

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO**

Lotto 1: Fiumefreddo (e) - Taormina (e)

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**

Relazione di calcolo spalle

SCALA:

-
---

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

RS2S    01    D    09    CL    VI0104    001    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	D.Guerci	Genn.2018	A. Ferri	Genn.2018	P. Carlesimo	Genn.2018	A. Cottozzi	Genn.2018

ITALFERR S.p.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
 Dott. Ing. Angelo Cottozzi  
 Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma  
 N° A20783

File: RS2S01D09CLVI0104001A.docx

n. Tab.: 1743

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	4
2	DOCUMENTI CORRELATI.....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	6
5	ANALISI DEI CARICHI .....	7
5.1	PESI PROPRI E PERMANENTI PORTATI (G1+G2).....	7
5.2	SPINTE .....	8
5.3	AZIONI DA TRAFFICO FERROVIARIO .....	9
5.3.1	<i>Carichi verticali (QIV)</i> .....	9
5.3.2	<i>Frenatura/Avviamento (QL)</i> .....	10
5.3.3	<i>Serpeggio + centrifuga (QT)</i> .....	10
5.4	ATTRITO (Q7).....	10
5.5	AZIONE TERMICA (T).....	10
5.6	RIRITO .....	10
5.7	VENTO (Q5,Q5Q) .....	10
5.8	AZIONE SISMICA (SL,ST,SV) .....	12
6	NOTE, LIMITI TENSIONALI E FESSURATIVI.....	13
6.1	LIMITI TENSIONALI .....	13
6.2	VERIFICA A FESSURAZIONE.....	13
6.3	LEGENDA.....	13
7	MODELLO DI CALCOLO.....	14
7.1	APPLICAZIONE CARICHI .....	16
7.2	DEFORMATE .....	23
8	COMBINAZIONI DI CARICO .....	29



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 3 di 79

9	CARICHI SUI PALI .....	35
9.1	RIEPILOGO CARICHI SUI PALI .....	37
10	VERIFICA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE PALO .....	37
11	VERIFICA PALO PER FORZE ORIZZONTALI .....	38
	11.1.1 Capacità portante orizzontale (Broms) .....	38
	11.1.2 Resistenza strutturale .....	39
	11.1.3 Taglio strutturale .....	40
12	VERIFICHE LOCALI CORPO SPALLA .....	41
13	ESCURSIONE APPOGGI E GIUNTI .....	78
14	CARICHI ORIZZONTALI APPOGGI .....	79



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D	09	CL	VI0104	001	A	4 di 79

## 1 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la verifica strutturale delle spalle del Ponte sul Torrente Minissale VI01, nell'ambito del progetto raddoppio della tratta Giampilieri – Fiumefreddo.

Sono due spalle scatolari, fondate su pali  $\Phi 1500$  a platea unica. L'impalcato supportato è un viadotto ferroviario doppio-binario, luce in asse giunti 32m, piattaforma da 13.70m, a 6 travi in acciaio – calcestruzzo.

Lo schema di vincolo è classico fisso da un lato e mobile dall'altro con il fisso lato Giampilieri (Spalla B)

L'approccio utilizzato per la verifica delle fondazioni è l'approccio 2.

## 2 DOCUMENTI CORRELATI

[C1] **RS2S-01-D-09-RB-VI01-03-001:** Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni;

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [N1] **Legge 05/01/1971 n°1086:** *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;*
- [N2] **Legge 02/02/1974 n°64:** *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- [N3] **D.M. del 14 Gennaio 2008:** *Nuove norme tecniche per le costruzioni;*
- [N4] **C.M. 02/02/2009 n.617:** *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";*
- [N5] **RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016:** *Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;*
- [N6] **RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30/12/2016:** *Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;*
- [N7] **UNI EN 1991-1-4:2005:** *Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;*
- [N8] **UNI EN 1992-1-1:2005:** *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;*
- [N9] **UNI EN 1992-2:2006:** *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;*
- [N10] **UNI EN 1993-1-1:2005:** *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;*
- [N11] **UNI EN 1993-2:2007:** *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;*



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 5 di 79

- [N12] **UNI EN 1998-1:2005:** *Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;*
- [N13] **UNI EN 1998-2:2006:** *Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;*
- [N14] **STI 2014 – REGOLAMENTO UE N.1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 Novembre 2014** *relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.*

#### 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### GETTI IN OPERA

###### CALCESTRUZZO MAGRO E GETTO DI LIVELLAMENTO

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I±V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

###### CALCESTRUZZO PALI/DIAFRAMMI DI FONDAZIONE, CORDOLI OPERE PROVISIONALI

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III±V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.60
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 60 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 32 mm

###### CALCESTRUZZO FONDAZIONE PILE, SPALLE E SOLETTONI

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C28/35
- TIPO CEMENTO CEM III±V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.60
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO = 40 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

###### CALCESTRUZZO ELEVAZIONE PILE (COMPRESI PULVINI, BAGGIOLI E RITEGNI), SPALLE E STRUTTURE SCATOLARI

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM III±V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.50
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO = 40 mm (\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

###### CALCESTRUZZO SOLETTE IMPALCATO

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM I±V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.50
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO = 40 mm (\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 20 mm

###### ACCIAIO ORDINARIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

IN BARRE E RETI ELETTROSALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
  - Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

(\*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.

## 5 ANALISI DEI CARICHI

### 5.1 Pesì propri e permanenti portati (G1+G2)

Impalcato acciaio – calcestruzzo

<b>Pesì propri</b>	Ripetizioni	Spessore	Larghezza	Area	Lunghezza	Volume	p	Peso	L	Ptot
	-	m	m	mq	m	mc	kN/mc-mq	kN/ml		
Carpenteria metallica	1					1.0000	60	60.0	32	1 920
Soletta	1	0.36	13.7			4.9320	25	123.3	32	3 946
Totale pesì propri G1								<b>183.3</b>		5 866
<b>Permanenti portati</b>	Ripetizioni	Spessore	Larghezza	Area	Lunghezza	Volume	p	Peso	L	Ptot
	-	m	m	mq	m	mc	kN/mc-mq	kN/ml		
Muri paraballast	0			0.1433		0.0000	25	0.0	32	0
Muro banchina FFPP in sx	1			0.4000		0.4000	25	10.0	32	320
Muro banchina FFPP in dx	1			0.5000		0.5000	25	12.5	32	400
Muri banchina stazione	0			2.1374		0.0000	25	0.0	32	0
Cordolo in sx	1	0.14	0.82			0.1148	25	2.9	32	92
Cordolo in dx	1	0.14	0.82			0.1148	25	2.9	32	92
Velette	2			0.09		0.1800	25	4.5	32	144
Ballast+ impermab. sottoballast + armamento	1	0.8	7.9			6.3200	18	113.8	32	3 640
Incremento per rialzo in curva	1			0.39		0.3900	20	7.8	32	250
Canalette	2			0.085		0.1700	25	4.3	32	136
Impermeabilizzazione marciapiedi	2	0.05	1.78			0.1780	20	3.6	32	114
Impermeabilizzazione banchina stazione	0	0.05	4.83			0.0000	20	0.0	32	0
Impermeabilizzazione soletta sotto banchina	0	0.05	2.21			0.0000	20	0.0	32	0
Barriere antirumore	2	1	4			8.0000	4	32.0	32	1 024
Telaio FFPP	2					2.0000	1.5	3.0	32	96
Impianti	2					2.0000	1.5	3.0	32	96
Impianti banchina stazione	0					0.0000	3	0.0	32	0
Totale permanenti portati G2								<b>200.1</b>		6 404
Totale permanenti G								<b>383.4</b>		12 269

#### Sottostrutture

Peso proprio                      calcolato automaticamente dal programma

$P_{tot} \approx 90'000 \text{ kN}$

Permanente portato

$g_2 = 200.1 \text{ kN/ml}$

Ricoprimento su zattera

$p = 20 \times 1.20 = 24 \text{ kPa}$



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 8 di 79

## 5.2 Spinte

Considerando un'altezza totale di spinta di 13.72m, una larghezza totale di 16.5m, un  $\gamma$  del terreno di 20 kN/mc, un angolo di attrito di 38°, un coefficiente di spinta a riposo di 0.384, e le spinte a riposo cui si sommano quelle calcolate con Wood in condizioni sismiche, si ha:

- Terreno a riposo  $\sigma_h = 20 * 13.72 * 0.384 = 105.4$  kPa (spinta triangolare con questa pressione massima alla base)
- Permanente a riposo  $\sigma_h = 200 / 16.5 * 0.384 = 4.65$  kPa (spinta uniforme)
- Accidentale a riposo  $\sigma_h = 40 * 7.9 / 16.5 * 0.384 = 7.35$  kPa (spinta uniforme)

In condizioni sismiche, alle spinte precedenti, si sommano quelle calcolate con la formula di Wood. L'accelerazione  $a_{max}$  è pari a 0.345.

- Terreno  $\sigma_h = 0.345 * 20 * 13.72 = 94.7$  kPa (spinta uniforme)
- Permanente  $\sigma_h = 0.345 * 200 / 16.5 = 4.2$  kPa (spinta uniforme)
- Accidentale\*0.2  $\sigma_h = 0.345 * 40 * 7.9 / 16.5 * 0.2 = 1.3$  kPa (spinta uniforme)
- Sommano  $\sigma_h = 100$  kPa (spinta uniforme)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 9 di 79

**5.3 Azioni da traffico ferroviario**

**5.3.1 Carichi verticali (QIV)**

I treni considerati sono quelli previsti dal manuale di progettazione.

L'analisi degli effetti del traffico verticale è stata effettuata tramite il modulo "moving load" specifico per i carichi mobili previsto dal programma di calcolo usato (SAP2000), che riproduce fedelmente la geometria reale delle campate con le varie eccentricità degli assi appoggi delle travi rispetto all'asse della pila.

Ai fini dell'applicazione dei carichi sono state individuate diverse linee di carico, a seconda del numero dei binari e delle eccentricità (8cm per LM71) sulle quali il codice di calcolo provvede a far percorrere i modelli di treno prescritti dalla normativa (condizione di carico pesante e normale), posizionandoli nel modo più sfavorevole secondo le linee di influenza delle varie sollecitazioni in tutte le sezioni del modello.

I carichi nominali previsti dalla normativa inseriti nel programma sono i seguenti

The image shows three screenshots of the 'General Vehicle Data' software interface, each displaying the configuration for a different vehicle type. The interface includes fields for vehicle name, usage options, floating axle loads, and a table of load types with their respective dimensions and weights.

**Vehicle LM71:**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite	80	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	
Fixed Length	0.8	0	Zero Width	Zero Width	250	One Point	One Point	
Fixed Length	1.6	0	Zero Width	Zero Width	250	One Point	One Point	
Fixed Length	1.6	0	Zero Width	Zero Width	250	One Point	One Point	
Fixed Length	0.8	0	Zero Width	Zero Width	250	One Point	One Point	
Fixed Length	0.8	0	Zero Width	Zero Width	250	One Point	One Point	
Trailing Load	Infinite	80	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	

**Vehicle SW0:**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	15	133	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	
Fixed Length	15	133	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	
Fixed Length	5.3	0	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	
Fixed Length	15	133	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	

**Vehicle SW2:**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	25	150	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	
Fixed Length	25	150	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	
Fixed Length	7	0	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	
Fixed Length	25	150	Zero Width	Zero Width	0	One Point	One Point	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
PROGETTO DEFINITIVO  
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO

VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE  
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D	09	CL	VI0104	001	A	10 di 79

### 5.3.2 Frenatura/Avviamento (QL)

- 32m doppio binario  $F=1975$  kN

### 5.3.3 Serpeggio + centrifuga (QT)

È stata considerata un'azione pari a 210 kN, propria di un doppio binario.

La centrifuga viene trascurata per il calcolo delle spalle.

### 5.4 Attrito (Q7)

Sulla spalla fissa, viene considerata solo la frenatura, mentre sulla spalla mobile viene considerato solo l'attrito con un coefficiente pari al 3%.

### 5.5 Azione termica (T)

Sulla sola soletta è stata applicata un termica uniforme di  $\pm 15^\circ$  rigidezza fessurata al  $50^\circ$ . Sempre sulla soletta è stata applicata una termica differenziale sullo spessore di  $\pm 5^\circ$

### 5.6 Ririto

Alla sola soletta stata applicata una termica di  $-30^\circ\text{C}$  con modulo di ridotto di  $1/3$ .

### 5.7 Vento (Q5, Q5q)

Si distingue tra vento a ponte carico e vento a ponte scarico. Il calcolo dell'azione viene effettuato in base alle indicazioni delle NTC, integrate con quelle dell'EC.

**Azione del vento - generale - NTC08 e EC 1-1-4:2005**

Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico
Altitudine sul livello del mare	as	25	25 m
Zona	Z	4	4 -
Parametri	$v_{b,0}$	28	25 m/s
Parametri	$a_0$	500	500 m
Parametri	$k_a$	0.020	0.020 1/s
Velocità di riferimento (Tr=50 anni)	$v_b = v_{b,0} + k_a * (a_s - a_0)$	28	25 m/s
Periodo di ritorno considerato	$T_R$	75	75 anni
	$\alpha_r$	1.02	1.02 -
Velocità di riferimento	$v_b$	28.7	25.6 m/s
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25 kg/m3
pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	0.51	0.41 kN/m2
Classe di rugosità del terreno		D	D
Distanza dalla costa		< 10 km	
Altitudine sul livello del mare		< 500 m	< 500 m
Categoria di esposizione del sito	Cat	2	2

**Vento su impalcato**

Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	9	9 m
parametri	$k_r$	0.19	0.19
parametri	$Z_0$	0.05	0.05 m
parametri	$Z_{min}$	4	4 m
parametri	$Z_{max}$	200	200 m
Coefficiente di topografia	$c_t$	1	1
coefficiente di esposizione ( $z \leq z_{min}$ )	$c_e(Z_{min})$	1.80	1.80 -
coefficiente di esposizione (z)	$c_e(z)$	2.29	2.29 -
Coefficiente di esposizione	$c_e$	2.29	2.29 -
Larghezza impalcato	b	13.7	13.7 m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	7.29	7.29 m
Rapporto di forma	b/dtot	1.88	1.88 -
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.87	1.87 -

**Riepilogo**

Pressione cinetica di riferimento	$q_b$	0.51	0.41 kN/m2
Coefficiente di esposizione	$c_e$	2.29	2.29 -
Coefficiente di forza	cfx	1.87	1.87 -
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	11.29	7.29 -
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	24.82	12.78 kN/ml
Pressione statica equivalente	$p = f/dtot$	2.20	1.75 kN/m2
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.50	1.50 kN/m2
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	24.82	12.78 kN/ml

**Vento impalcato a ponte scarico**

		sx	dx	totale
Forza statica equivalente	f	24.82	24.82	kN/ml
Luce impalcato	L	32	32	m
Forza trasversale al piano appoggi	<b>FT=f*L/2</b>	<b>397</b>	<b>397</b>	<b>794 kN</b>
Momento trasversale al piano appoggi	MT=FT*(dtot/2+h2)	1 646	1 646	3 292 kNm

**Vento impalcato a ponte carico**

		sx	dx	totale
Forza statica equivalente	f	12.78	12.78	kN/ml
Luce impalcato	L	32	32	m
Forza trasversale al piano appoggi	<b>FT=f*L/2</b>	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>409 kN</b>
Momento trasversale al piano appoggi	MT=FT*(dtot/2+h2)	847	847	1 695 kNm

### 5.8 Azione sismica (SL,ST,SV)

L'azione sismica è valutata con riferimento alle indicazioni del Decreto Ministeriale del 14.01.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", nel seguito brevemente NTC2008, integrate con quanto riportato al Capitolo 1 dell'Istruzione ferroviaria.

La vita nominale VN dell'opera strutturale è assunta pari a 75 anni, la classe d'uso è la III da cui deriva un coefficiente d'uso CU = 1.5. L'azione sismica è valutata in relazione ad un periodo di riferimento VR = VN • CU = 112.5 anni.

Il sottosuolo rientra nella categoria C. Ai fini degli effetti dell'azione sismica locale, si assume un coefficiente di topografia ST pari ad 1 (categoria topografica T1).

Le masse partecipanti all'azione sismica oltre ai pesi propri e ai permanenti portati sono costituite dalle masse dei treni, scalati al 20% del loro peso e della loro massa.

La struttura viene progettata in classe di duttilità B.

La spalla viene considerata infinitamente rigida, pertanto tutte le masse in gioco vengono moltiplicate per il coefficiente sismico orizzontale kh=amax e per quello verticale kv=kh/2.

Tutto il corpo spalla e la palificata viene quindi progettata con il fattore di struttura q=1

I parametri dello spettro sono:

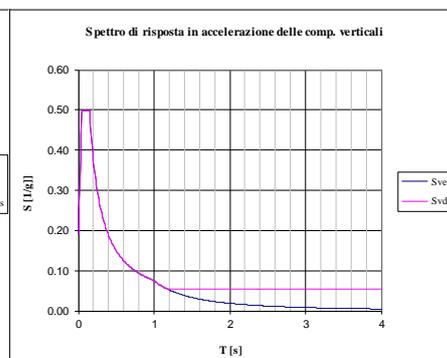
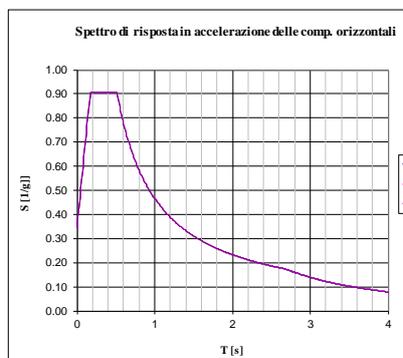
Terr. Tipo	c				
Cat. Topog.	1				
ξ	5%				
η	1				
a <sub>g0</sub>	0.270 g				
F <sub>0</sub>	2.624				
T <sub>C</sub> *	0.345 s				
γ <sub>1</sub>	1				
a <sub>g</sub>	0.270 g				
q	1				
β	0.2				
	Ss	St			
	1.274	1.000			
Ce	S	TB	TC	TD	
	1.491	1.274	0.172	0.515	2.682

componente verticale		Ss	St	
F <sub>v</sub>	1.842	1.000	1.000	
	S	TB	TC	TD
	1.000	0.050	0.150	1.000
q	1			

Per avere il valore di S(T)		
T	0.00	0.00
	orizz	vert
S <sub>h</sub> (T)	0.345	0.190
S <sub>v</sub> (T)	0.345	0.190

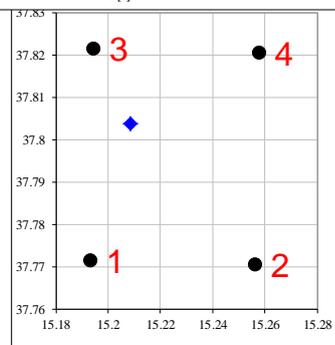
Valore massimo dello spettro (plateau)		
	orizz	vert
S <sub>h</sub> (T)	0.904	0.498
S <sub>v</sub> (T)	0.904	0.498

Ponti isolati	
T <sub>is</sub>	1 s
0.8•T <sub>is</sub>	0.8 s
ξ	5%
η	1.000
S <sub>is</sub> (T <sub>is</sub> )	0.466



VN	75 anni	Vita nominale
CLASSE	3	Classe d'uso
C <sub>U</sub>	1.5	Coefficiente d'uso
V <sub>R</sub>	112.5 anni	Periodo di riferimento
P <sub>VR</sub>	10%	Prob. di sup. nel periodo di riferimento
T <sub>R</sub>	1068 anni	Periodo di ritorno
f	0.0009 l/anno	Frequenza di annuale di superamento

Punto	ID	LONG	LAT	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub> *
1	46758	15.19347	37.7716	0.274	2.661	0.333
2	46759	15.25654	37.77058	0.243	2.629	0.361
3	46536	15.19473	37.82159	0.278	2.623	0.340
4	46537	15.25782	37.82058	0.273	2.577	0.359
P		15.208664	37.803864	0.270	2.624	0.345



convertitore coordinate : gradi sessagesimali ----> gradi sessadecimali (o decimali)			
gradi	primi	secondi	gradi decimali
lat. 37	48	13.91	37.803864
long. 15	12	31.19	15.208664

## 6 NOTE, LIMITI TENSIONALI E FESSURATIVI

### 6.1 Limiti tensionali

Materiale	SLE qp	SLE rara
C25/30	$\sigma_c \leq 0.40 * f_{ck} = 10.0 \text{ MPa}$	$\sigma_c \leq 0.55 * f_{ck} = 13.75 \text{ MPa}$
C28/35	$\sigma_c \leq 0.40 * f_{ck} = 11.2 \text{ MPa}$	$\sigma_c \leq 0.55 * f_{ck} = 15.4 \text{ MPa}$
C32/40	$\sigma_c \leq 0.40 * f_{ck} = 12.8 \text{ MPa}$	$\sigma_c \leq 0.55 * f_{ck} = 17.6 \text{ MPa}$
acciaio c.a.		$\sigma_s \leq 0.75 * f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$

### 6.2 Verifica a fessurazione

Si riportano i limiti fessurativi considerati

Elemento	Classe di esposizione	Condizione	Classe di resistenza	Copriferro minimo	Limite fessurativo SLE rara
Elevazione	XC4	Aggressiva	C32/40	40+10=50 mm	w1=0.200 mm
Plinti	XC2	Ordinaria (permanente contatto con il terreno)	C28/35	40 mm	w1=0.200 mm
Pali di fondazione	XC2	Ordinaria (permanente contatto con il terreno)	C25/30	60 mm	w1=0.200 mm

Ad eccezione dei pali, il copriferro degli elementi che ricadono in condizioni aggressive o molto aggressive, è stato aumentato, rispettivamente, di 10 o 20mm.

### 6.3 Legenda

- Verifica a pressoflessione pila: la tensione dell'armatura è di trazione se negativa

## 7 MODELLO DI CALCOLO

L'analisi è condotta con un modello agli elementi finiti mediante il programma di calcolo SAP2000.

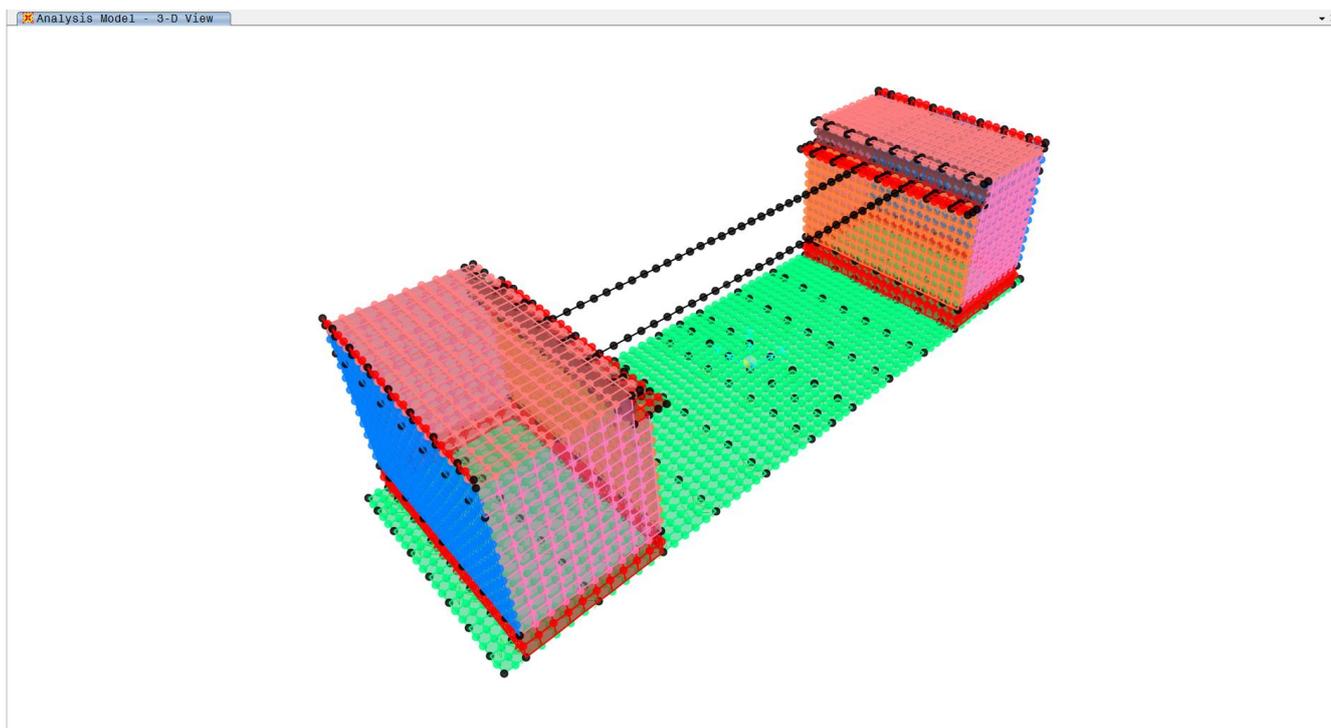
Il modello è realizzato interamente con elementi shell ad eccezione di due frame fittizi  $L=28.8\text{m}$  che rappresentano i binari, utilizzati al solo fine di inserire i carichi provenienti dall'impalcato.

Si riportano alcune immagini significative del modello.

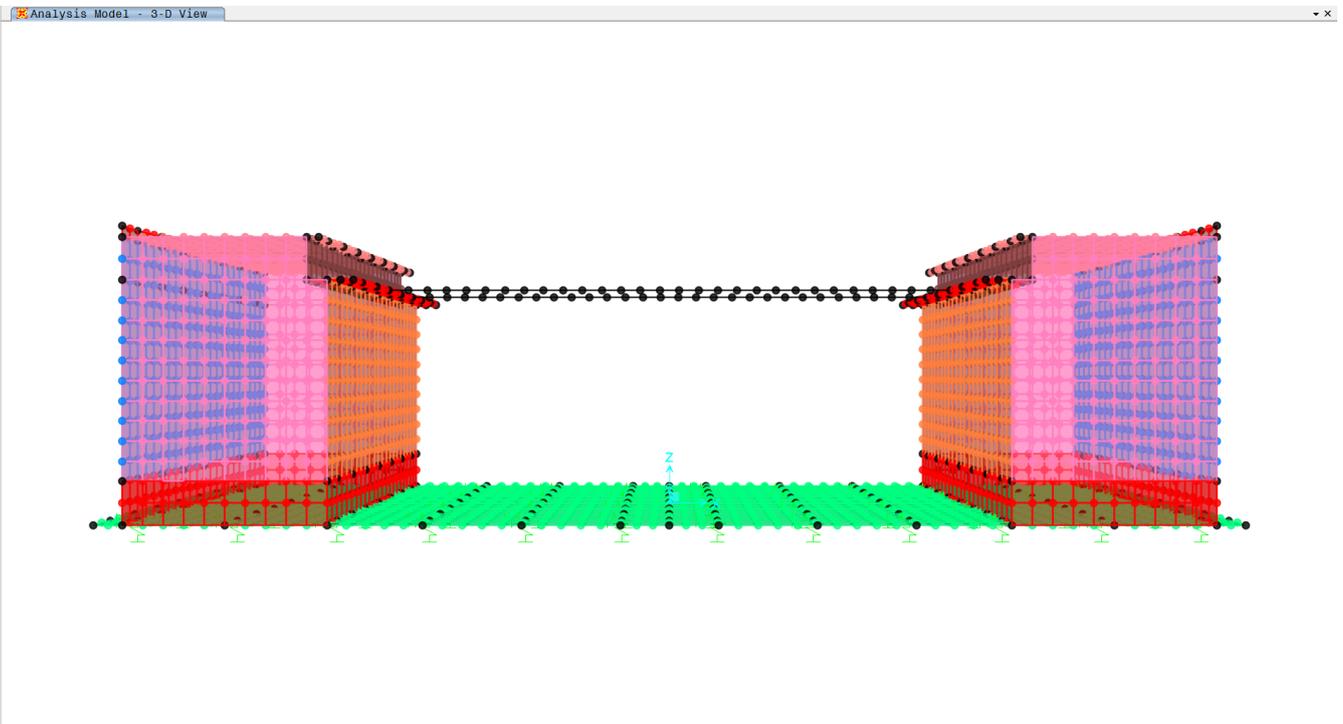
I pali di fondazione sono stati modellati con delle molle traslazionali aventi le seguenti rigidezze:

$$k_v = 1'000/0.005 = 200'000 \text{ kN/ml}$$

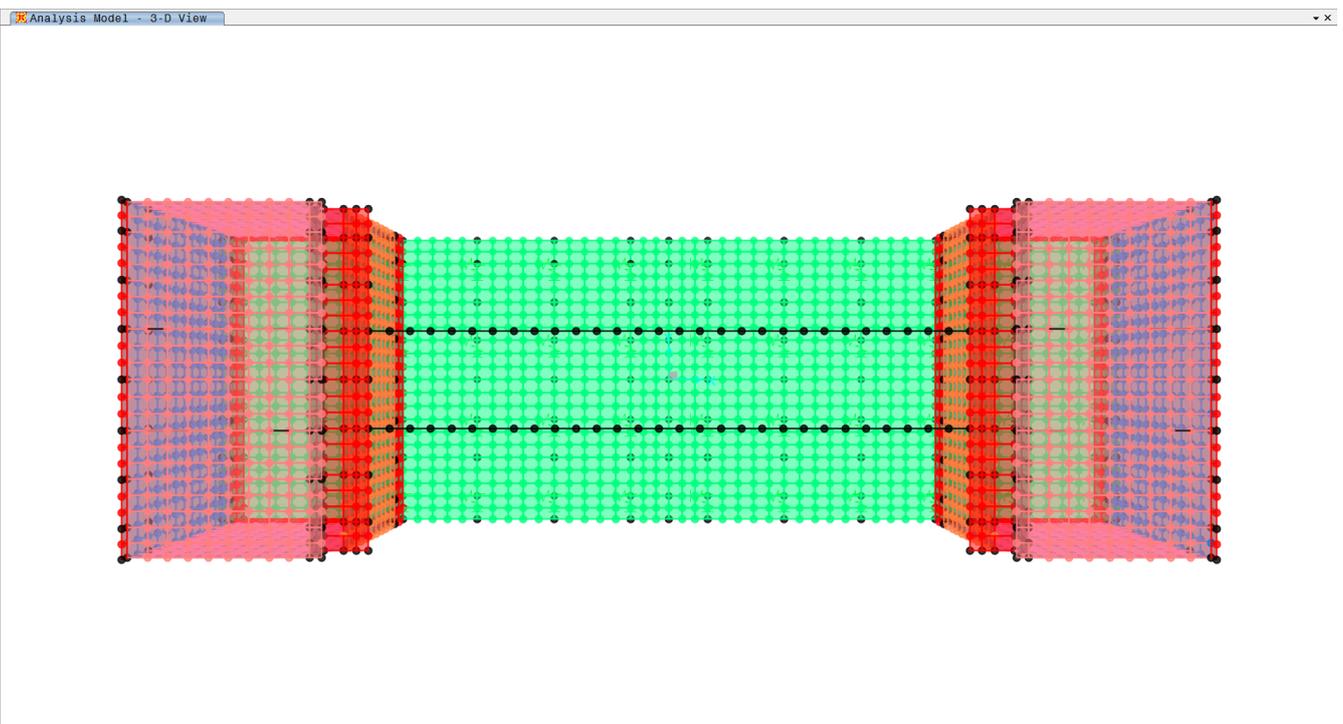
$$k_h = k_v/2$$



**Figura 1: vista 3d**

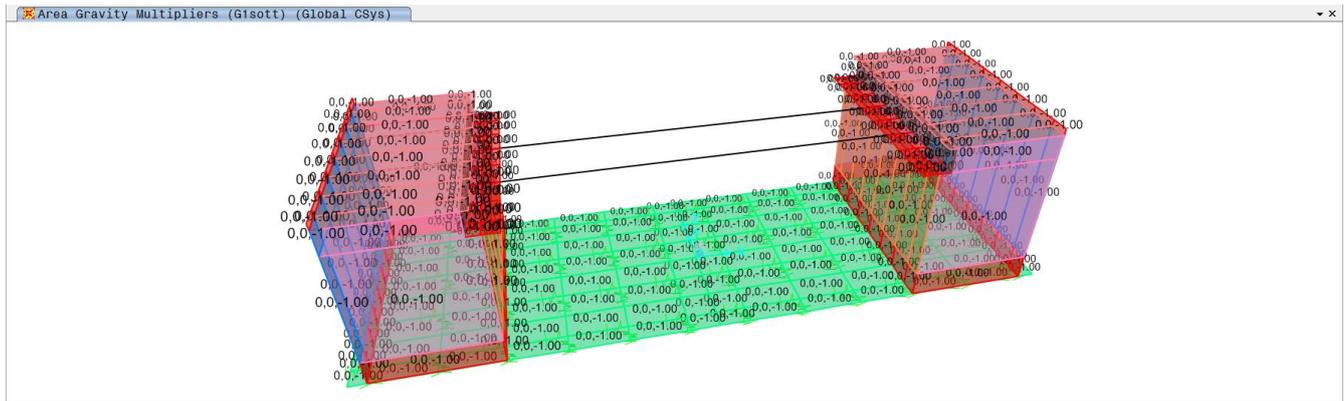


**Figura 2: vista prospettica frontale**

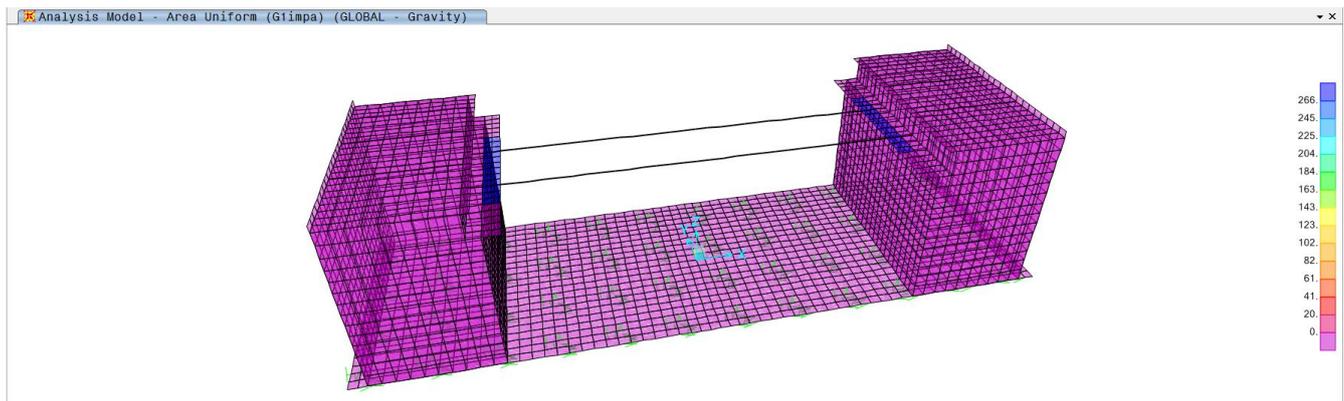


**Figura 3: vista prospettica dall'alto**

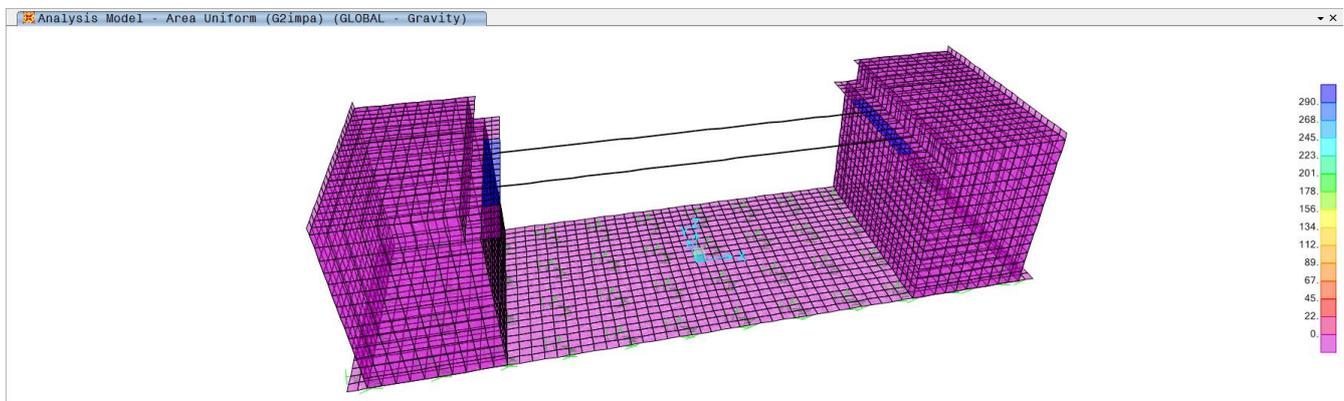
## 7.1 Applicazione carichi



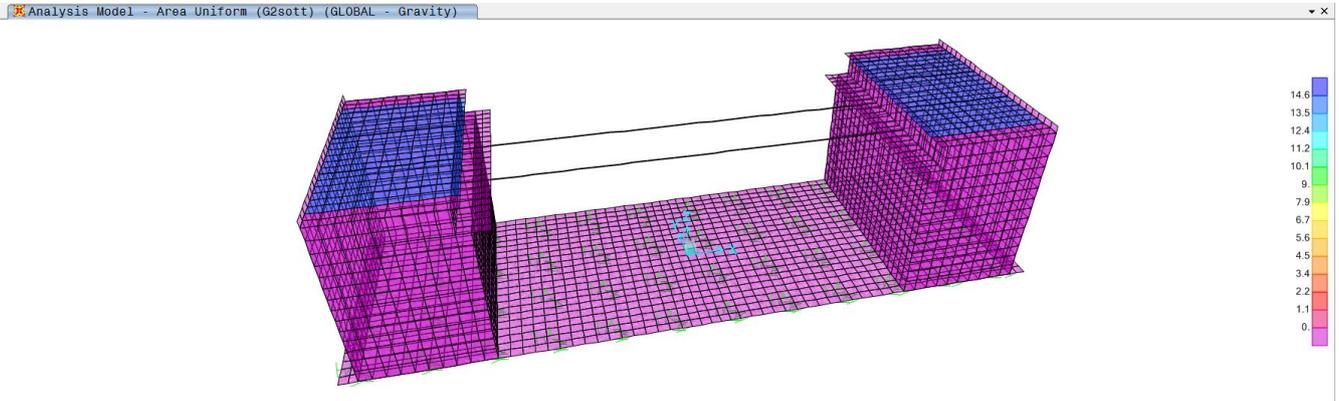
**Figura 4: G1 sottostrutture = gravity load (0,0,-1)**



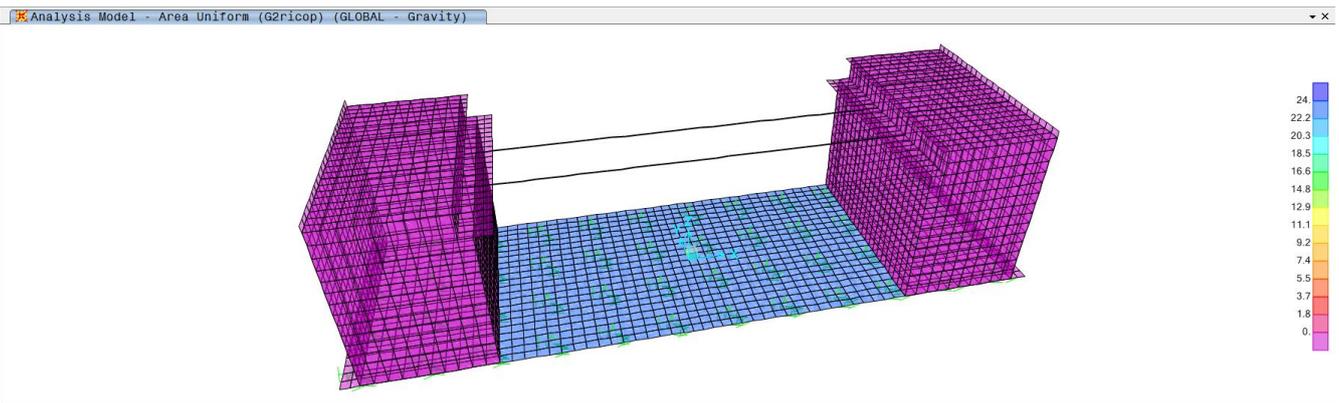
**Figura 5: G1 impalcato =  $5866/2/9.2/1.2=266$  kPa**



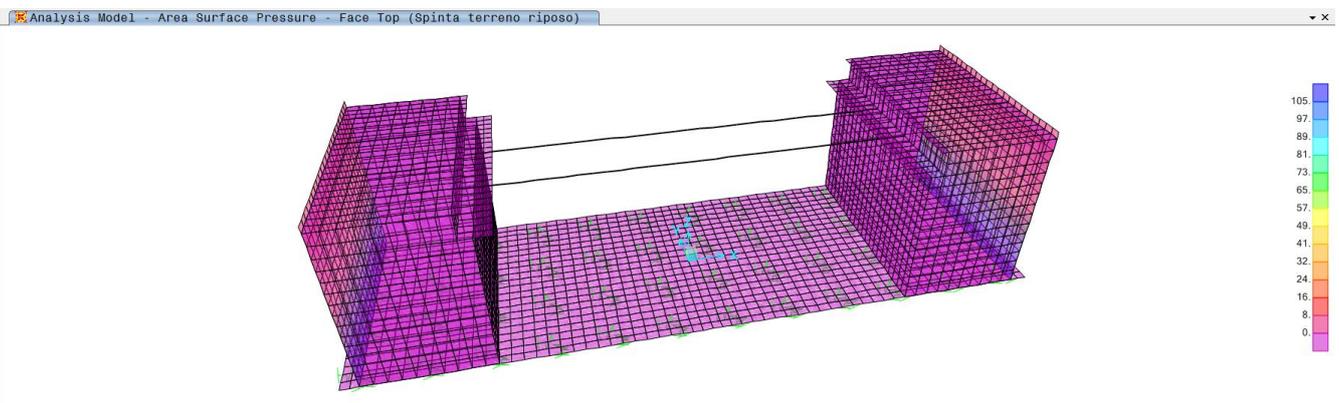
**Figura 6: G2 impalcato =  $6404/2/9.2/1.2=290$  kPa**



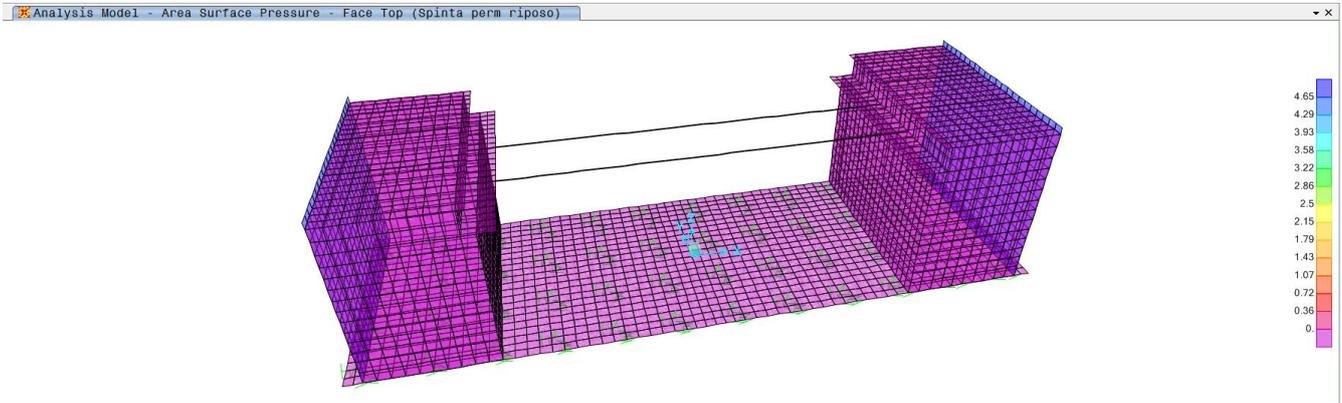
**Figura 7: G2 sottostre =  $200.1/9.2=14.6$  kPa**



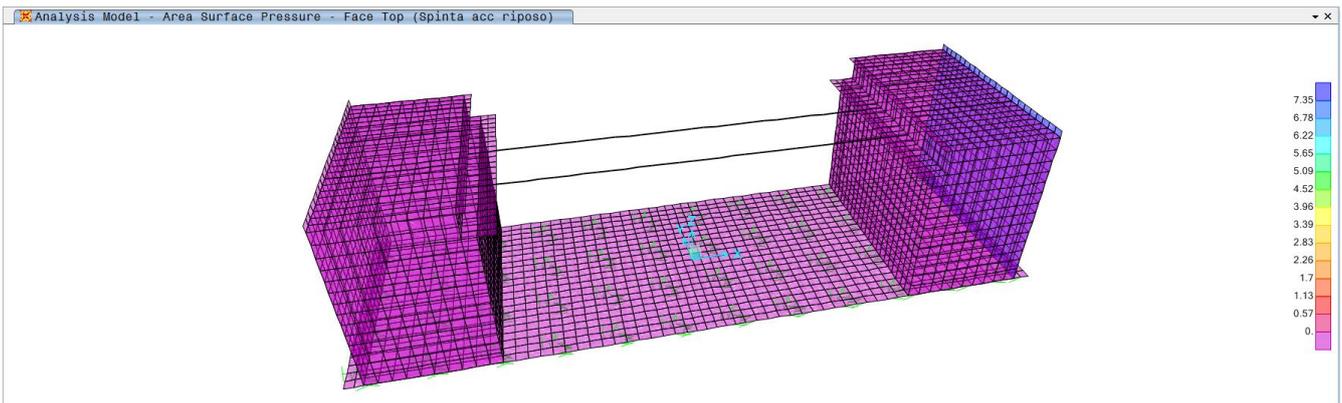
**Figura 8: G2 ricoprimento =  $20*1.2=24$  kPa**



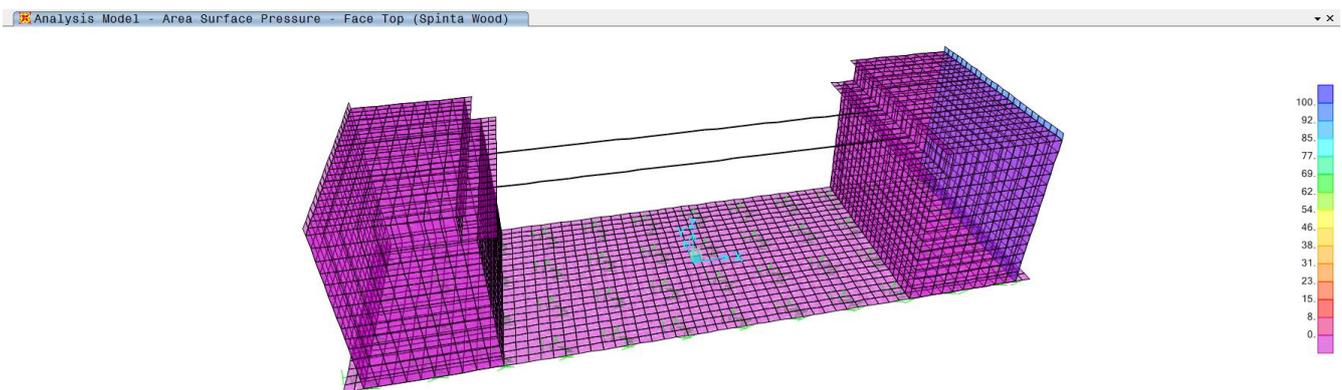
**Figura 9: spinta terreno a riposo = 105 kPa (triangolare)**



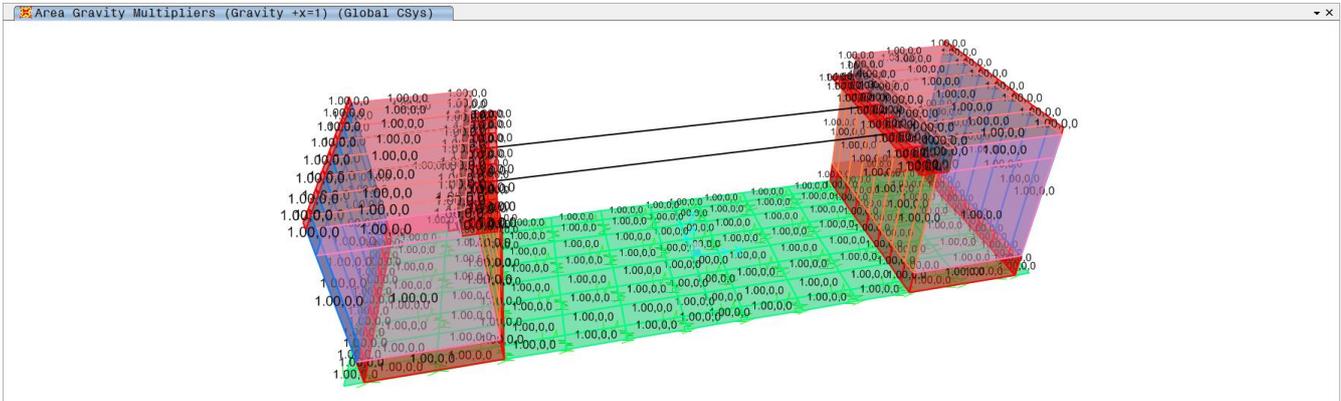
**Figura 10: spinta permanente a riposo = 4.65 kPa (uniforme)**



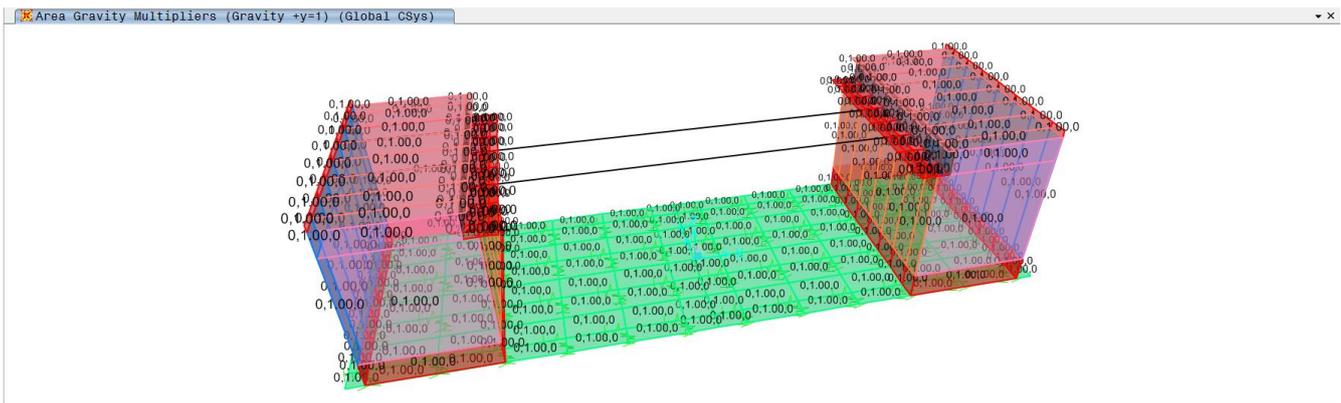
**Figura 11: spinta accidentale a riposo = 7.35 kPa (uniforme)**



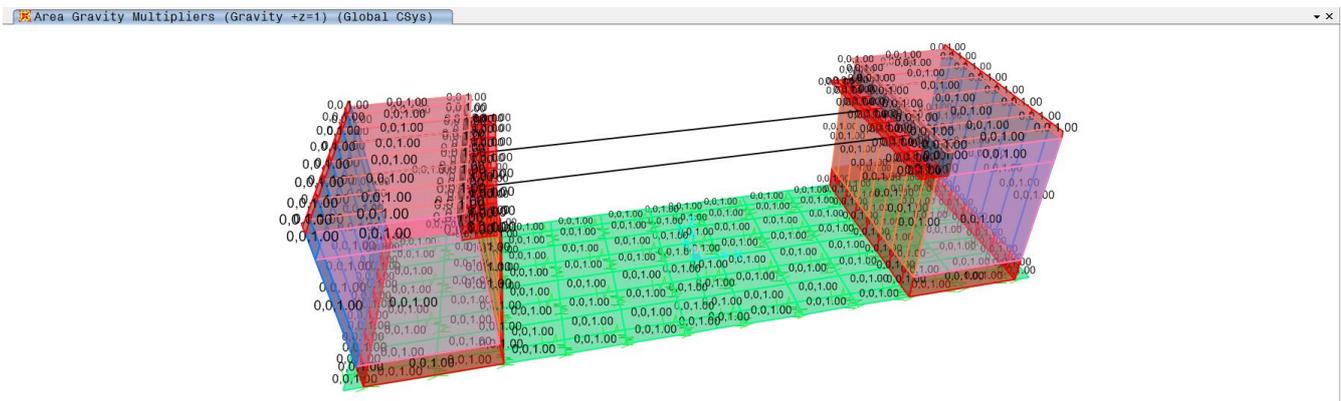
**Figura 12: spinta Wood = 100 kPa (uniforme solo lato spalla fissa)**



**Figura 13: Inerzia sottostrutture +X = gravity (1,0,0) poi moltiplicato per kh=-0.344**

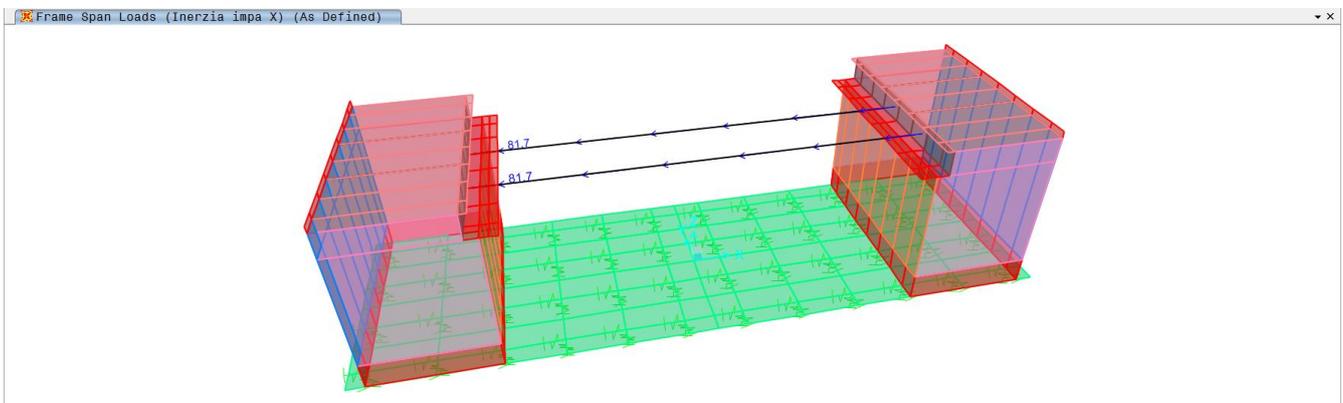


**Figura 14: Inerzia sottostrutture +Y = gravity (0,1,0) poi moltiplicato per kh=0.344**

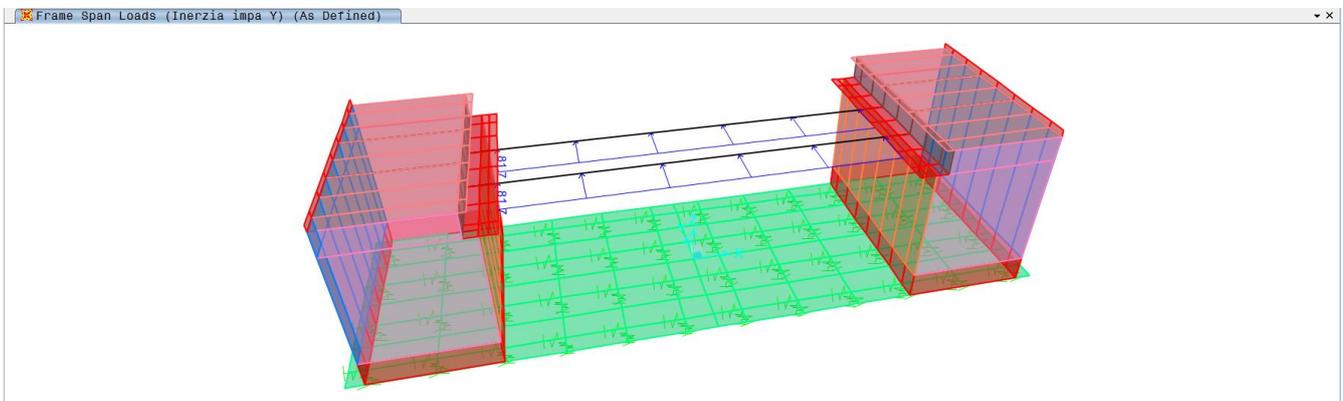


**Figura 15: Inerzia sottostrutture +Z = gravity (0,0,1) poi moltiplicato per kv=0.172**

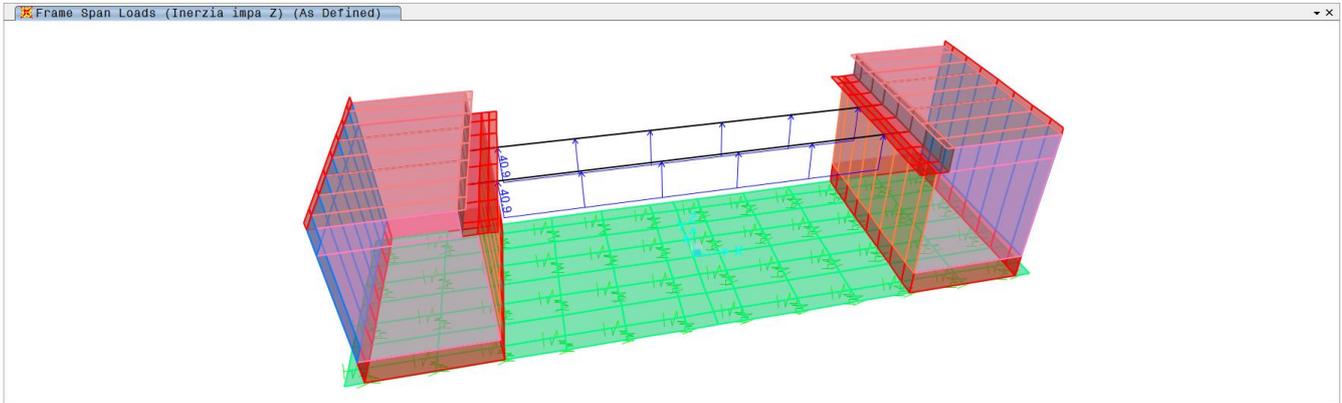
Case Text	LoadType Text	LoadName Text	LoadSF Unitless
Inerzia sott X	Load pattern	Gravity +x=1	-0.344
Inerzia sott Y	Load pattern	Gravity +y=1	0.344
Inerzia sott Z	Load pattern	Gravity +z=1	0.172



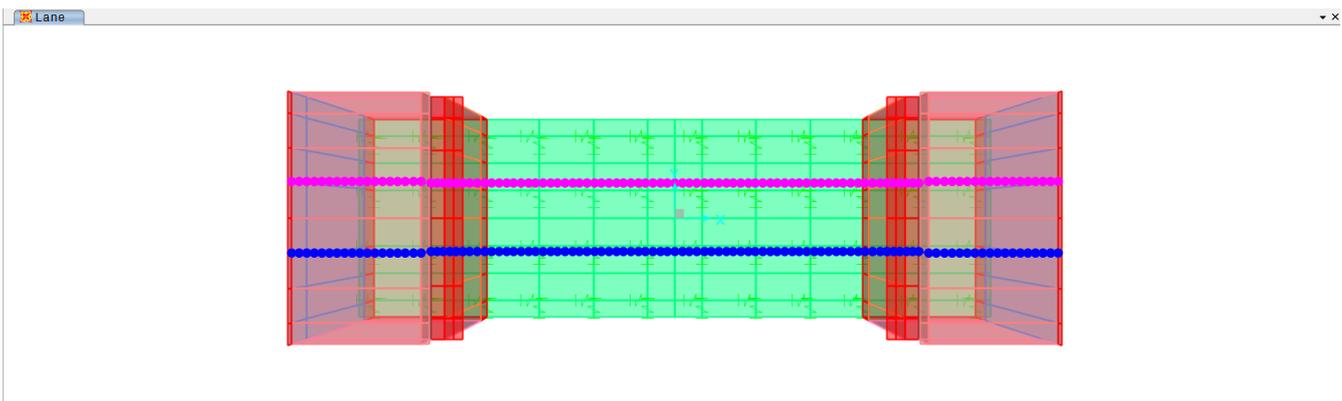
**Figura 16: Inerzia impalcato -X =  $(383.4+44.4)*32/2/28.8*0.344=81.7$  kN/ml**



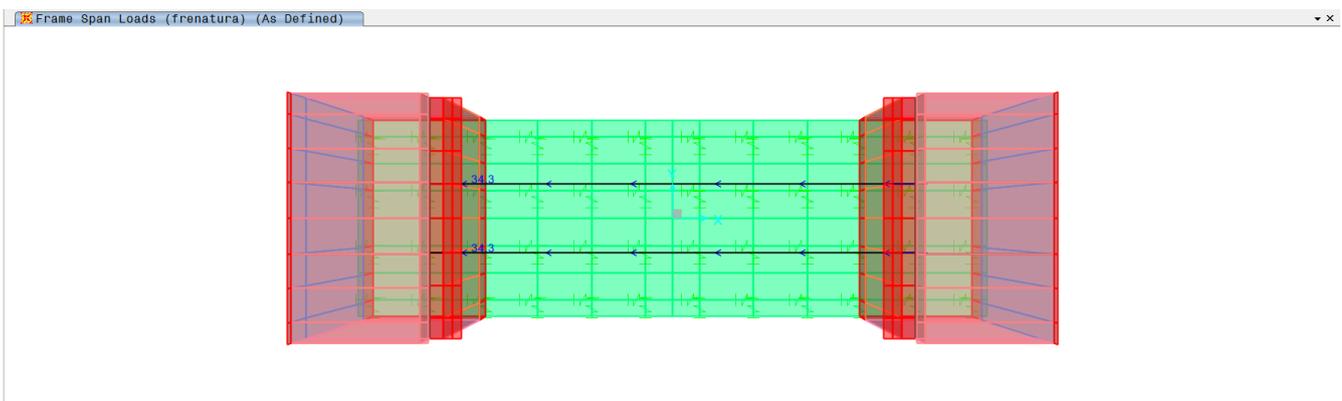
**Figura 17: Inerzia impalcato +Y = 81.7 kN/ml**



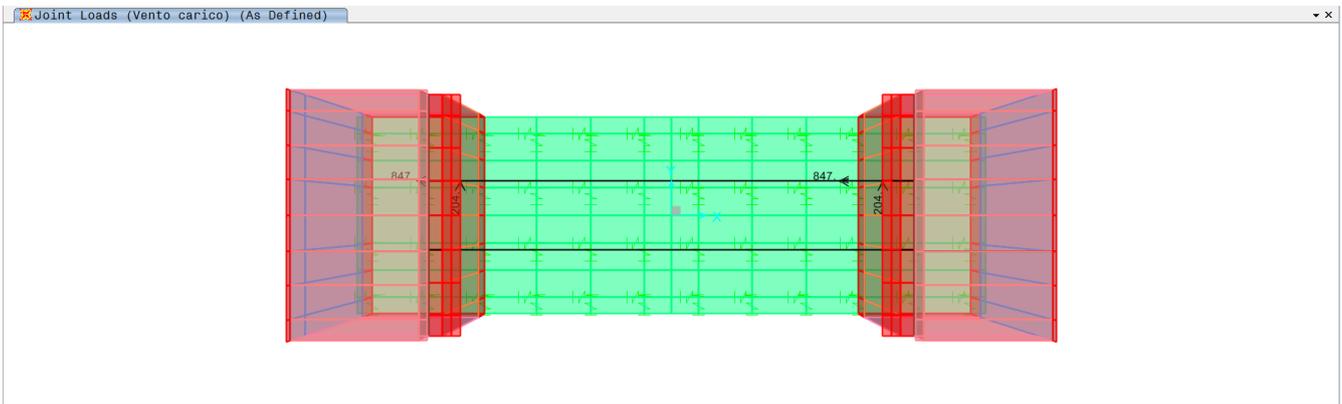
**Figura 18: Inerzia impalcato +Z = 40.9 kN/ml**



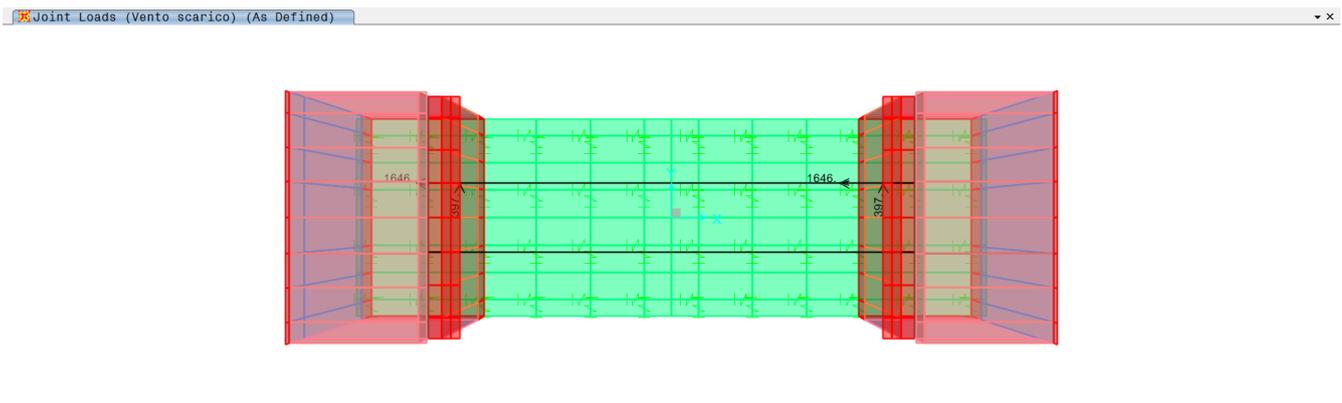
**Figura 19: Lane di applicazione del carico da traffico ferroviario**



**Figura 20: Frenatura =  $1975/2/28.8 = 34.3$  kN/ml**



**Figura 21: Vento ponte carico**

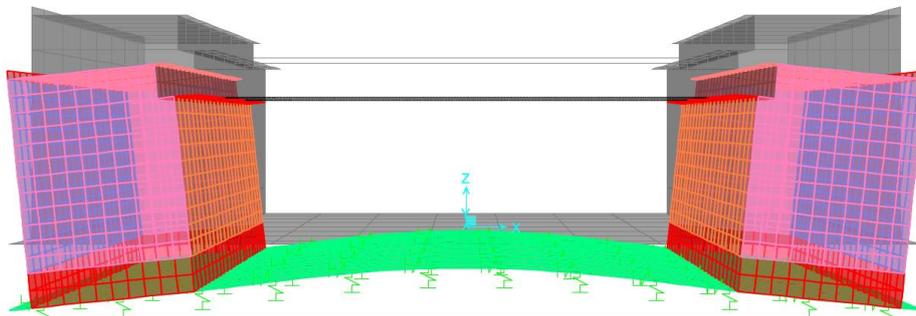


**Figura 22: Vento ponte scarico**

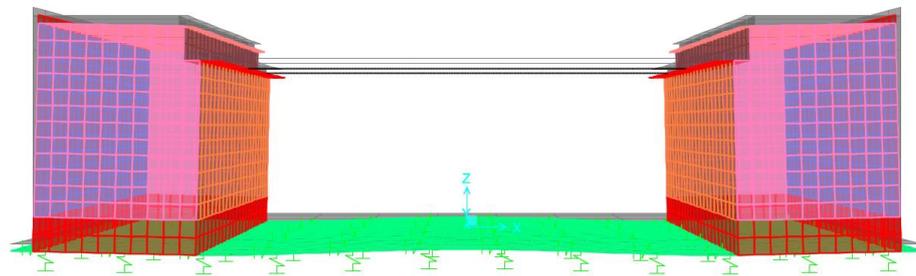
## 7.2 Deformate

Si riporta l'andamento qualitativo delle deformate, tutte plottate con la stessa scala (800), ad eccezione del carico G1sott per il quale la scala viene ridotta ad 1/3\*800

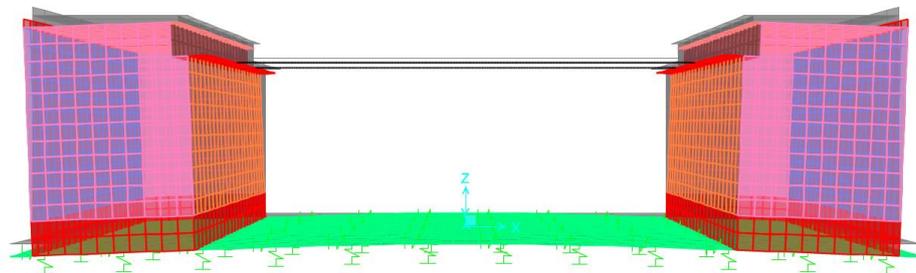
Deformed Shape (G1sott)



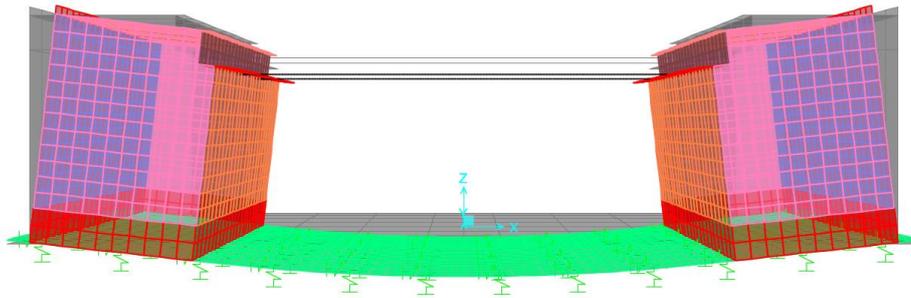
Deformed Shape (G1mpa)



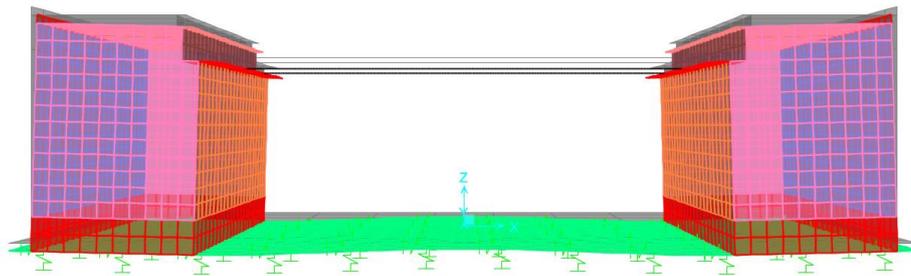
Deformed Shape (G2sott)



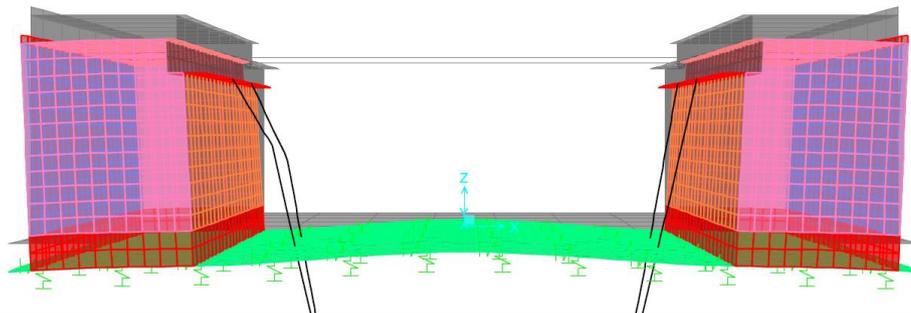
Deformed Shape (G2ricop)



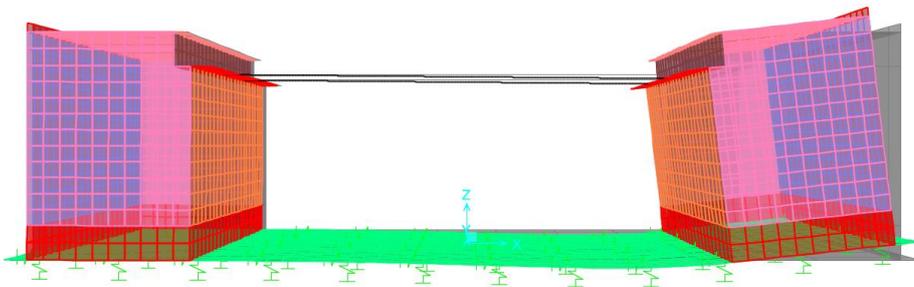
Deformed Shape (G21mpa)



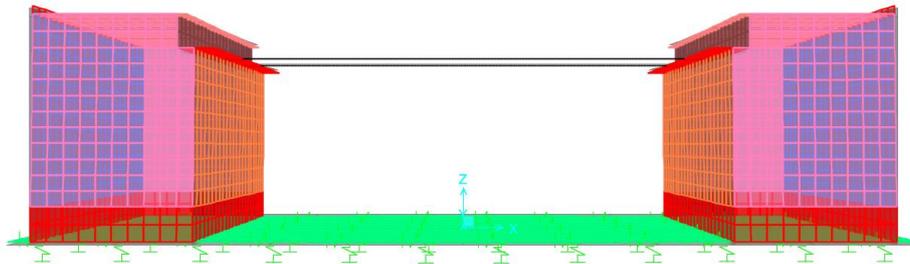
Deformed Shape (Q1V)



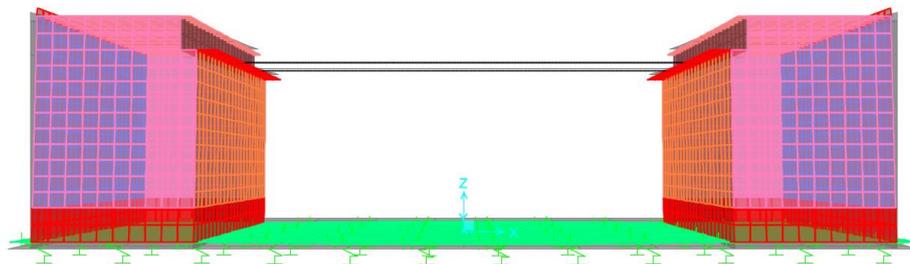
Deformed Shape (frenatura)



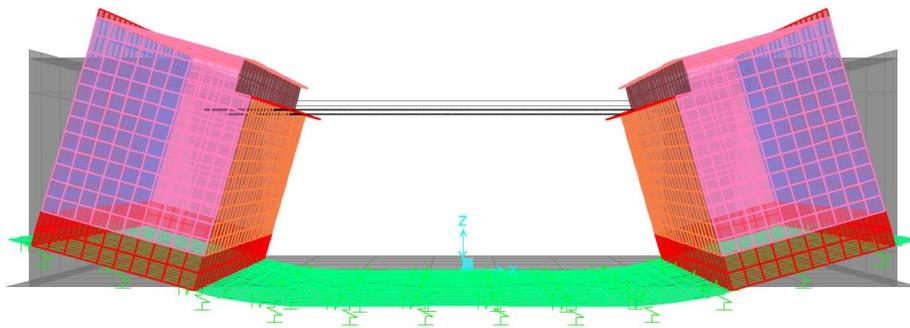
Deformed Shape (Vento carico)



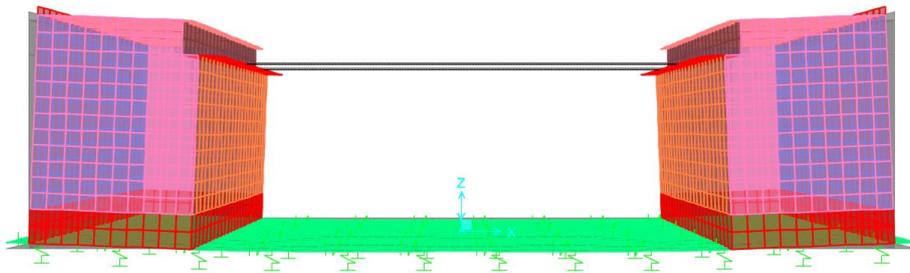
Deformed Shape (Vento scarico)



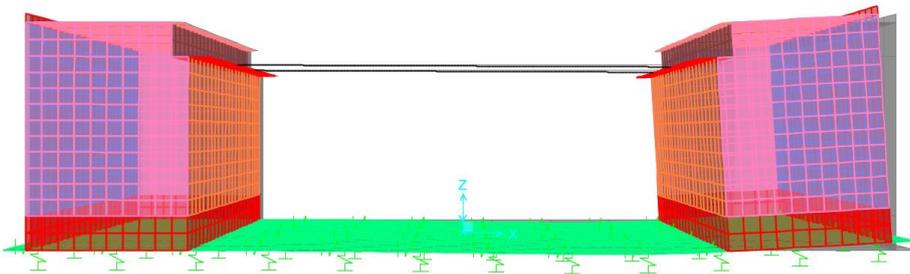
Deformed Shape (Spinta terreno riposo)



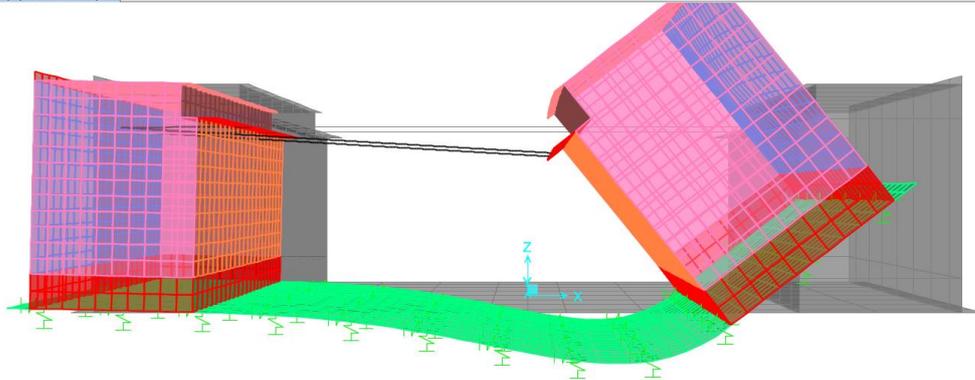
Deformed Shape (Spinta perm riposo)



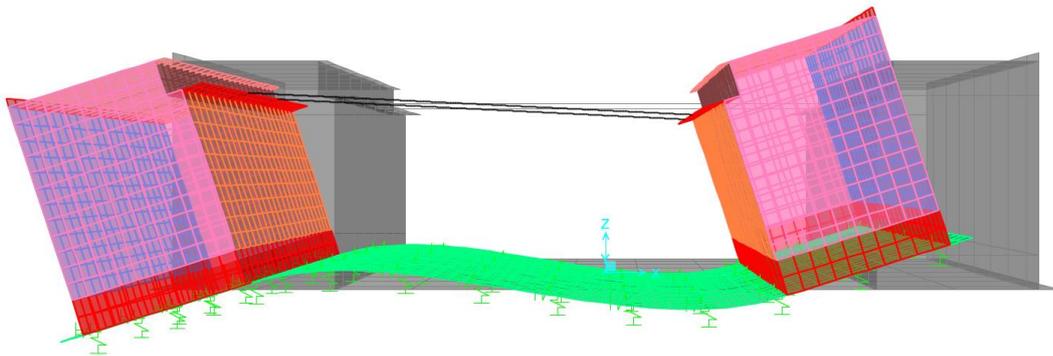
Deformed Shape (Spinta acc riposo)



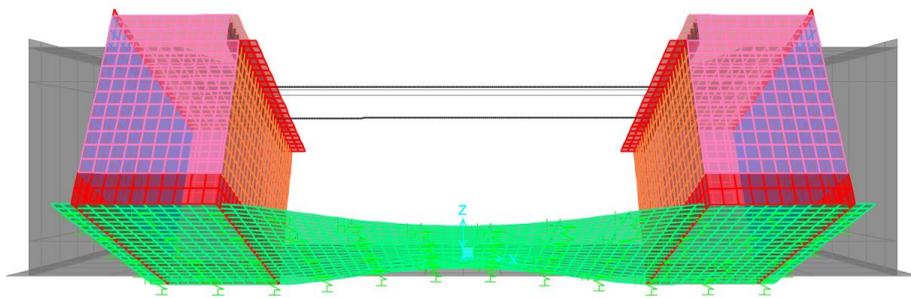
Deformed Shape (Spinta Wood) - x



Deformed Shape (Inerzia sott X) - x



Deformed Shape (Inerzia sott Y) - x

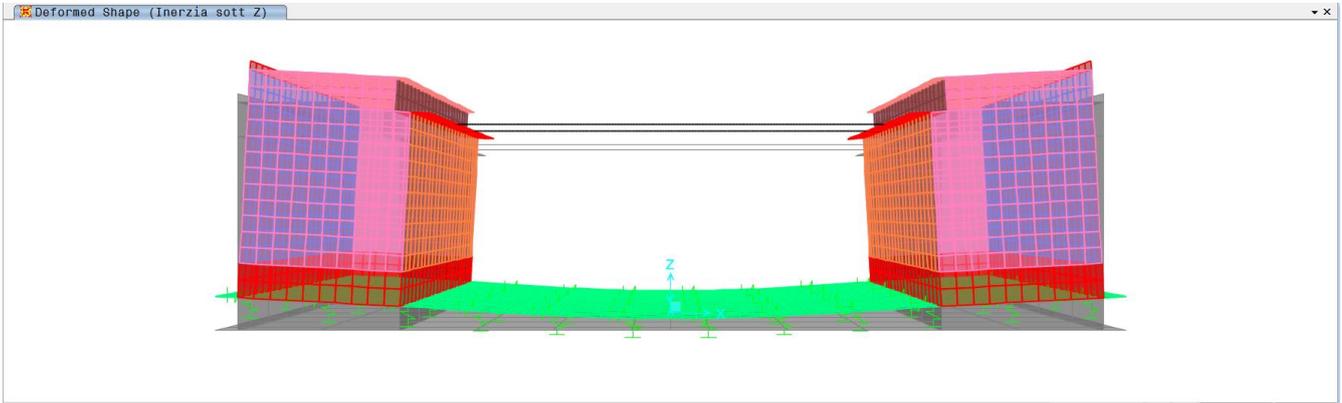




**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 28 di 79



**8 COMBINAZIONI DI CARICO**

<b>TABLE: Combination Definitions</b>					
<b>ComboName</b>	<b>ComboType</b>	<b>AutoDesign</b>	<b>CaseType</b>	<b>CaseName</b>	<b>ScaleFactor</b>
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
Termica uniforme	Abs Add	No	Linear Static	DT+uni	1
Termica differenziale	Abs Add	No	Linear Static	DT+diff	1
T	Linear Add	No	Response Combo	Termica uniforme	1
T			Response Combo	Termica differenziale	1
Q5	Abs Add	No	Linear Static	Vento scarico	1
Q5q	Abs Add	No	Linear Static	Vento carico	1
Q1L	Abs Add	No	Linear Static	frenatura	1
Q1T	Abs Add	No	Linear Static	centrifuga	1
Q1T			Linear Static	serpeggio	1
Q7 perm	Abs Add	No	Linear Static	Attrito Statico	1
Q7 mob	Abs Add	No	Linear Static	Attrito DinamicoDin	1
Q1V 1T	Envelope	No	Moving Load	mono-NORMALE	1
Q1V 1T			Moving Load	mono-PESANTE	1
Q1V 2T	Envelope	No	Moving Load	doppio-NORMALE	1
Q1V 2T			Moving Load	doppio-PESANTE	1
G1	Linear Add	No	Linear Static	G1sott	1
G1			Linear Static	G1impa	1
G2	Linear Add	No	Linear Static	G2sott	1
G2			Linear Static	G2impa	1
G2			Linear Static	G2ricop	1
G	Linear Add	No	Response Combo	G1	1
G			Response Combo	G2	1
Q1V	Linear Add	No	Response Combo	Q1V 1T	0
Q1V			Response Combo	Q1V 2T	1
RitiroRangeAdd	Range Add	No	Linear Static	Ritiro	1
Sisma X+Z	Linear Add	No	Response Combo	G	1
Sisma X+Z			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
Sisma X+Z			Linear Static	Spinta perm riposo	1
Sisma X+Z			Linear Static	Spinta acc riposo	0.2
Sisma X+Z			Linear Static	Spinta Wood	1
Sisma X+Z			Response Combo	Q1V	0.2
Sisma X+Z			Response Combo	Q1L	0.2
Sisma X+Z			Linear Static	Inerzia impa X	1
Sisma X+Z			Linear Static	Inerzia sott X	1

Sisma X+Z			Linear Static	Inerzia impa Z	1
Sisma X+Z			Linear Static	Inerzia sott Z	1
Sisma X+Z			Response Combo	T	0.5
Sisma X+Z			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
Sisma X-Z	Linear Add	No	Response Combo	G	1
Sisma X-Z			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
Sisma X-Z			Linear Static	Spinta perm riposo	1
Sisma X-Z			Linear Static	Spinta acc riposo	0.2
Sisma X-Z			Linear Static	Spinta Wood	1
Sisma X-Z			Response Combo	Q1V	0.2
Sisma X-Z			Response Combo	Q1L	0.2
Sisma X-Z			Linear Static	Inerzia impa X	1
Sisma X-Z			Linear Static	Inerzia sott X	1
Sisma X-Z			Linear Static	Inerzia impa Z	-1
Sisma X-Z			Linear Static	Inerzia sott Z	-1
Sisma X-Z			Response Combo	T	0.5
Sisma X-Z			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
Sisma Y+Z	Linear Add	No	Response Combo	G	1
Sisma Y+Z			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
Sisma Y+Z			Linear Static	Spinta perm riposo	1
Sisma Y+Z			Linear Static	Spinta acc riposo	0.2
Sisma Y+Z			Linear Static	Spinta Wood	0
Sisma Y+Z			Response Combo	Q1V	0.2
Sisma Y+Z			Response Combo	Q1L	0.2
Sisma Y+Z			Linear Static	Inerzia impa Y	1
Sisma Y+Z			Linear Static	Inerzia sott Y	1
Sisma Y+Z			Linear Static	Inerzia impa Z	1
Sisma Y+Z			Linear Static	Inerzia sott Z	1
Sisma Y+Z			Response Combo	T	0.5
Sisma Y+Z			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
Sisma Y-Z	Linear Add	No	Response Combo	G	1
Sisma Y-Z			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
Sisma Y-Z			Linear Static	Spinta perm riposo	1
Sisma Y-Z			Linear Static	Spinta acc riposo	0.2
Sisma Y-Z			Linear Static	Spinta Wood	0
Sisma Y-Z			Response Combo	Q1V	0.2
Sisma Y-Z			Response Combo	Q1L	0.2
Sisma Y-Z			Linear Static	Inerzia impa Y	1

Sisma Y-Z			Linear Static	Inerzia sott Y	1
Sisma Y-Z			Linear Static	Inerzia impa Z	-1
Sisma Y-Z			Linear Static	Inerzia sott Z	-1
Sisma Y-Z			Response Combo	T	0.5
Sisma Y-Z			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
SISMA LONG	Envelope	No	Response Combo	Sisma X-Z	1
SISMA LONG			Response Combo	Sisma X+Z	1
SISMA TRASV	Envelope	No	Response Combo	Sisma Y-Z	1
SISMA TRASV			Response Combo	Sisma Y+Z	1
STR SLU up Gr1	Linear Add	No	Response Combo	G1	1.35
STR SLU up Gr1			Response Combo	G2	1.5
STR SLU up Gr1			Linear Static	Spinta terreno riposo	1.35
STR SLU up Gr1			Linear Static	Spinta perm riposo	1.5
STR SLU up Gr1			Linear Static	Spinta acc riposo	1.45
STR SLU up Gr1			Response Combo	Q1V	1.45
STR SLU up Gr1			Response Combo	Q1L	0.725
STR SLU up Gr1			Response Combo	Q1T	1.45
STR SLU up Gr1			Response Combo	Q5q	0.9
STR SLU up Gr1			Response Combo	T	0.9
STR SLU up Gr1			Response Combo	RitiroRangeAdd	1.2
STR SLU up Gr3	Linear Add	No	Response Combo	G1	1.35
STR SLU up Gr3			Response Combo	G2	1.5
STR SLU up Gr3			Linear Static	Spinta terreno riposo	1.35
STR SLU up Gr3			Linear Static	Spinta perm riposo	1.5
STR SLU up Gr3			Linear Static	Spinta acc riposo	1.45
STR SLU up Gr3			Response Combo	Q1V	1.45
STR SLU up Gr3			Response Combo	Q1L	1.45
STR SLU up Gr3			Response Combo	Q1T	0.725
STR SLU up Gr3			Response Combo	Q5q	0.9
STR SLU up Gr3			Response Combo	T	0.9
STR SLU up Gr3			Response Combo	RitiroRangeAdd	1.2
STR SLU up Q5	Linear Add	No	Response Combo	G1	1.35
STR SLU up Q5			Response Combo	G2	1.5
STR SLU up Q5			Linear Static	Spinta terreno riposo	1.35
STR SLU up Q5			Linear Static	Spinta perm riposo	1.5
STR SLU up Q5			Linear Static	Spinta acc riposo	1.45
STR SLU up Q5			Response Combo	Q1V	0
STR SLU up Q5			Response Combo	Q1L	0

STR SLU up Q5			Response Combo	Q1T	0
STR SLU up Q5			Response Combo	Q5	1.5
STR SLU up Q5			Response Combo	T	0.9
STR SLU up Q5			Response Combo	RitiroRangeAdd	1.2
STR SLU low Gr1	Linear Add	No	Response Combo	G1	1
STR SLU low Gr1			Response Combo	G2	1
STR SLU low Gr1			Linear Static	Spinta terreno riposo	1.35
STR SLU low Gr1			Linear Static	Spinta perm riposo	1.5
STR SLU low Gr1			Linear Static	Spinta acc riposo	1.45
STR SLU low Gr1			Response Combo	Q1V	1.45
STR SLU low Gr1			Response Combo	Q1L	0.725
STR SLU low Gr1			Response Combo	Q1T	1.45
STR SLU low Gr1			Response Combo	Q5q	0.9
STR SLU low Gr1			Response Combo	T	0.9
STR SLU low Gr1			Response Combo	RitiroRangeAdd	1.2
STR SLU low Gr3	Linear Add	No	Response Combo	G1	1
STR SLU low Gr3			Response Combo	G2	1
STR SLU low Gr3			Linear Static	Spinta terreno riposo	1.35
STR SLU low Gr3			Linear Static	Spinta perm riposo	1.5
STR SLU low Gr3			Linear Static	Spinta acc riposo	1.45
STR SLU low Gr3			Response Combo	Q1V	1.45
STR SLU low Gr3			Response Combo	Q1L	1.45
STR SLU low Gr3			Response Combo	Q1T	0.725
STR SLU low Gr3			Response Combo	Q5q	0.9
STR SLU low Gr3			Response Combo	T	0.9
STR SLU low Gr3			Response Combo	RitiroRangeAdd	1.2
STR SLU low Q5	Linear Add	No	Response Combo	G1	1
STR SLU low Q5			Response Combo	G2	1
STR SLU low Q5			Linear Static	Spinta terreno riposo	1.35
STR SLU low Q5			Linear Static	Spinta perm riposo	1.5
STR SLU low Q5			Linear Static	Spinta acc riposo	1.45
STR SLU low Q5			Response Combo	Q1V	0
STR SLU low Q5			Response Combo	Q1L	0
STR SLU low Q5			Response Combo	Q1T	0
STR SLU low Q5			Response Combo	Q5	1.5
STR SLU low Q5			Response Combo	T	0.9
STR SLU low Q5			Response Combo	RitiroRangeAdd	1.2
SLErara Gr1	Linear Add	No	Response Combo	G1	1

SLErara Gr1			Response Combo	G2	1
SLErara Gr1			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
SLErara Gr1			Linear Static	Spinta perm riposo	1
SLErara Gr1			Linear Static	Spinta acc riposo	1
SLErara Gr1			Response Combo	Q1V	1
SLErara Gr1			Response Combo	Q1L	0.5
SLErara Gr1			Response Combo	Q1T	1
SLErara Gr1			Response Combo	Q5q	0.6
SLErara Gr1			Response Combo	T	0.6
SLErara Gr1			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
SLErara Gr3	Linear Add	No	Response Combo	G1	1
SLErara Gr3			Response Combo	G2	1
SLErara Gr3			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
SLErara Gr3			Linear Static	Spinta perm riposo	1
SLErara Gr3			Linear Static	Spinta acc riposo	1
SLErara Gr3			Response Combo	Q1V	1
SLErara Gr3			Response Combo	Q1L	1
SLErara Gr3			Response Combo	Q1T	0.5
SLErara Gr3			Response Combo	Q5q	0.6
SLErara Gr3			Response Combo	T	0.6
SLErara Gr3			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
SLErara Q5	Linear Add	No	Response Combo	G1	1
SLErara Q5			Response Combo	G2	1
SLErara Q5			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
SLErara Q5			Linear Static	Spinta perm riposo	1
SLErara Q5			Linear Static	Spinta acc riposo	1
SLErara Q5			Response Combo	Q1V	0
SLErara Q5			Response Combo	Q1L	0
SLErara Q5			Response Combo	Q1T	0
SLErara Q5			Response Combo	Q5	1
SLErara Q5			Response Combo	T	0.6
SLErara Q5			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
SLEraraFess Gr4	Linear Add	No	Response Combo	G1	1
SLEraraFess Gr4			Response Combo	G2	1
SLEraraFess Gr4			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
SLEraraFess Gr4			Linear Static	Spinta perm riposo	1
SLEraraFess Gr4			Linear Static	Spinta acc riposo	1
SLEraraFess Gr4			Response Combo	Q1V	0.6

SLEraraFess Gr4			Response Combo	Q1L	0.6
SLEraraFess Gr4			Response Combo	Q1T	0.6
SLEraraFess Gr4			Response Combo	Q5q	0.6
SLEraraFess Gr4			Response Combo	T	0.6
SLEraraFess Gr4			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
SLEqp	Linear Add	No	Response Combo	G1	1
SLEqp			Response Combo	G2	1
SLEqp			Linear Static	Spinta terreno riposo	1
SLEqp			Linear Static	Spinta perm riposo	1
SLEqp			Response Combo	T	0.5
SLEqp			Response Combo	RitiroRangeAdd	1
SLE QP	Linear Add	No	Response Combo	SLEqp	1
SLE RARA FESS	Linear Add	No	Response Combo	SLEraraFess Gr4	1
SLE RARA	Envelope	No	Response Combo	SLErara Gr1	1
SLE RARA			Response Combo	SLErara Gr3	1
SLE RARA			Response Combo	SLErara Q5	1
SLU STR	Envelope	No	Response Combo	STR SLU low Gr1	1
SLU STR			Response Combo	STR SLU low Gr3	1
SLU STR			Response Combo	STR SLU low Q5	1
SLU STR			Response Combo	STR SLU up Gr1	1
SLU STR			Response Combo	STR SLU up Gr3	1
SLU STR			Response Combo	STR SLU up Q5	1
SISMA	Envelope	No	Response Combo	SISMA LONG	1
SISMA			Response Combo	SISMA TRASV	1



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 - PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 35 di 79

**9 CARICHI SUI PALI**

Joint Reactions (SLE OP)

F1=-18.59 F2=0.02 F3=2441.78	F1=-18.53 F2=0.1 F3=2582.31	F1=-18.52 F2=4.963E-03 F3=2729.22	F1=-13.21 F2=-1.26 F3=2597.24	F1=-7.93 F2=-1.6 F3=2244.23	F1=-2.65 F2=-1.66 F3=1995.78	F1=2.65 F2=-1.66 F3=1994.44	F1=7.93 F2=-1.6 F3=2239.94	F1=13.21 F2=-1.26 F3=2589.46	F1=18.52 F2=-0.1 F3=2718.28	F1=18.52 F2=0.05 F3=2569.	F1=18.59 F2=0.03 F3=2426.07
F1=-18.97 F2=9.519E-03 F3=2445.05	F1=-18.65 F2=0.05 F3=2577.34	F1=-18.44 F2=2.911E-03 F3=2732.84	F1=-13.46 F2=-0.37 F3=2619.71	F1=-8.08 F2=-0.54 F3=2291.82	F1=-2.69 F2=-0.58 F3=2051.15	F1=2.69 F2=-0.58 F3=2057.38	F1=8.08 F2=-0.55 F3=2289.29	F1=13.46 F2=-0.37 F3=2614.89	F1=18.44 F2=-4.649E-05 F3=2725.4	F1=18.64 F2=0.05 F3=2567.77	F1=18.97 F2=0.01 F3=2433.03
F1=-18.97 F2=0.01 F3=2448.66	F1=-18.64 F2=0.05 F3=2580.92	F1=-18.44 F2=2.251E-03 F3=2736.25	F1=-13.46 F2=0.38 F3=2623.07	F1=-8.08 F2=0.55 F3=2294.93	F1=-2.69 F2=0.58 F3=2061.38	F1=2.69 F2=0.58 F3=2061.23	F1=8.08 F2=0.54 F3=2294.3	F1=13.46 F2=0.37 F3=2621.43	F1=18.44 F2=5.179E-04 F3=2732.85	F1=18.65 F2=0.05 F3=2575.18	F1=18.97 F2=0.01 F3=2440.48
F1=-18.59 F2=-0.03 F3=2452.28	F1=-18.52 F2=0.1 F3=2592.79	F1=-18.52 F2=1.580E-04 F3=2739.72	F1=-13.21 F2=1.26 F3=2607.04	F1=-7.93 F2=1.6 F3=2253.38	F1=-2.65 F2=1.66 F3=2005.33	F1=2.65 F2=1.66 F3=2005.8	F1=7.93 F2=1.6 F3=2254.59	F1=13.21 F2=1.26 F3=2608.43	F1=18.52 F2=-2.625E-03 F3=2740.	F1=18.53 F2=0.1 F3=2590.69	F1=18.59 F2=-0.02 F3=2447.79

Joint Reactions (SLE RARA FESS)

F1=39.07 F2=5.17 F3=2709.24	F1=39.06 F2=5.05 F3=2828.29	F1=39.14 F2=5.2 F3=2959.67	F1=44.64 F2=3.86 F3=2796.09	F1=50.31 F2=3.45 F3=2402.93	F1=56.06 F2=3.35 F3=2141.91	F1=61.93 F2=3.34 F3=2174.32	F1=67.9 F2=3.44 F3=2487.64	F1=73.96 F2=3.84 F3=2889.37	F1=80.25 F2=5.2 F3=2976.06	F1=80.16 F2=5.05 F3=2822.12	F1=80.31 F2=5.19 F3=2711.28
F1=38.63 F2=5.16 F3=2687.6	F1=38.88 F2=5.09 F3=2798.01	F1=39.19 F2=5.2 F3=2942.53	F1=44.37 F2=4.76 F3=2799.18	F1=50.13 F2=4.53 F3=2436.01	F1=56.01 F2=4.45 F3=2193.45	F1=61.98 F2=4.45 F3=2225.55	F1=68.07 F2=4.52 F3=2520.28	F1=74.25 F2=4.76 F3=2893.69	F1=80.11 F2=5.2 F3=2962.75	F1=80.23 F2=5.1 F3=2795.97	F1=80.67 F2=5.17 F3=2693.75
F1=38.64 F2=5.13 F3=2686.97	F1=38.88 F2=5.19 F3=2796.11	F1=39.19 F2=5.2 F3=2941.89	F1=44.37 F2=5.54 F3=2798.9	F1=50.13 F2=5.67 F3=2436.52	F1=56.02 F2=5.67 F3=2193.76	F1=61.98 F2=5.68 F3=2226.51	F1=68.07 F2=5.7 F3=2522.76	F1=74.25 F2=5.7 F3=2896.74	F1=80.11 F2=5.2 F3=2966.13	F1=80.23 F2=5.2 F3=2798.41	F1=80.68 F2=5.15 F3=2697.56
F1=39.08 F2=5.12 F3=2706.64	F1=39.06 F2=5.25 F3=2821.24	F1=39.15 F2=5.19 F3=2956.99	F1=44.64 F2=6.49 F3=2795.56	F1=50.31 F2=6.81 F3=2403.49	F1=56.06 F2=6.86 F3=2143.29	F1=61.93 F2=6.89 F3=2177.58	F1=67.9 F2=6.89 F3=2493.86	F1=73.96 F2=6.89 F3=2898.29	F1=80.25 F2=5.19 F3=2984.97	F1=80.16 F2=5.26 F3=2827.53	F1=80.32 F2=5.13 F3=2721.22

Joint Reactions (SLE RARA)

F1=55.07 F2=16.84 F3=2875.06	F1=55.04 F2=16.58 F3=2978.56	F1=55.14 F2=16.78 F3=3098.33	F1=60.69 F2=15.26 F3=2913.35	F1=66.46 F2=14.72 F3=2491.22	F1=72.34 F2=14.55 F3=2215.33	F1=78.38 F2=14.53 F3=2259.84	F1=84.53 F2=14.67 F3=2807.82	F1=90.81 F2=15.21 F3=3042.78	F1=97.37 F2=16.79 F3=3123.76	F1=97.25 F2=16.58 F3=3010.77	F1=97.43 F2=16.66 F3=2965.48
F1=54.61 F2=16.63 F3=2846.99	F1=54.83 F2=16.61 F3=2941.59	F1=55.17 F2=16.78 F3=3077.66	F1=60.42 F2=16.2 F3=2912.46	F1=66.28 F2=15.84 F3=2521.89	F1=72.3 F2=15.7 F3=2260.09	F1=78.43 F2=15.69 F3=2309.98	F1=84.71 F2=15.83 F3=2637.29	F1=91.11 F2=16.19 F3=3042.54	F1=97.22 F2=16.79 F3=3107.04	F1=97.3 F2=16.63 F3=2978.02	F1=97.78 F2=16.65 F3=2941.84
F1=54.62 F2=16.61 F3=2843.51	F1=54.83 F2=16.71 F3=2936.02	F1=55.17 F2=16.78 F3=3074.16	F1=60.42 F2=16.98 F3=2909.74	F1=66.28 F2=16.99 F3=2520.65	F1=72.3 F2=16.92 F3=2264.46	F1=78.43 F2=16.93 F3=2309.03	F1=84.71 F2=17 F3=2638.1	F1=91.11 F2=17 F3=3043.29	F1=97.22 F2=16.79 F3=3107.71	F1=97.31 F2=16.73 F3=2977.12	F1=97.78 F2=16.63 F3=2943.17
F1=55.08 F2=16.59 F3=2863.71	F1=55.04 F2=16.77 F3=2959.81	F1=55.15 F2=16.78 F3=3086.86	F1=60.69 F2=17.89 F3=2905.94	F1=66.46 F2=18.08 F3=2486.09	F1=72.34 F2=18.06 F3=2211.32	F1=78.38 F2=18.08 F3=2257.79	F1=84.53 F2=18.13 F3=2608.54	F1=90.82 F2=17.95 F3=3045.14	F1=97.38 F2=16.79 F3=3124.28	F1=97.26 F2=16.8 F3=3005.44	F1=97.44 F2=16.61 F3=2967.66



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 36 di 79

Joint Reactions (SLU STR)

F1=81.49 F2=24.96 F3=3953.37	F1=81.43 F2=24.88 F3=4112.85	F1=81.59 F2=25.17 F3=4295.47	F1=89.16 F2=23.07 F3=4052.92	F1=97.06 F2=22.31 F3=3477.46	F1=105.12 F2=22.05 F3=3100.7	F1=113.41 F2=22.03 F3=3165.34	F1=121.87 F2=22.24 F3=3646.88	F1=130.52 F2=22.99 F3=4241.22	F1=139.57 F2=25.19 F3=4333.23	F1=139.4 F2=24.89 F3=4160.62	F1=139.65 F2=24.99 F3=4085.74
F1=80.86 F2=24.94 F3=3911.05	F1=81.15 F2=24.93 F3=4058.78	F1=81.62 F2=25.17 F3=4264.48	F1=88.79 F2=24.35 F3=4049.16	F1=96.82 F2=23.64 F3=3517.65	F1=105.07 F2=25.63 F3=3166.99	F1=113.49 F2=23.62 F3=3232.69	F1=122.12 F2=23.82 F3=3685.18	F1=130.93 F2=24.33 F3=4238.17	F1=139.35 F2=25.18 F3=4307.67	F1=139.46 F2=24.95 F3=4112.36	F1=140.12 F2=24.97 F3=4050.15
F1=80.87 F2=24.92 F3=3966.33	F1=81.15 F2=25.07 F3=4050.43	F1=81.62 F2=25.17 F3=4259.13	F1=88.79 F2=25.42 F3=4044.96	F1=96.82 F2=25.4 F3=3515.62	F1=105.07 F2=25.3 F3=3166.38	F1=113.49 F2=25.31 F3=3231.02	F1=122.12 F2=25.43 F3=3685.97	F1=130.93 F2=25.45 F3=4238.74	F1=139.35 F2=25.48 F3=4308.06	F1=139.46 F2=25.09 F3=4110.48	F1=140.12 F2=24.95 F3=4051.49
F1=81.5 F2=24.9 F3=3936.12	F1=81.44 F2=25.15 F3=4084.87	F1=81.59 F2=25.17 F3=4278.04	F1=89.17 F2=26.66 F3=4041.43	F1=97.06 F2=26.9 F3=3469.32	F1=105.12 F2=26.85 F3=3094.14	F1=113.41 F2=26.88 F3=3161.48	F1=121.87 F2=26.97 F3=3646.77	F1=130.52 F2=26.75 F3=4243.14	F1=139.57 F2=25.18 F3=4332.27	F1=139.41 F2=25.19 F3=4151.19	F1=139.66 F2=24.93 F3=4087.19

Joint Reactions (SISMA LONG)

F1=1190.93 F2=0.04 F3=3602.49	F1=1189.47 F2=0.14 F3=3354.96	F1=1191.11 F2=-8.463E-03 F3=3118.11	F1=1196.44 F2=-1.89 F3=2773.02	F1=1204.42 F2=-2.71 F3=2487.35	F1=1213.92 F2=-3.22 F3=2548.63	F1=1224.94 F2=-3.69 F3=3018.41	F1=1237.41 F2=-3.97 F3=3726.09	F1=1251.42 F2=-3.38 F3=4179.68	F1=1268.19 F2=0.02 F3=3522.12	F1=1266.54 F2=-0.24 F3=1858.41	F1=1268.24 F2=0.03 F3=974.41
F1=1190.37 F2=0.02 F3=3602.77	F1=1189.13 F2=0.07 F3=3343.98	F1=1191.21 F2=-8.011E-03 F3=3120.08	F1=1196.31 F2=0.6 F3=2806.18	F1=1204.48 F2=-0.94 F3=2355.	F1=1214.15 F2=-1.12 F3=2626.36	F1=1225.34 F2=-1.28 F3=3065.78	F1=1238.12 F2=-1.35 F3=3762.93	F1=1252.33 F2=-0.98 F3=4188.75	F1=1267.96 F2=0.01 F3=3525.94	F1=1266.56 F2=0.11 F3=1858.17	F1=1268.93 F2=0.02 F3=970.34
F1=1190.37 F2=0.02 F3=3605.23	F1=1189.13 F2=0.07 F3=3346.01	F1=1191.21 F2=0.01 F3=3122.55	F1=1196.31 F2=0.6 F3=2808.52	F1=1204.48 F2=0.94 F3=2557.23	F1=1214.15 F2=1.12 F3=2630.37	F1=1225.34 F2=1.28 F3=3088.12	F1=1238.12 F2=1.35 F3=3766.18	F1=1252.33 F2=0.98 F3=4192.8	F1=1267.96 F2=0.01 F3=3530.47	F1=1266.56 F2=0.11 F3=1862.35	F1=1268.93 F2=0.01 F3=967.12
F1=1190.94 F2=0.05 F3=3609.46	F1=1189.47 F2=0.14 F3=3360.43	F1=1191.11 F2=0.01 F3=3125.06	F1=1196.44 F2=1.89 F3=2779.93	F1=1204.42 F2=2.71 F3=2493.6	F1=1213.92 F2=3.22 F3=2554.71	F1=1224.94 F2=3.69 F3=3025.47	F1=1237.41 F2=3.97 F3=3735.29	F1=1251.42 F2=3.37 F3=4191.5	F1=1268.19 F2=0.02 F3=3535.08	F1=1266.54 F2=0.24 F3=1870.17	F1=1268.24 F2=0.02 F3=965.33

Joint Reactions (SISMA TRASV - Max)

F1=-11.33 F2=-755.69 F3=4154.98	F1=-11.28 F2=-749.85 F3=4237.25	F1=-11.27 F2=-745.55 F3=4332.72	F1=-6.12 F2=-736.08 F3=4001.72	F1=-1.41 F2=-728.22 F3=3384.39	F1=10.41 F2=-723.95 F3=2983.24	F1=19.9 F2=-724.01 F3=2990.	F1=29.94 F2=-728.39 F3=3400.93	F1=36.58 F2=-736.34 F3=4015.44	F1=41.91 F2=-745.94 F3=4321.	F1=41.89 F2=-750.34 F3=4223.67	F1=41.99 F2=-756.28 F3=4149.36
F1=-6.82 F2=-755.72 F3=3415.9	F1=-6.51 F2=-749.6 F3=3488.22	F1=-6.28 F2=-745.55 F3=3595.87	F1=-0.89 F2=-735.18 F3=3366.88	F1=5.24 F2=-727.15 F3=2891.54	F1=11.76 F2=-722.75 F3=2573.41	F1=18.44 F2=-722.81 F3=2581.05	F1=25.01 F2=-727.32 F3=2910.9	F1=31.24 F2=-735.47 F3=3385.88	F1=36.81 F2=-745.94 F3=3581.34	F1=36.99 F2=-750.08 F3=3481.96	F1=37.35 F2=-756.31 F3=3418.
F1=-1.68 F2=-755.74 F3=2646.6	F1=-1.39 F2=-749.5 F3=2722.98	F1=-1.15 F2=-745.55 F3=2826.73	F1=3.52 F2=-734.43 F3=2678.61	F1=8.34 F2=-726.05 F3=2327.26	F1=12.86 F2=-721.58 F3=2081.81	F1=17.23 F2=-721.64 F3=2090.67	F1=21.8 F2=-726.21 F3=2350.33	F1=26.73 F2=-734.7 F3=2703.83	F1=31.58 F2=-745.94 F3=2829.71	F1=31.76 F2=-749.99 F3=2724.29	F1=32.12 F2=-756.33 F3=2656.32
F1=3.62 F2=-755.75 F3=1911.86	F1=3.05 F2=-749.66 F3=1996.54	F1=3.68 F2=-745.55 F3=2090.47	F1=9.26 F2=-733.52 F3=2000.19	F1=12.48 F2=-724.99 F3=1730.93	F1=14.29 F2=-720.59 F3=1533.89	F1=15.68 F2=-720.64 F3=1544.18	F1=17.54 F2=-725.14 F3=1758.2	F1=20.88 F2=-733.77 F3=2031.8	F1=26.66 F2=-745.94 F3=2100.65	F1=26.65 F2=-750.15 F3=2005.13	F1=26.73 F2=-756.34 F3=1928.86

### 9.1 Riepilogo carichi sui pali

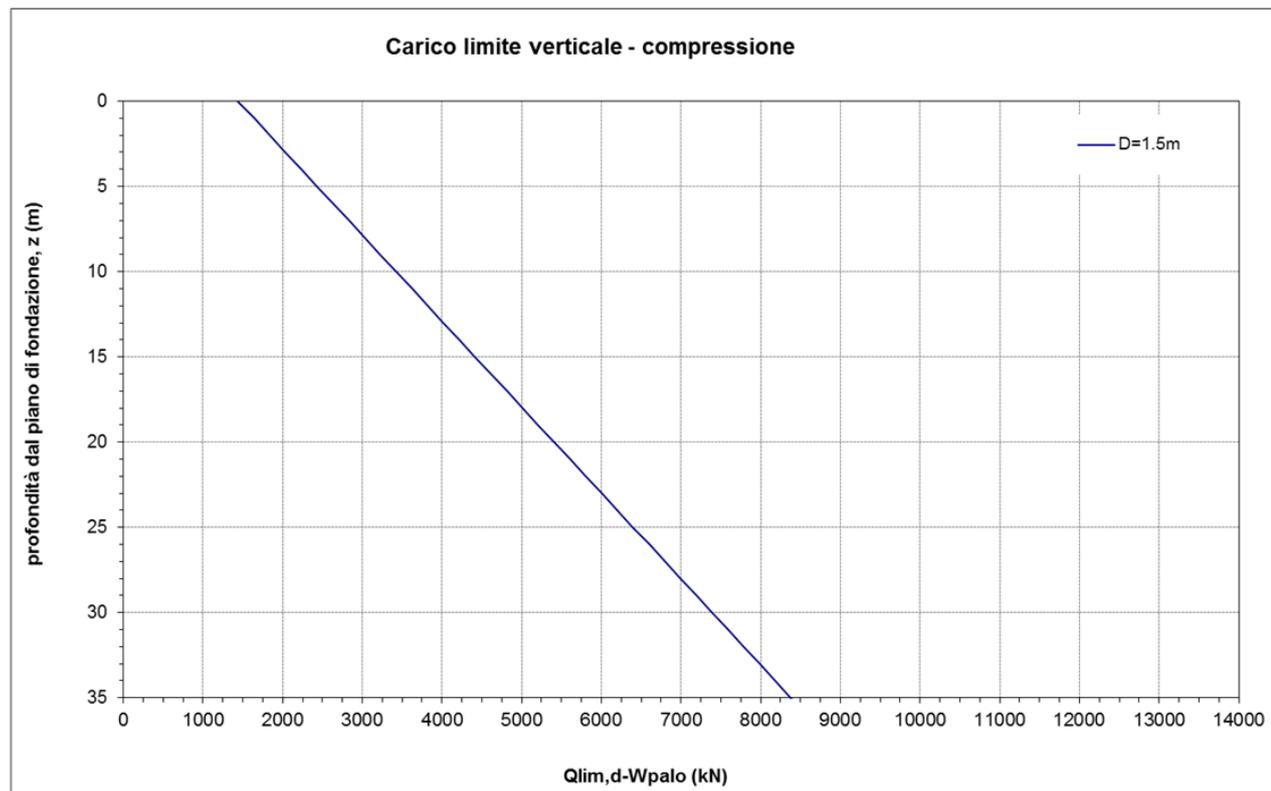
	Nmin (kN)	Nmax (kN)	Hmax (kN)
SLE QP	1 994	2 740	19
SLE RARA FESS	1 958	2 985	81
SLE RARA	1 919	3 124	99
SLU STR	1 625	4 333	142
SISMA LONG	-974	4 193	1 269
SISMA TRASV	741	4 333	757

## 10 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE PALO

Il carico totale viene confrontato con la curva di capacità portante. Le curve comprendono già il peso proprio del palo e partono dalla quota testa palo.

Opera	Binario	Pila/Spalla	n° pali	Nmax (kN)	Lpalo (m)
VI01	Entrambi	SA	platea	4 350	17
VI01	Entrambi	SB	platea	4 350	17

### VI01

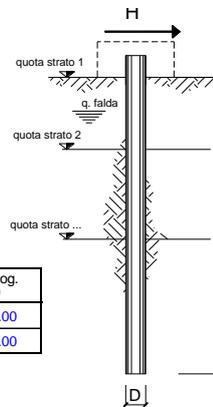


## 11 VERIFICA PALO PER FORZE ORIZZONTALI

Viadotto	Binario	Opera	Pila/Spalla	$\gamma_t$	$\varphi'$	cu	n°vert	q.ta falda	Hsd(q=1)	My	Hrd	c.r.
-	-	-	-	kN/m	°	kPa	-	m	kN	kNm	kN	-
VI01		Spalle	SA	20.5	-	200	1	0	1 269	5 677	1 393	0.91
VI01		Spalle	SB	20.5	-	200	1	0				

### 11.1.1 Capacità portante orizzontale (Broms)

coefficienti parziali Metodo di calcolo		A		M		R
		permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_{\varphi}$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_r$
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1		100.00	20.5	10.5		1.00	200		1.00	200
□ strato 2						1.00			1.00	
□ strato 3						1.00			1.00	
□ strato 4						1.00			1.00	
□ strato 5						1.00			1.00	
□ strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **100.00** (m)  
 Diametro del palo D **1.50** (m)  
 Lunghezza del palo L **17.00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My **5 677.00** (kNm)  
 Step di calcolo **0.01** (m)

palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+F)

	<b>H medio</b>		<b>H minimo</b>	
Palo lungo	3 848 (kN)		3 848 (kN)	
Palo intermedio	14 013 (kN)		14 013 (kN)	
Palo corto	39 852 (kN)		39 852 (kN)	
	$H_{med}$ 3 848 (kN)	Palo lungo	$H_{min}$ 3 848 (kN)	Palo lungo

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2 263 \text{ (kN)}$$

Coefficiente di gruppo palificata:  $k = 0.8$  (-)

$$H_d = (H_k/\gamma_r) \cdot k = 1 393 \text{ (kN)}$$

Carico Assiale Permanente (G):  $G = 1 269$  (kN)

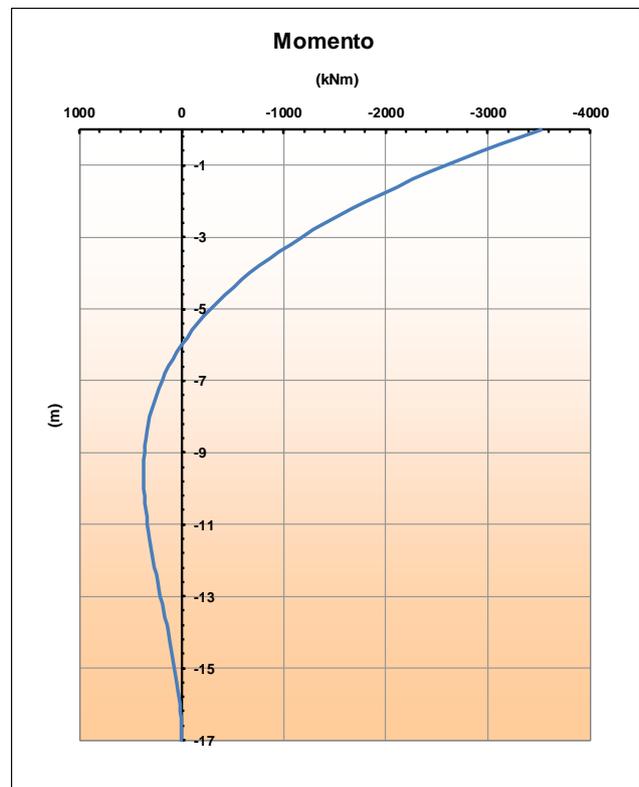
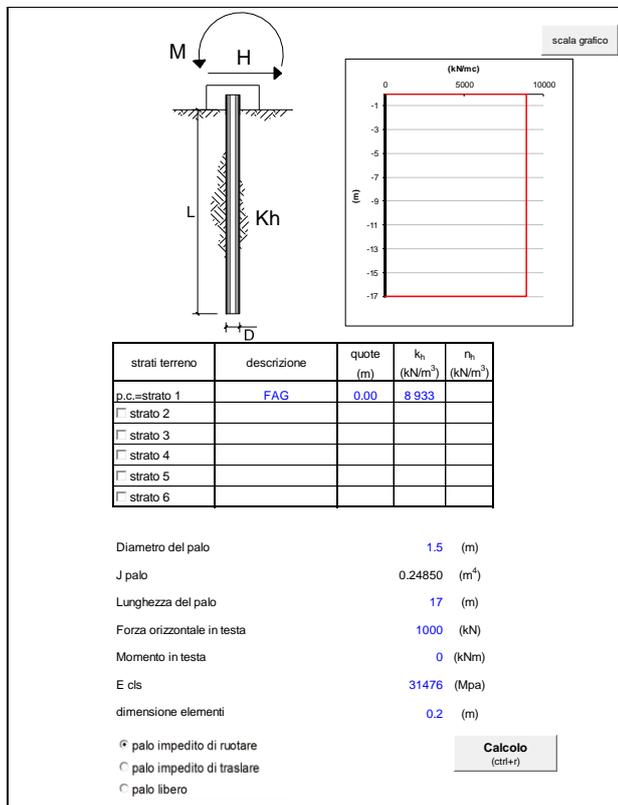
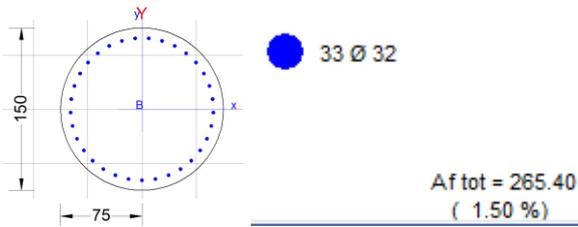
Carico Assiale variabile (Q):  $Q = 0$  (kN)

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1 269 \text{ (kN)}$$

$$c.s. = H_d / F_d = 1.10 \text{ (-)}$$

### 11.1.2 Resistenza strutturale

Verifica strutturale palo	Mp-testa	Hp max	Hp max/k	Mp max	Mrd	wk	sc	ss	c.s.(>1)
		kN	kN	kNm	kNm	mm	MPa	MPa	-
SLS_qp	0	19	24	84		0.015	0.29	-8.1	
SLS_Rara_Fess	0	81	101	356		0.062	1.23	-34.4	
SLS_Rara	0	99	124	436			1.51	-42.2	
SLU_A1	0	142	178	625	5 677				9.08
SLV - q=1	0	1 269	1 586	5 584	5 677				1.02
SLV - q=1.36	0	1 269	1 586	5 584	5 677				1.02
SLV - q=1.5	0	1 269	1 586	5 584	5 677				1.02
Costante elastica - Matlock Reese		$\alpha=Mp/Hp$	3.52						
Coefficiente di gruppo		k	0.8						
Taglio massimo palo (con coeff di gruppo)		Hp max / k							
Momento elastico sul palo (con coeff di gruppo)		Mp max = (Hp max / k) * $\alpha$							



### 11.1.3 Taglio strutturale

#### Verifica a taglio secondo EC2-2

##### Calcestruzzo

fck=	25	MPa
$\gamma_c$ =	1.50	
fcm=	33	MPa
$\alpha_{cc}$ =	0.85	
<b>fcd=</b>	<b>14.17</b>	MPa
fctm=	2.56	MPa
fctk <sub>0,05</sub> =	1.80	MPa
fctk <sub>0,95</sub> =	3.33	MPa
$\alpha_{ct}$ =	1.00	
<b>fctd=</b>	<b>1.20</b>	MPa

NTC08 - 7.9.5.2.2  
In assenza di calcoli più accurati, per sezioni circolari di calcestruzzo di raggio r in cui l'armatura sia distribuita su una circonferenza di raggio r<sub>s</sub>, l'altezza utile della sezione ai fini del calcolo della resistenza a taglio può essere calcolata come

$$d = r + \frac{2r_s}{\pi}$$

##### Taglio

Gk	0	x1.00=	0 kN
Pk	0	x1.00=	0 kN
Qk	0	x1.00=	0 kN
Aed	1 586	x1.00=	1586 kN
<b>V<sub>Ed</sub> = 1586 kN</b>			

Nsd= **0** kN Sforzo normale

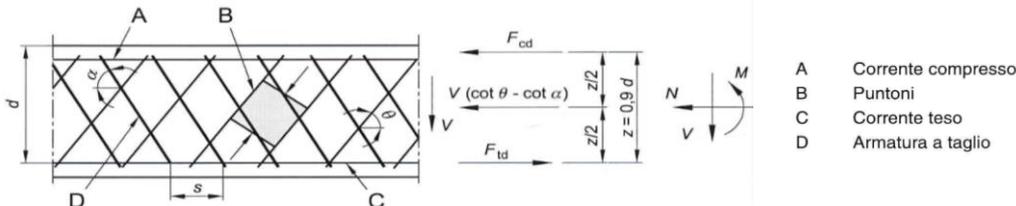
##### Geometria

bw = d =	1.172	m	Larghezza (6.16)
h=	1.172	m	Altezza totale
c=	0.087	m	Copriferro
d =	1.172	m	Altezza utile
Ac=	1.37	m <sup>2</sup>	Area
r =	0.750	m	Raggio palo
rs = r-c =	0.663	m	Raggio armatura verticale

##### Acciaio c.a.

fyk=	450	MPa
$\gamma_s$ =	1.15	
<b>fyd=</b>	<b>391.3</b>	MPa

#### Elementi CA e CAP armati a taglio



#### Resistenza lato acciaio (staffe)

$\phi_w$ =	16	mm	Diametro staffa
n=	2.00	-	Numero braccia
Asw=	4.02	cm <sup>2</sup>	
z=	1.05	m	=0.9*d
sen $\alpha$ =	1		angolo tra le staffe e l'asse della trave (=90° per staffe verticali)
$\rho_w$ =	0.17	%	=Asw/(s*bw*sen $\alpha$ )*100 >= 0.09 % = (0.08*radq(fck))/fyk*100
s=	0.2	m	=passo staffe <= 0.88 m = 0.75*d*(1+cot $\alpha$ )
$\theta$ =	21.8	°	=arcsen(radq(Asw*fyd)/(bw*s*acw*n*fcd)) inclinazione puntone compresso, variabile tra 45° to 21.8°
tan $\theta$ =	0.40	-	valore tra 1 (for q=45°) e 0.4
cot $\theta$ =	2.50	-	valore tra 1 (for q=45°) and 2.5
$\rho_{w,max}$ =	0.67	=	A <sub>sw,max</sub> *fyd/(bw*s)<=1/2* $\alpha_{cw}$ *v*fcd = 3.83

Asw/s,ins = 20.11 cm<sup>2</sup>/m Area staffe inserita

V<sub>Rd,s</sub>= **2 075** kN =Asw/s\*z\* fywd \*cot $\theta$

#### Resistenza lato calcestruzzo (puntone compresso inclinato)

v=	0.540	=0.6*(1-fck/250) (from EN 6.6N)
$\sigma_{cp}$ =	0.00	=Nsd/Ac
$\alpha_{cw}$ =	1.00	
V <sub>Rd,max</sub> =	<b>3 261</b>	kN = $\alpha_{cw}$ *bw*z*v*fcd/(cot $\theta$ +tan $\theta$ )
$\gamma_{Bd1}$	<b>1.25</b>	coefficiente di sicurezza ( EN1998-2-5.6.2.b)

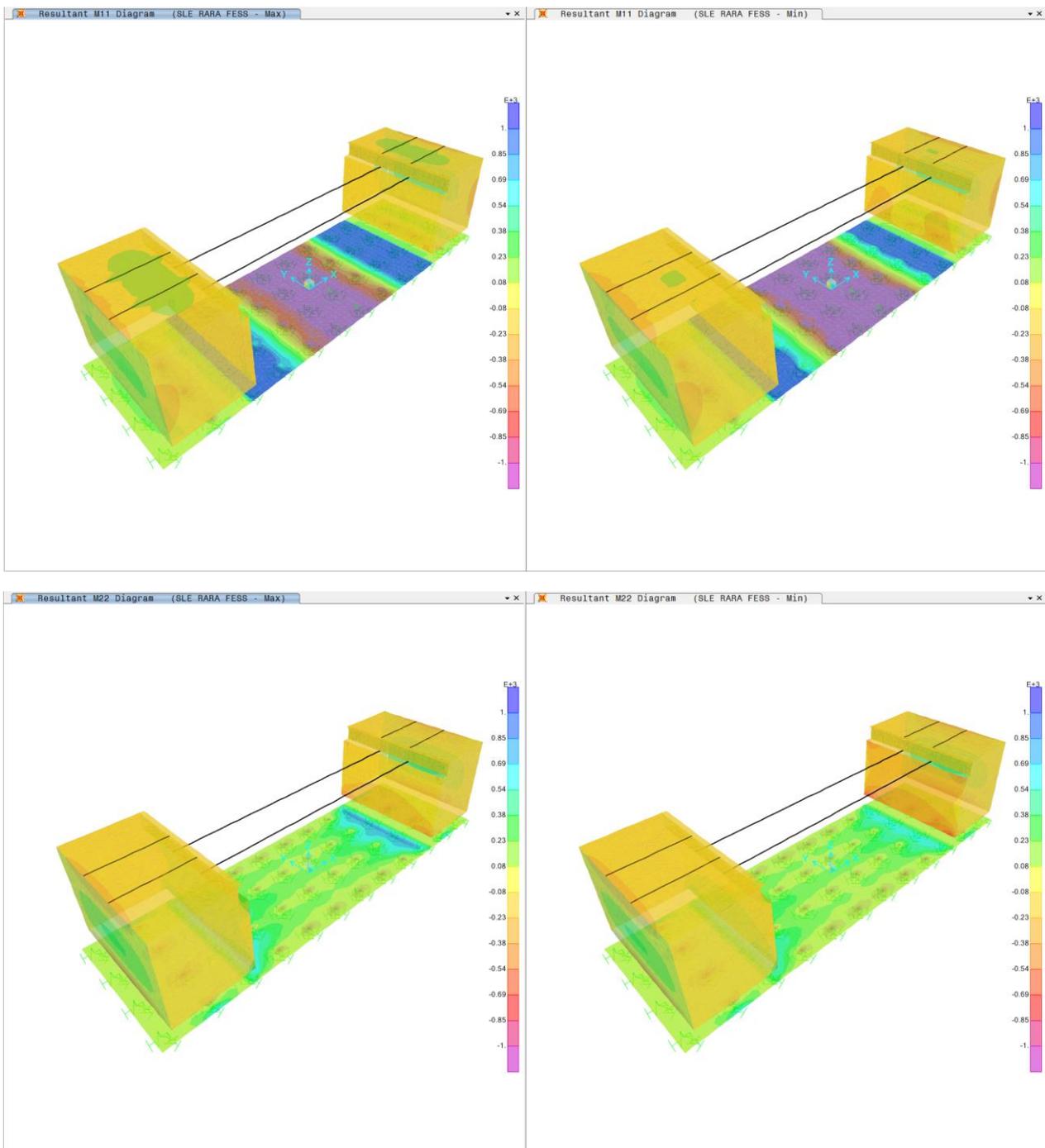
V<sub>Ed</sub>= **1 586** kN

V<sub>Rd</sub>= **1 660** kN =min(V<sub>Rd,s</sub>;V<sub>Rd,max</sub>)/ $\gamma_{Bd1}$

**c.s. = 0.96** <=1

## 12 VERIFICHE LOCALI CORPO SPALLA

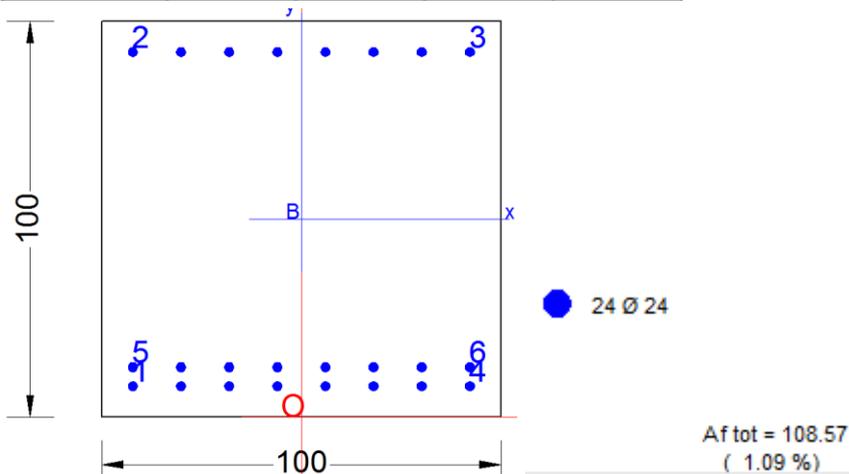
Per brevità, si riporta, in forma qualitativa, l'andamento dei momenti massimi e minimi per la combinazione SLE rara fessurazione.



Vengono invece riepilogate in forma tabellare, le sollecitazioni di progetto. In favore di sicurezza, la verifica è stata condotta con l'involuppo delle sollecitazioni, senza tenere conto della congruenza delle stesse. La verifica condotta è quella con le sollecitazioni massime per il singolo elemento, allo scopo di fornire indicazioni riguardo l'armatura massima da inserire.

Con  $N_{max}$  positivo si intende la compressione.

Soletta - mezzeria				
M+ tende fibre inferiori				
direzione longitudinale				
	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$	$M_{min}$
	kN/m	kN/m	kNm/m	kNm/m
SLE rara fess	-530		560	
SLU A1	-710		880	
SISMICA	-500		500	



**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: SL2**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	EC2/EC8
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D	09	CL	VI0104	001	A	43 di 79

Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Coeff. K3 Ap.fess. :	3.4000	§ 7.3.4(3) EC2
Coeff. K4 Ap.fess. :	0.4250	§ 7.3.4(3) EC2

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24
5	-42.2	12.6	24
6	42.2	12.6	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	6	24
2	1	4	6	24
3	5	6	6	24

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 44 di 79

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-710.00	880.00	0.00	0.00	0.00
2	-500.00	500.00	0.00	0.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	-530.00	560.00 (588.49)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-710.00	1831.14	88.51	-710.14	2075.98	0.00	2.511	72.4(17.4)
2	S	-500.00	1933.89	62.33	-500.12	2163.60	0.00	4.801	72.4(17.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 45 di 79

Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01108	50.0	100.0	0.00085	42.2	92.2	-0.02786	-42.2	7.8
2	0.00350	-0.01022	50.0	100.0	0.00100	42.2	92.2	-0.02601	-42.2	7.8

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000340170	-0.030517045	----	----
2	0.000000000	0.000320026	-0.028502615	----	----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.89	50.0	100.0	-136.4	-30.1	7.8	2550	72.4

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
e1 Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2]  
Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) =  $0.6 \cdot S_{max} / E_s$   
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure =  $s_r \cdot \max(e \cdot s_m - e \cdot c_m)$  [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi  
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

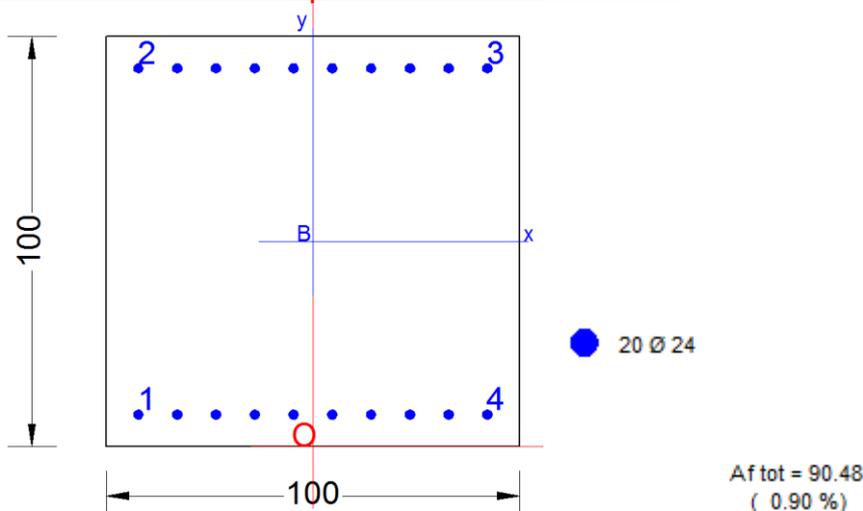
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00076	0	0.838	24.0	66	0.00041 (0.00041)	465	0.190 (0.20)	588.49	0.00

**VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)**

N°Comb.	Numero della combinazione SLE
Tipo Comb.	Frequente o Quasi Permanente
Dom.	Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)
k	Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]
kc	Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]
Act	Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]
Ned	Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz.[kN]
Sc	=Ned/Ac sforzo normale medio nel dominio di area Ac per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]
k1	Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)
Frc	Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz.[kN]
As dom	Area [cm <sup>2</sup> ] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.
As,min	Area [cm <sup>2</sup> ] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
1	Frequente	1 (Nervatura)	0.65	0.47	5750	-368.28	-3.68	0.67	---	72.4	14.8

Soletta - incastro posteriore				
M+ tende fibre inferiori				
direzione longitudinale				
	Nmax	Nmin	Mmax	Mmin
	kN/m	kN/m	kNm/m	kNm/m
SLE rara fess	-20			-360
SLU A1	-50			-560
SISMICA	0			-570



**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: SL1**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	EC2/EC8

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D	09	CL	VI0104	001	A	47 di 79

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CALCESTRUZZO -**

Classe:	C32/40
Resis. compr. di calcolo fcd:	18.130 MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Coeff. K3 Ap.fess. :	3.4000 § 7.3.4(3) EC2
Coeff. K4 Ap.fess. :	0.4250 § 7.3.4(3) EC2

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 48 di 79

N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	24
2	1	4	8	24

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-50.00	-560.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-570.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-20.00	-360.00 (-642.56)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	------	-------	-------	-------	--------	--------	----------	---------

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 49 di 79

1	S	-50.00	-1467.73	0.00	-49.89	-1526.52	0.00	2.726	45.2(17.4)
2	S	0.00	-1487.15	0.00	0.00	-1547.54	0.00	2.715	45.2(16.1)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01326	-50.0	0.0	0.00045	-42.2	7.8	-0.03256	-42.2	92.2
2	0.00350	-0.01306	-50.0	0.0	0.00049	-42.2	7.8	-0.03212	-42.2	92.2

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000391137	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000386381	0.003500000	0.098	0.700

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.43	-50.0	0.0	-97.0	32.8	92.2	1950	45.2

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 50 di 79

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2]  
Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure = sr max\*(e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi  
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

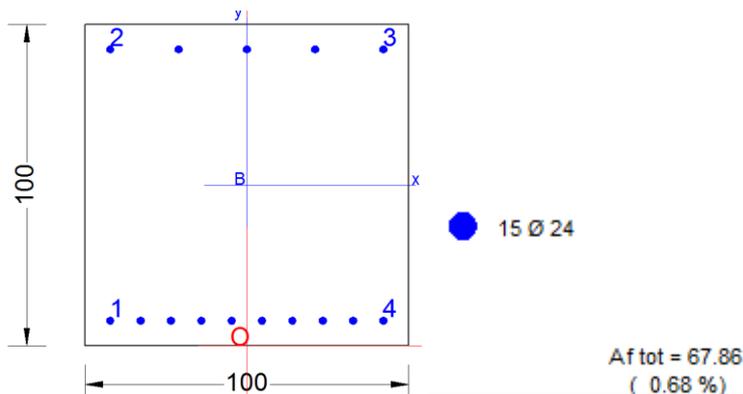
Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00054	0	0.871	24.0	66	0.00029 (0.00029)	531	0.154 (0.20)	-642.56	0.00

**VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)**

N°Comb. Numero della combinazione SLE  
Tipo Comb. Frequente o Quasi Permanente  
Dom. Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)  
k Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]  
kc Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]  
Act Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]  
Ned Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz.[kN]  
Sc =Ned/Ac sforzo normale medio nel dominio di area Ac per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]  
k1 Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)  
Frc Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz.[kN]  
As dom Area [cm²] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.  
As,min Area [cm²] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
1	Frequente	1 (Nervatura)	0.65	0.40	5050	-17.61	-0.18	0.67	---	45.2	11.1

Muro posteriore - incastro superiore				
M+ tende fibre esterne				
direzione longitudinale				
	Nmax	Nmin	Mmax	Mmin
	kN/m	kN/m	kNm/m	kNm/m
SLE rara fess	-30			400
SLU A1	-90			580
SISMICA	-150			790



**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: MPV3**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	EC2/EC8
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Coeff. K3 Ap.fess. :	3.4000	§ 7.3.4(3) EC2
	Coeff. K4 Ap.fess. :	0.4250	§ 7.3.4(3) EC2
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ :	1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :	0.50		

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 52 di 79

3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	24
2	1	4	8	24

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-90.00	580.00	0.00	0.00	0.00
2	-150.00	790.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-30.00	400.00 (619.85)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 53 di 79

N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-90.00	1431.40	12.66	-90.01	1509.69	0.00	2.639	45.2(17.4)
2	S	-150.00	1400.07	21.10	-149.77	1484.50	0.00	1.903	45.2(17.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01228	-50.0	100.0	0.00063	-42.2	92.2	-0.03044	-42.2	7.8
2	0.00350	-0.01262	-50.0	100.0	0.00057	-42.2	92.2	-0.03119	-42.2	7.8

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000368166	-0.033316609	----	----
2	0.000000000	0.000376242	-0.034124176	----	----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.95	-50.0	100.0	-109.2	-4.7	7.8	1950	45.2

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 54 di 79

e1	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= (e1 + e2)/(2*e1) [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2] Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure = sr max*(e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

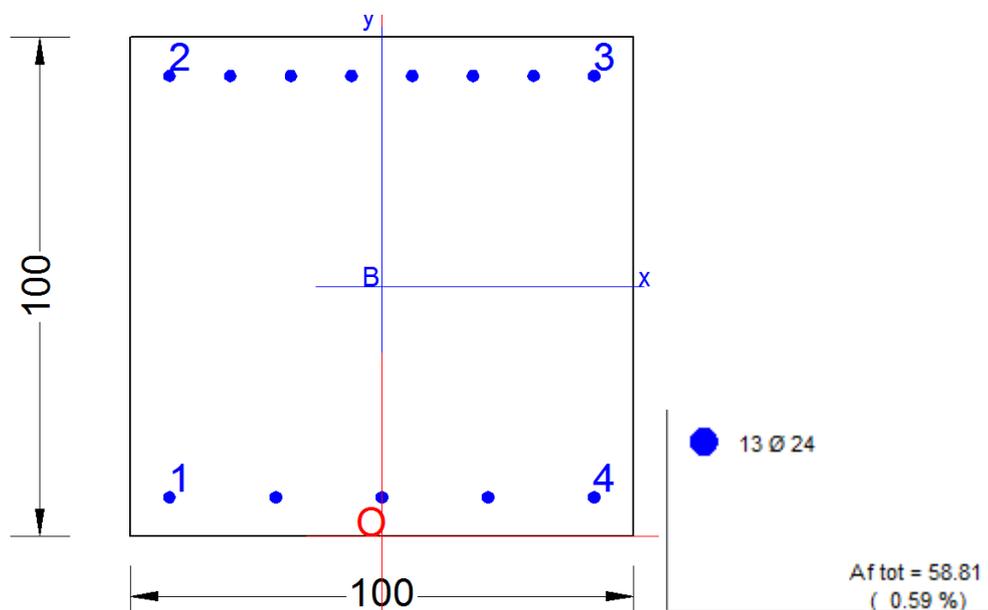
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00061	0	0.869	24.0	66	0.00033 (0.00033)	530	0.174 (0.20)	619.85	0.00

**VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)**

N°Comb.	Numero della combinazione SLE
Tipo Comb.	Frequente o Quasi Permanente
Dom.	Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)
k	Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]
kc	Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]
Act	Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]
Ned	Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz.[kN]
Sc	=Ned/Ac sforzo normale medio nel dominio di area Ac per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]
k1	Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)
Frc	Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz.[kN]
As dom	Area [cm²] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.
As,min	Area [cm²] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
1	Frequente	1 (Nervatura)	0.65	0.40	4950	24.05	0.24	1.50	---	45.2	10.7

Muro posteriore - mezzeria				
M+ tende fibre esterne				
direzione longitudinale				
	Nmax	Nmin	Mmax	Mmin
	kN/m	kN/m	kNm/m	kNm/m
SLE rara fess	40			-290
SLU A1	-60			-400
SISMICA	-280			-750



**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: MPV2**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	EC2/EC8
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Coeff. K3 Ap.fess. :	3.4000 § 7.3.4(3) EC2
	Coeff. K4 Ap.fess. :	0.4250 § 7.3.4(3) EC2
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D	09	CL	VI0104	001	A	56 di 79

Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	2	3	6	24
2	1	4	3	24

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-60.00	-400.00	0.00	0.00	0.00
2	-280.00	-750.00	0.00	0.00	0.00

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 57 di 79

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	40.00	-290.00 (-622.60)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.7 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-60.00	-1164.36	-5.84	-59.97	-1223.03	0.00	3.088	36.2(17.4)
2	S	-280.00	-1056.44	-27.27	-279.76	-1129.27	0.00	1.525	36.2(17.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01429	-50.0	0.0	0.00026	-42.2	7.8	-0.03478	-42.2	92.2
2	0.00350	-0.01578	-50.0	0.0	-0.00001	-42.2	7.8	-0.03798	-42.2	92.2

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 58 di 79

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000415184	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000449910	0.003500000	----	----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.38	50.0	0.0	-90.3	30.1	92.2	1950	36.2

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2]  
 Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) =  $0.6 \cdot S_{max} / E_s$   
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure =  $sr \cdot max \cdot (e \cdot sm - e \cdot cm)$  [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi  
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00050	0	0.870	24.0	66	0.00027 (0.00027)	607	0.164 (0.20)	-622.60	0.00

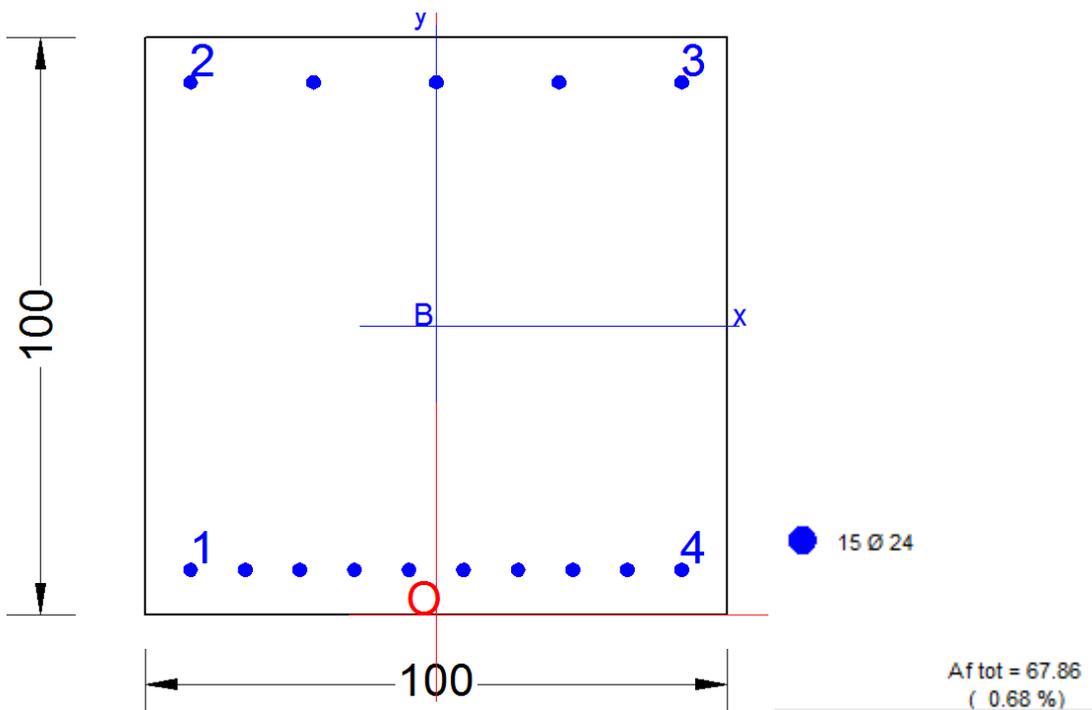
**VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)**

N°Comb. Numero della combinazione SLE  
 Tipo Comb. Frequente o Quasi Permanente  
 Dom. Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)  
 k Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]  
 kc Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]  
 Act Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]  
 Ned Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz. [kN]  
 Sc = Ned/Ac sforzo normale medio nel dominio di area Ac per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]  
 k1 Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)  
 Frc Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz. [kN]  
 As dom Area [cm<sup>2</sup>] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.  
 As,min Area [cm<sup>2</sup>] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
--------	------------	------	---	----	-----	-----	----	----	-----	--------	--------

1 Frequente 1 (Nervatura) 0.65 0.39 4800 59.91 0.60 1.50 --- 36.2 10.3

Muro posteriore - spiccato				
M+ tende fibre esterne				
direzione longitudinale				
	Nmax	Nmin	Mmax	Mmin
	kN/m	kN/m	kNm/m	kNm/m
SLE rara fess	130			470
SLU A1	20			650
SISMICA	-310			1250



**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: MPV1**

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica
Tipologia sezione:	EC2/EC8
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Riferimento Sforzi assegnati:
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 60 di 79

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Coeff. K3 Ap.fess. :	3.4000	§ 7.3.4(3) EC2
	Coeff. K4 Ap.fess. :	0.4250	§ 7.3.4(3) EC2
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	24

2 1 4 8 24

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	20.00	650.00	0.00	0.00	0.00
2	-310.00	1250.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	130.00	470.00 (660.11)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	20.00	1485.65	-0.36	20.03	1555.97	0.00	2.393	-----
2	S	-310.00	1316.42	43.61	-309.98	1416.67	0.00	1.138	45.2(17.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 62 di 79

ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01165	50.0	100.0	0.00074	42.2	92.2	-0.02908	-42.2	7.8
2	0.00350	-0.01361	-50.0	100.0	0.00039	-42.2	92.2	-0.03331	-42.2	7.8

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000353406	-0.031840557	----	----
2	0.000000000	0.000399213	-0.036421254	----	----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.62	-50.0	100.0	-111.9	4.7	7.8	1950	45.2

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

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

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 63 di 79

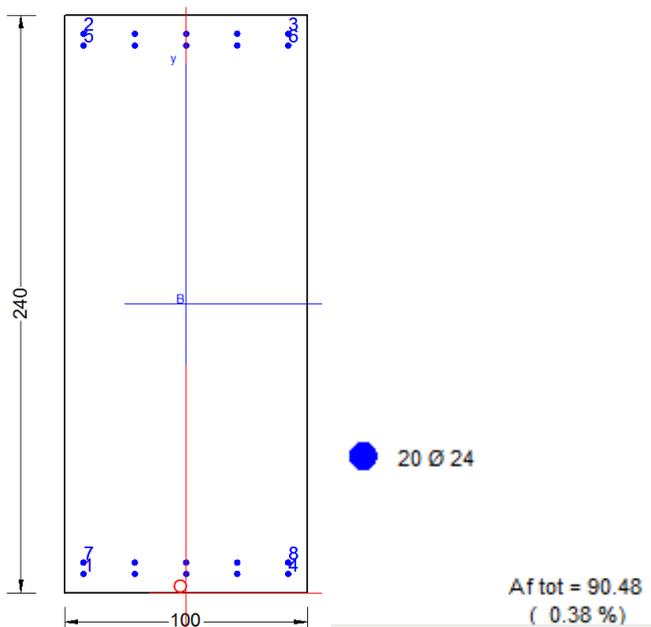
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00063	0	0.862	24.0	66	0.00034 (0.00034)	528	0.177 (0.20)	660.11	0.00

**VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)**

N°Comb.	Numero della combinazione SLE
Tipo Comb.	Frequente o Quasi Permanente
Dom.	Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)
k	Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]
kc	Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]
Act	Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]
Ned	Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz. [kN]
Sc	=Ned/Act sforzo normale medio nel dominio di area Ac per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]
k1	Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)
Frc	Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz. [kN]
As dom	Area [cm <sup>2</sup> ] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.
As,min	Area [cm <sup>2</sup> ] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
1	Frequente	1 (Nervatura)	0.65	0.38	4600	178.52	1.79	1.50	---	45.2	9.6

Muro frontale - spiccato				
M+ tende fibre esterne				
direzione longitudinale				
	Nmax	Nmin	Mmax	Mmin
	kN/m	kN/m	kNm/m	kNm/m
SLE rara fess	1000			-400
SLU A1	1000			-650
SISMICA	900			-1700





**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 64 di 79

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: MFV1**

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: EC2/EC8  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CALCESTRUZZO -** Classe: C32/40  
 Resis. compr. di calcolo fcd: 18.130 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.020 MPa  
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 176.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm  
 Coeff. K3 Ap.fess. : 3.4000 § 7.3.4(3) EC2  
 Coeff. K4 Ap.fess. : 0.4250 § 7.3.4(3) EC2

**ACCIAIO -** Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 391.30 MPa  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 391.30 MPa  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	240.0
3	50.0	240.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 65 di 79

2	-42.2	232.2	24
3	42.2	232.2	24
4	42.2	7.8	24
5	-42.2	227.4	24
6	42.2	227.4	24
7	-42.2	12.6	24
8	42.2	12.6	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	24
2	1	4	3	24
3	7	8	3	24
4	5	6	3	24

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1000.00	-650.00	0.00	0.00	0.00
2	900.00	-1700.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1000.00	-400.00 (660.11)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 66 di 79

Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1000.00	-4762.83	0.00	999.78	-5089.32	0.00	7.830	-----
2	S	900.00	-4667.09	0.00	900.19	-4980.74	0.00	2.930	-----

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.02308	-50.0	0.0	0.00148	-42.2	7.8	-0.05651	-42.2	232.2
2	0.00350	-0.02368	-50.0	0.0	0.00144	-42.2	7.8	-0.05787	-42.2	232.2

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000258424	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000264289	0.003500000	----	----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

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

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 67 di 79

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.76	-50.0	0.0	0.8	-21.1	232.2	----	----

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area $A_{c\ eff}$
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2] Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure = $sr\ max \cdot (e\ sm - e\ cm)$ [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

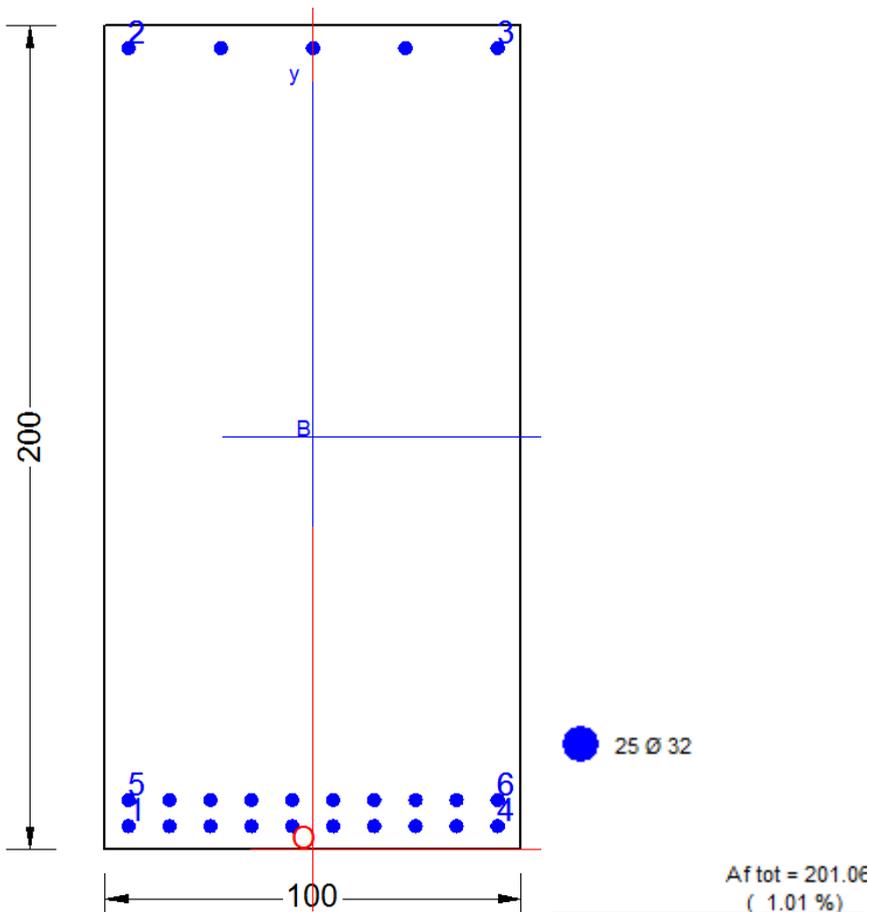
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00063	0	----	----	----	----	----	0.000	660.11	0.00

**VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)**

N°Comb.	Numero della combinazione SLE
Tipo Comb.	Frequente o Quasi Permanente
Dom.	Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)
k	Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]
kc	Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]
Act	Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]
Ned	Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz.[kN]
Sc	= $Ned/A_c$ sforzo normale medio nel dominio di area $A_c$ per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]
k1	Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)
Frc	Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz.[kN]
As dom	Area [cm <sup>2</sup> ] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.
As,min	Area [cm <sup>2</sup> ] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
1	Frequente	1 ( )			0	946.48	1.79	1.50	---	0.0	0.0

	Plinto - filo muro frontale			
	M+ tende fibre inferiori			
	direzione longitudinale			
	Nmax	Nmin	Mmax	Mmin
	kN/m	kN/m	kNm/m	kNm/m
SLE rara fess			4400	
SLU A1			6600	
SISMICA			11000	



**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Plinto-Ant**

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
Tipologia sezione: Sezione generica  
Normativa di riferimento: EC2/EC8

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D	09	CL	VI0104	001	A	69 di 79

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CALCESTRUZZO -**

Classe:	C28/35
Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	154.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Coeff. K3 Ap.fess. :	3.4000 § 7.3.4(3) EC2
Coeff. K4 Ap.fess. :	0.4250 § 7.3.4(3) EC2

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.4	5.6	32
2	-44.4	194.4	32
3	44.4	194.4	32
4	44.4	5.6	32
5	-44.4	12.0	32
6	44.4	12.0	32

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 70 di 79

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	32
2	1	4	8	32
3	5	6	8	32

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	6600.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	11000.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	4400.00 (2702.52)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.2 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 71 di 79

As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	10339.12	0.00	0.00	11224.15	0.00	1.701	160.8(31.0)
2	S	0.00	10339.12	0.00	0.00	11224.15	0.00	1.020	160.8(31.0)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00466	-50.0	200.0	0.00297	-44.4	194.4	-0.01500	-44.4	5.6
2	0.00350	-0.00466	-50.0	200.0	0.00297	-44.4	194.4	-0.01500	-44.4	5.6

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000095189	-0.015537747	0.189	0.700
2	0.000000000	0.000095189	-0.015537747	0.189	0.700

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.31	50.0	200.0	-165.1	-34.5	5.6	2200	160.8

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 e1 Esito della verifica  
 e2 Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
 k1 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 72 di 79

k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2] Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) = $0.6 S_{\text{max}} / E_s$
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure = $s_r \text{ max} * (e_{\text{ sm}} - e_{\text{ cm}})$ [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

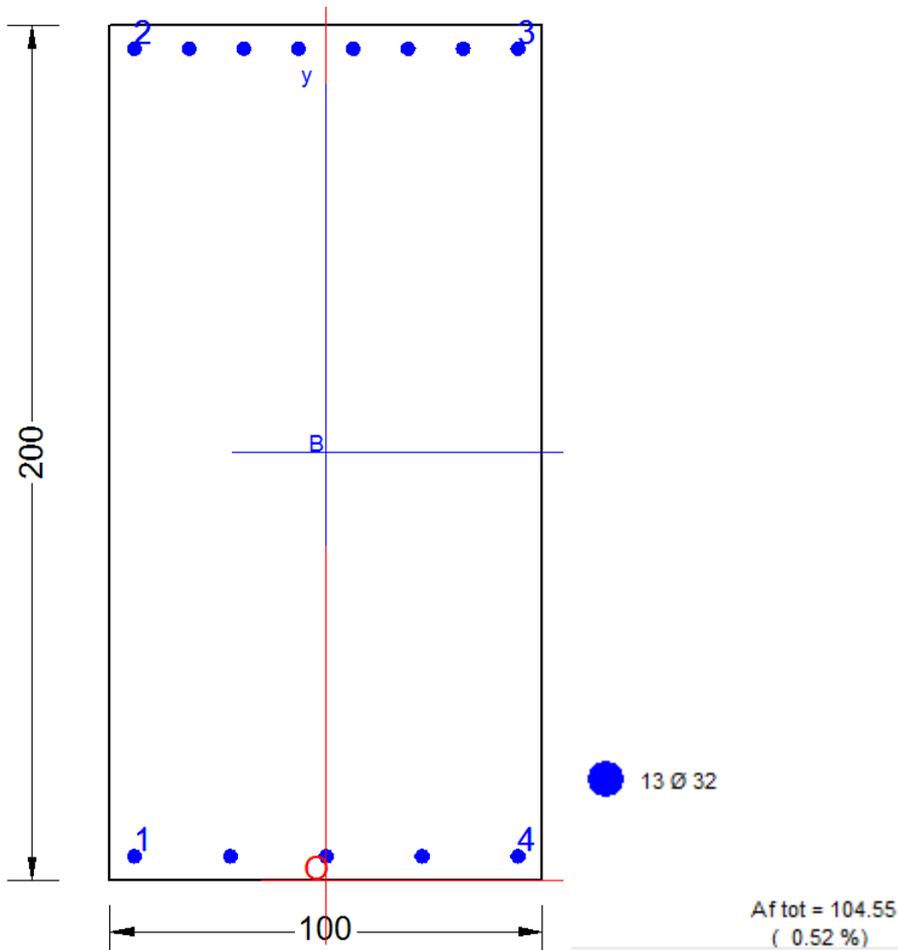
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00086	0	0.916	32.0	40	0.00059 (0.00050)	272	0.160 (0.20)	2702.52	0.00

**VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)**

N°Comb.	Numero della combinazione SLE
Tipo Comb.	Frequente o Quasi Permanente
Dom.	Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)
k	Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]
kc	Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]
Act	Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]
Ned	Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz.[kN]
Sc	=Ned/Ac sforzo normale medio nel dominio di area Ac per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]
k1	Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)
Frc	Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz.[kN]
As dom	Area [cm <sup>2</sup> ] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.
As,min	Area [cm <sup>2</sup> ] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
1	Frequente	1 (Nervatura)	0.65	0.38	9300	685.45	3.43	1.50	---	160.8	17.8

	Plinto - mezzeria			
	M+ tende fibre inferiori			
	direzione longitudinale			
	Nmax	Nmin	Mmax	Mmin
	kN/m	kN/m	kNm/m	kNm/m
SLE rara fess				-1300
SLU A1				-1300
SISMICA				-1000



**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Plinto-Mezz**

Descrizione Sezione: Stati Limite Ultimi  
Metodo di calcolo resistenza: Sezione generica  
Tipologia sezione: EC2/EC8  
Normativa di riferimento: A Sforzo Norm. costante  
Percorso sollecitazione: Molto aggressive  
Condizioni Ambientali: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	154.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Coeff. K3 Ap.fess. :	3.4000	§ 7.3.4(3) EC2
	Coeff. K4 Ap.fess. :	0.4250	§ 7.3.4(3) EC2
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50		

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.4	5.6	32
2	-44.4	194.4	32
3	44.4	194.4	32
4	44.4	5.6	32

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI- FIUMEFREDDO**

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
 RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 75 di 79

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	6	32
2	1	4	3	32

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-1300.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-1000.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1300.00 (-2260.03)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.5 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-4535.16	0.00	0.00	-4772.05	0.00	3.671	64.3(31.0)
2	S	0.00	-4535.16	0.00	0.00	-4772.05	0.00	4.772	64.3(31.0)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.02655	-50.0	0.0	0.00154	-44.4	5.6	-0.06466	-44.4	194.4
2	0.00350	-0.02655	-50.0	0.0	0.00154	-44.4	5.6	-0.06466	-44.4	194.4

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000350625	0.003500000	0.051	0.700
2	0.000000000	-0.000350625	0.003500000	0.051	0.700

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.46	-50.0	0.0	-112.1	31.7	194.4	1400	64.3

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2]
sr max	Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) = $0.6 S_{max} / E_s$
	Massima distanza tra le fessure [mm]

**VI01 – PONTE SUL TORRENTE MINISSALE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO  
RS2S 01 D 09 CL VI0104 001 A 77 di 79

wk Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00058	0	0.955	32.0	40	0.00034 (0.00034)	362	0.122 (0.20)	-2260.03	0.00

**VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)**

N°Comb. Numero della combinazione SLE  
Tipo Comb. Frequente o Quasi Permanente  
Dom. Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)  
k Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]  
kc Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]  
Act Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]  
Ned Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz.[kN]  
Sc =Ned/Ac sforzo normale medio nel dominio di area Ac per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]  
k1 Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)  
Frc Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz.[kN]  
As dom Area [cm²] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.  
As,min Area [cm²] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
1	Frequente	1 (Nervatura)	0.65	0.40	9850	51.10	0.26	1.50	---	64.3	19.6

### 13 ESCURSIONE APPOGGI E GIUNTI

Vista l'elevata sismicità del sito ( $a_g > 0.25g$ ), l'escursione totale massima  $E_L$  è governata dal valore minimo richiesto da [N5] al punto 2.5.2.1.5.1

$L$  32 m luce totale impalcato

Per garantire un valore minimo di escursione, in funzione della sismicità del sito, il valore di  $E_L$  dovrà essere assunto non minore di

per $a_g(SLV) \geq 0.25g$	$E_L$	$3.3 \cdot L / 1000 + 0.1$ 0.15m	205.6 mm 150.0 mm
per $a_g(SLV) < 0.25g$	$E_L$	$2.3 \cdot L / 1000 + 0.073$ 0.10m	146.6 mm 100.0 cm
		$E_L$	<b>205.6 mm</b>

Risulta quindi

$E_L$  205.6 mm escursione totale longitudinale

#### Vincoli degli impalcato, corsa degli appoggi, varchi

##### In direzione longitudinale:

La corsa degli apparecchi d'appoggio deve essere pari a:  $\pm E_L$  205.6 mm

$\pm E_L / 2 \pm \max(15\text{mm}; E_L / 8)$  128.5 mm  $\approx$  +/- 130 mm  $\pm E_L / 2$  102.8 mm  
 $\pm E_L / 8$  25.7 mm

L'escursione dei giunti deve essere pari a:

$\pm E_L / 2 \pm 10\text{mm}$  112.8 mm  $\approx$  +/- 115 mm

L'ampiezza dei varchi, a temperatura media ambiente, deve essere pari a:

$V_0$  20.0 mm  
 $V \geq E_L / 2 + V_0$  122.8 mm  $\approx$  125 mm

La distanza tra il ritegno sismico longitudinale e la testata della trave supportata dal vincolo mobile, deve essere pari a:

$V - V_0 / 2$  112.8 mm  $\approx$  115 mm

VI01 - PONTE SUL TORRENTE MINISSALE					
SPALLA FISSA		LATO GIAMPILIERI			
PILA/SPALLA	Impalcato supportato o lato mobile	Corsa appoggi	Escursion e giunti a livello soletta	Ampiezza a varchi a livello soletta	Varco trave - ritegno longitudinale
				V	
		mm	mm	mm	mm
SA	AC - 32m	± 130	± 115	125	115
SB	FISSA	-	± 50	50	5

#### 14 CARICHI ORIZZONTALI APPOGGI

Si riporta il calcolo delle azioni massime orizzontali agli appoggi che si ottengono in condizione sismiche. Il calcolo viene effettuato in favore di sicurezza con l'accelerazione massima elastica, e per ogni tipologia di impalcato.

Per i carichi verticali si rimanda alla relazione dell'impalcato.

		L	B	n°Bin	DIR	g	q*0.2	m	M	Smax	FH-MAX/ 1 FILA	QL	QTc	QTS	FH	n°APP/ 1 FILA	F-APP
		m	m	m		kN/m	kN/m	kN/m	kN	g	kN						kN
VI01	AC	32	13.7	2	L	383.4	44.40	427.8	13 690	0.904	12 375	1 975			12 770	2	6 385
VI01	AC	32	13.7	2	T	383.4	44.40	427.8	13 690	0.904	6 188		0	210	6 230	1	6 230