormente sollecitate:

Pl.	Cmb.	Palo	Quota(cm)	N(daN)	V(daN)	M(daNcm)	Ver. N/M	Ver.(25)	Ver.V
5	4	5		0.0	-95944.1	71153.3	6882646.0	0.16	
0.06	0.59								
1	1	1	0.0	-204562.3	38383.6	1192224.0	0.09	0.12	0.32
1	4	1	0.0	-99010.1	77173.3	6541043.0	0.15	0.06	0.64

S/Su massime:

Ver. N/M = 0.16 < 1 (Ok)

Ver. (25) = 0.12 < 1 (Ok)

Ver.V = 0.64 < 1 (Ok)

**Stato limite di esercizio condizioni rare**

Tensione amm. CLS = 174 daN/cm<sup>2</sup>

Tensione amm. acciaio = 3600 daN/cm<sup>2</sup>

Sezioni maggiormente sollecitate:

Pl.	Cmb.	Palo	Quota(cm)	N(daN)	M(daNcm)	Ten.SLE C	Ten.SLE A
1	5	1	-180.0	-98663.0	2889003.0	-20.5	-276.0

Valori massimi:

Ten.massima CLS = 20.5 daN/cm<sup>2</sup> < Ten. amm. CLS (Ok)

Ten.massima acciaio = -276.0 daN/cm<sup>2</sup> < Ten. amm. acciaio (Ok)

**Stato limite di esercizio condizioni frequenti**

Fessure: Wk amm. < 0.3 mm

Sezioni maggiormente sollecitate:

Pl.	Cmb.	Palo	Quota(cm)	N(daN)	M(daNcm)	Wk
1	7	1	-180.0	-58338.3	1164618.0	0.00

Valori massimi:

Fessure Wk massima = 0.0 daN/cm<sup>2</sup> < Wk amm. (Ok)

**Stato limite di esercizio condizioni quasi permanenti**

Tensione amm. CLS = 130.5 daN/cm<sup>2</sup>

Fessure: Wk amm. < 0.2 mm

Sezioni maggiormente sollecitate:

Pl.	Cmb.	Palo	Quota(cm)	N(daN)	M(daNcm)	Ten.SLE C	Wk
1	9	1	-180.0	-45014.6	1164599.0	-8.5	0.00

Valori massimi:

Ten.massima CLS = 8.5 daN/cm<sup>2</sup> < Ten. amm. acciaio (Ok)

Fessure Wk massima = 0.0 daN/cm<sup>2</sup> < Wk amm. (Ok)