



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

CODICE C.U.P. E81B08000060009

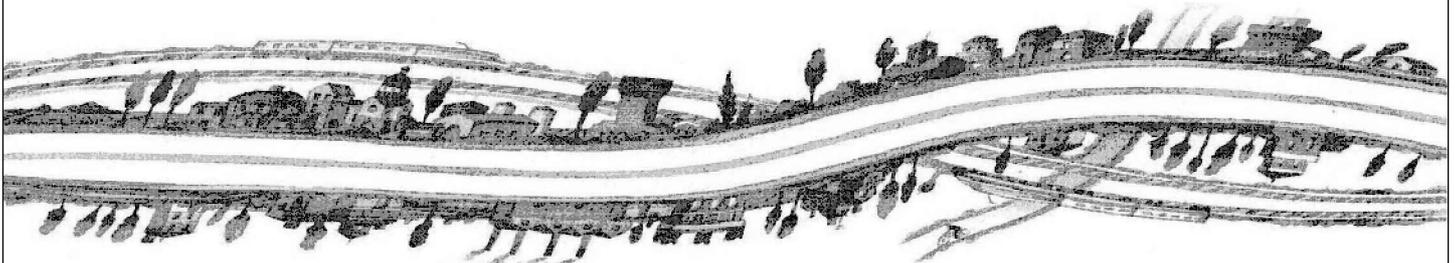
PROGETTO DEFINITIVO

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

OPERE D'ARTE MAGGIORI - VIADOTTI E PONTI - D05 (EX 1FE - TRATTO C)

DPO07 - PONTE SUL CANALE CENTO II

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: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
5616	PD	0	D05	DPO07	C	OM	RC	01	A	

INDICE

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	8
3. SOFTWARE DI CALCOLO	9
4. INCIDENZE	10
5. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPALCATO	11
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 campata</i>	14
5.1.2.3 <i>Traversi in testata</i>	15
5.1.2.4 <i>Trave prefabbricata a "V" H=160 cm</i>	15
5.1.3. RIPARTIZIONE TRAVERSALE DEI CARICHI.....	19
5.1.3.1 <i>Parametri di Massonnet</i>	19
5.1.3.2 <i>Coefficienti</i>	20
5.1.4. ANALISI DEI CARICHI.....	20
5.1.4.1 <i>Valori caratteristici delle azioni permanenti</i>	20
5.1.5. COMBINAZIONI	22
5.1.5.1 <i>Stati limite ultimi</i>	22
5.1.5.2 <i>Stati limite di esercizio</i>	23
5.1.6. APPLICAZIONE METODO DI MASSONNET	23
5.1.6.1 <i>Cordoli</i>	23
5.1.6.2 <i>Lineari per trave</i>	23
5.1.6.3 <i>Carichi mobili per massimo effetto sulla trave 1</i>	24
5.1.6.4 <i>Carichi mobili per calcolo M max su trasverso</i>	25
5.1.6.5 <i>Carichi mobili per calcolo M max trasv. soletta (effetto globale)</i>	26
5.1.7. SOLLECITAZIONI	28
5.1.7.1 <i>Trave: valori caratteristici</i>	28
5.1.7.2 <i>Trave: sollecitazioni SLU</i>	37
5.1.7.3 <i>Trave: sollecitazioni SLE</i>	42
5.1.7.4 <i>Soletta: valori caratteristici</i>	48
5.1.7.5 <i>Soletta: sollecitazioni SLU</i>	49
5.1.7.6 <i>Soletta: sollecitazioni SLE</i>	50
5.1.7.7 <i>Traverso in campata: valori caratteristici</i>	51
5.1.7.8 <i>Traverso in campata: valori SLU</i>	53
5.1.7.9 <i>Traverso in campata: valori SLE</i>	53
5.1.8. REAZIONI MASSIME SUGLI APPOGGI	56
5.1.8.1 <i>Forze orizzontali</i>	56
5.1.8.2 <i>Valori caratteristici reazioni verticali</i>	56
5.1.8.3 <i>Combinazioni</i>	57
5.1.9. DEFORMAZIONI	59

5.1.9.1	Prima fase	59
5.1.9.2	Seconda fase	60
5.1.10.	AZIONE SISMICA.....	60
5.1.10.1	Parametri per la determinazione dell'azione sismica.....	60
5.1.10.2	Modello a mensola	62
5.1.10.3	Azioni sismiche SLE.....	64
5.1.10.4	Azioni sismiche SLU.....	71
5.1.11.	VERIFICHE	79
5.1.11.1	Cadute di tensione nell'acciaio da precompressione	80
5.1.11.2	Stati limite di esercizio	82
5.1.11.3	Stati limite ultimi.....	84
6.	DIMENSIONAMENTO ISOLATORI IN GOMMA	117
7.	DIMENSIONAMENTO GIUNTO DI DILATAZIONE.....	118
8.	DIMENSIONAMENTO DELLA SOLETTA IN CEMENTO ARMATO	119
9.	DIMENSIONAMENTO DELLE PREDALLES	124
10.	DIMENSIONAMENTO DELLE SOTTOSTRUTTURE	125
10.1.	SPALLA PASSANTE	125
10.1.1.1	Modellazione	125
10.1.1.2	Analisi dei carichi.....	129
10.1.1.3	Combinazioni.....	139
10.1.1.4	Sollecitazioni	140
10.1.1.5	Verifiche.....	147
11.	PALI.....	154

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente parte della relazione è volta al dimensionamento e alla verifica dell'impalcato metallico del ponte Cento II inserito nella realizzazione del tratto Bondeno Cento dell'autostrada regionale cispadana.

L'opera in oggetto è un ponte in c.a.p. a campata singola di lunghezza 29.00 metri.

L'opera è costituita da una sola carreggiata stradale, di larghezza costante pari a 9.50 ml. A lato della carreggiata sono presenti due cordoli di dimensioni 0.70 ml per l'infissione della barriera stradale.

La soletta presenta quindi larghezza pari a 10.90 ml.

Le travi dell'impalcato sono a V: presentano altezza pari a 160.00 cm e interasse di 250.00 cm.

Sono 4 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.

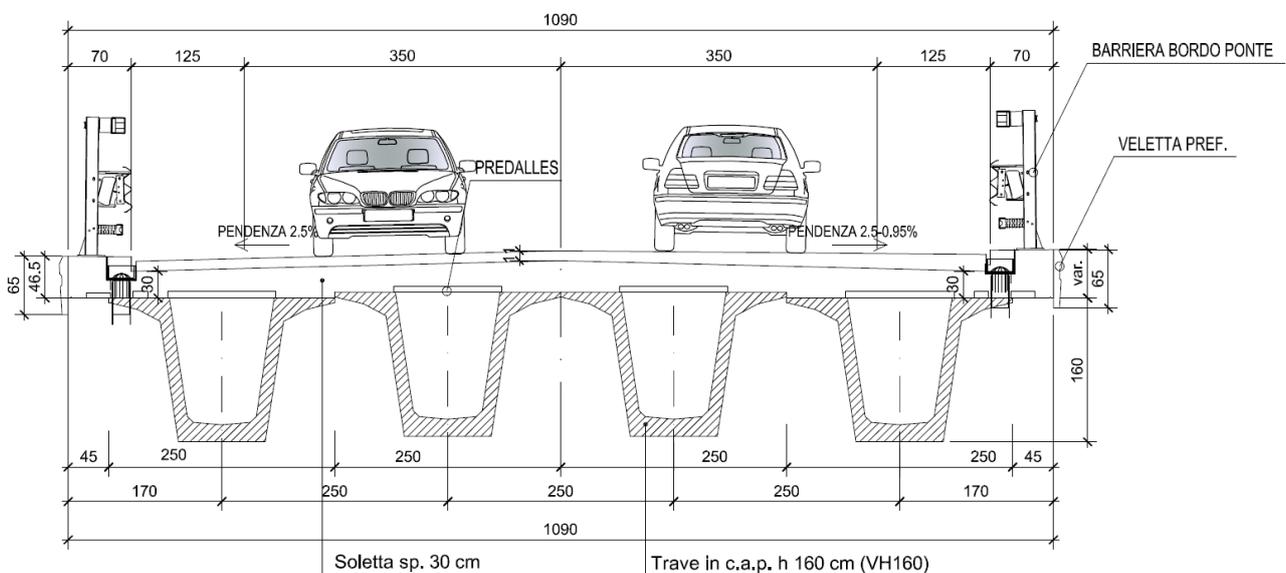


FIGURA 1-1 SEZIONE TRASVERSALE TIPICA

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 220.00 cm e altezza 240.00 cm che poggiano su 3 pali trivellati in calcestruzzo di diametro 120.00 e di lunghezza 38.00 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 sita ad una latitudine di 44.8313 ed ad una longitudine di 11.3873.

Il terreno è di tipo D.

Le immagini seguenti mostrano i parametri ottenuti.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.175 g
F_0	2.560
T_C^*	0.274 s
S_S	1.728
C_C	2.387
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.728
η	1.000
T_B	0.218 s
T_C	0.655 s
T_D	2.299 s

FIGURA 1-2 PARAMETRI SISMICI SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.061 g
F_o	2.501
T_c^*	0.276 s
S_s	1.800
C_c	2.380
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.219 s
T_C	0.657 s
T_D	1.846 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 σ_{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

DPO07 - PONTE SUL CANALE DI CENTO 2 - 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	
D05-PO07 Cento 2	SPALLA PASSANTE (su 1 fila di pali)	140					140	140	200	80				
D05-PO07 Cento 2	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 et 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

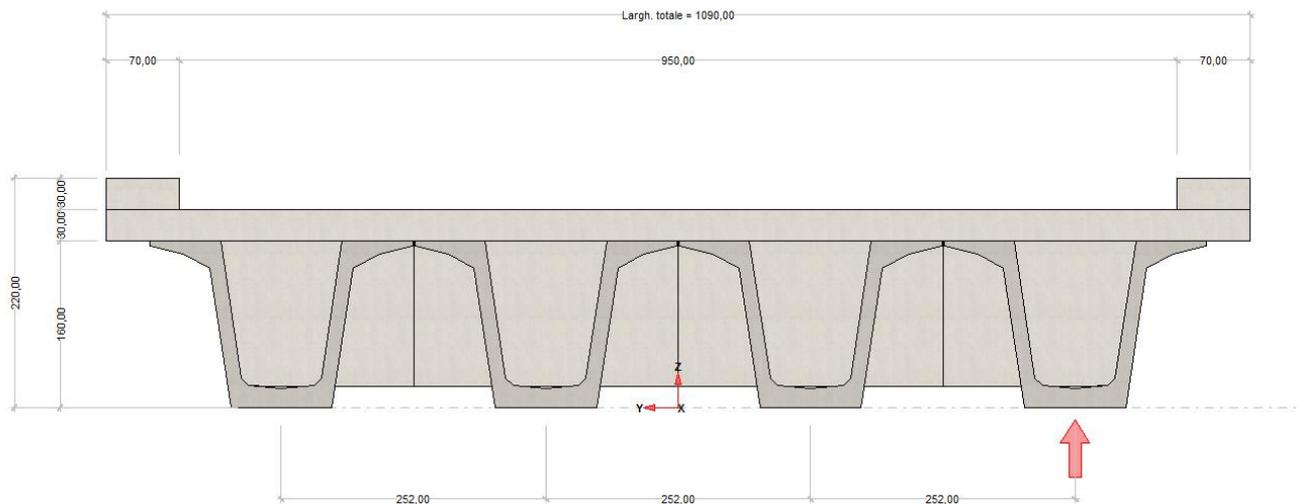
5.1.2. DATI IMPALCATO

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

5.1.2.1 Dati geometrici

Luce di calcolo	2900,00
Larghezza cordolo sinistro	70,00
Larghezza carreggiata	950,00
Larghezza cordolo destro	70,00
Larghezza fuori tutto impalcato	1090,00
Numero travi	4
Tipo trave	A "V" H=160
Interasse travi	252,00
Larghezza travi	250,00
Lunghezza retrotrave	60,00
Lunghezza ringrosso	0,00
Lunghezza svasatura	0,00

Eccentricità travi-soletta	0,00
Spessore medio soletta	30,00
Spessore minimo soletta	25,00
Luce di calcolo soletta	150,00
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 campata

Numero traversi	2
Altezza sezione traversi	140,00
Spessore sezione traversi	30,00
n.	X

1	966,67
2	1933,33

5.1.2.3 Traversi in testata

Altezza sezione traversi	140,00
Spessore sezione traversi	30,00
n.	X
1	0,00
2	2900,00

5.1.2.4 Trave prefabricata a "V" H=160 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.

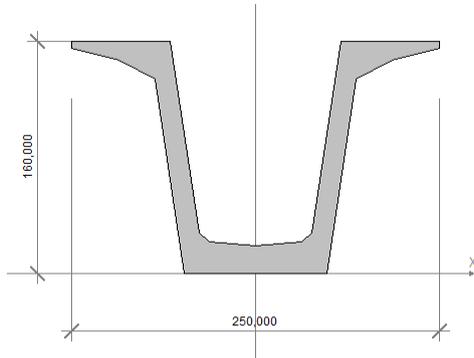
Sezione in campata

Vertice n.	x	y
1	-48,200	0,000
2	-68,300	134,000
3	-93,000	147,000
4	-125,000	155,000
5	-125,000	160,000
6	-58,000	160,000
7	-38,200	28,100



8	-31,300	21,600
9	0,000	19,000
10	31,300	21,600
11	38,200	28,100
12	58,000	160,000
13	125,000	160,000
14	125,000	155,000
15	93,000	147,000
16	68,300	134,000
17	48,200	0,000
18	-48,200	0,000
19	0,000	0,000

Altezza della sezione	160,00
Spessore complessivo anime	28,40
Area sezione di calcestruzzo	7479,99
Ordinata y baricentro	79,97
Ascissa x baricentro	0,00
J baricentro	24411727,61
Peso specifico	0,0245
Coefficiente torsionale	17873575,00



Sezione in testata

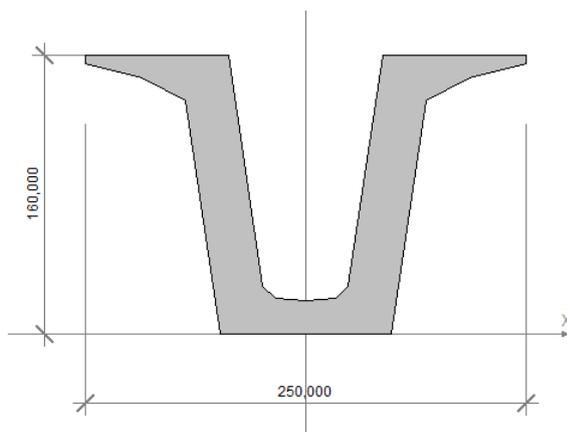
Vertice n.	x	y
1	-48,200	0,000
2	-68,300	134,000
3	-93,000	147,000
4	-125,000	155,000
5	-125,000	160,000
6	-43,780	160,000
7	-24,250	27,000
8	-17,000	20,410
9	0,000	19,000
10	17,000	20,410
11	24,250	27,000
12	43,780	160,000
13	125,000	160,000
14	125,000	155,000
15	93,000	147,000
16	68,300	134,000
17	48,200	0,000
18	-48,200	0,000

19 0,000 0,000

Altezza della sezione	160,00
Spessore complessivo anime	56,00
Area sezione di calcestruzzo	11358,10
Ordinata y baricentro	83,77
Ascissa x baricentro	0,00
J baricentro	30936942,55
Coefficiente torsionale	17873575,00

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	-378,00
	Y	
Luce di calcolo travi principali	L	2900,00
Interasse traversi	L1	966,67
Semilarghezza teorica impalcato	B	504,00
Interasse travi	B1	252,00

Trave:

$A_p = 15654,99$ (area sezione cls trave+soletta)

$D_p = 129,60$ (quota baricentro)

$J_p = 60295940,89$ (momento d'inerzia flessionale)

$C_p = 17873575,00$ (coefficiente di torsione)

Traverso:

$A_e = 12600,00$ (area sezione traverso/soletta)

$D_e = 126,67$ (quota baricentro da base sezione)

$J_e = 27720000,00$ (momento d'inerzia flessionale)

$C_e = 1173378,33$ (coefficiente di torsione)

Larghezza soletta collaborante con il traverso = 280,00

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

Teta = 0,295 Radice alfa = 0,660

5.1.3.2 Coefficienti

Si calcolano i coefficienti d'influenza della 1^a trave che ha una eccentricita' $Y = 378$ [cm] e che risulta essere la piu' sollecitata:

Y=	504,00	378,00	252,00	126,00	0,00	-126,00	-252,00	-378,00	-504,00
K_0	-1,212	-0,671	-0,128	0,419	0,976	1,543	2,121	2,705	3,288
K_1	0,741	0,793	0,850	0,913	0,985	1,064	1,147	1,228	1,304
K_α	0,077	0,295	0,517	0,745	0,982	1,227	1,478	1,731	1,979

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

Y=	504,00	378,00	252,00	126,00	0,00	-126,00	-252,00	-378,00	-504,00
μ_α	-0,177	-0,094	-0,007	0,091	0,205	0,091	-0,007	-0,094	-0,177

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	3020,00 [cm]
Peso trave (sezione filante)	183,45 [N/cm]
Peso totale trave prefabbricata	554009,20 [N]
Peso soletta gravante sulla trave	215,57 [N/cm]
Peso traverso in testata	15141,74 [N]
Peso traverso in campata	17273,94 [N]

FASE 2

Pavimentazione

Peso pavimentazione (0,30 [N/cm²]) gravante sulla trave: 71,14 [N/cm]

La larghezza della carreggiata viene suddivisa in 20 intervalli uguali e per ciascuno di essi si determina il valore del coefficiente K_{\square} 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	510,00	149357,25
cordolo destro	51,50	-510,00	149357,25

Peso totale cordoli = 298714,50

Lineari di seconda fase sull'impalcato

A questi carichi viene applicato il metodo di Massonnet calcolandone il relativo coefficiente di ripartizione trasversale per la trave in esame.

n.	Descrizione	[N/cm]	Ecc. Y	X'i	Rif.X'i	X'f	Rif.X'f
1	barriera sx	120,00	-510,00	0,00	Appoggio iniziale	0,00	Appoggio finale
2	barriera dx	120,00	510,00	0,00	Appoggio iniziale	0,00	Appoggio finale

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	α_Q	α_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/cm²]

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	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_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	\square Massonnet
cordolo sinistro	51,50	510,00	0,066	-0,181
cordolo destro	51,50	-510,00	1,990	-0,181

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	\square Massonnet
1	barriera sx	120,00	-510,00	1,990	-0,181
2	barriera dx	120,00	510,00	0,066	-0,181

5.1.6.3 Carichi mobili per massimo effetto sulla trave 1

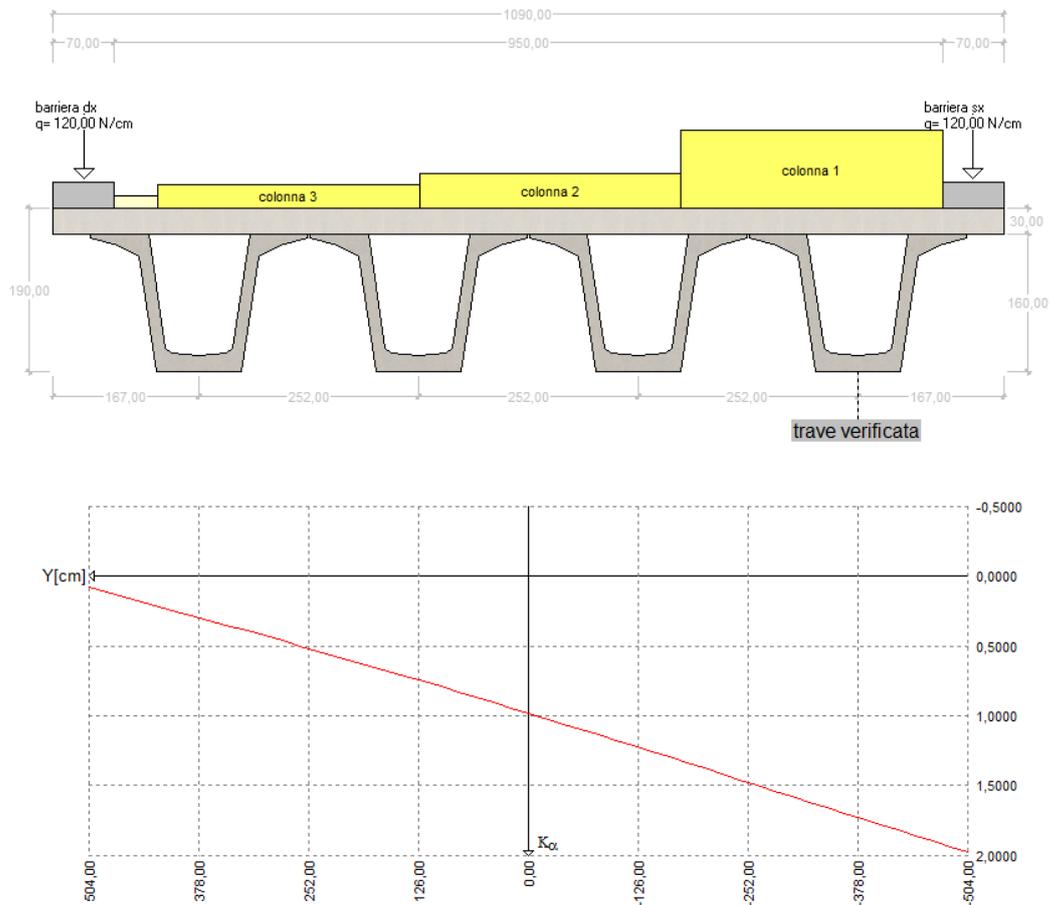
Descrizione	Q·α [N]	q·α [N/cm]	Ecc. Y	Larghezza	Ka
Corsia 1	300000,00	270,00	-325,00	300,00	1,625
Corsia 2	200000,00	75,00	-25,00	300,00	1,030
Corsia 3	100000,00	75,00	275,00	300,00	0,476
Zona Rimanente	0,00	12,50	450,00	50,00	0,170

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_{α} di Massonnet

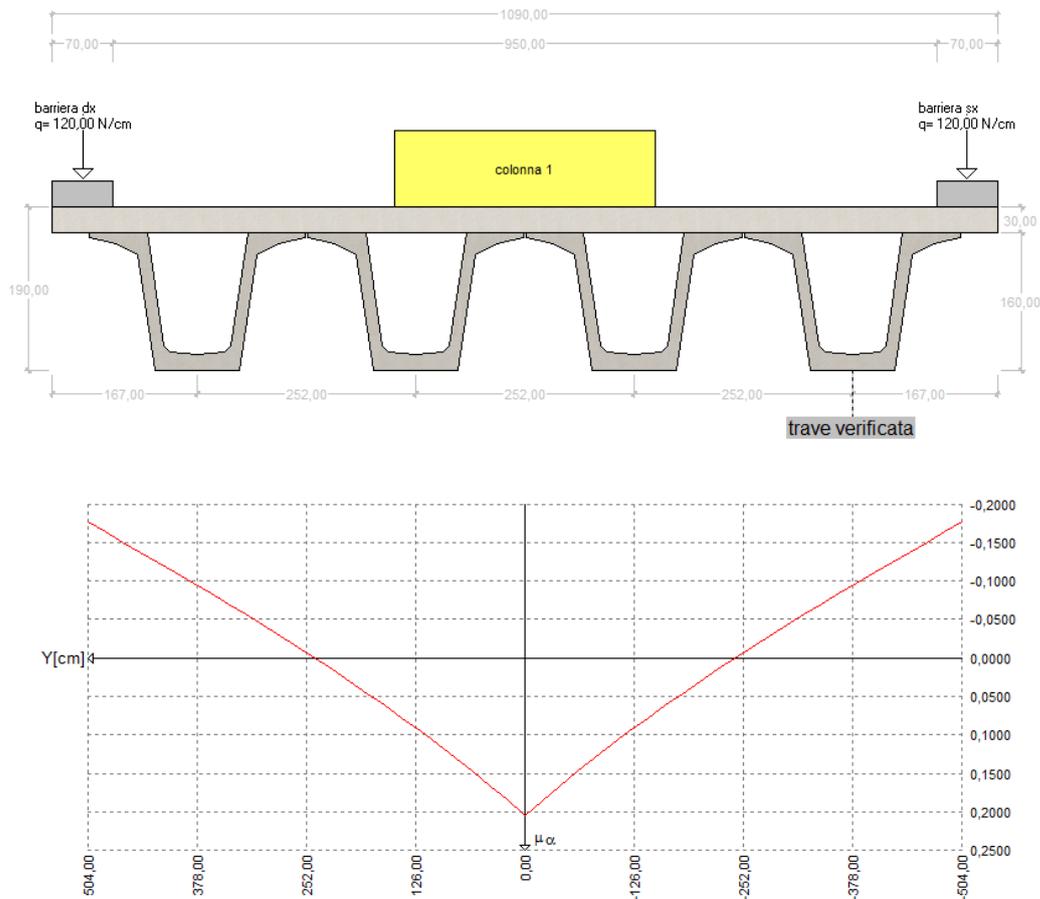


5.1.6.4 Carichi mobili per calcolo M max su traverso

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	$Q \cdot \square$ [N]	$q \cdot \square$ [N/cm]	Ecc. Y	Larghezza	\square
Corsia 1	300000,00	270,00	0,00	300,00	0,205

Diagramma coeff. μ di influenza del traverso, configurazione del carico per M max

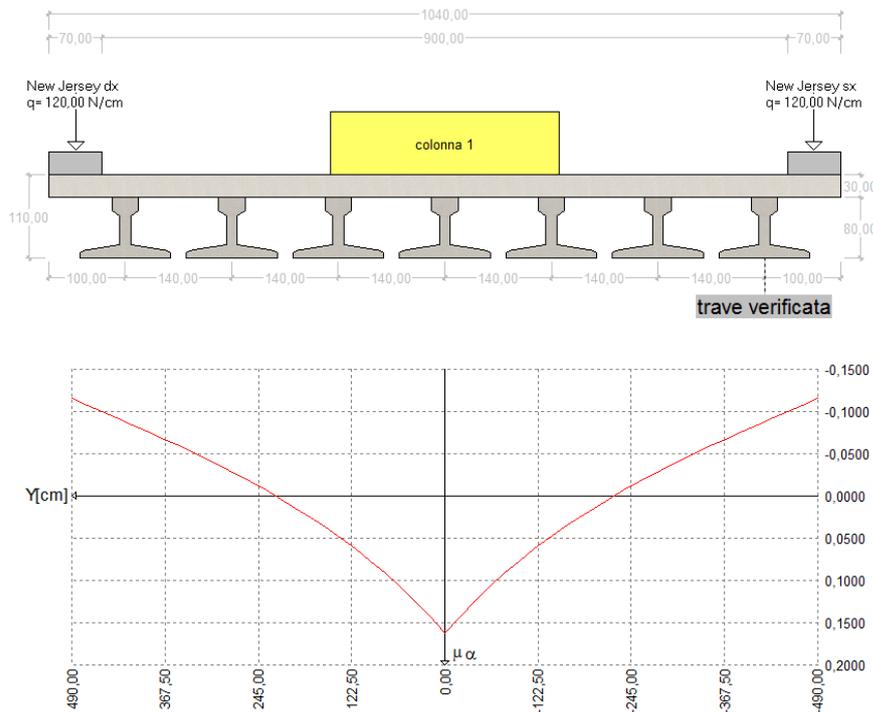


5.1.6.5 Carichi mobili per calcolo M max trasv. soletta (effetto globale)

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- α [N]	q- α [N/cm]	Ecc. Y	Larghezza	μ
Corsia 1	300000,00	270,00	0,00	300,00	0,162

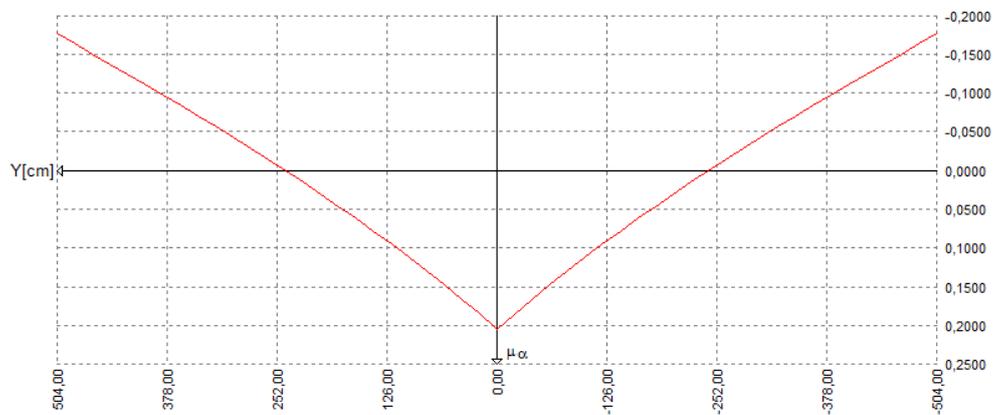
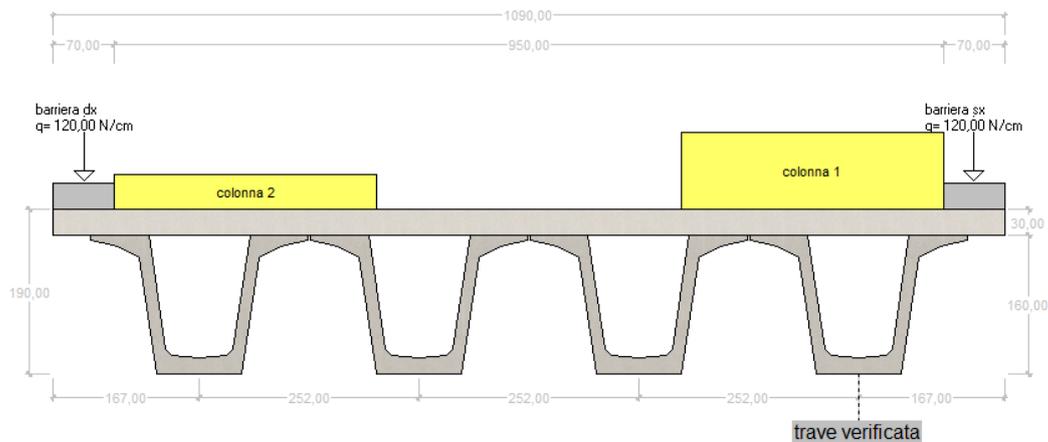
Diagramma coeff. μ di influenza del traverso, configurazione del carico per M max



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	$Q \cdot \alpha$ [N]	$q \cdot \alpha$ [N/cm]	Ecc. Y	Larghezza	μ
Corsia 1	300000,00	270,00	-325,00	300,00	-0,058
Corsia 2	200000,00	75,00	325,00	300,00	-0,058

Diagramma coeff. μ 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	265997,79	0,00	329857,33
100,00		25613781,78	247653,12	31827051,99	308299,85



200,00		49454983,51	229308,44	61571082,65	286742,38
300,00		71523605,19	210963,77	89232091,99	265184,90
400,00		91664546,05	192619,09	114627815,64	243627,43
500,00		109988592,36	174274,42	137888442,43	222069,95
600,00		126540058,62	155929,74	159066047,90	200512,48
700,00		141208158,57	137585,07	178030443,21	178955,00
800,00		154015049,46	119240,39	194807666,13	157397,53
900,00		165049360,30	100895,72	209501867,72	135840,05
1000,00		174255697,96	82551,04	221472155,63	99689,08
1100,00		181534354,80	64206,36	230025561,94	75451,16
1200,00		187051510,22	45861,69	236508965,81	53893,69
1300,00		190773928,34	27517,01	240883310,59	32336,21
1400,00		192546508,39	9172,34	242966331,92	10778,74
1450,00	mezzeria	192848400,93	0,00	243321096,49	0,00
1500,00		192546508,39	-9172,34	242966331,92	-10778,74
1600,00		190773928,34	-27517,01	240883310,59	-32336,21
1700,00		187051510,22	-45861,69	236508965,81	-53893,69
1800,00		181534354,80	-64206,36	230025561,94	-75451,16
1900,00		174255697,96	-82551,04	221472155,63	-97008,64
2000,00		165049360,30	-100895,72	209501867,72	-135840,05
2100,00		154015049,46	-119240,39	194807666,13	-157397,53
2200,00		141208158,57	-137585,07	178030443,21	-178955,00
2300,00		126540058,62	-155929,74	159066047,90	-200512,48
2400,00		109988592,36	-174274,42	137888442,43	-222069,95
2500,00		91664546,05	-192619,09	114627815,64	-243627,43
2600,00		71523605,19	-210963,77	89232091,99	-265184,90
2700,00		49454983,51	-229308,44	61571082,65	-286742,38



2800,00		25613781,78	-247653,12	31827051,99	-308299,85
2900,00	appoggio	0,00	-265997,79	0,00	-329857,33

Seconda fase - carichi permanenti

Sez.X	Descrizione	peso cordoli		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	38398,94	-3719947,53
100,00		3697557,13	35750,74	-3666311,83
200,00		7139227,96	33102,53	-3520008,09
300,00		10325012,48	30454,33	-3290211,27
400,00		13232520,64	27806,13	-2986493,20
500,00		15877745,34	25157,93	-2634088,44
600,00		18267083,73	22509,72	-2254478,77
700,00		20384542,92	19861,52	-1868517,41
800,00		22233321,49	17213,32	-1497822,48
900,00		23826213,75	14565,11	-1156693,35
1000,00		25155223,26	11916,91	-856423,02
1100,00		26205956,40	9268,71	-604322,84
1200,00		27002402,53	6620,51	-394228,53
1300,00		27539763,78	3972,30	-219993,57
1400,00		27795650,09	1324,10	-70887,28
1450,00	mezzeria	27839230,72	0,00	0,00
1500,00		27795650,09	-1324,10	70887,28
1600,00		27539763,78	-3972,30	219993,57
1700,00		27002402,53	-6620,51	394228,53
1800,00		26205956,40	-9268,71	604322,84



1900,00		25155223,26	-11916,91	856423,02
2000,00		23826213,75	-14565,11	1156693,35
2100,00		22233321,49	-17213,32	1497822,48
2200,00		20384542,92	-19861,52	1868517,41
2300,00		18267083,73	-22509,72	2254478,77
2400,00		15877745,34	-25157,93	2634088,44
2500,00		13232520,64	-27806,13	2986493,20
2600,00		10325012,48	-30454,33	3290211,27
2700,00		7139227,96	-33102,53	3520008,09
2800,00		3697557,13	-35750,74	3666311,83
2900,00	appoggio	0,00	-38398,94	3719947,53

Sez.X	Descrizione	permanenti portati		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	192614,92	-8089670,51
100,00		18547508,69	179331,13	-7973051,97
200,00		35811452,77	166047,34	-7654947,06
300,00		51791832,22	152763,55	-7155302,26
400,00		66376335,17	139479,77	-6494924,66
500,00		79645184,38	126195,98	-5728676,28
600,00		91630468,97	112912,19	-4903259,74
700,00		102251966,16	99628,40	-4064009,35
800,00		111525720,51	86344,62	-3257924,65
900,00		119515910,24	73060,83	-2516095,26
1000,00		126182423,96	59777,04	-1863073,66
1100,00		131453061,16	46493,26	-1314756,68
1200,00		135448156,02	33209,47	-857747,69



1300,00		138143641,71	19925,68	-478687,13
1400,00		139427206,33	6641,89	-154249,93
1450,00	mezzeria	139645813,43	0,00	0,00
1500,00		139427206,33	-6641,89	154249,93
1600,00		138143641,71	-19925,68	478687,13
1700,00		135448156,02	-33209,47	857747,69
1800,00		131453061,16	-46493,26	1314756,68
1900,00		126182423,96	-59777,04	1863073,66
2000,00		119515910,24	-73060,83	2516095,26
2100,00		111525720,51	-86344,62	3257924,65
2200,00		102251966,16	-99628,40	4064009,35
2300,00		91630468,97	-112912,19	4903259,74
2400,00		79645184,38	-126195,98	5728676,28
2500,00		66376335,17	-139479,77	6494924,66
2600,00		51791832,22	-152763,55	7155302,26
2700,00		35811452,77	-166047,34	7654947,06
2800,00		18547508,69	-179331,13	7973051,97
2900,00	appoggio	0,00	-192614,92	8089670,51

Seconda fase - carichi da traffico

Sez.X	Descrizione	Tandem-TS		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	362829,92	-631613,14
100,00		34909644,77	350054,21	-1689318,34
200,00		67350349,27	337278,51	-2750394,48
300,00		97322113,50	324502,81	-3781445,87



400,00		124608905,19	311727,11	-4691917,68
500,00		149365033,11	298951,41	-5369376,79
600,00		171652220,76	286175,71	-5719652,92
700,00		191316159,38	273400,00	-5654647,20
800,00		208387710,71	260624,30	-5189377,07
900,00		222990321,77	247848,60	-4427338,26
1000,00		235046838,19	235072,90	-3493946,65
1100,00		244418382,06	222297,20	-2550175,13
1200,00		251336416,54	209521,49	-1707686,66
1300,00		255754649,01	196745,79	-1008542,95
1400,00		257457047,17	183970,09	-427284,59
1450,00	mezzeria	257494267,51	-177582,24	-150015,74
1500,00		257457047,17	-183970,09	427284,59
1600,00		255754649,01	-196745,79	1008542,95
1700,00		251336416,54	-209521,49	1707686,66
1800,00		244418382,06	-222297,20	2550175,13
1900,00		235046838,19	-235072,90	3493946,65
2000,00		222990321,77	-247848,60	4427338,26
2100,00		208387710,71	-260624,30	5189377,07
2200,00		191316159,38	-273400,00	5654647,20
2300,00		171652220,76	-286175,71	5719652,92
2400,00		149365033,11	-298951,41	5369376,79
2500,00		124608905,19	-311727,11	4691917,68
2600,00		97322113,50	-324502,81	3781445,87
2700,00		67350349,27	-337278,51	2750394,48
2800,00		34909644,77	-350054,21	1689318,34
2900,00	appoggio	0,00	-362829,92	631613,14



Sez.X	Descrizione	Distribuito-UDL		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	200738,76	-9455084,54
100,00		19329780,28	187151,30	-9351664,34
200,00		37321859,50	174025,11	-9070057,50
300,00		53976237,67	161360,19	-8628852,75
400,00		69175865,93	149196,91	-8047143,81
500,00		83004350,61	137506,44	-7371906,03
600,00		95495134,24	126277,25	-6640393,20
700,00		106564610,49	115538,16	-5884687,31
800,00		116229500,63	105283,42	-5135252,55
900,00		124556689,71	95489,94	-4409936,73
1000,00		131504374,58	86172,17	-3720056,26
1100,00		136997309,54	77356,02	-3071634,99
1200,00		141160904,08	68998,27	-2459856,48
1300,00		143970076,30	61107,57	-1882681,24
1400,00		145307777,36	53724,27	-1340876,43
1450,00	mezzeria	145535604,57	45747,35	-1075919,65
1500,00		145307777,36	-53724,27	1340876,43
1600,00		143970076,30	-61107,57	1882681,24
1700,00		141160904,08	-68998,27	2459856,48
1800,00		136997309,54	-77356,02	3071634,99
1900,00		131504374,58	-86172,17	3720056,26
2000,00		124556689,71	-95489,94	4409936,73
2100,00		116229500,63	-105283,42	5135252,55
2200,00		106564610,49	-115538,16	5884687,31



2300,00		95495134,24	-126277,25	6640393,20
2400,00		83004350,61	-137506,44	7371906,03
2500,00		69175865,93	-149196,91	8047143,81
2600,00		53976237,67	-161360,19	8628852,75
2700,00		37321859,50	-174025,11	9070057,50
2800,00		19329780,28	-187151,30	9351664,34
2900,00	appoggio	0,00	-200738,76	9455084,54

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	0,00	0,00
100,00		0,00	0,00	0,00
200,00		0,00	0,00	0,00
300,00		0,00	0,00	0,00
400,00		0,00	0,00	0,00
500,00		0,00	0,00	0,00
600,00		0,00	0,00	0,00
700,00		0,00	0,00	0,00
800,00		0,00	0,00	0,00
900,00		0,00	0,00	0,00
1000,00		0,00	0,00	0,00
1100,00		0,00	0,00	0,00
1200,00		0,00	0,00	0,00
1300,00		0,00	0,00	0,00
1400,00		0,00	0,00	0,00
1450,00	mezzeria	0,00	0,00	0,00
1500,00		0,00	0,00	0,00



1600,00		0,00	0,00	0,00
1700,00		0,00	0,00	0,00
1800,00		0,00	0,00	0,00
1900,00		0,00	0,00	0,00
2000,00		0,00	0,00	0,00
2100,00		0,00	0,00	0,00
2200,00		0,00	0,00	0,00
2300,00		0,00	0,00	0,00
2400,00		0,00	0,00	0,00
2500,00		0,00	0,00	0,00
2600,00		0,00	0,00	0,00
2700,00		0,00	0,00	0,00
2800,00		0,00	0,00	0,00
2900,00	appoggio	0,00	0,00	0,00

Sez.X

gruppo1 (tab. 5.1.IV)

		M	V	T
0,00	appoggio	0,00	563568,68	-10086697,68
100,00		54239425,05	537205,51	-11040982,68
200,00		104672208,77	511303,62	-11820451,97
300,00		151298351,17	485863,00	-12410298,63
400,00		193784771,13	460924,02	-12739061,49
500,00		232369383,72	436457,85	-12741282,82
600,00		267147355,00	412452,96	-12360046,12
700,00		297880769,86	388938,17	-11539334,51
800,00		324617211,34	365907,72	-10324629,62
900,00		347547011,48	343338,54	-8837274,98

1000,00		366551212,77	321245,06	-7214002,91
1100,00		381415691,61	299653,22	-5621810,12
1200,00		392497320,63	278519,77	-4167543,14
1300,00		399724725,31	257853,36	-2891224,19
1400,00		402764824,53	237694,36	-1768161,02
1450,00	mezzeria	403029872,08	-131834,89	-1225935,39
1500,00		402764824,53	-237694,36	1768161,02
1600,00		399724725,31	-257853,36	2891224,19
1700,00		392497320,63	-278519,77	4167543,14
1800,00		381415691,61	-299653,22	5621810,12
1900,00		366551212,77	-321245,06	7214002,91
2000,00		347547011,48	-343338,54	8837274,98
2100,00		324617211,34	-365907,72	10324629,62
2200,00		297880769,86	-388938,17	11539334,51
2300,00		267147355,00	-412452,96	12360046,12
2400,00		232369383,72	-436457,85	12741282,82
2500,00		193784771,13	-460924,02	12739061,49
2600,00		151298351,17	-485863,00	12410298,63
2700,00		104672208,77	-511303,62	11820451,97
2800,00		54239425,05	-537205,51	11040982,68
2900,00	appoggio	0,00	-563568,68	10086697,68

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	359097,02
100,00		34578605,41	334331,71
200,00		66764227,74	309566,40
300,00		96556867,00	284801,09
400,00		123747137,17	260035,77
500,00		148484599,69	235270,46
600,00		170829079,14	210505,15
700,00		190631014,07	185739,84
800,00		207920316,77	160974,53
900,00		222816636,40	136209,22
1000,00		235245192,24	111443,90
1100,00		245071378,98	86678,59
1200,00		252519538,80	61913,28
1300,00		257544803,25	37147,97
1400,00		259937786,33	12382,66
1450,00	mezzeria	260345341,26	0,00
1500,00		259937786,33	-12382,66
1600,00		257544803,25	-37147,97
1700,00		252519538,80	-61913,28
1800,00		245071378,98	-86678,59
1900,00		235245192,24	-111443,90
2000,00		222816636,40	-136209,22
2100,00		207920316,77	-160974,53
2200,00		190631014,07	-185739,84
2300,00		170829079,14	-210505,15

2400,00		148484599,69	-235270,46
2500,00		123747137,17	-260035,77
2600,00		96556867,00	-284801,09
2700,00		66764227,74	-309566,40
2800,00		34578605,41	-334331,71
2900,00	appoggio	0,00	-359097,02

Al getto soletta

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G_{1k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G_{2k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G_{1k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G_{2k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M	V
0,00	appoggio	0,00	804404,41
100,00		77545125,59	750536,51
200,00		149885189,32	696668,61
300,00		217020191,19	642800,70
400,00		278494688,29	588932,80
500,00		334633996,98	535064,90
600,00		385568243,80	481196,99
700,00		430972112,40	427329,09
800,00		470910666,05	373461,19
900,00		505644157,83	319593,28
1000,00		534232602,34	246024,16
1100,00		555605887,60	188537,66
1200,00		571806642,65	134669,76
1300,00		582737272,56	80801,85
1400,00		587942334,42	26933,95
1450,00	mezzeria	588828821,51	0,00

1500,00		587942334,42	-26933,95
1600,00		582737272,56	-80801,85
1700,00		571806642,65	-134669,76
1800,00		555605887,60	-188537,66
1900,00		534232602,34	-242405,56
2000,00		505644157,83	-319593,28
2100,00		470910666,05	-373461,19
2200,00		430972112,40	-427329,09
2300,00		385568243,80	-481196,99
2400,00		334633996,98	-535064,90
2500,00		278494688,29	-588932,80
2600,00		217020191,19	-642800,70
2700,00		149885189,32	-696668,61
2800,00		77545125,59	-750536,51
2900,00	appoggio	0,00	-804404,41

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	1905983,07	-30773476,80
100,00		183581314,57	1793024,13	-31814425,55
200,00		354547808,06	1680687,92	-32192041,67



300,00		512899480,46	1568974,43	-31928641,75
400,00		657532534,93	1457938,15	-30971885,82
500,00		789235397,78	1347540,16	-29349765,62
600,00		908323439,54	1237764,90	-27084498,21
700,00		1014008233,90	1128651,27	-24196614,11
800,00		1106447466,12	1020191,51	-20847197,32
900,00		1186271877,25	912354,47	-17266000,14
1000,00		1252309926,90	785458,39	-13689685,49
1100,00		1303074704,15	675322,15	-10377414,52
1200,00		1341303502,95	569423,33	-7445013,29
1300,00		1366759795,40	464155,02	-4918174,66
1400,00		1378339784,65	359571,71	-2714090,11
1450,00	mezzeria	1379970830,45	-177977,10	-1655012,78
1500,00		1378339784,65	-359571,71	2714090,11
1600,00		1366759795,40	-464155,02	4918174,66
1700,00		1341303502,95	-569423,33	7445013,29
1800,00		1303074704,15	-675322,15	10377414,52
1900,00		1252309926,90	-781839,79	13689685,49
2000,00		1186271877,25	-912354,47	17266000,14
2100,00		1106447466,12	-1020191,51	20847197,32
2200,00		1014008233,90	-1128651,27	24196614,11
2300,00		908323439,54	-1237764,90	27084498,21
2400,00		789235397,78	-1347540,16	29349765,62
2500,00		657532534,93	-1457938,15	30971885,82
2600,00		512899480,46	-1568974,43	31928641,75
2700,00		354547808,06	-1680687,92	32192041,67
2800,00		183581314,57	-1793024,13	31814425,55



1900,00		174255697,96	-82551,04
2000,00		165049360,30	-100895,72
2100,00		154015049,46	-119240,39
2200,00		141208158,57	-137585,07
2300,00		126540058,62	-155929,74
2400,00		109988592,36	-174274,42
2500,00		91664546,05	-192619,09
2600,00		71523605,19	-210963,77
2700,00		49454983,51	-229308,44
2800,00		25613781,78	-247653,12
2900,00	appoggio	0,00	-265997,79

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	595855,12
100,00		57440833,77	555952,97
200,00		111026066,17	516050,82
300,00		160755697,18	476148,67
400,00		206292361,69	436246,52
500,00		247877034,80	396344,37
600,00		285606106,52	356442,22
700,00		319238601,78	316540,07
800,00		348822715,59	276637,92
900,00		374551228,02	236735,77
1000,00		395727853,58	182240,12
1100,00		411559916,74	139657,53

1200,00		423560476,03	99755,38
1300,00		431657238,93	59853,23
1400,00		435512840,31	19951,08
1450,00	mezzeria	436169497,42	0,00
1500,00		435512840,31	-19951,08
1600,00		431657238,93	-59853,23
1700,00		423560476,03	-99755,38
1800,00		411559916,74	-139657,53
1900,00		395727853,58	-179559,68
2000,00		374551228,02	-236735,77
2100,00		348822715,59	-276637,92
2200,00		319238601,78	-316540,07
2300,00		285606106,52	-356442,22
2400,00		247877034,80	-396344,37
2500,00		206292361,69	-436246,52
2600,00		160755697,18	-476148,67
2700,00		111026066,17	-516050,82
2800,00		57440833,77	-555952,97
2900,00	appoggio	0,00	-595855,12

Seconda fase - S.L.E. Rara 2^a 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	794582,53	-11809618,04
100,00		76484490,87	752287,37	-11639363,80
200,00		147622889,50	710453,49	-11174955,15



300,00		213415195,88	669080,88	-10445513,53
400,00		273393626,94	628209,92	-9481417,86
500,00		327892313,44	587811,75	-8362764,71
600,00		377044907,70	547874,87	-7157738,51
700,00		420517278,95	508428,09	-5932526,76
800,00		458376253,33	469465,65	-4755747,13
900,00		490889135,47	430964,49	-3672788,61
1000,00		517888859,98	392939,02	-2719496,68
1100,00		539074709,17	355415,18	-1919079,52
1200,00		554947879,19	318349,74	-1251976,23
1300,00		565408130,80	281751,35	-698680,69
1400,00		569987680,95	245660,35	-225137,21
1450,00	mezzeria	570514916,24	-131834,89	0,00
1500,00		569987680,95	-245660,35	1993298,24
1600,00		565408130,80	-281751,35	3589904,88
1700,00		554947879,19	-318349,74	5419519,36
1800,00		539074709,17	-355415,18	7540889,64
1900,00		517888859,98	-392939,02	9933499,59
2000,00		490889135,47	-430964,49	12510063,59
2100,00		458376253,33	-469465,65	15080376,76
2200,00		420517278,95	-508428,09	17471861,27
2300,00		377044907,70	-547874,87	19517784,63
2400,00		327892313,44	-587811,75	21104047,54
2500,00		273393626,94	-628209,92	22220479,35
2600,00		213415195,88	-669080,88	22855812,16
2700,00		147622889,50	-710453,49	22995407,12
2800,00		76484490,87	-752287,37	22680346,49

2900,00 appoggio 0,00 -794582,53 21896315,72

Seconda fase - S.L.E. Frequente 2^a 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	583431,80	-11809618,04
100,00		56159211,51	552483,04	-11639363,80
200,00		108392186,48	521718,80	-11174955,15
300,00		156698924,90	491139,07	-10445513,53
400,00		200735881,08	460759,99	-9481417,86
500,00		240748444,80	430570,04	-8362764,71
600,00		276834771,97	400564,59	-7157738,51
700,00		308749472,81	370755,19	-5932526,76
800,00		336541625,28	341139,53	-4755747,13
900,00		360407541,20	311708,37	-3672788,61
1000,00		380224525,68	282467,49	-2719496,68
1100,00		395771727,93	253427,27	-1919079,52
1200,00		407417232,60	224570,41	-1251976,23
1300,00		415087422,77	195900,36	-698680,69
1400,00		418438752,74	167433,27	-225137,21
1450,00	mezzeria	418819986,61	-114887,74	0,00
1500,00		418438752,74	-167433,27	1081951,23
1600,00		415087422,77	-195900,36	2208160,40
1700,00		407417232,60	-224570,41	3516683,81
1800,00		395771727,93	-253427,27	5060364,86

1900,00		380224525,68	-282467,49	6827979,17
2000,00		360407541,20	-311708,37	8757266,99
2100,00		336541625,28	-341139,53	10701880,96
2200,00		308749472,81	-370755,19	12527387,08
2300,00		276834771,97	-400564,59	14103635,48
2400,00		240748444,80	-430570,04	15338559,72
2500,00		200735881,08	-460759,99	16219213,64
2600,00		156698924,90	-491139,07	16733139,04
2700,00		108392186,48	-521718,80	16865774,01
2800,00		56159211,51	-552483,04	16647018,30
2900,00	appoggio	0,00	-583431,80	16065361,71

Seconda fase - S.L.E. Quasi permanente 2^a fase

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

Sez.X	Descrizione	M	V	T
0,00	appoggio	0,00	231013,85	-11809618,04
100,00		22245065,82	215081,86	-11639363,80
200,00		42950680,73	199149,87	-11174955,15
300,00		62116844,71	183217,88	-10445513,53
400,00		79608855,81	167285,89	-9481417,86
500,00		95522929,72	151353,90	-8362764,71
600,00		109897552,70	135421,91	-7157738,51
700,00		122636509,08	119489,92	-5932526,76
800,00		133759042,00	103557,93	-4755747,13
900,00		143342123,99	87625,94	-3672788,61
1000,00		151337647,21	71693,95	-2719496,68

1100,00		157659017,56	55761,96	-1919079,52
1200,00		162450558,56	39829,97	-1251976,23
1300,00		165683405,49	23897,98	-698680,69
1400,00		167222856,42	7965,99	-225137,21
1450,00	mezzeria	167485044,15	0,00	0,00
1500,00		167222856,42	-7965,99	225137,21
1600,00		165683405,49	-23897,98	698680,69
1700,00		162450558,56	-39829,97	1251976,23
1800,00		157659017,56	-55761,96	1919079,52
1900,00		151337647,21	-71693,95	2719496,68
2000,00		143342123,99	-87625,94	3672788,61
2100,00		133759042,00	-103557,93	4755747,13
2200,00		122636509,08	-119489,92	5932526,76
2300,00		109897552,70	-135421,91	7157738,51
2400,00		95522929,72	-151353,90	8362764,71
2500,00		79608855,81	-167285,89	9481417,86
2600,00		62116844,71	-183217,88	10445513,53
2700,00		42950680,73	-199149,87	11174955,15
2800,00		22245065,82	-215081,86	11639363,80
2900,00	appoggio	0,00	-231013,85	11809618,04

5.1.7.4 Soletta: valori caratteristici

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

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

caricoLM2 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	120,00
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	1324,35	-882,90
effetto locale permanenti non strutturali	540,00	-360,00
effetto locale LM2	12656,25	-12187,50
M tot. effetto locale	14520,60	-13430,40

5.1.7.5 Soletta: sollecitazioni SLU

Nelle combinazioni seguenti vengono sommati effetti globali ed effetti locali.

Persistenti/Transitorie

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G_{1k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G_{2k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G_{1k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G_{2k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,sup} \cdot G_{1k,i} + \sum \gamma_{G2,sup} \cdot G_{2k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G1,inf} \cdot G_{1k,i} + \sum \gamma_{G2,inf} \cdot G_{2k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M \max = 19683,81$$

$$M \min = -18185,04$$

5.1.7.6 Soletta: sollecitazioni SLE

Combinazioni Rare

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

$$M \max = 14520,60$$

$$M \min = -13430,40$$

Combinazioni Frequenti

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

$$M \max = 1864,35$$

$$M \min = -1242,90$$

Combinazioni Quasi Permanenti

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

M max = 1864,35

M min = -1242,90

5.1.7.7 Traverso in campata: valori caratteristici

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

Carichi permanenti

Sez.	Descrizione	peso cordoli	Perm Portati
-504,00	estremità dx	-329388,71	-767470,42
-500,00		-493603,12	-1145474,87
-400,00		-4126860,89	-9070898,06
-300,00		-6783442,50	-14794031,14
-200,00		-8592543,39	-18691254,31
-100,00		-9643363,03	-20954897,50
0,00	asse travi	-9988245,74	-21697807,83
100,00		-9643363,03	-20954897,50
200,00		-8592543,39	-18691254,31
300,00		-6783442,50	-14794031,14
400,00		-4126860,89	-9070898,06
500,00		-493603,12	-1145474,87
504,00	estremità sx	-329388,71	-767470,42

Carichi da traffico

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax	Mmin
-504,00	estremità dx	0,00	0,00



-500,00		240442,05	-209024,64
-400,00		7697285,25	-4357403,96
-300,00		7466280,24	-7347719,77
-200,00		13511220,51	-9410809,58
-100,00		15658690,14	-12867289,07
0,00	asse travi	16994948,33	-14129630,52
100,00		15658690,14	-12867289,07
200,00		13511220,51	-9410809,58
300,00		7466280,24	-7347719,77
400,00		7697285,25	-4357403,96
500,00		240442,05	-209024,64
504,00	estremità sx	0,00	0,00

Sez.	Descrizione	Distribuito-UDL	
		Mmax	Mmin
-504,00	estremità dx	0,00	-921583,77
-500,00		214474,03	-921583,77
-400,00		6983680,71	-4871361,94
-300,00		19538270,54	-8223975,68
-200,00		25342799,87	-10298313,39
-100,00		28431911,15	-11244814,11
0,00	asse travi	29685063,48	-10800723,80
100,00		28431911,15	-11057197,96
200,00		25342799,87	-10007367,64
300,00		19538270,54	-7637404,55
400,00		6983680,71	-4110990,65
500,00		214474,03	0,00

Combinazioni Rare

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

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-504,00	estremità dx	-1096859,14	-1096859,14
-500,00		-1184161,91	-2030956,55
-400,00		1483207,01	-21786847,41
-300,00		5427077,14	-36632427,86
-200,00		11570222,69	-46725065,85
-100,00		13492340,76	-54530192,64
0,00	asse travi	14993958,24	-56616407,89
100,00		13492340,76	-54530192,64
200,00		11570222,69	-46725065,85
300,00		5427077,14	-36632427,86
400,00		1483207,01	-21786847,41
500,00		-1184161,91	-2030956,55
504,00	estremità sx	-1096859,14	-1096859,14

Combinazioni Frequenti

$$E_d = E\{ \sum G1_{k,2}^a \text{ fase} + \sum G2_{k,2}^a \text{ fase} + \psi_1 \cdot Q_{k,\text{gruppo } 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-504,00	estremità dx	-1096859,14	-1096859,14
-500,00		-1372956,84	-1868988,04
-400,00		-4631322,73	-18158485,72
-300,00		-8162455,24	-30171157,25
-200,00		-7013262,36	-38354088,31
-100,00		-7481478,46	-44674584,55
0,00	asse travi	-7065816,93	-46603565,98

100,00		-7481478,46	-44674584,55
200,00		-7013262,36	-38354088,31
300,00		-8162455,24	-30171157,25
400,00		-4631322,73	-18158485,72
500,00		-1372956,84	-1868988,04
504,00	estremità sx	-1096859,14	-1096859,14

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
-504,00	estremità dx	-1096859,14	-1096859,14
-500,00		-1639077,99	-1639077,99
-400,00		-13197758,95	-13197758,95
-300,00		-21577473,64	-21577473,64
-200,00		-27283797,69	-27283797,69
-100,00		-30598260,53	-30598260,53
0,00	asse travi	-31686053,57	-31686053,57
100,00		-30598260,53	-30598260,53
200,00		-27283797,69	-27283797,69
300,00		-21577473,64	-21577473,64
400,00		-13197758,95	-13197758,95
500,00		-1639077,99	-1639077,99
504,00	estremità sx	-1096859,14	-1096859,14

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	162778,00

Azione longitudinale di frenamento q3 :

Forza totale sull'impalcato Fxq	438300,00
---------------------------------	-----------

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	277004,60	349296,58
2	277004,60	303746,29
3	277004,60	303746,29
4	277004,60	349296,58

Carichi permanenti di 2a fase

Trave	peso cordoli	permanentemente portati
1	39987,86	107414,11
2	37627,85	107784,10

3	37627,85	107784,10
4	39987,86	107414,11

Trave	x=0	x=Luce
1	89468,91	89468,91
2	84188,62	84188,62
3	84188,62	84188,62
4	89468,91	89468,91

Carichi da traffico

Trave	Tandem-TS	Distribuito-UDL	Folla Marciapiedi
1	362829,93	200738,76	0,00
2	318382,17	171342,27	0,00
3	271078,18	141747,84	0,00
4	223106,59	113295,49	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	1955632,47	1194814,74
2	1783898,38	1122770,37
3	1680085,50	1122770,37
4	1648957,54	1194814,74

Reazione laterale su spalla Ry = 122083,50

Reazione longitudinale totale Rx = 591705,00

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	800439,58	236870,89
2	719325,01	229600,56
3	642426,58	229600,56
4	573272,97	236870,89

Reazione laterale su spalla Ry = 81389,00

Reazione longitudinale totale Rx = 438300,00

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	371138,53	236870,89
2	364330,68	229600,56
3	364330,68	229600,56
4	371138,53	236870,89

Reazione laterale su spalla $R_y = 16277,80$

Reazione longitudinale totale $R_x = 0,00$

SLE Quasi permanenti

$$E_d = E\{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{1k,i} + \sum G_{2k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max	Rz min
1	236870,89	1E30
2	229600,56	1E30
3	229600,56	1E30
4	236870,89	1E30

Reazione laterale su spalla $R_y = 0,00$

Reazione longitudinale totale $R_x = 0,00$

5.1.9. DEFORMAZIONI

5.1.9.1 Prima fase

Trave	peso trave	peso soletta e traversi	carichi aggiuntivi
-------	------------	-------------------------	--------------------

1	1,9773	2,4986	0,0000
2	1,9773	2,1735	0,0000
3	1,9773	2,1735	0,0000
4	1,9773	2,4986	0,0000

5.1.9.2 Seconda fase

Carichi permanenti

Trave	peso cordoli	permanenti portati
1	0,1172	0,2731
2	0,1103	0,2731
3	0,1103	0,2731
4	0,1172	0,2731

Carichi da traffico

Trave	Tandem-TS	Distribuito-UDL	Folla marciapiedi
1	0,9026	0,6129	0,0000
2	0,7920	0,5231	0,0000
3	0,6744	0,4328	0,0000
4	0,5550	0,3459	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 ψ_E 0,2

q Coefficiente di struttura

η 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 :

	η	a_g/g	T_c^*	F_0
SLE	1,00	0,06	0,28	2,50
SLU	1,00	0,17	0,27	2,56

Forze verticali :

	η
SLE	1,00
SLU	1,00

Coefficiente di struttura $q = 1,50$

Dati Spalla

Altezza 450,00

B Trasversale 1206,00

B Longitudinale 220,00

Classe calcestruzzo C28/35 E = 3258810,78

5.1.10.2 Modello a mensola

Peso Impalcato 6599385,09

Peso Carichi Mobili 2506150,00

Aliquota Carichi Mobili 0,20

Peso Totale Struttura 7100615,09

Massa Struttura [Kg massa] 723813,97

Rigidezza 2658173,59

Periodo fondamentale [s] 0,1639

Peso spalla 2928137,85

Massa spalla [Kg massa] 298485,00

Modulo elastico spalla 3258811

Momento d'inerzia trasversale 32157579960,00

Momento d'inerzia longitudinale 1070124000,00

Rigidezza trasversale 3450056569,30

Rigidezza longitudinale 114809271,74

Periodo fondamentale (componente trasversale) [s] 0,0100

Periodo fondamentale (componente longitudinale) [s] 0,0548

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

Forze orizzontali

Valori per SLE

S_s 1,80

C_c 2,38

TB 0,22

TC 0,66

TD 1,84

Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente trasversale) S_e 0,1173

Forza 833082,27

Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente longitudinale) S_e 0,1511

Forza 1072567,02

Valori per SLU

S_s 1,73

C_c 2,39

TB 0,22

TC 0,65

TD 2,30

Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente trasversale) S_e 0,3241

Forza 2301291,54

Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente longitudinale) S_e 0,4213

Forza 2991785,27

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 0,83

Spettro di risposta elastico in accelerazione S_{ve} 0,0838

Valori per SLU

S_s 1,00

Fattore di amplificazione spettrale massima F_v 1,45

Spettro di risposta elastico S_{ve} 0,4000

5.1.10.3 Azioni sismiche SLE

Trave: azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	72637,65	-1147823,17
100,00		6999876,72	67732,26	-1131826,58
200,00		13525348,06	62834,60	-1088200,43
300,00		19576414,03	57944,67	-1019695,94
400,00		25111564,15	53063,15	-929178,15
500,00		30160448,76	48189,55	-824144,58
600,00		34734927,99	43323,67	-710931,83
700,00		38805351,52	38466,01	-595622,59
800,00		42377649,39	33616,47	-484476,02
900,00		45475541,90	28774,65	-381593,80
1000,00		48035964,17	22718,18	-290168,64
1100,00		49983991,25	17668,18	-212245,83
1200,00		51460577,98	12850,42	-146105,88
1300,00		52456829,27	8040,48	-90080,42
1400,00		52931234,65	3239,05	-41329,14
1450,00	mezzeria	53012031,81	766,53	-18027,86
1500,00		52931234,65	-3239,05	41329,14



1600,00		52456829,27	-8040,48	90080,42
1700,00		51460577,98	-12850,42	146105,88
1800,00		49983991,25	-17668,18	212245,83
1900,00		48035964,17	-22493,62	290168,64
2000,00		45475541,90	-28774,65	381593,80
2100,00		42377649,39	-33616,47	484476,02
2200,00		38805351,52	-38466,01	595622,59
2300,00		34734927,99	-43323,67	710931,83
2400,00		30160448,76	-48189,55	824144,58
2500,00		25111564,15	-53063,15	929178,15
2600,00		19576414,03	-57944,67	1019695,94
2700,00		13525348,06	-62834,60	1088200,43
2800,00		6999876,72	-67732,26	1131826,58
2900,00	appoggio	0,00	-72637,65	1147823,17

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	-69274,12	989395,98
100,00		-6675991,44	-64596,40	975132,28
200,00		-12899991,72	-59918,68	936224,67
300,00		-18672000,82	-55240,96	875112,90
400,00		-23952469,53	-50563,24	794342,10
500,00		-28769647,28	-45885,52	700622,64
600,00		-33134833,87	-41207,80	599666,96
700,00		-37019779,84	-36530,08	497020,15
800,00		-40430135,08	-31852,36	398430,93
900,00		-43388499,15	-27174,64	307701,93
1000,00		-45832507,64	-21274,30	227836,25

1100,00		-47688496,39	-16372,02	160778,24
1200,00		-49095318,90	-11694,30	104889,10
1300,00		-50044500,36	-7016,58	58534,65
1400,00		-50496491,53	-2338,86	18861,73
1450,00	mezzeria	-50573471,28	0,00	0,00
1500,00		-50496491,53	2338,86	-18861,73
1600,00		-50044500,36	7016,58	-58534,65
1700,00		-49095318,90	11694,30	-104889,10
1800,00		-47688496,39	16372,02	-160778,24
1900,00		-45832507,64	21049,74	-227836,25
2000,00		-43388499,15	27174,64	-307701,93
2100,00		-40430135,08	31852,36	-398430,93
2200,00		-37019779,84	36530,08	-497020,15
2300,00		-33134833,87	41207,80	-599666,96
2400,00		-28769647,28	45885,52	-700622,64
2500,00		-23952469,53	50563,24	-794342,10
2600,00		-18672000,82	55240,96	-875112,90
2700,00		-12899991,72	59918,68	-936224,67
2800,00		-6675991,44	64596,40	-975132,28
2900,00	appoggio	0,00	69274,12	-989395,98

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	343799,25	-14848458,12
100,00		33110898,60	320244,38	-14641523,25



200,00		63940400,69	296789,50	-14077167,08
300,00		92488506,27	273434,59	-13190980,02
400,00		118555593,15	250188,42	-12020024,78
500,00		142284248,60	227044,74	-10661290,50
600,00		163731507,54	204001,04	-9196748,98
700,00		182754782,70	181063,57	-7705086,81
800,00		199382591,52	158231,09	-6267273,66
900,00		213729003,82	135498,59	-4936369,75
1000,00		225674486,30	111646,57	-3753676,57
1100,00		235042470,72	88901,35	-2745652,35
1200,00		242143317,36	66480,05	-1890053,40
1300,00		246934250,03	44159,98	-1165297,36
1400,00		249215646,54	21949,90	-534641,64
1450,00	mezzeria	249604196,88	9916,00	-233211,79
1500,00		249215646,54	-21949,90	534641,64
1600,00		246934250,03	-44159,98	1165297,36
1700,00		242143317,36	-66480,05	1890053,40
1800,00		235042470,72	-88901,35	2745652,35
1900,00		225674486,30	-111422,00	3753676,57
2000,00		213729003,82	-135498,59	4936369,75
2100,00		199382591,52	-158231,09	6267273,66
2200,00		182754782,70	-181063,57	7705086,81
2300,00		163731507,54	-204001,04	9196748,98
2400,00		142284248,60	-227044,74	10661290,50
2500,00		118555593,15	-250188,42	12020024,78
2600,00		92488506,27	-273434,59	13190980,02
2700,00		63940400,69	-296789,50	14077167,08



2800,00		33110898,60	-320244,38	14641523,25
2900,00	appoggio	0,00	-343799,25	14848458,12
Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	161739,74	-10820222,06
100,00		15569074,38	150485,47	-10664231,52
200,00		30050689,01	139231,20	-10238730,48
300,00		43444843,89	127976,93	-9570400,63
400,00		55656386,28	116722,65	-8687075,76
500,00		66753282,43	105468,38	-7662142,07
600,00		76762718,83	94214,11	-6558071,55
700,00		85616729,25	82959,84	-5435506,61
800,00		93328906,92	71705,57	-4357316,20
900,00		99953624,84	60451,30	-3365086,67
1000,00		105505139,57	50419,66	-2491660,43
1100,00		109970521,18	39389,95	-1758301,28
1200,00		113355239,65	28135,68	-1147087,12
1300,00		115638905,13	16881,41	-640146,04
1400,00		116726364,89	5627,14	-206275,48
1450,00	mezzeria	116911572,87	0,00	0,00
1500,00		116726364,89	-5627,14	206275,48
1600,00		115638905,13	-16881,41	640146,04
1700,00		113355239,65	-28135,68	1147087,12
1800,00		109970521,18	-39389,95	1758301,28
1900,00		105505139,57	-50644,22	2491660,43
2000,00		99953624,84	-60451,30	3365086,67
2100,00		93328906,92	-71705,57	4357316,20



2200,00		85616729,25	-82959,84	5435506,61
2300,00		76762718,83	-94214,11	6558071,55
2400,00		66753282,43	-105468,38	7662142,07
2500,00		55656386,28	-116722,65	8687075,76
2600,00		43444843,89	-127976,93	9570400,63
2700,00		30050689,01	-139231,20	10238730,48
2800,00		15569074,38	-150485,47	10664231,52
2900,00	appoggio	0,00	-161739,74	10820222,06

Traverso: azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-504,00	estremità dx	-91893,58	-91893,58
-500,00		-133726,36	-140383,89
-400,00		-988675,88	-1176597,92
-300,00		-1480356,81	-1936876,12
-200,00		-1861166,63	-2453872,67
-100,00		-2087088,02	-2748883,04
0,00	asse travi	-2157224,52	-2835594,90
100,00		-2087088,02	-2748883,04
200,00		-1861166,63	-2453872,67
300,00		-1480356,81	-1936876,12
400,00		-988675,88	-1176597,92
500,00		-133726,36	-140383,89
504,00	estremità sx	-91893,58	-91893,58

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
-504,00	estremità dx	-1188752,71	-1188752,71
-500,00		-1729909,54	-1816032,67
-400,00		-12789698,69	-15220693,77
-300,00		-19150176,34	-25055796,65
-200,00		-24076404,34	-31743762,08
-100,00		-26998966,32	-35560072,18
0,00	asse travi	-27906265,40	-36681793,23
100,00		-26998966,32	-35560072,18
200,00		-24076404,34	-31743762,08
300,00		-19150176,34	-25055796,65
400,00		-12789698,69	-15220693,77
500,00		-1729909,54	-1816032,67
504,00	estremità sx	-1188752,71	-1188752,71

Appoggi: azione sismica caratteristica

Azione verticale

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$
1	-72008,80	-3349,26	72008,80	0,00
2	-67602,32	-2858,79	67602,32	0,00
3	-67602,32	-2365,02	67602,32	0,00
4	-72008,80	-1890,30	72008,80	0,00

Azione orizzontale

trasversale su spalla longitudinale intero impalcato

	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$
1	392693,52	14715,52	1011160,93	75712,14

Appoggi: Combinazione sismica

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	935180,86	900527,74
2	877953,77	837835,23
3	877953,77	822949,32
4	935180,86	856553,38

	reazioni massime	reazioni minime
1	Reazione trasversale su pila	1086873,07
2	Reazione longitudinale totale	407409,04

5.1.10.4 Azioni sismiche SLU

Trave: azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	346833,94	-5480684,64
100,00		33423368,60	323411,45	-5404303,33
200,00		64581522,20	300025,86	-5195994,95
300,00		93474460,80	276677,18	-4868896,22



400,00		119903978,09	253368,63	-4436687,27
500,00		144011650,00	230097,91	-3935167,59
600,00		165854106,90	206864,09	-3394593,60
700,00		185289772,88	183669,48	-2844009,16
800,00		202346963,09	160513,63	-2313300,83
900,00		217138938,31	137394,68	-1822053,55
1000,00		229364573,28	108475,93	-1385512,04
1100,00		238666112,38	84362,91	-1013442,24
1200,00		245716594,07	61358,82	-697633,83
1300,00		250473545,57	38392,11	-430120,57
1400,00		252738760,57	15465,98	-197340,51
1450,00	mezzeria	253124555,00	3660,08	-86080,34
1500,00		252738760,57	-15465,98	197340,51
1600,00		250473545,57	-38392,11	430120,57
1700,00		245716594,07	-61358,82	697633,83
1800,00		238666112,38	-84362,91	1013442,24
1900,00		229364573,28	-107403,67	1385512,04
2000,00		217138938,31	-137394,68	1822053,55
2100,00		202346963,09	-160513,63	2313300,83
2200,00		185289772,88	-183669,48	2844009,16
2300,00		165854106,90	-206864,09	3394593,60
2400,00		144011650,00	-230097,91	3935167,59
2500,00		119903978,09	-253368,63	4436687,27
2600,00		93474460,80	-276677,18	4868896,22
2700,00		64581522,20	-300025,86	5195994,95
2800,00		33423368,60	-323411,45	5404303,33
2900,00	appoggio	0,00	-346833,94	5480684,64



Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	-330773,58	4724218,44
100,00		-31876864,66	-308438,17	4656111,39
200,00		-61595538,81	-286102,76	4470333,33
300,00		-89156022,45	-263767,35	4178533,75
400,00		-114369473,92	-241431,94	3792865,18
500,00		-137370780,12	-219096,53	3345368,76
600,00		-158213895,81	-196761,11	2863320,40
700,00		-176763934,09	-174425,70	2373197,18
800,00		-193047872,34	-152090,29	1902448,34
900,00		-207173620,08	-129754,88	1469230,89
1000,00		-218843396,58	-101581,61	1087884,16
1100,00		-227705466,35	-78173,94	767692,13
1200,00		-234422834,30	-55838,53	500829,84
1300,00		-238955034,37	-33503,12	279494,24
1400,00		-241113224,87	-11167,71	90061,96
1450,00	mezzeria	-241480791,69	0,00	0,00
1500,00		-241113224,87	11167,71	-90061,96
1600,00		-238955034,37	33503,12	-279494,24
1700,00		-234422834,30	55838,53	-500829,84
1800,00		-227705466,35	78173,94	-767692,13
1900,00		-218843396,58	100509,35	-1087884,16
2000,00		-207173620,08	129754,88	-1469230,89
2100,00		-193047872,34	152090,29	-1902448,34
2200,00		-176763934,09	174425,70	-2373197,18
2300,00		-158213895,81	196761,11	-2863320,40

2400,00		-137370780,12	219096,53	-3345368,76
2500,00		-114369473,92	241431,94	-3792865,18
2600,00		-89156022,45	263767,35	-4178533,75
2700,00		-61595538,81	286102,76	-4470333,33
2800,00		-31876864,66	308438,17	-4656111,39
2900,00	appoggio	0,00	330773,58	-4724218,44

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	1213850,67	-19181319,59
100,00		116975224,25	1131876,54	-18914000,00
200,00		226022640,99	1050031,58	-18184961,60
300,00		327142250,22	968315,77	-17040180,30
400,00		419640368,78	886740,42	-15527533,89
500,00		504012484,63	805297,47	-13772313,51
600,00		580456792,98	723983,67	-11880410,74
700,00		648477805,83	642807,11	-9953473,38
800,00		708174620,81	561766,16	-8096098,48
900,00		759943628,26	480854,38	-6376829,51
1000,00		802730948,99	379644,43	-4849019,98
1100,00		835284508,59	295253,60	-3546848,76
1200,00		859959809,48	214743,83	-2441581,35
1300,00		876608205,26	134364,83	-1505337,51
1400,00		884536012,77	54127,91	-690653,00
1450,00	mezzeria	885886217,49	12809,55	-301264,27



1500,00		884536012,77	-54127,91	690653,00
1600,00		876608205,26	-134364,83	1505337,51
1700,00		859959809,48	-214743,83	2441581,35
1800,00		835284508,59	-295253,60	3546848,76
1900,00		802730948,99	-375891,73	4849019,98
2000,00		759943628,26	-480854,38	6376829,51
2100,00		708174620,81	-561766,16	8096098,48
2200,00		648477805,83	-642807,11	9953473,38
2300,00		580456792,98	-723983,67	11880410,74
2400,00		504012484,63	-805297,47	13772313,51
2500,00		419640368,78	-886740,42	15527533,89
2600,00		327142250,22	-968315,77	17040180,30
2700,00		226022640,99	-1050031,58	18184961,60
2800,00		116975224,25	-1131876,54	18914000,00
2900,00	appoggio	0,00	-1213850,67	19181319,59

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	496095,39	-7085399,60
100,00		47809034,94	462596,66	-6983252,41
200,00		92381208,08	429097,93	-6704621,82
300,00		133716519,43	395599,21	-6266979,78
400,00		171531743,58	362100,48	-5688552,68
500,00		206029184,39	328601,75	-5017395,96
600,00		237289763,41	295103,02	-4294418,11
700,00		265111176,77	261604,29	-3559329,57
800,00		289533885,24	228105,56	-2853298,79
900,00		310719731,93	194606,83	-2203557,71



1000,00		328222104,21	152352,46	-1631612,52
1100,00		341513467,95	117245,55	-1151387,39
1200,00		351588200,29	83746,82	-751146,38
1300,00		358385610,06	50248,09	-419186,45
1400,00		361622471,85	16749,36	-135075,25
1450,00	mezzeria	362173749,87	0,00	0,00
1500,00		361622471,85	-16749,36	135075,25
1600,00		358385610,06	-50248,09	419186,45
1700,00		351588200,29	-83746,82	751146,38
1800,00		341513467,95	-117245,55	1151387,39
1900,00		328222104,21	-150744,28	1631612,52
2000,00		310719731,93	-194606,83	2203557,71
2100,00		289533885,24	-228105,56	2853298,79
2200,00		265111176,77	-261604,29	3559329,57
2300,00		237289763,41	-295103,02	4294418,11
2400,00		206029184,39	-328601,75	5017395,96
2500,00		171531743,58	-362100,48	5688552,68
2600,00		133716519,43	-395599,21	6266979,78
2700,00		92381208,08	-429097,93	6704621,82
2800,00		47809034,94	-462596,66	6983252,41
2900,00	appoggio	0,00	-496095,39	7085399,60

Traverso: azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-504,00	estremità dx	-438778,13	-438778,13
-500,00		-638523,45	-670312,18

-400,00		-4720780,07	-5618079,80
-300,00		-7068483,24	-9248294,93
-200,00		-8886793,39	-11716876,45
-100,00		-9965534,39	-13125507,03
0,00	mezzeria	-10300425,74	-13539543,24
100,00		-9965534,39	-13125507,03
200,00		-8886793,39	-11716876,45
300,00		-7068483,24	-9248294,93
400,00		-4720780,07	-5618079,80
500,00		-638523,45	-670312,18
504,00	estremità sx	-438778,13	-438778,13

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
-504,00	estremità dx	-1535637,27	-1535637,27
-500,00		-2234706,63	-2345960,96
-400,00		-16521802,88	-19662175,65
-300,00		-24738302,77	-32367215,46
-200,00		-31102031,11	-41006765,86
-100,00		-34877412,69	-45936696,17
0,00	mezzeria	-36049466,61	-47385741,57
100,00		-34877412,69	-45936696,17
200,00		-31102031,11	-41006765,86
300,00		-24738302,77	-32367215,46

400,00		-16521802,88	-19662175,65
500,00		-2234706,63	-2345960,96
504,00	estremità sx	-1535637,27	-1535637,27

Appoggi: azione sismica caratteristica

Azione verticale

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$
1	-335907,04	-15623,67	335907,04	0,00
2	-315351,68	-13335,71	315351,68	0,00
3	-315351,68	-11032,35	315351,68	0,00
4	-335907,04	-8817,88	335907,04	0,00

Azione orizzontale

	trasversale su spalla		longitudinale intero impalcato	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0,20$
1	1084769,55		40649,89	2820501,01
				211189,10

Appoggi: Combinazione sismica

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	1199079,10	624355,09
2	1125703,13	579608,95
3	1125703,13	566532,62
4	1199079,10	585727,55

	reazioni massime	reazioni minime
1	Reazione trasversale su pila	3031690,11
2	Reazione longitudinale totale	1125419,44

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 proprio 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 = 60,00

Sbalzo destro = 60,00

In seconda fase la struttura è vincolata sugli appoggi definitivi:

appoggio	descrizione	X	luce campata
1	Spalla iniziale	0,00	
2	Spalla finale	2900,00	2900,00

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:

σ_{pi} è la tensione iniziale nel cavo;

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

Acciaio	classe	ρ_{1000}
1	2	2.5

$$\mu = \sigma_{pi} / f_{pk};$$

f_{pk} è la resistenza caratteristica a trazione dell'acciaio;

t è il tempo misurato in ore dalla messa in tensione.

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

Si ottiene così:

Armatura	classe	μ	$\Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi}$	
Trave 1 - gruppo 1	2	0,682	0,036	3,60%

Ritiro del calcestruzzo

L'accorciamento dovuto al ritiro viene assunto pari a :

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

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

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

Armatura	$\Delta\sigma_{ps}$		
Trave 1 - gruppo 1	$-0,00030 \cdot 20600000,00 =$	-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 :

$\Phi_{inf,1} = 2,3$ (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 A V H160 :

	accorciamento [cm]	rotaz. testata sinistra [rad]	rotaz. testata destra [rad]	freccia in mezzeria [cm]
al taglio trefoli	-0,8652	0,00412	-0,00412	2,7117
al getto soletta	-1,3460	0,00267	-0,00267	1,2251
dopo maturazione	-1,3502	0,00267	-0,00267	1,2267

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	-0,3142

Rotazioni in asse appoggi [rad] :

	dopo maturazione soletta	postesi e cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0,00000	0,00000	0,00408
Spalla finale	0,00000	0,00000	-0,00408

Frecce in mezzeria [cm] :

campata	dopo maturazione	postesi e	t=inf.	t=inf.	
X	soletta	cambio vincoli	comb. rara max	comb. rara min	
1	1450,00	1,2267	1,2267	1,7846	-0,1213

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 ε_{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

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

θ : inclinazione bielle compresse in cls

α_c : coeff. maggiorativo dovuto alla presenza dello sforzo assiale

A_{sj} : area acciaio in zona tesa

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

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

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

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

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

L'inclinazione così determinata viene comunque limitata come indicato nelle norme citate.

Verifica sezione X=0,00 – Appoggio

Prima fase: sola trave

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-48,20	0,00
2	-68,30	134,00
3	-93,00	147,00
4	-125,00	155,00
5	-125,00	160,00
6	-58,00	160,00
7	-38,20	28,10
8	-31,30	21,60
9	0,00	19,00
10	31,30	21,60
11	38,20	28,10
12	58,00	160,00
13	125,00	160,00

14	125,00	155,00
15	93,00	147,00
16	68,30	134,00
17	48,20	0,00
18	-48,20	0,00

$$A = 7479,990$$

$$J_f = 24411727,6136$$

$$Y_g = 79,97$$

<nessuna armatura di precompressione>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	15,205	4Ø22 armatura longit. appoggio

$$n = 15,000$$

$$A_{i,d} = 7692,864$$

$$J_{f,d} = 25638112,5880$$

$$Y_{g,id} = 77,84$$

Sollecitazioni :

istante	M _{esterno}
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 :

	σ_{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	ε_{sup}	Z ε_{sup}	ε_{inf}	Z ε_{inf}
(+)	152,52	9,190059E7	-0,00050	160,00	0,01000	3,00
(-)	2,16	-915107,60	0,00137	3,00	-0,00350	0,00

6.1.1.2 Verifica rottura a taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	bw	Staffe:	A _{sw}
	0,785	28,40		0,452

d	K	A _{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
157,00	1,357	15,205	0,0034	0,00	1,000

V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}
181283,40	2501320,00	2595189,00

$$V_{d,max} = 804404,41 < 2501319,68$$

Seconda fase: trave + getto in opera



Verifica in esercizio

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z	
1	-48,20	0,00	
2	-68,30	134,00	
3	-93,00	147,00	
4	-125,00	155,00	
5	-125,00	160,00	
6	-58,00	160,00	
7	-38,20	28,10	
8	-31,30	21,60	
9	0,00	19,00	
10	31,30	21,60	
11	38,20	28,10	
12	58,00	160,00	
13	125,00	160,00	
14	125,00	155,00	
15	93,00	147,00	
16	68,30	134,00	
17	48,20	0,00	fine prefabb.
18	-48,20	0,00	
19	-167,00	190,00	getto in opera
20	126,00	190,00	(m=1,000)
21	126,00	160,00	
22	-167,00	160,00	
23	-167,00	190,00	

A = 16269,990

J_f = 61561953,8553

$$Y_g = 131,31$$

<nessuna armatura di precompressione>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	15,205	4Ø22 armatura longit. appoggio

$$n = 15,000$$

$$A_{id} = 16482,864$$

$$J_{f,id} = 65021484,5160$$

$$Y_{g,id} = 129,66$$

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%	7773,26	6,2%

Tensioni sul cls - TRAVE A V H160 :

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

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

Tensioni sugli acciai :

	σ_{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	$\Delta \epsilon_{sp}$				
Armature pretese	0,00	0,00000				
fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	Z ϵ_{sup}	ϵ_{inf}	Z ϵ_{inf}
(+)	183,11	1,098733E8	-0,00038	190,00	0,01000	3,00
(-)	2,16	-918547,60	0,00137	3,00	-0,00350	0,00

Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
---------------	----------------	-------	---------	----------

0,785 28,40 0,452

d	K	A _{sl}	ρ _l	σ _{cp}	α _c
187,00	1,327	15,205	0,0029	0,00	1,000

V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}
199212,00	2979279,00	3091085,00

$$V_{d,max} = 1905983,07 < 2979278,85$$

Verifica rottura per torsione

Calcestruzzo:	θ [rad]	f' _{cd}	Staffe:	A _{sw}	f _{yd}
	0,785	1293,42		0,452	39130,43

A _k	t _{min}	u _k
17772,000	14,00	547,00

T _{Rcd}	T _{Rsd}
3,218124E8	6,292067E8

$$T_{d,max} = 30773476,80 < 321812414,00$$

Area armatura longitudinale necessaria=126,564

Verifica sezione X=375,00 - L/8

Prima fase: sola trave



n.	Y	Z
1	-48,20	0,00
2	-68,30	134,00
3	-93,00	147,00
4	-125,00	155,00
5	-125,00	160,00
6	-58,00	160,00
7	-38,20	28,10
8	-31,30	21,60
9	0,00	19,00
10	31,30	21,60
11	38,20	28,10
12	58,00	160,00
13	125,00	160,00
14	125,00	155,00
15	93,00	147,00
16	68,30	134,00
17	48,20	0,00
18	-48,20	0,00

$$A = 7479,990$$

$$J_f = 24411727,6136$$

$$Y_g = 79,97$$

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	155,00	5,560

2	149,00	5,560
3	15,50	13,900
4	10,50	22,240
5	5,50	20,850

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 1
2	16,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 2
3	157,00	30,411	8Ø22 lembo superiore

n = 6,000

$A_{i,d} = 8238,686$

$J_{f,id} = 28275214,4271$

$Y_{g,id} = 77,18$

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	86778872,28	-8316471,64	-389896020,26
prima del getto	86778872,28	-7755704,36	-363605912,86
dopo getto 2a fase	195233511,93	-7753114,79	-363484507,66

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	-189,63	-1773,46
prima del getto	-193,98	-1637,90
dopo getto 2a fase	-511,65	-1341,86

Tensioni sugli acciai :

	σ_{sp}	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
t=0 dopo taglio trefoli	114874,12	-8718,79	-1096,64
prima del getto	107173,95	-8054,14	-1105,29
dopo getto 2a fase	108019,52	-6631,46	-2636,07

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	41,3%	5487,13	4,4%

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%	25,35	0,0%

Momenti di rottura in flessione retta

$\Delta\varepsilon$ armature pretese: $\varepsilon_{sp,z=33,09}=0,00553$

fless.	Z asse neutro	Mr	ε_{sup}	Z ε_{sup}	ε_{inf}	Z ε_{inf}
(+)	61,95	1,269664E9	-0,00350	160,00	0,00210	3,00
(-)	32,08	-4,035391E8	0,01000	157,00	-0,00257	0,00

$M_{d,max} = 263565241,11 < M_r$

Verifica rottura a taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0,381	28,40		0,226

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
157,00	1,357	41,531	0,0093	1036,86	1,250

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
946878,20	3126644,00	2237235,00

$V_{d,max} = 602399,78 < 2237234,65$

Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-511,67	-1341,23
getto in opera	0,00	0,00

Verifica in esercizio

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z	
1	-48,20	0,00	
2	-68,30	134,00	
3	-93,00	147,00	
4	-125,00	155,00	
5	-125,00	160,00	
6	-58,00	160,00	
7	-38,20	28,10	
8	-31,30	21,60	
9	0,00	19,00	
10	31,30	21,60	
11	38,20	28,10	
12	58,00	160,00	
13	125,00	160,00	
14	125,00	155,00	
15	93,00	147,00	
16	68,30	134,00	
17	48,20	0,00	fine prefabb.
18	-48,20	0,00	
19	-167,00	190,00	getto in opera
20	126,00	190,00	(m=0,895)
21	126,00	160,00	
22	-167,00	160,00	
23	-167,00	190,00	

A = 15345,999

$$J_f = 59622961,2424$$

$$Y_g = 128,68$$

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	155,00	5,560
2	149,00	5,560
3	15,50	13,900
4	10,50	22,240
5	5,50	20,850

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 1
2	16,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 2
3	157,00	30,411	8Ø22 lembo superiore
4	163,00	50,265	16Ø20 superiore
5	187,00	50,265	16Ø20 inferiore

$$n = 6,000$$

$$A_{id} = 16607,349$$

$$J_{f,id} = 68661614,6088$$

$$Y_{g,id} = 126,47$$

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 58,5% 7773,26 6,2%

Tensioni sul cls - TRAVE A V H160 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	-511,67	-511,67	-1341,23	-1341,23
t=inf.-SLE Rare	-500,53	-626,92	-666,37	-1143,17

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	-21,40	-235,71	9,97	-103,14

Tensioni sugli acciai :

	σ_{sp}	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
dopo iniezione cavi	107983,96	-6628,39	-2636,11
t=inf.-SLE Rare	110541,18	-3328,17	-2738,13
t=inf.-SLE Frequenti	110073,38	-3946,72	-2738,13
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	109293,46	-4977,97	-2738,13

Momenti di rottura per flessione retta

armature di precompressione :

	Z	$\Delta \epsilon_{sp}$				
fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	Z ϵ_{sup}	ϵ_{inf}	Z ϵ_{inf}
(+)	159,51	1,80022E9	-0,00195	190,00	0,01000	3,00
(-)	58,68	-1,00229E9	0,00765	187,00	-0,00350	0,00

$$M_{d,max} = 622438646,84 < M_r$$

Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0,381	28,40		0,226

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
187,00	1,327	131,352	0,0200	924,82	1,250

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
1117547,00	3724099,00	2664728,00

$$V_{d,max} = 1485644,68 < 2664728,24$$

Verifica rottura per torsione

Calcestruzzo:	θ [rad]	f'_{cd}	Staffe:	A_{sw}	f_{yd}
	0,381	1293,42		0,226	39130,43

A_k	t_{min}	u_k
17772,000	14,00	547,00

T_{Rcd}	T_{Rsd}
2,219396E8	7,865084E8

$$T_{d,max} = 31265377,16 < 221939595,86$$

Area armatura longitudinale necessaria=218,213

Verifica sezione X=725,00 - L/4

Prima fase: sola trave

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-48,20	0,00
2	-68,30	134,00
3	-93,00	147,00
4	-125,00	155,00
5	-125,00	160,00
6	-58,00	160,00
7	-38,20	28,10
8	-31,30	21,60
9	0,00	19,00
10	31,30	21,60
11	38,20	28,10
12	58,00	160,00
13	125,00	160,00
14	125,00	155,00
15	93,00	147,00
16	68,30	134,00
17	48,20	0,00
18	-48,20	0,00

$A = 7479,990$

$J_f = 24411727,6136$

$Y_g = 79,97$

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	155,00	5,560
2	149,00	5,560
3	15,50	13,900
4	10,50	22,240
5	5,50	20,850

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 1
2	16,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 2
3	157,00	30,411	8Ø22 lembo superiore

$n = 6,000$

$A_{id} = 8238,686$

$J_{f,id} = 28275214,4271$

$Y_{g,id} = 77,18$

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	144576060,67	-8316471,64	-389896020,26

prima del getto	144576060,67	-7778999,34	-364698037,43
dopo getto 2a fase	326996092,86	-7776706,41	-364590539,44

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	-358,92	-1615,69
prima del getto	-363,09	-1485,77
dopo getto 2a fase	-897,40	-987,82

Tensioni sugli acciai :

	σ_{sp}	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
t=0 dopo taglio trefoli	115324,74	-7960,62	-1912,42
prima del getto	107944,44	-7323,58	-1920,71
dopo getto 2a fase	109366,69	-4930,63	-4495,48

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	39,8%	5145,11	4,1%

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% 21,00 0,0%

Momenti di rottura in flessione retta

$\Delta\varepsilon$ armature pretese: $\varepsilon_{sp,z=33,09}=0,00554$

fless.	Z asse neutro	Mr	ε_{sup}	Z ε_{sup}	ε_{inf}	Z ε_{inf}
(+)	61,88	1,269492E9	-0,00350	160,00	0,00210	3,00
(-)	32,14	-4,03467E8	0,01000	157,00	-0,00257	0,00

$M_{d,max} = 441444725,36 < M_r$

Verifica rottura a taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0,381	28,40		0,226

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
157,00	1,357	110,209	0,0200	1039,97	1,250

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
1022476,00	3126644,00	2237235,00

$V_{d,max} = 413862,11 < 2237234,65$

Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-897,42	-987,27
getto in opera	0,00	0,00

Verifica in esercizio

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z	
1	-48,20	0,00	
2	-68,30	134,00	
3	-93,00	147,00	
4	-125,00	155,00	
5	-125,00	160,00	
6	-58,00	160,00	
7	-38,20	28,10	
8	-31,30	21,60	
9	0,00	19,00	
10	31,30	21,60	
11	38,20	28,10	
12	58,00	160,00	
13	125,00	160,00	
14	125,00	155,00	
15	93,00	147,00	
16	68,30	134,00	
17	48,20	0,00	fine prefabb.
18	-48,20	0,00	
19	-167,00	190,00	getto in opera
20	126,00	190,00	(m=0,895)
21	126,00	160,00	



22	-167,00	160,00
23	-167,00	190,00

$$A = 15345,999$$

$$J_f = 59622961,2424$$

$$Y_g = 128,68$$

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	155,00	5,560
2	149,00	5,560
3	15,50	13,900
4	10,50	22,240
5	5,50	20,850

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 1
2	16,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 2
3	157,00	30,411	8Ø22 lembo superiore
4	163,00	50,265	16Ø20 superiore
5	187,00	50,265	16Ø20 inferiore

$$n = 6,000$$

$$A_{i,d} = 16607,349$$

$$J_{f,id} = 68661614,6088$$

$$Y_{g,id} = 126,47$$

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	60,1%	7773,26	6,2%

Tensioni sul cls - TRAVE A V H160 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	-897,42	-897,42	-987,27	-987,27
t=inf.-SLE Rare	-886,28	-1096,48	3,74	-789,21

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	-21,40	-377,81	9,97	-178,13

Tensioni sugli acciai :

	σ_{sp}	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
dopo iniezione cavi	109335,21	-4927,91	-4495,52
t=inf.-SLE Rare	113059,55	-84,47	-4597,53
t=inf.-SLE Frequenti	112281,50	-1113,25	-4597,53
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	110986,04	-2826,16	-4597,53

Momenti di rottura per flessione retta armature di precompressione :

Z $\Delta\epsilon_{sp}$

Armature pretese 33,09 0,00535

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	$Z\epsilon_{sup}$	ϵ_{inf}	$Z\epsilon_{inf}$
(+)	159,49	1,800512E9	-0,00195	190,00	0,01000	3,00
(-)	59,73	-9,997466E8	0,00746	187,00	-0,00350	0,00

$M_{d,max} = 1038300681,43 < M_r$

Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0,381	28,40		0,226

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
187,00	1,327	110,209	0,0200	927,98	1,250

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
1120059,00	3724099,00	2664728,00

$V_{d,max} = 1101477,95 < 2664728,24$

Verifica rottura per torsione

Calcestruzzo:	θ [rad]	f'_{cd}	Staffe:	A_{sw}	f_{yd}
	0,381	1293,42		0,226	39130,43

A_k	t_{min}	u_k
17772,000	14,00	547,00

T_{Rcd}	T_{Rsd}



2,219396E8

7,865084E8

$$T_{d,max} = 23394014,98 < 221939595,86$$

Area armatura longitudinale necessaria=218,213

Verifica sezione X=1450,00 - L/2

Prima fase: sola trave

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z
1	-48,20	0,00
2	-68,30	134,00
3	-93,00	147,00
4	-125,00	155,00
5	-125,00	160,00
6	-58,00	160,00
7	-38,20	28,10
8	-31,30	21,60
9	0,00	19,00
10	31,30	21,60
11	38,20	28,10
12	58,00	160,00
13	125,00	160,00
14	125,00	155,00
15	93,00	147,00
16	68,30	134,00
17	48,20	0,00
18	-48,20	0,00

$$A = 7479,990$$

$$J_f = 24411727,6136$$

$$Y_g = 79,97$$

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	155,00	5,560
2	149,00	5,560
3	15,50	13,900
4	10,50	22,240
5	5,50	20,850

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 1
2	16,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 2
3	157,00	30,411	8Ø22 lembo superiore

$$n = 6,000$$

$$A_{id} = 8238,686$$

$$J_{f,id} = 28275214,4271$$

$$Y_{g,id} = 77,18$$

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	$M_{\text{esternò}}$	$N_{\text{precomp.}}$	$M_{\text{precomp.}}$
t=0 dopo taglio trefoli	192848400,93	-8316471,64	-389896020,26
prima del getto	192848400,93	-7798455,37	-365610182,31
dopo getto 2a fase	436169497,42	-7796408,18	-365514205,25

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,\text{max}}$	$\sigma_{i,\text{max}}$
t=0 dopo taglio trefoli	-500,31	-1483,92
prima del getto	-504,33	-1358,70
dopo getto 2a fase	-1217,02	-694,52

Tensioni sugli acciai :

	σ_{sp}	$\sigma_{\text{long,inf}}$	$\sigma_{\text{long,sup}}$
t=0 dopo taglio trefoli	115701,10	-7327,40	-2593,76
prima del getto	108587,96	-6713,41	-2601,75
dopo getto 2a fase	110485,03	-3521,58	-6036,11

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{\text{sp}}$	$\Delta\sigma_{\text{sp}}/\sigma_{\text{spl}}$
ritiro cls	25,5%	1575,90	1,3%
rilassamento acciaio	19,1%	1170,23	0,9%
viscosità cls	38,4%	4859,45	3,9%

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	0,1%	17,39	0,0%

Momenti di rottura in flessione retta

$\Delta\varepsilon$ armature pretese: $\varepsilon_{sp,z=33,09}=0,00556$

fless.	Z asse neutro	Mr	ε_{sup}	Z ε_{sup}	ε_{inf}	Z ε_{inf}
(+)	61,81	1,269326E9	-0,00350	160,00	0,00210	3,00
(-)	32,20	-4,033949E8	0,01000	157,00	-0,00258	0,00

$M_{d,max} = 588828821,51 < M_r$

Verifica rottura a taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0,381	28,40		0,226

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
157,00	1,357	110,209	0,0200	1042,58	1,250

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
1024216,00	3126644,00	2237235,00

$V_{d,max} = 0,00 < 2237234,65$

Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-1217,04	-694,02
getto in opera	0,00	0,00

Sezione di calcolo :

n.	Y	Z	
1	-48,20	0,00	
2	-68,30	134,00	
3	-93,00	147,00	
4	-125,00	155,00	
5	-125,00	160,00	
6	-58,00	160,00	
7	-38,20	28,10	
8	-31,30	21,60	
9	0,00	19,00	
10	31,30	21,60	
11	38,20	28,10	
12	58,00	160,00	
13	125,00	160,00	
14	125,00	155,00	
15	93,00	147,00	
16	68,30	134,00	
17	48,20	0,00	fine prefabb.
18	-48,20	0,00	
19	-167,00	190,00	getto in opera
20	126,00	190,00	(m=0,895)
21	126,00	160,00	
22	-167,00	160,00	

23 -167,00 190,00

$A = 15345,999$

$J_f = 59622961,2424$

$Y_g = 128,68$

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	155,00	5,560
2	149,00	5,560
3	15,50	13,900
4	10,50	22,240
5	5,50	20,850

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	3,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 1
2	16,00	26,609	7Ø22 lembo inferiore 2
3	157,00	30,411	8Ø22 lembo superiore
4	163,00	50,265	16Ø20 superiore
5	187,00	50,265	16Ø20 inferiore

$n = 6,000$

$A_{id} = 16607,349$

$J_{f,id} = 68661614,6088$

$Y_{g,id} = 126,47$

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	61,4%	7773,26	6,2%

Tensioni sul cls - TRAVE A V H160 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo iniezione cavi	-1217,04	-1217,04	-694,02	-694,02

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	-21,40	-493,75	9,97	-239,32

Tensioni sugli acciai :

	σ_{sp}	$\sigma_{long,inf}$	$\sigma_{long,sup}$
dopo iniezione cavi	110456,92	-3519,15	-6036,14
t=inf.-SLE Rare	115133,50	2583,39	-6138,16
t=inf.-SLE Frequenti	114101,95	1219,43	-6138,16
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	112392,84	-1040,44	-6138,16

Momenti di rottura per flessione retta

armature di precompressione :

	Z	$\Delta\varepsilon_{sp}$
Armature pretese	33,09	0,00540

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	Z ϵ_{sup}	ϵ_{inf}	Z ϵ_{inf}
(+)	159,47	1,800738E9	-0,00195	190,00	0,01000	3,00
(-)	60,62	-9,976437E8	0,00730	187,00	-0,00350	0,00

$$M_{d,max} = 1379970830,45 < M_r$$

Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo:		θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
		0,381	28,40		0,226
d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
187,00	1,327	110,209	0,0200	930,61	1,250
V_{Rd}		V_{Rsd}	V_{Rcd}		
1122157,00		3724099,00	2664728,00		

$$V_{d,max} = 177977,10 < 2664728,24$$

Verifica rottura per torsione

Calcestruzzo:		θ [rad]	f'_{cd}	Staffe:	A_{sw}	f_{yd}
		0,381	1293,42		0,226	39130,43
A_k	t_{min}	u_k				
17772,000	14,00	547,00				



T_{Rcd}	T_{Rsd}
2,219396E8	7,865084E8

$$T_{d,max} = 1655012,78 < 221939595,86$$

Area armatura longitudinale necessaria=218,213

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 in gomma

Si scelgono in base al carico massimo verticale agente sull'appoggio (circa 1960.00 KN).

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

spostamento massimo +/- 69 mm

carico verticale massimo in condizioni statiche 1960.00 KN

carico verticale massimo in condizioni sismiche 1135.00 KN

smorzamento 10%

k_r (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 138 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

STATO LIMITE	M ⁺ (KNm)	M ⁻ (KNm)
SLU	19.68	- 18.18
SLE RARE	14.52	- 13.43
SLE FREQUENTI	--	--
SLE QUASI PERMANENTI	--	--

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*25.

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

Vert.	X	Y
	n.	cm
	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.		
n.	cm	cm	cm	cmq	(s/n)
1	19.8	20.3	3.1		no
2	34.9	20.3	3.1		no
3	50.0	20.3	3.1		no
4	65.1	20.3	3.1		no
5	80.2	20.3	3.1		no
6	80.2	4.7	3.1		no
7	65.1	4.7	3.1		no
8	50.0	4.7	3.1		no
9	34.9	4.7	3.1		no
10	19.8	4.7	3.1		no

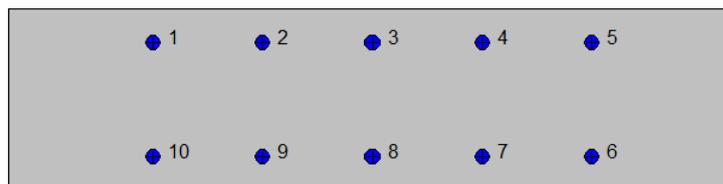


FIGURA 8-2 ARMATURE

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	114.7054	0.0000	Fibre inferiori tese
0.00	-114.7054	0.0000	Fibre superiori tese
0.00	0.0000	456.6974	Fibre di sinistra tese
0.00	0.0000	-456.6974	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	19.6800	0.0000	P	0.00	114.7054	0.0000	0.170	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00	114.7054	0.0000	0.170	
2	0.00	-18.1800	0.0000	P	0.00	-114.7054	0.0000	0.160	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00	-114.7054	0.0000	0.160	

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	19.6800	0.0000	P	0.00	114.7054	0.0000	0.170	OK
1	0.00	19.6800	0.0000	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK
1	0.00	19.6800	0.0000	N	0.00	114.7054	0.0000	0.170	OK

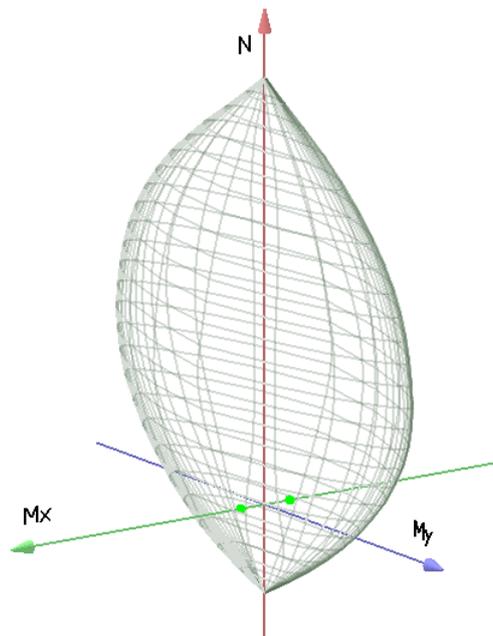


FIGURA 8-3 DOMINIO SLU

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare

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

CLS: $\sigma_L = 19.92 \text{ kN/mq}$ (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	σ	σ/σ_L	σ_a	σ_a/σ_aL
n. e stato		kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
3 OK		14.5200	0.0000	0.00	-1.90	0.10	52.82	0.15
4 OK		-13.4300	0.0000	0.00	-1.76	0.09	48.86	0.14



Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti

Non si ritiene necessario effettuare tale verifica in quanto le sollecitazioni risultano molto basse.

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

Non si ritiene necessario effettuare tale verifica in quanto le sollecitazioni risultano molto basse.

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.

In questo caso specifico si ritiene di non dimensionare il calcolo della predalle esterna a sbalzo in quanto lo sbalzo risulta particolarmente ridotto.

Per elementi di maggiore dettaglio si rimanda agli elaborati grafici in allegato al presente progetto.

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.

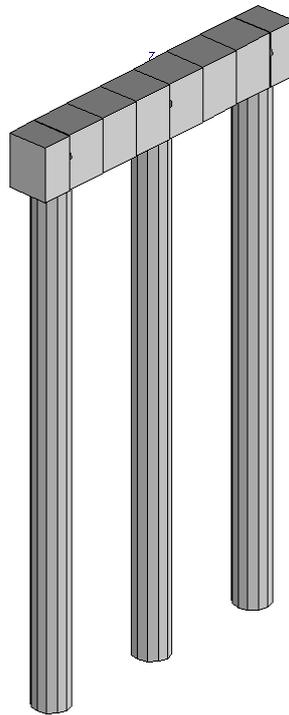


FIGURA 10-1 MODELLAZIONE UTILIZZATA VISTA 3D

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

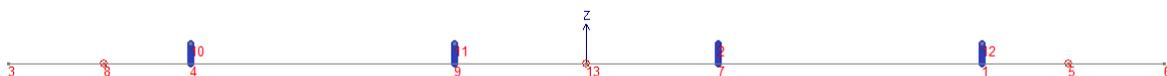


FIGURA 10-2 NUMERAZIONE DEI NODI

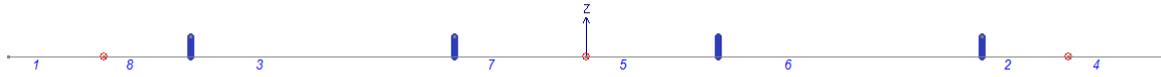


FIGURA 10-3 NUMERAZIONE DELLE ASTE

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

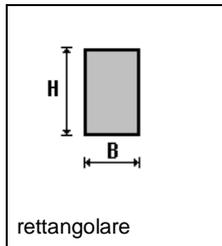
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

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	5.280e+04	4.400e+04	4.400e+04	3.904e+08	2.130e+08	2.534e+08	1.936e+06	2.112e+06	2.904e+06	3.168e+06

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	8	3	1					
2	Trave	1	5	3	1					
3	Trave	4	9	3	1					
4	Trave	5	6	3	1					
5	Trave	13	7	3	1					
6	Trave	7	1	3	1					
7	Trave	9	13	3	1					
8	Trave	8	4	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 rigidezza 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	137.5	20.0	3	0.0	-602.5	0.0	6	0.0	602.5	0.0

10 0.0 -412.5 20.0 11 0.0 -137.5 20.0 12 0.0 412.5 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	412.5	0.0	ISO=1						
4	0.0	-412.5	0.0	ISO=1						
5	0.0	502.5	0.0	FS=1						
7	0.0	137.5	0.0	ISO=1						
8	0.0	-502.5	0.0	FS=1						
9	0.0	-137.5	0.0	ISO=1						
13	0.0	0.0	0.0	FS=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	cm daN/cm ²	daN/cm ²	
1) ISOLATORE	1880.0	1.880e+08	10.0	20.0	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	412.5	0.0	ISOLATORE			1880.0	10.0			
4	0.0	-412.5	0.0	ISOLATORE			1880.0	10.0			
7	0.0	137.5	0.0	ISOLATORE			1880.0	10.0			
9	0.0	-137.5	0.0	ISOLATORE			1880.0	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 4.50 ml, quindi consideriamo alla base della spalla un carico massimo di **37.44 KN/mq**

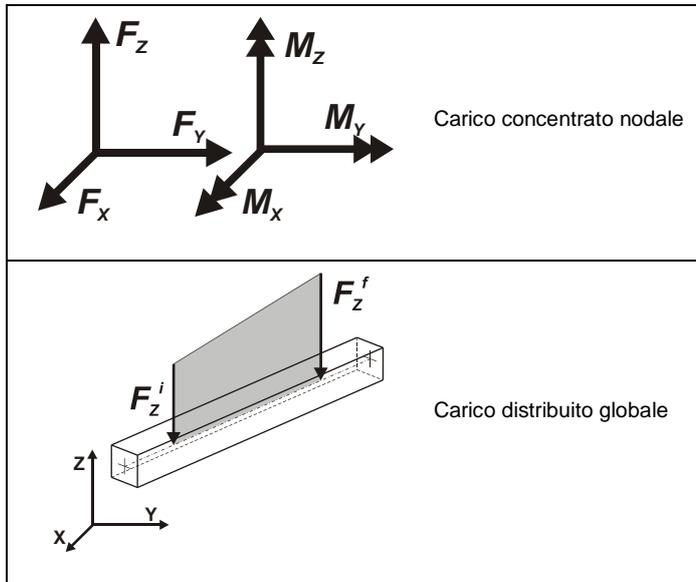
Per quanto concerne la sovraspinta sismica delle terre è calcolata in accordo con l'Eurocodice 8 e assume il valore di:

$$S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 1.728 \cdot 0.175 \cdot 1.00 \cdot 19.50 \cdot 4.50^2 = \mathbf{147.45 \text{ KN/mq}} \quad \text{per SLV}$$

$$S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 1.80 \cdot 0.061 \cdot 1.00 \cdot 19.50 \cdot 4.50^2 = \mathbf{53.53 \text{ KN/mq}} \quad \text{per SLD}$$

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 ($f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z, \text{ascissa di inizio carico}$)
	7 dati ($f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z, \text{ascissa di fine carico}$)



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	-1.96	0.0	0.0	0.0
2	SLU MAX T2	0.0	0.0	-1.784e+05	0.0	0.0	0.0
3	SLU MAX T3	0.0	0.0	-1.680e+05	0.0	0.0	0.0
4	SLU MAX T4	0.0	0.0	-1.649e+05	0.0	0.0	0.0
8	SLU MIN T1	0.0	0.0	-1.195e+05	0.0	0.0	0.0
9	SLU MIN T2	0.0	0.0	-1.123e+05	0.0	0.0	0.0
10	SLU MIN T3	0.0	0.0	-1.123e+05	0.0	0.0	0.0
11	SLU MIN T4	0.0	0.0	-1.195e+05	0.0	0.0	0.0
15	RARE MAX T1	0.0	0.0	-8.004e+04	0.0	0.0	0.0
16	RARE MAX T2	0.0	0.0	-7.193e+04	0.0	0.0	0.0
17	RARE MAX T3	0.0	0.0	-6.424e+04	0.0	0.0	0.0
18	RARE MAX T4	0.0	0.0	-5.733e+04	0.0	0.0	0.0
22	RARE MIN T1	0.0	0.0	-2.369e+04	0.0	0.0	0.0
23	RARE MIN T2	0.0	0.0	-2.296e+04	0.0	0.0	0.0
24	RARE MIN T3	0.0	0.0	-2.296e+04	0.0	0.0	0.0
25	RARE MIN T4	0.0	0.0	-2.369e+04	0.0	0.0	0.0



Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
29	FREQUENTI MAX T1	0.0	0.0	-3.711e+04	0.0	0.0	0.0
30	FREQUENTI MAX T2	0.0	0.0	-3.644e+04	0.0	0.0	0.0
31	FREQUENTI MAX T3	0.0	0.0	-3.643e+04	0.0	0.0	0.0
32	FREQUENTI MAX T4	0.0	0.0	-3.711e+04	0.0	0.0	0.0
36	FREQUENTI MIN T1	0.0	0.0	-2.327e+04	0.0	0.0	0.0
37	FREQUENTI MIN T2	0.0	0.0	-2.296e+04	0.0	0.0	0.0
38	FREQUENTI MIN T3	0.0	0.0	-2.296e+04	0.0	0.0	0.0
39	FREQUENTI MIN T4	0.0	0.0	-2.369e+04	0.0	0.0	0.0
43	PERMA MAX T1	0.0	0.0	-2.369e+04	0.0	0.0	0.0
44	PERMA MAX T2	0.0	0.0	-2.296e+04	0.0	0.0	0.0
45	PERMA MAX T3	0.0	0.0	-2.293e+04	0.0	0.0	0.0
46	PERMA MAX T4	0.0	0.0	-2.369e+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
57	SISMICA SLU MAX T1	0.0	0.0	-1.199e+05	0.0	0.0	0.0
58	SISMICA SLU MAX T2	0.0	0.0	-1.126e+05	0.0	0.0	0.0
59	SISMICA SLU MAX T3	0.0	0.0	-1.126e+05	0.0	0.0	0.0
60	SISMICA SLU MAX T4	0.0	0.0	-1.199e+05	0.0	0.0	0.0
64	SISMICA SLU MIN T1	0.0	0.0	-6.244e+04	0.0	0.0	0.0
65	SISMICA SLU MIN T2	0.0	0.0	-5.796e+04	0.0	0.0	0.0
66	SISMICA SLU MIN T3	0.0	0.0	-5.665e+04	0.0	0.0	0.0
67	SISMICA SLU MIN T4	0.0	0.0	-5.857e+04	0.0	0.0	0.0
71	SISMICA SLE MAX T1	0.0	0.0	-9.352e+04	0.0	0.0	0.0
72	SISMICA SLE MAX T2	0.0	0.0	-8.780e+04	0.0	0.0	0.0
73	SISMICA SLE MAX T3	0.0	0.0	-8.780e+04	0.0	0.0	0.0
74	SISMICA SLE MAX T4	0.0	0.0	-9.352e+04	0.0	0.0	0.0
78	SISMICA SLE MIN T1	0.0	0.0	-9.005e+04	0.0	0.0	0.0
79	SISMICA SLE MIN T2	0.0	0.0	-8.378e+04	0.0	0.0	0.0

Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
80	SISMICA SLE MIN T3	0.0	0.0	-8.230e+04	0.0	0.0	0.0
81	SISMICA SLE MIN T4	0.0	0.0	-8.566e+04	0.0	0.0	0.0
85	SLU TRASV trave singola	0.0	3055.00	0.0	0.0	0.0	0.0
86	SLU LONG trave singola	1.480e+04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
87	RARE TRASV trave singola	0.0	2035.00	0.0	0.0	0.0	0.0
88	RARE LONG trave singola	1.096e+04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
89	FREQUENTI TRASV trave singola	0.0	410.00	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	7.580e+04	0.0	0.0	0.0	0.0
94	SLV SISMA LONG trave singola	2.814e+04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95	SLD SISMA TRASV trave singola	0.0	2.718e+04	0.0	0.0	0.0	0.0
96	SLD SISMA LONG trave singola	1.019e+04	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	150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
98	SISMICA TERRE SLV	0.0	148.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	148.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99	SISMICA TERRE SLD	0.0	55.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	55.00	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
-----	------	----------	------



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	SLU MAX	Nodo: 2 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : SLU MAX T3
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLU MAX T4
3	Gk	SLU MIN	Nodo: 2 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : SLU MIN T3
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : SLU LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLU TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLU MIN T4
4	Gk	RARE MAX	Nodo: 2 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : RARE MAX T3
			Nodo: 10 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 10 Azione : RARE MAX T1



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : RARE MAX T4
5	Gk	RARE MIN	Nodo: 2 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : RARE MIN T3
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : RARE LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : RARE TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : RARE MIN T4
6	Gk	FREQUENTI MAX	Nodo: 2 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : FREQUENTI MAX T3
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI MAX T4
7	Gk	FREQUENTI MIN	Nodo: 2 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : FREQUENTI MIN T3
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : FREQUENTI MIN T4
8	Gk	PERMA MAX	Nodo: 2 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : PERMA MAX T3
			Nodo: 2 Azione : PERMA MIN T3
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : PERMA MAX T4
9	Gk	PERMA MIN	Nodo: 2 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : PERMA MIN T3
			Nodo: 10 Azione : PERMA LONG trave singola



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : PERMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : PERMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : PERMA MIN T4
10	Gk	SLV SISMICA MAX	Nodo: 2 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : SISMICA SLU MAX T3
			Nodo: 10 Azione : SISMICA SLU MAX 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 MAX T2
			Nodo: 12 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SISMICA SLU MAX T4
			D2 :da 1 a 8 Azione : SISMICA TERRE SLV
11	Gk	SLV SISMICA MIN	Nodo: 2 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : SISMICA SLU MIN T3
			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 T2

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Nodo: 12 Azione : SLV SISMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLV SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SISMICA SLU MIN T4
			D2 :da 1 a 8 Azione : SISMICA TERRE SLV
12	Gk	SLD SISMICA MAX	Nodo: 2 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : SISMICA SLE MAX T3
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SISMICA SLE MAX T4
			D2 :da 1 a 8 Azione : SISMICA TERRE SLD
13	Gk	SLD SISMICA MIN	Nodo: 2 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 2 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 2 Azione : SISMICA SLE MIN T3
			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 T2
			Nodo: 12 Azione : SLD SISMA LONG trave singola
			Nodo: 12 Azione : SLD SISMA TRASV trave singola
			Nodo: 12 Azione : SISMICA SLE MIN T4
			D2 :da 1 a 8 Azione : SISMICA TERRE SLD

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
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	PREQ. 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	TERRE
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

Cmb	PESO PROPRIO	SLU MAX IMPALCA TO	SLU MIN IMPALCA TO	RARE MAX IMPALCA TO	RARE MIN IMPALCA TO	FREQ. MAX IMPALCA TO	PREQ. 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	MINTERRE
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.

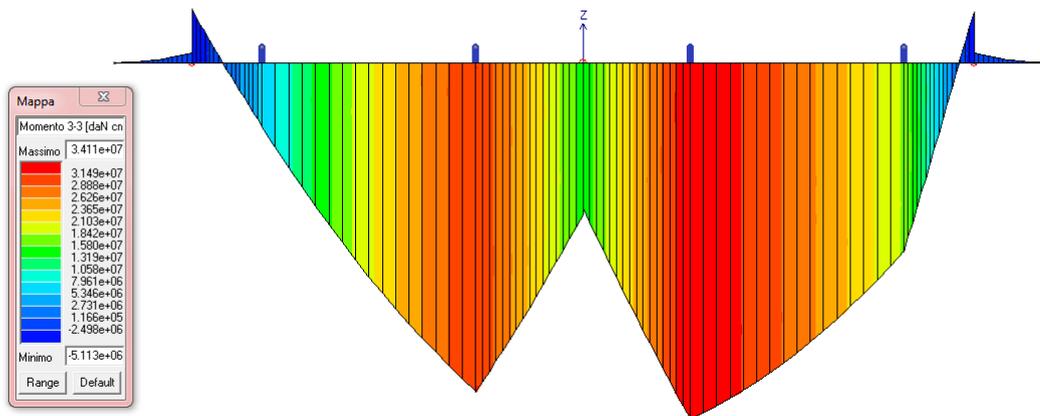


FIGURA 10-4 COMBINAZIONE SLU 1 : MOMENTO FLETTENTE

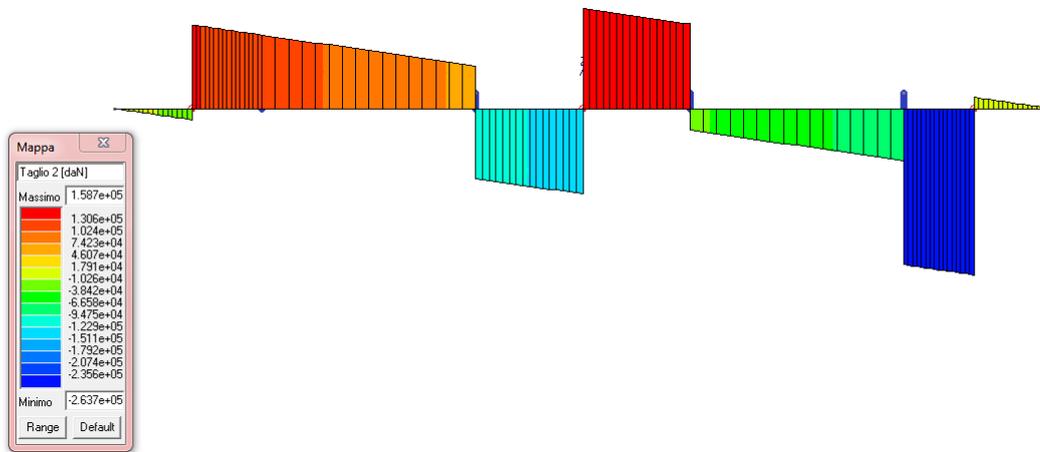


FIGURA 10-5 COMBINAZIONE SLU 1 : TAGLIO

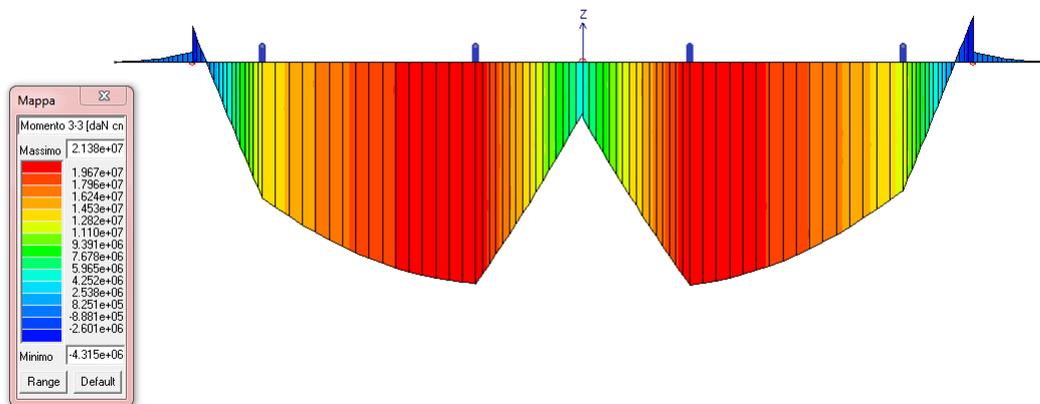


FIGURA 10-6 COMBINAZIONE SLU 2 : MOMENTO FLETTENTE

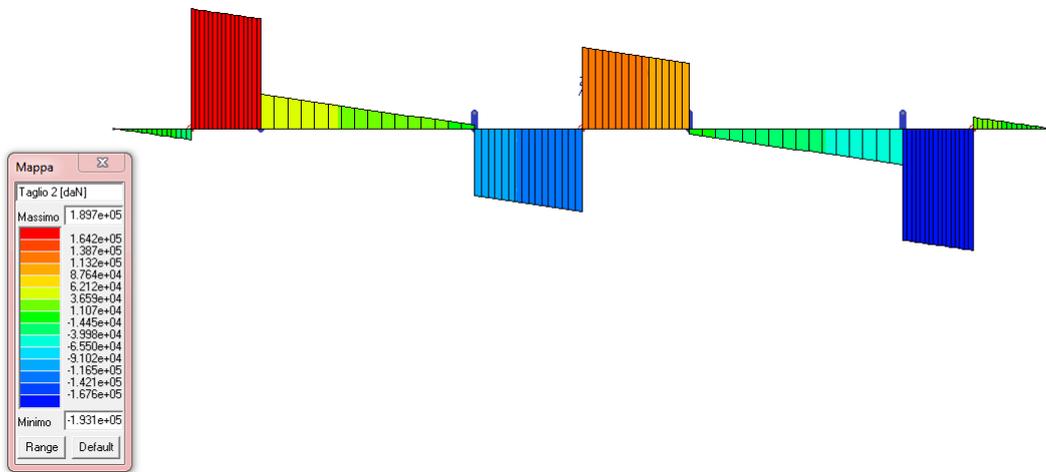


FIGURA 10-7 COMBINAZIONE SLU 2 : TAGLIO

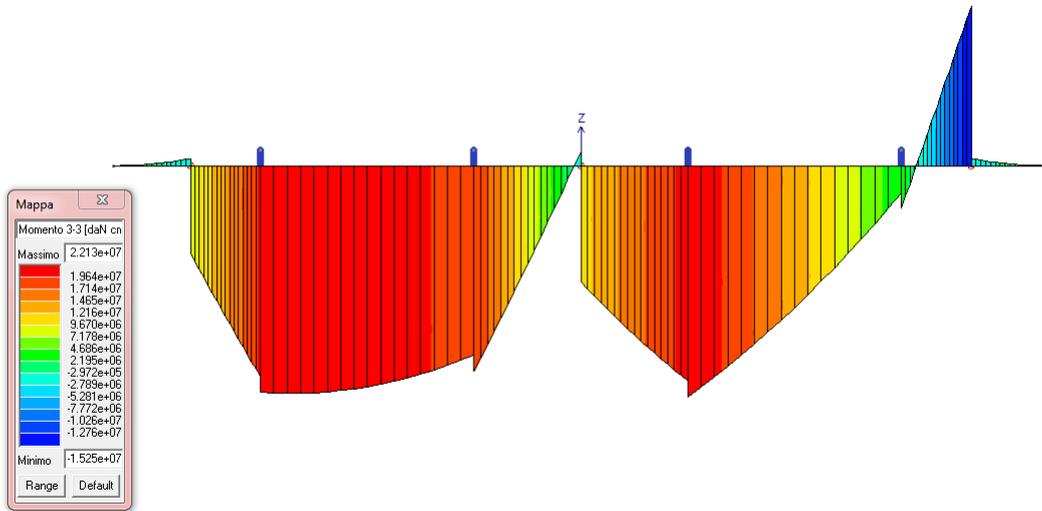


FIGURA 10-8 COMBINAZIONE SLV 1 : MOMENTO FLETTENTE

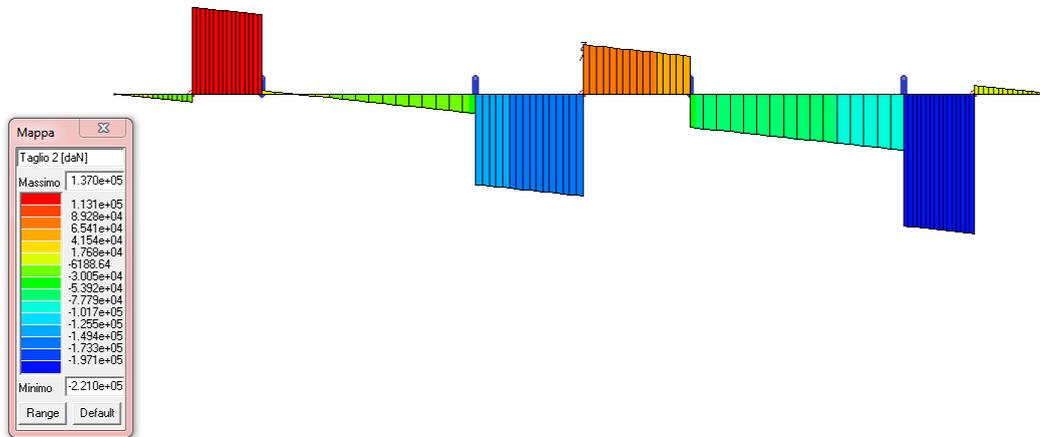


FIGURA 10-9 COMBINAZIONE SLV 1 : TAGLIO

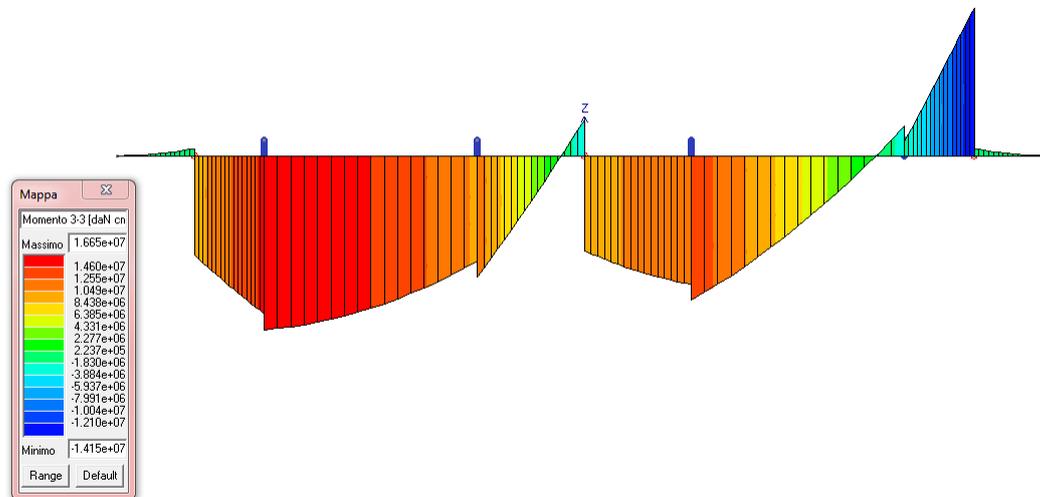


FIGURA 10-10 COMBINAZIONE SLV 2 : MOMENTO FLETTENTE

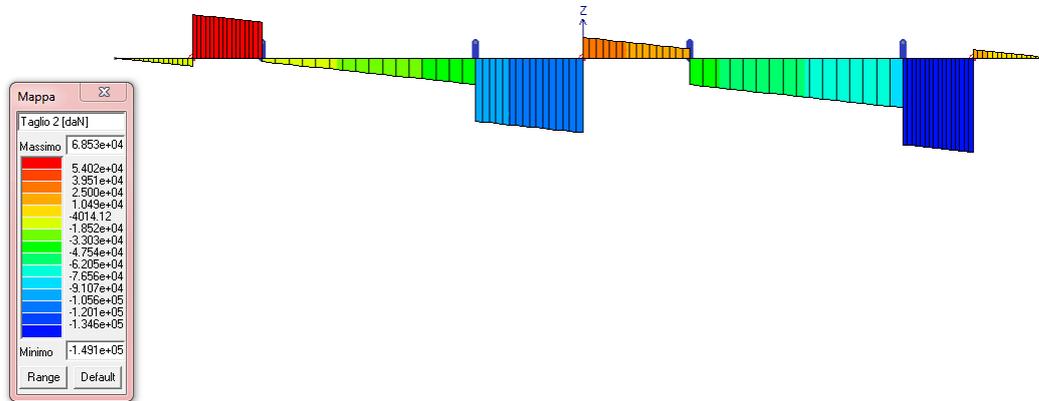


FIGURA 10-11 COMBINAZIONE SLV 2 : TAGLIO

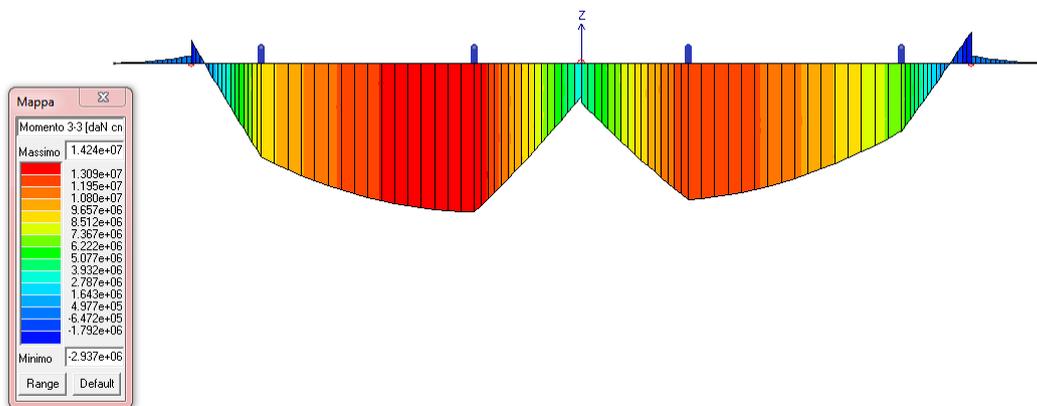


FIGURA 10-12 COMBINAZIONE SLE RARA 1 : MOMENTO FLETTENTE

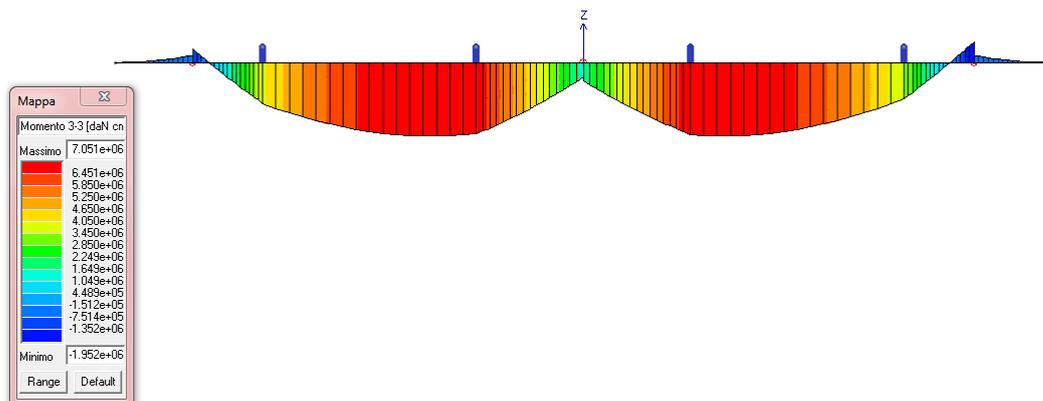


FIGURA 10-13 COMBINAZIONE SLE RARA 2 : MOMENTO FLETTENTE

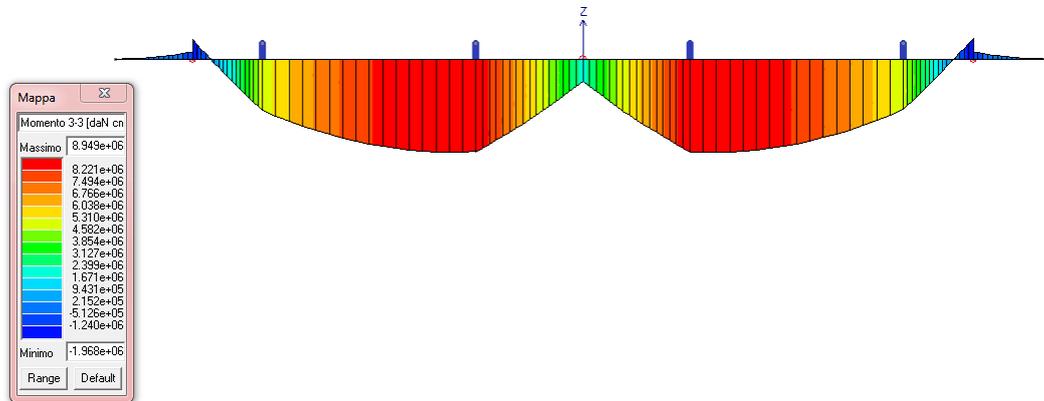


FIGURA 10-14 COMBINAZIONE SLE FREQUENTE 1 : MOMENTO FLETTENTE

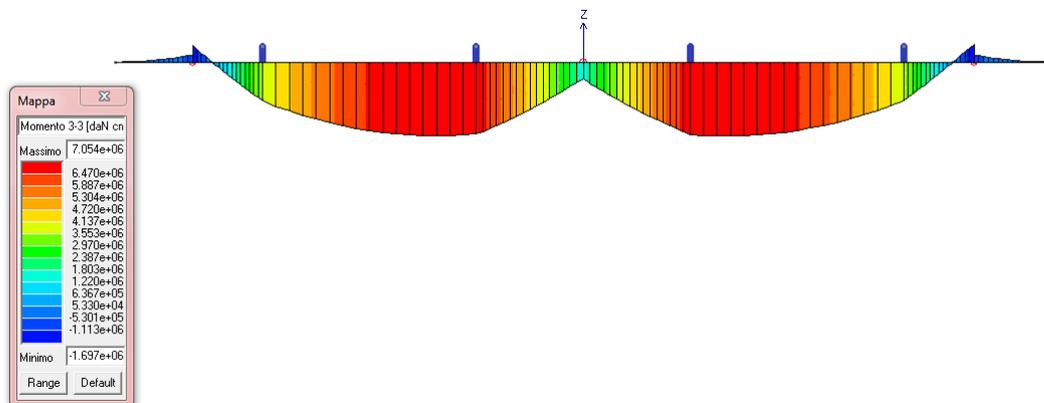


FIGURA 10-15 COMBINAZIONE SLE FREQUENTE 2 : MOMENTO FLETTENTE

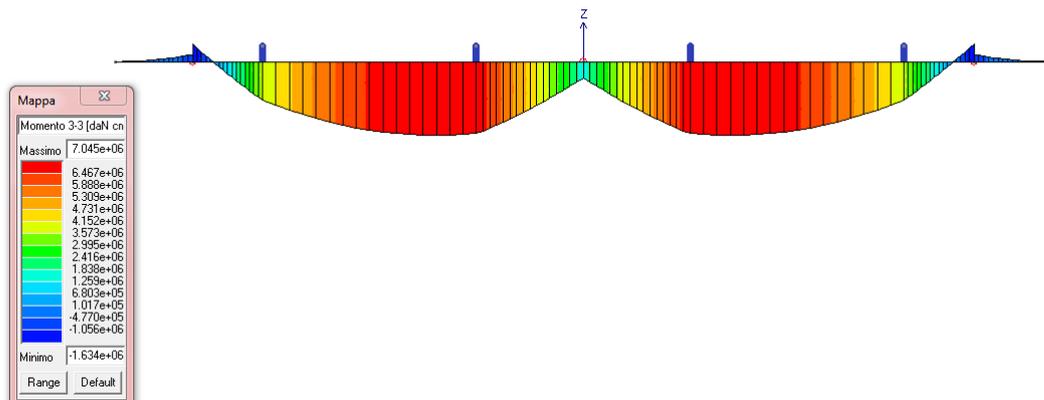


FIGURA 10-16 COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE 1 : MOMENTO FLETTENTE

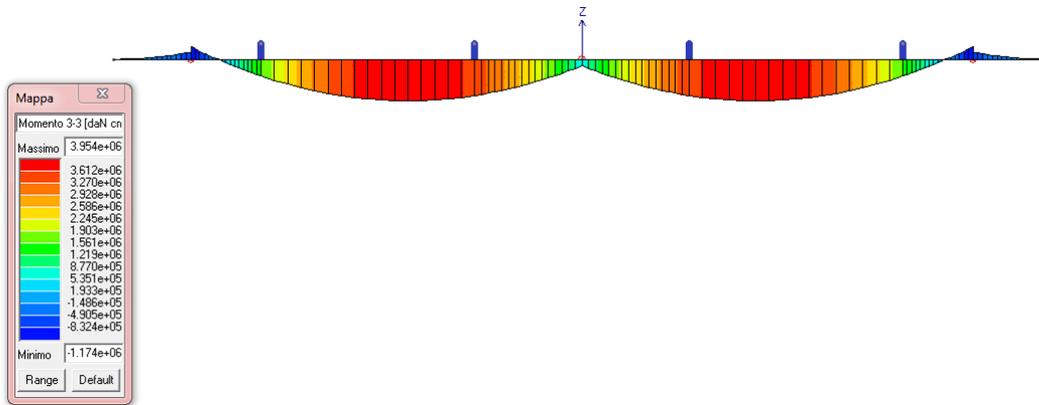


FIGURA 10-17 COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE 2 : MOMENTO FLETTENTE

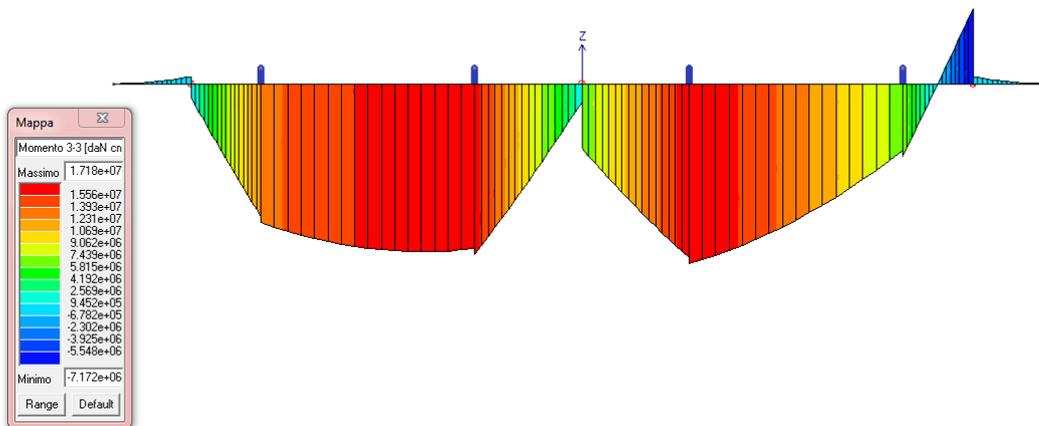


FIGURA 10-18 COMBINAZIONE SLD 1 : MOMENTO FLETTENTE

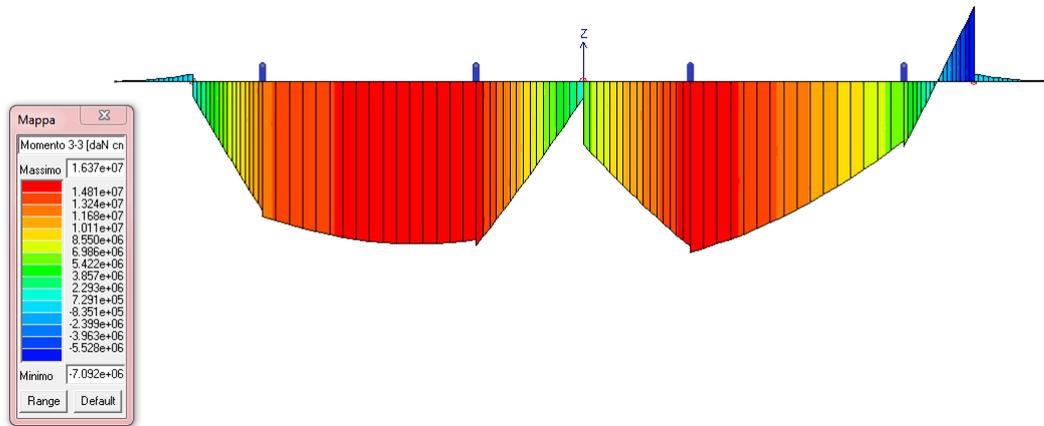


FIGURA 10-19 COMBINAZIONE SLD 2 : MOMENTO FLETTENTE

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 24mm in primo strato e con ferri di diametro 20mm in secondo strato 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	240.0
3	220.0	240.0
4	220.0	0.0

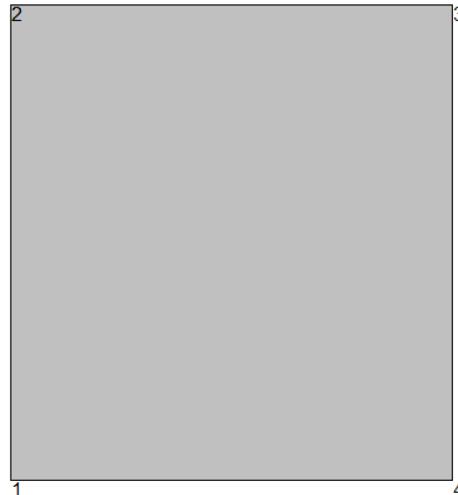


FIGURA 10-20 GEOMETRIA

Armature

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	39.5	234.0	4.5	no
2	63.0	234.0	4.5	no
3	86.5	234.0	4.5	no
4	110.0	234.0	4.5	no
5	133.5	234.0	4.5	no
6	157.0	234.0	4.5	no
7	180.5	234.0	4.5	no
8	180.5	6.0	4.5	no
9	157.0	6.0	4.5	no
10	133.5	6.0	4.5	no
11	110.0	6.0	4.5	no
12	86.5	6.0	4.5	no
13	63.0	6.0	4.5	no
14	39.5	6.0	4.5	no

15	50.5	229.2	3.1	no
16	80.3	229.2	3.1	no
17	110.0	229.2	3.1	no
18	139.7	229.2	3.1	no
19	169.5	229.2	3.1	no
20	169.5	10.8	3.1	no
21	139.7	10.8	3.1	no
22	110.0	10.8	3.1	no
23	80.3	10.8	3.1	no
24	50.5	10.8	3.1	no

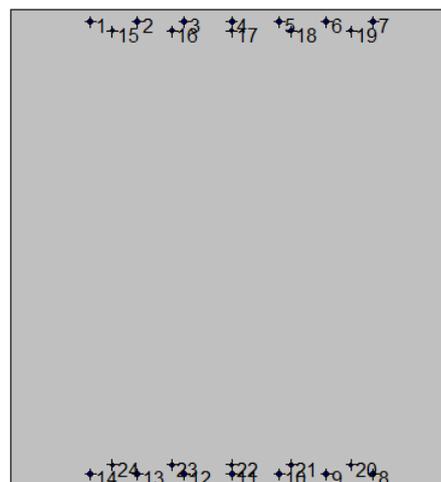


FIGURA 10-21 ARMATURE

Caratteristiche limite della sezione

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-3707.63	0.0000	0.0000	Completamente tesa
90475.61	0.0000	0.0130	Completamente compressa
0.00	4210.0777	0.0000	Fibre inferiori tese
0.00	-4210.0777	0.0000	Fibre superiori tese

0.00	0.0000	3786.1451	Fibre di sinistra tese
0.00	0.0000-	3786.1451	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	3411.0000	0.0000	P	0.00	4210.0780	0.0000	0.810	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00	4210.0780	0.0000	0.810	
2	0.00-	1525.0000	0.0000	P	0.00-	4210.0780	0.0000	0.360	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00-	4210.0780	0.0000	0.360	

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	3411.0000	0.0000	P	0.00	4210.0780	0.0000	0.810	OK
1	0.00	3411.0000	0.0000	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK
1	0.00	3411.0000	0.0000	N	0.00	4210.0780	0.0000	0.810	OK

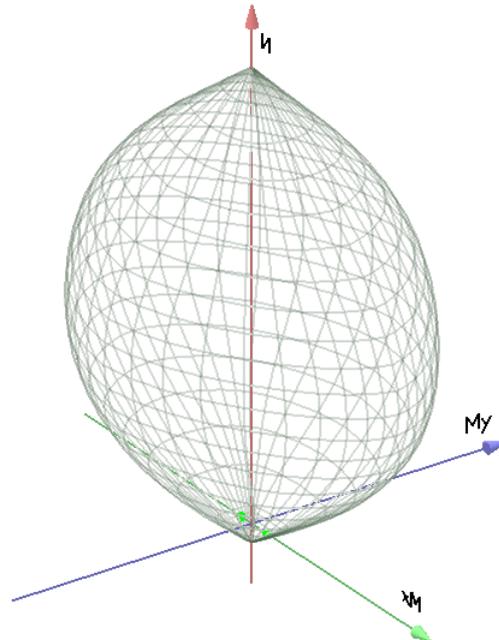


FIGURA 10-22 DOMINIO SLU

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

	Cmb	Mx	My	N	σ	σ/σ_L	σ_a	σ_a/σ_aL
n. e stato		kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
3 OK	1424.0000		0.0000	0.00	-1.52	0.09	136.62	0.38
4 OK	-293.0000		0.0000	0.00	-0.31	0.02	28.11	0.08

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	895.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00
6 OK	-196.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00

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

Valori limite:

CLS: $\sigma_L = 13.05$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma/\sigma_L < 1$)

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

	Cmb	Mx	My	N	σ	σ/σ_L	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN	kN/mq		mm	
7 OK	704.0000	0.0000	0.00	0.00	-0.75	0.06	0.00	0.00
8 OK	-164.0000	0.0000	0.00	0.00	-0.17	0.01	0.00	0.00

Verifiche a taglio

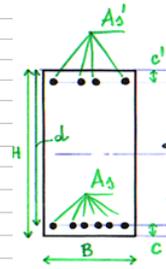
Il massimo sforzo di taglio agli SLU agente sulla sezione è pari a 2637.00 KN. Questo sforzo è in corrispondenza dei pali.

La sezione, senza armatura a taglio, ha una resistenza pari a 1118.00 KN che non è sufficiente ad assorbire il taglio di progetto ma molto vicino.

Si prevedono quindi staffe verticali di diametro 16 mm passo 10 cm a due braccia aggiuntive solo in corrispondenza dei pali di fondazione.

Con suddette staffe la resistenza a taglio della sezione risulta 3292.00 KN quindi la verifica risulta soddisfatta.

DATI DELLA SEZIONE			
B =	220 cm	base	
H =	240 cm	altezza	
c =	7.5 cm	copriferro ferro teso	
c' =	7.5 cm	copriferro ferro compresso	
d = H-c =	232.5 cm	altezza utile	
As =	38.33 cm ²	area ferro teso	
As' =	38.33 cm ²	area ferro compresso	
fyk =	4500 kg/cm ²		
Es =	2100000 kg/cm ²		
fyd =	3913 kg/cm ²		
esy =	1.86 · 10 ⁻³		
σs,adm =	2600 kg/cm ²		
Rck =	450 kg/cm ²		
Ec =	346255 kg/cm ²		
fcd =	212 kg/cm ²		
fctm =	33.5 kg/cm ²		
fctk =	23.5 kg/cm ²		
fctd =	15.6 kg/cm ²		
fcfm =	40.2 kg/cm ²		
fcfk =	28.2 kg/cm ²		
fcfd =	18.8 kg/cm ²		
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 ²		
ELEMENTI SENZA ARMATURA RESISTENTE A TAGLIO			
k =	1.29 < 2		
pl =	0.0007 < 0,02		
NEd =	0 kg		
σcp =	0.00 N/mm ²	< 0,2 fcd =	4.23 N/mm ²
V _{Rd} =	111871 kg		
V _{Rd} =	111.9 t		
STAFFE			
Asw =	2.01 cm ²		
n.bracci =	2		
passo =	10 cm		
θ =	45 °	tra 22° e 45°, si può usare θ* per massimizzare la resistenza a taglio	
ctg θ =	1.00		
α =	90 °	90° per staffe	
ctg α =	0.00		
θ* OTTIMALE PER MASSIMIZZARE LA RESISTENZA A TAGLIO			
ctg θ* =	3.71		
θ* =	15.07 °		
RESISTENZA LATO ACCIAIO			
V _{Rsd} =	329159 kg		
V _{Rsd} =	329.2 t		
RESISTENZA LATO CALCESTRUZZO			
V _{Rcd} =	2435827 kg		
V _{Rcd} =	2435.8 t		
RESISTENZA A TAGLIO			
V _{Rcd} =	329.2 t	min (V _{Rsd} , V _{Rcd})	



11. 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 2941.00 KN.

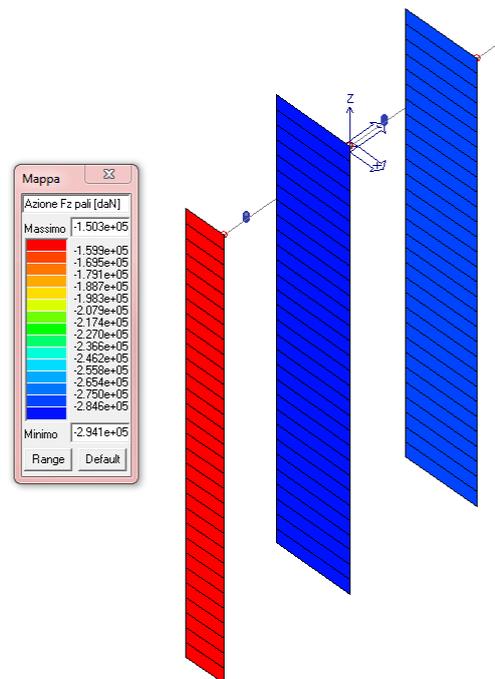


FIGURA 5.1.11-1 CARICO SU PALO

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

DPO07 - Ponte su Canale di Cento II - ZO1 tratto C
NTC del 14/01/2008

Capacità portante a compressione - Pali trivellati ϕ 1200mm

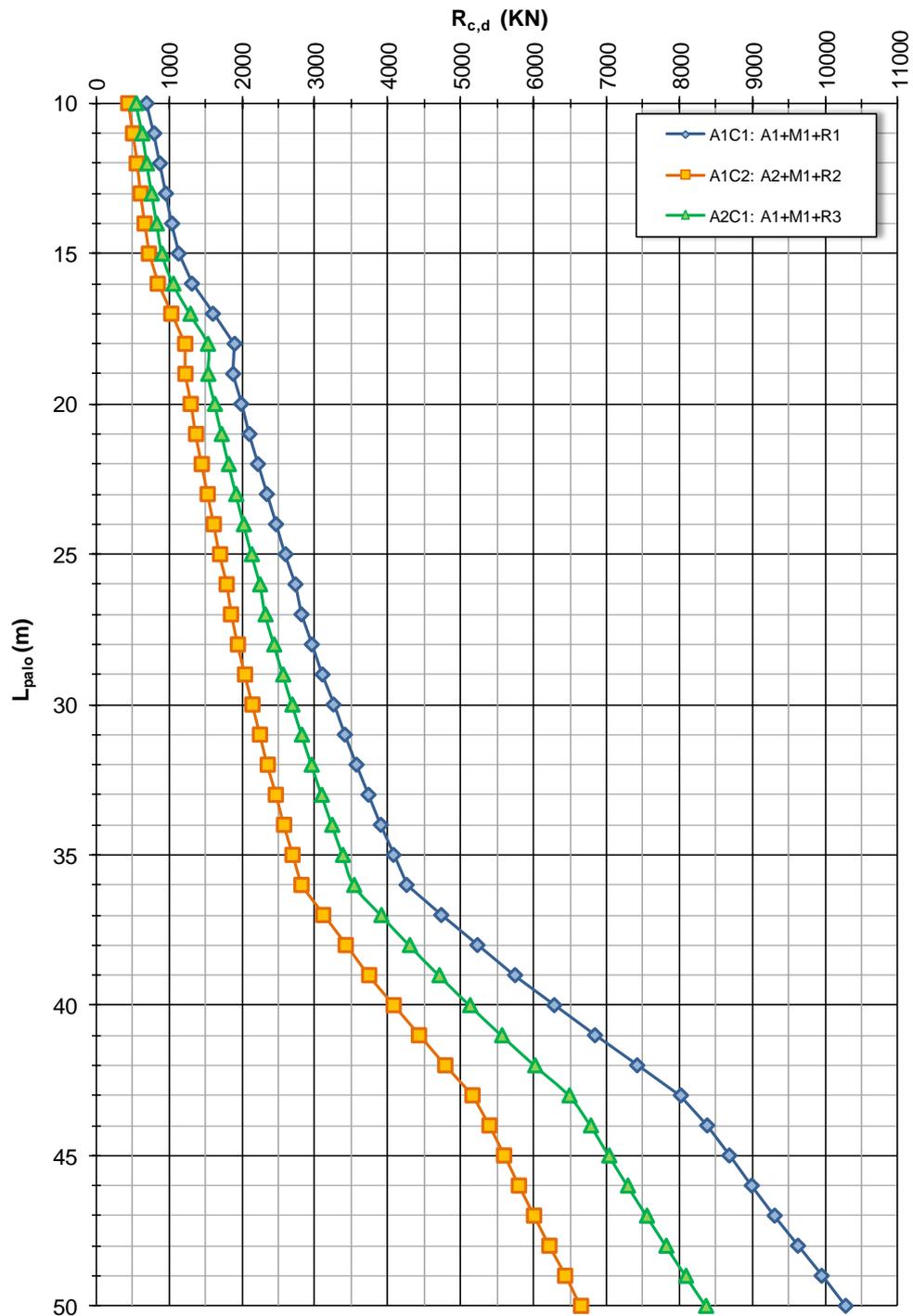


FIGURA 5.1.11-2 CAPACITA' PORTANTE PALO

In base all'immagine di cui sopra la capacità portante di un palo di ml 38.00 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 Ø10/5 ove necessario

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					
8	4	8	-180.0	-81729.2	33955.5	17042730.0	
0.48	0.05	0.15					
13	1	13	0.0	-294136.6	112162.3	1167236.0	0.14
0.17	0.46						
13	4	13	0.0	-150654.2	203124.8	12618020.0	
0.31	0.09	0.86					

S/Su massime:

Ver. N/M = 0.48 < 1 (Ok)

Ver. (25) = 0.17 < 1 (Ok)

Ver.V = 0.86 < 1 (Ok)

Stato limite di esercizio condizioni rare

Tensione amm. CLS = 174 daN/cm²

Tensione amm. acciaio = 3600 daN/cm²

Sezioni maggiormente sollecitate:

Pl.	Cmb.	Palo	Quota(cm)	N(daN)	M(daNcm)	Ten.SLE C	Ten.SLE A
13	5	13	-180.0	-165893.4	8206507.0	-56.0	-727.5
8	6	8	-180.0	-77340.2	7996892.0	-54.1	950.5

Valori massimi:

Ten.massima CLS = 56.0 daN/cm² < Ten. amm. CLS (Ok)

Ten.massima acciaio = 950.5 daN/cm² < 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
13	7	13	-180.0	-116459.4	6423479.0	0.01
8	8	8	-180.0	-77930.1	6273701.0	0.02

Valori massimi:

Fessure Wk massima = 0.0 daN/cm² < Wk amm. (Ok)

Stato limite di esercizio condizioni quasi permanenti

Tensione amm. CLS = 130.5 daN/cm²

Fessure: Wk amm. < 0.2 mm

Sezioni maggiormente sollecitate:

Pl.	Cmb.	Palo	Quota(cm)	N(daN)	M(daNcm)	Ten.SLE C	Wk
13	9	13	-180.0	-95405.0	6423471.0	-43.7	0.02
5	10	5	-180.0	-49994.6	6270529.0	-42.3	0.04

Valori massimi:

Ten.massima CLS = 43.7 daN/cm² < Ten. amm. acciaio (Ok)

Fessure Wk massima = 0.0 daN/cm² < Wk amm. (Ok)