

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

U.O. PRODUZIONE CENTRO-NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-GALLARATE PRG RHO

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI04 – Attraversamento fiume Olona – Solettone su pali di grande diametro km 0-112 singolo binario Nord

Relazione di calcolo opera

SCALA:

-

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

MDL1 00 D 26 CL VI0400 001 A


Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
A	Emissione Esecutiva	A.Ingletti	03/2013	<i>Mara</i>	03/2013	<i>SB</i>	03/2013

ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica
 Direzione Centro Nord
 Dott. Ing. Roberto Borgi
 Ordine degli Ingegneri del Prov. di Monza e B. n. 4651

ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica
 Centro Produzione
 Dott. Ing. Ardumi Fabrizio

File: MDL100D26CLVI0400001_A.doc

n. Elab.:

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01 PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
	Relazione di calcolo opera	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400001	REV. A

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	ALLEGATI	6
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
5	MATERIALI	7
6	TERRENI	10
7	MODELLO DI CALCOLO	11
7.1	MODELLAZIONE DEL TERRENO	13
8	GEOMETRIA DI CALCOLO	15
9	AZIONI DI CALCOLO	17
9.1	PESO PROPRIO	17
9.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI	17
9.3	SOVRACCARICHI TRENI	19
9.4	CARICO INDOTTO DALLA FRENATA E DALL'AVVIAMENTO	22
9.5	CARICO INDOTTO DALLA FORZA CENTRIFUGA	24
9.6	CARICO INDOTTO DAL SERPEGGIO	26
9.7	CARICHI VARIABILI	27
9.8	VENTO	27
9.9	AZIONI TERMICHE	27
9.10	RITIRO DEL CLS NELLA SOLETTA DI COPERTURA	28
9.11	AZIONE SISMICA	31
9.11.1	SLV	33
9.11.2	SLD	34
9.12	SPINTE LATERALI DEL TERRENO IN FASE STATICA	35

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	3 di 100

9.12.1	Spinte laterali per il sovraccarico.....	37
9.13	SPINTE LATERALI DEL TERRENO IN FASE SISMICA.....	38
10	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	40
11	RISULTATI STRUTTURALI.....	46
11.1	INVILUPPO – SLU-G1	47
11.2	INVILUPPO – SLU-G3	50
11.3	INVILUPPO – SLE_FREQUENTE – G4	53
11.4	INVILUPPO – SLE_QUASIPERMANENTE.....	56
11.5	INVILUPPO – SLE_RARA – G1.....	59
11.6	INVILUPPO – SLE_RARA – G3.....	62
11.7	INVILUPPO – SLV	65
11.8	INVILUPPO – SLD	68
12	VERIFICHE	71
12.1	TRAVI IN C.A. VERIFICA DI RESISTENZA.....	73
12.2	CORDOLO	82
12.3	PALO	88
12.3.1	Sezione Testa Palo	88
12.4	VERIFICHE GEOTENICHE.....	93
12.4.1	Capacità Portante	93
12.4.2	Cedimenti	95
12.4.3	Carichi Orizzontali.....	96
12.5	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....	100



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	4 di 100

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le verifiche di resistenza del ponte ferroviario posto al km -0+112 del progetto definitivo di potenziamento della linea Rho - Arona.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è quello di verificare il portale di cui alla premessa.

Il ponte ferroviario è costituito da un solo binario, la larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 9.15 m.

Il portale è in obliquo e ha luce retta pari a 15.40 m ed è costituito da 9 travi in C.A. aventi sezione a "T" rovescia solidarizzate tra loro mediante una soletta superiore in C.A., gettata in opera di spessore variabile da un minimo di 0.25 m in prossimità della parte più esterna della soletta, a un massimo di 0.31 m in mezzeria. Sono presenti 2 traversi di campata, di spessore 40 cm.

Le travi sono poste ad interasse di 1 m. Le travi hanno un'altezza pari ad 1.35 m ed una larghezza pari a 1.00 m.

L'impalcato poggia su due spalle sostenute da pali Ø 1500 ad interasse 1.70 m, lunghi 25.0 m.

Nella seguente figura è riportata la sezione trasversale del portale.

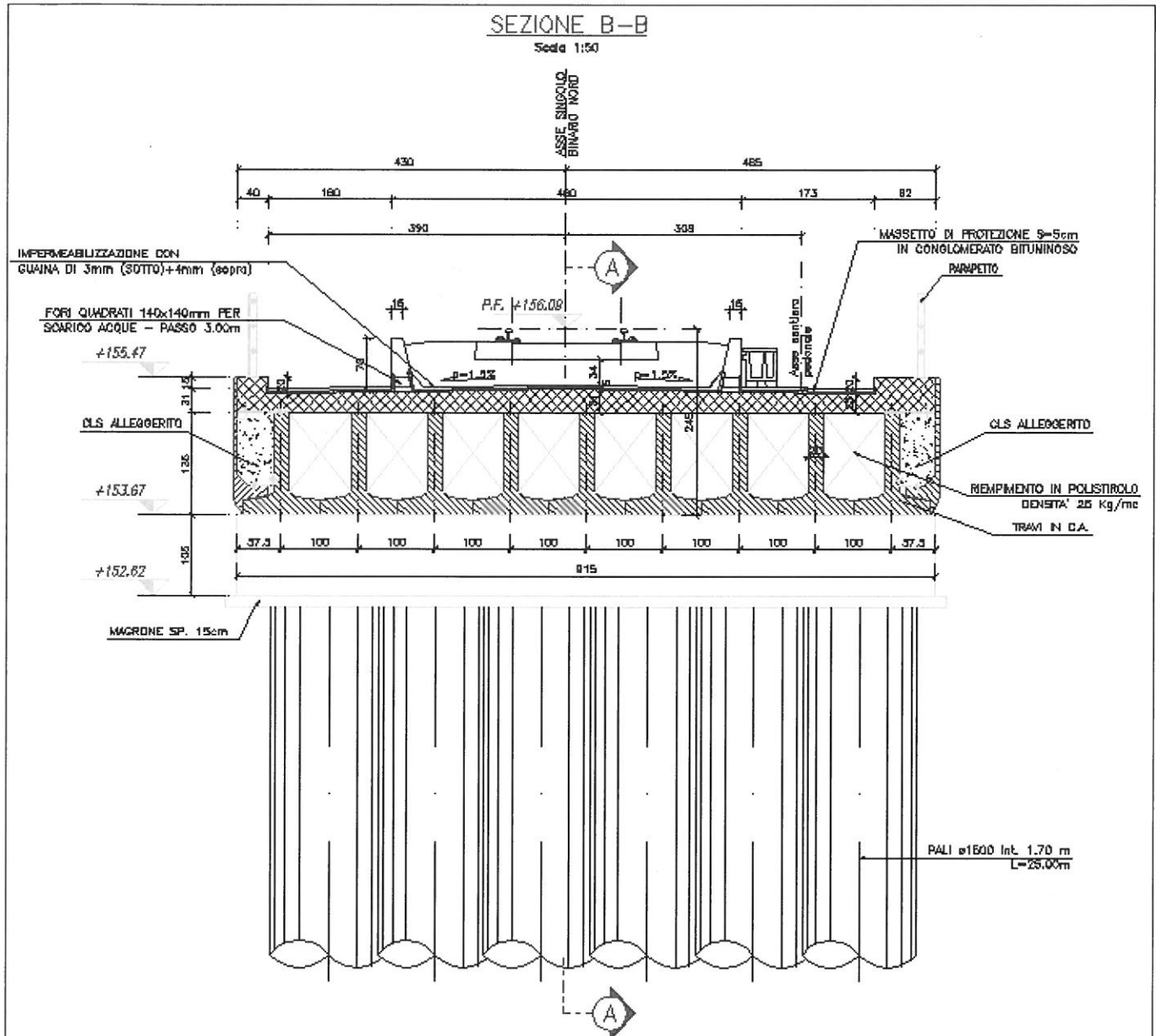


Figura 1 – Sezione trasversale del portale

Le verifiche sono svolte sulla trave di bordo, poiché è la più sollecitata.

Unità di misura

- lunghezza [m]
- forze [kN]
- angoli [°]
- tensioni [N/mm²]

	<p>INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-GALLARATE PRG RHO</p>												
<p>Relazione di calcolo opera</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>VI0400001</td> <td>A</td> <td>6 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	6 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	6 di 100								

3 ALLEGATI

Il documento è corredato dai seguenti allegati:

Input e output del modello di calcolo.

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono stati svolti in ottemperanza alla Normativa vigente ed in particolare:

- **L.1086 5/11/71** *Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- **D.M. 14 febbraio 1992** *Norme tecniche l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- **DM 09/01/96** *Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- **DM 16/01/96** *Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".*
- **DM 16/01/96** *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*
- **Istruzione FF.SS. 44/b** aggiornamento 16 dicembre 1997 - *Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica*
- **Istruzione FF.SS. I/SC/PS-OM/2298** aggiornamento 13 gennaio 1997: *Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo.*
- **Istruzione FF.SS. 44/d** : *Istruzione tecnica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo.*
- **Istruzione FF.SS. 44/e** : *Istruzione tecnica per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprighiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia.*

5 MATERIALI

CALCESTRUZZI

Calcestruzzo per opere non armate

Classe di resistenza	C	12 / 15
Contenuto min. di Cemento	200 kg/mc	
Modulo elastico $E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0,3}$	27085 N/mm ²	
Resistenza media a traz. semplice ($f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3}$)	1.57 N/mm ²	
Resistenza caratt. a traz. semplice ($f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$)	1.10 N/mm ²	
Resistenza di progetto a traz. semplice $f_{ctk}/1,5$	0.73 N/mm ²	
Resistenza media a traz. per flessione $f_{cfm} = 1,2f_{ctm}$	1.89 N/mm ²	
Resistenza caratt. a traz. Per flessione $f_{ctk} = 0,7f_{cfm}$	1.32 N/mm ²	
Resistenza di calcolo a comp. $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ck}/1,5$	6.80 N/mm ²	

Calcestruzzo per travi C.A.

Classe di resistenza	C	45 / 55
Classe di esposizione	XC3	
Classe di consistenza	S5	
Max Rapporto a/c	0.45	
Contenuto min. di Cemento	340 kg/mc	
Diametro max. Aggregato	20 mm	
Modulo elastico $E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0,3}$	36283 N/mm ²	
Resistenza caratt. a compress. taglio trefoli ($f_c = 0,7f_{ck,i}$)	23.82 N/mm ²	
Resistenza media a traz. semplice ($f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3}$)	3.80 N/mm ²	
Resistenza caratt. a traz. semplice ($f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$)	2.66 N/mm ²	
Resistenza di progetto a traz. semplice $f_{ctk}/1,5$	1.77 N/mm ²	
Resistenza media a traz. per flessione $f_{cfm} = 1,2f_{ctm}$	4.55 N/mm ²	
Resistenza caratt. a traz. Per flessione $f_{ctk} = 0,7f_{cfm}$	3.19 N/mm ²	
Resistenza di calcolo a comp. $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ck}/1,5$	25.50 N/mm ²	

Elevazioni Spalle (Cordoli) Soletta e traversi

Classe di resistenza	C	28 / 35
Classe di esposizione	XC3	
Classe di consistenza	S4-S5	
Max Rapporto a/c	0.55	
Contenuto min. di Cemento	340 kg/mc	
Diametro max. Aggregato	25 mm	
Modulo elastico $E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0,3}$	32308 N/mmq	
Resistenza media a traz. semplice ($f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3}$)	2.77 N/mmq	
Resistenza caratt. a traz. semplice ($f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$)	1.94 N/mmq	
Resistenza di progetto a traz. semplice $f_{ctk}/1,5$	1.29 N/mmq	
Resistenza media a traz. per flessione $f_{cfm} = 1,2f_{ctm}$	3.32 N/mmq	
Resistenza caratt. a traz. Per flessione $f_{ctk} = 0,7f_{cfm}$	2.32 N/mmq	
Resistenza di calcolo a comp. $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ck}/1,5$	15.87 N/mmq	

Calcestruzzo per pali

Classe di resistenza	C	25 / 30
Classe di esposizione	XD1	
Classe di consistenza	S4	
Max Rapporto a/c	0.55	
Contenuto min. di Cemento	300 kg/mc	
Diametro max. Aggregato	25 mm	
Modulo elastico $E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0,3}$	31476 N/mmq	
Resistenza media a traz. semplice ($f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3}$)	2.56 N/mmq	
Resistenza caratt. a traz. semplice ($f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$)	1.80 N/mmq	
Resistenza di progetto a traz. semplice $f_{ctk}/1,5$	1.20 N/mmq	
Resistenza media a traz. per flessione $f_{cfm} = 1,2f_{ctm}$	3.08 N/mmq	
Resistenza caratt. a traz. Per flessione $f_{ctk} = 0,7f_{cfm}$	2.15 N/mmq	
Resistenza di calcolo a comp. $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ck}/1,5$	14.17 N/mmq	



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	9 di 100

ACCIAI

Armatura Lenta

Tipo

FeB44k

Resistenza caratteristica di snervamento - f_y

430 N/mm²

Modulo Elastico

210000 N/mm²

6 TERRENI

Nel calcolo delle spinte, si è trascurata l'effetto della coesione.

Tipo Terreno	γ [kN/m ³]		ϕ' [°]		c' [kPa]		c_u [kPa]		E' [Mpa]	
	Min.	Medi	Min.	Medi	Min.	Medi	Min.	Medi	Min.	Medi
Riporto	18	19	30	32	0	0	/	/	25	30
11a – Argille	18	19	32	35	0	0	/	/	35	40

Tabella 1: caratteristiche geotecniche terreni

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400001	REV. A	FOGLIO 11 di 100

7 MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo è stato realizzato con il Software agli elementi finiti MidasGen 2010 V1.1.

La struttura nel suo complesso è stata analizzata attraverso un modello 3D. L'approccio tridimensionale consente di cogliere, tra l'altro, anche tutti quegli effetti trasversali che altrimenti verrebbero trascurati con un approccio "a telaio", come ad esempio l'eccentricità del treno di carico LM71, la forza centrifuga, il serpeggio, il ritiro, il vento.

I materiali sono modellati con un legame costitutivo elastico-lineare.

All'interno del modello si sono utilizzati elementi monodimensionali "beam" e elementi bidimensionali "shell".

Gli elementi FEM utilizzati sono tutti riferiti ai rispettivi assi baricentrici degli elementi.



Figura 2 – Modello di calcolo 3D

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	12 di 100

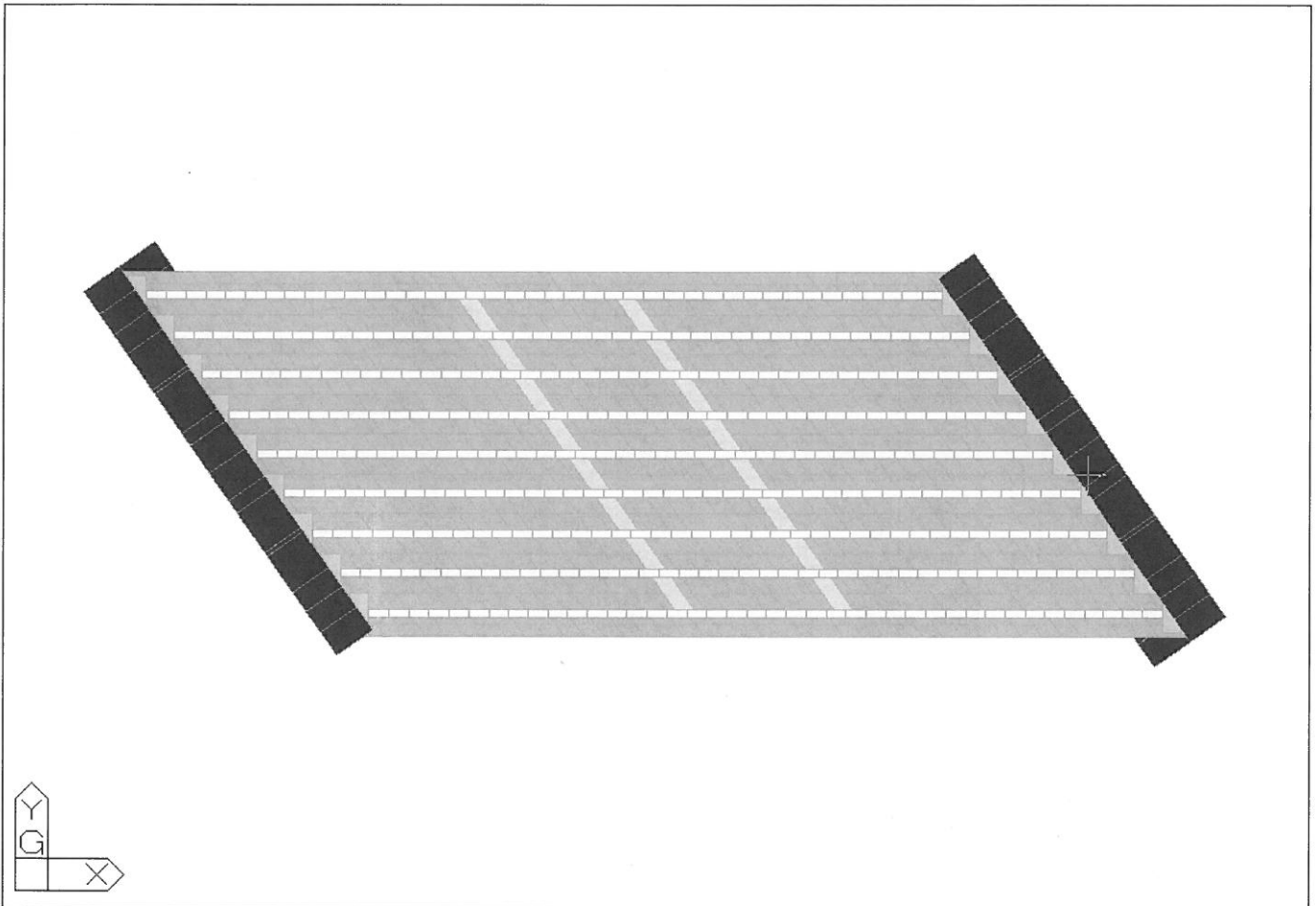


Figura 3 – Pianta Modello di calcolo

7.1 Modellazione del terreno

Per quanto riguarda le spinte del terreno, si sono considerate le spinte agenti solamente fino a fondo scavo, che corrisponde a un fronte di scavo pari a 5.00 m, mentre da fondo scavo fino alla base del palo si sono inserite dei vincoli elastici puntuali con la corrispondente rigidezza del terreno incontrata dal palo. La rigidezza delle molle è stata calcolata attraverso la formula di *Reese e Matlock*:

$$K_h = n_h \cdot \frac{z}{d}$$

$d = \text{diametro palo}$

$z = \text{profondità}$

Terreni coerenti


Per i terreni coerenti i valori orientativi di n_h sono riportati nella seguente tabella :

Tipo di terreno	$n_h, n [N/cm^3]$	Fonte
Argilla n.c. o lievemente o.c.	0,2 ÷ 3,5 0,3 ÷ 0,5	Reese, Matlock (1956) Davisson, Prakash (1963)
Argilla organica n.c.	0,1 ÷ 1,0 0,1 ÷ 0,8	Peck, Davisson (1970) Davisson (1970)
Torba	0,05 0,03 ÷ 0,1	Davisson (1970) Wilson, Hiltz (1967)
Loess	8 ÷ 10	Bowles (1968)

Terreni incoerenti

Per i terreni incoerenti il valore di n_h dipende dallo stato di addensamento e dalla presenza o meno della falda.

Stato di addensamento	Sciolto	Medio	Denso
Campo dei valori di A	100 ÷ 300	300 ÷ 1000	1000 ÷ 3000
Valore consigliato di A	200	600	1500
$N_h [N/cm^3]$, sabbie non immerse	2,5	7,5	20
$N_h [N/cm^3]$, sabbie immerse	1,5	5	12

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01 PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
	Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	14 di 100

Per i terreni presenti al di sotto del fondo scavo abbiamo :

Tipo terreno	z [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	n_h [N/cm ³]	D [m]	k_h [kN/m ³]	$k_{h,Medio}$ [kN/m ³]	
Ghiaie Sabbiose	5.07	19	22	7.5	1.5	25350	81675	Fondo Scavo
Ghiaie Sabbiose	27.6	19	22	7.5	1.5	138000		Fine strato

Tabella 2: caratteristiche molle puntuali

I carichi sui pali sono stati applicati a metro lineare, tenendo conto dell'interasse dei pali, pari a 1.40 m, mentre per quanto riguarda i carichi sulle *shell* si sono applicati carichi di superficie.

8 GEOMETRIA DI CALCOLO

La geometria dell'opera è la seguente :

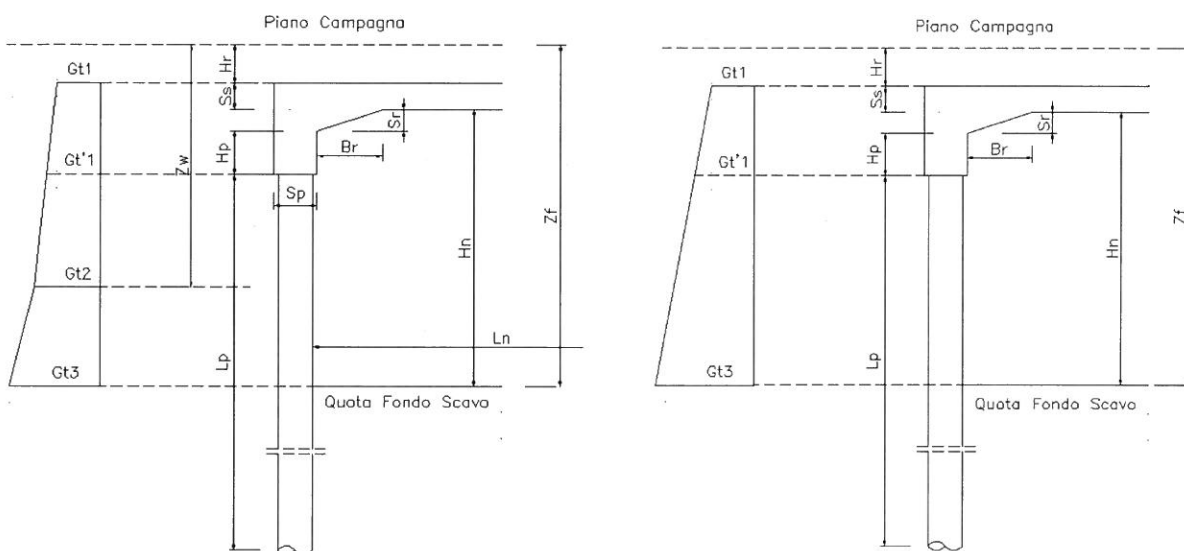


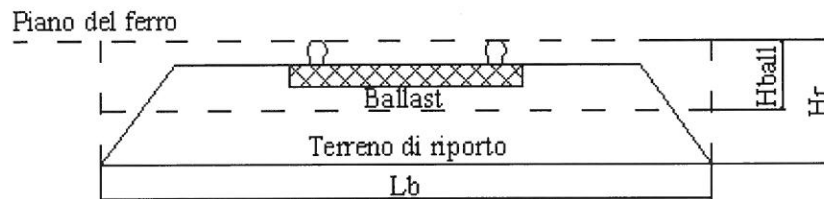
Figura 4: Schema geometrico struttura con spinta delle terre, con e senza falda.

Dati Geometrici

$H_r =$	0.0 m
$S_{\text{rilevato Stradale}} =$	0.0 m
$S_{\text{finiture}} =$	0.05 m
$S_s =$	0.28 m (spessore soletta trave)
$H_t =$	1.35 m (altezza trave)
$S_R =$	0 m
$H_N =$	3.5 m
$D_p =$	1.5 m
$L_{t, SX} =$	21.0 m
$i_p =$	1.7 m (interasse palo esterno)

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	16 di 100



Ltr =	2.4 m	(luce traversa)
Htr =	0.21 m	(altezza traverso)
Ss =	0.28 m	(spessore soletta)
	1.43	
s =	5 m	(scartamento)
Btr =	0.6 m	(interasse traverse)
Eb =	0.17 m	(altezza testa binario più alto da estradosso traversa)
	kN/m	
g =	18 c	(peso specifico ballast)
Hball =	0.8 m	
	kN/m	
gril =	20 c	(peso specifico rilevato secco)
	kN/m	
gril,w =	22 c	(peso specifico rilevato saturo)
Hr =	0 m	
Lb =	4.3 m	(larghezza impronta rilevato)

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	17 di 100

9 AZIONI DI CALCOLO

9.1 Peso Proprio

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo.

9.2 Carichi Permanenti Portati

Tra i carichi permanenti portati abbiamo quelli dovuti al peso del massetto bituminoso di spessore pari a 0.05 m, quelli dovuti al peso del rilevato e quelli dovuti alla presenza del ballast. Per quanto riguarda la larghezza della sezione trasversale del peso del ballast le dimensioni sono L_b , nel caso di un solo binario e L_b+I_b nel caso di due binari. In pianta il carico ha un'impronta parallela all'orientamento dei binari. I carichi permanenti agenti sulle sole di fondazione tengono conto, anche del terreno di fondazione secco e/o saturo.

Pertanto i carichi distribuiti sono :

Finiture (massetto di protezione bituminoso – s
0,05m)

$$q_{finiture} = h_{finiture} * \gamma_{cls,all} =$$

[m] [kN/m³] [kN/m²]

0.05 20.00 1.00

$$Q_{b1} = H_{ball} * g_{ball} \quad 14.4 \text{ kN/mq} \quad (\text{carico ballast sulla copertura})$$

$$Q_{b2} = (H_r - H_{ball}) * g_{ril} \quad 0.0 \text{ kN/mq} \quad (\text{carico terreno sulla soletta senza falda})$$

$$Q_{b2} = (H_r - H_{ball}) * g_{sat} \quad 0.0 \text{ kN/mq} \quad (\text{carico terreno sulla soletta con falda})$$

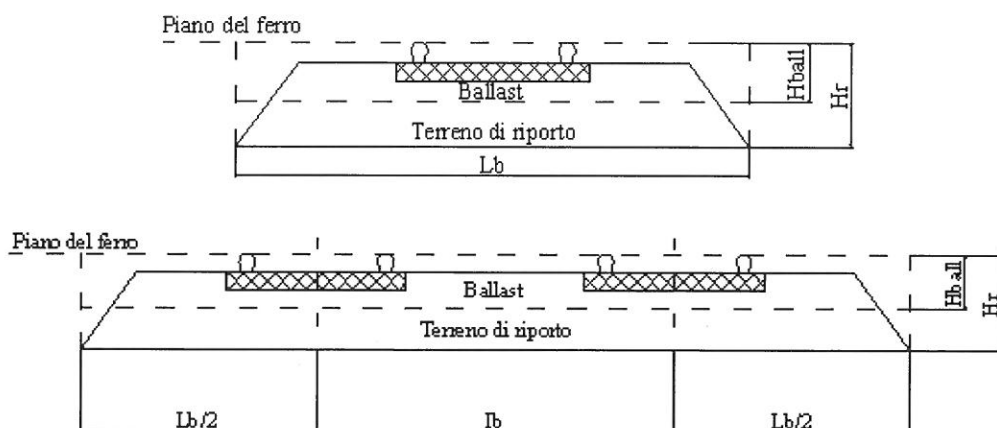


Figura 5: Schema sezione del rilevato in presenza di binario singolo o doppio.

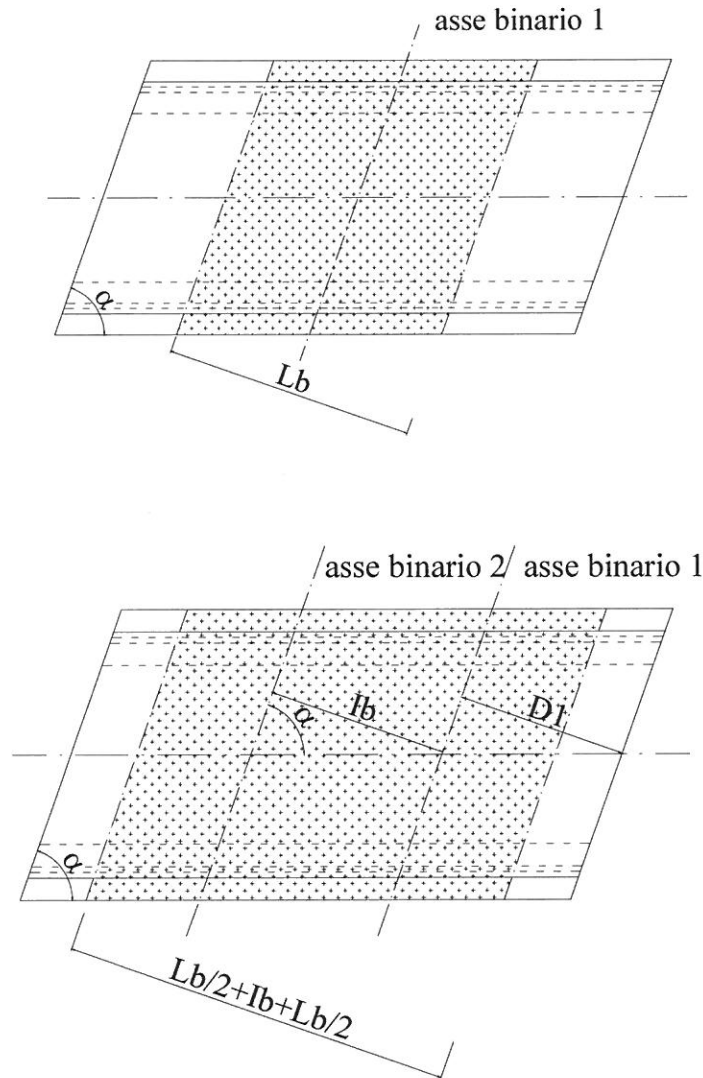


Figura 6: Schema rappresentazione dell'impronta del carico per binario singolo o doppio.

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01				
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-GALLARATE PRG RHO				
Relazione di calcolo opera	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400001	REV. A FOGLIO 19 di 100

9.3 Sovraccarichi Treni

I sovraccarichi dovuti al passaggio dei treni sono definiti per mezzo di modelli di carico. In particolare sono forniti due differenti treni di carico. Il primo legato al traffico normale (LM71) e un secondo legato al traffico pesante, a sua volta distinto in due sottogruppi (SW/0, SW/2):

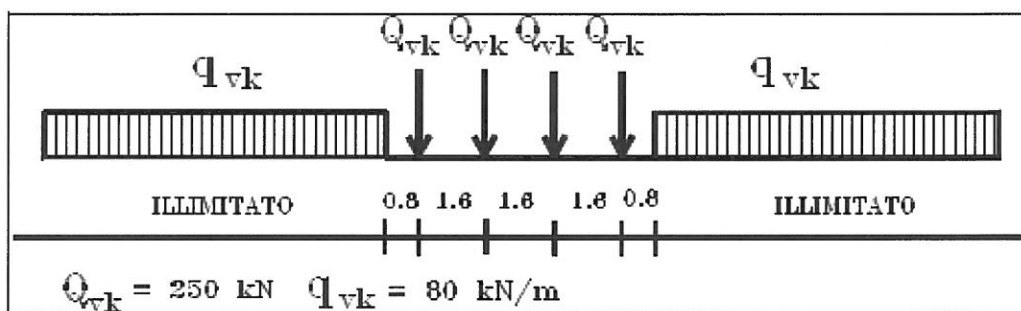
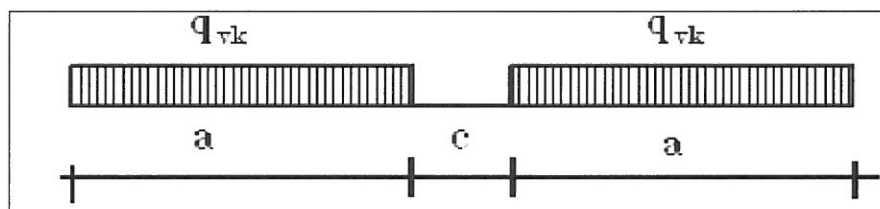


Figura 7: Schema Treno di carico LM71



Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Figura 8: Schema Treno di carico SW/0, SW/2

I carichi suddetti sono stati applicati su impronte di carico la cui larghezza è pari a $Bd = Ltr + (Hball - Htr)/2 + (Hr - Hball) + Ss$

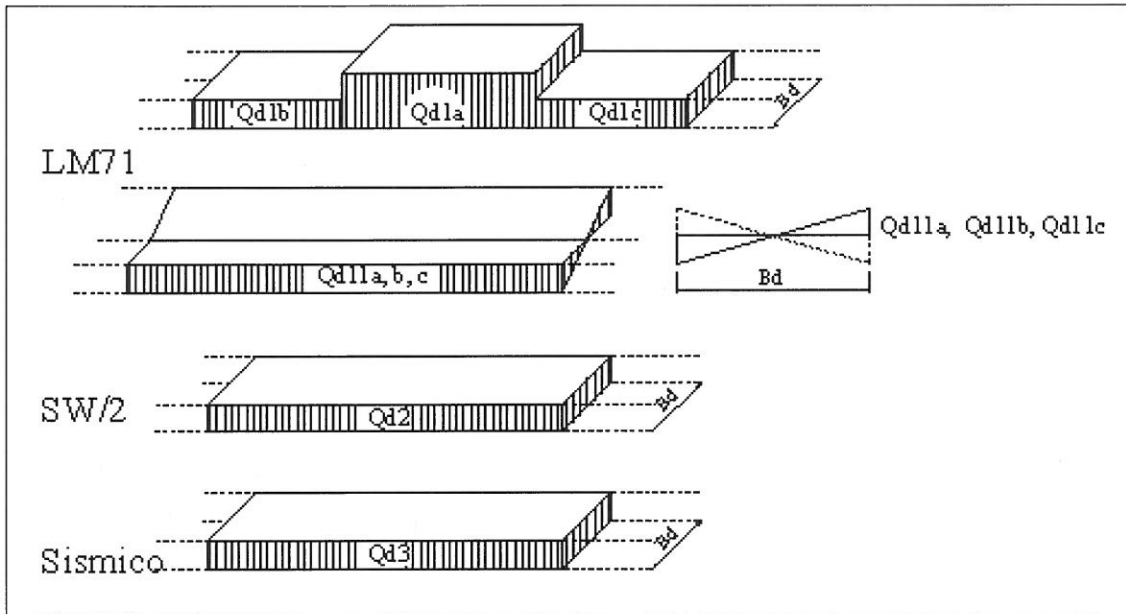


Figura 9: Schema dei carichi indotti dai treni.

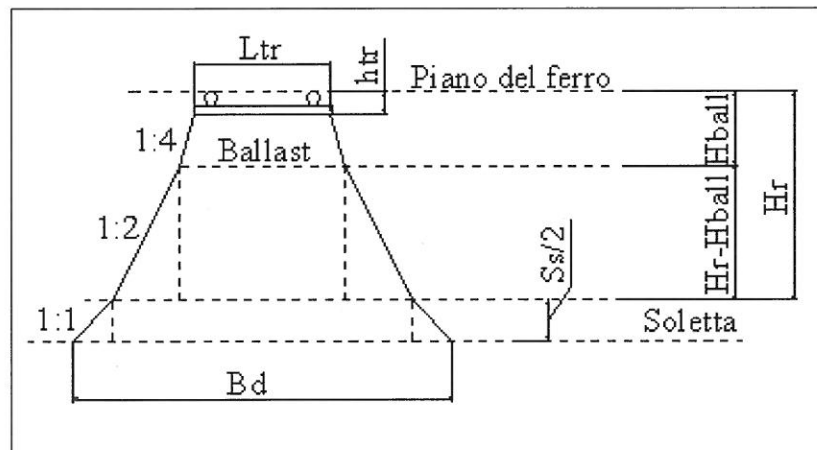


Figura 10: Schema coni di diffusione dei carichi.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	21 di 100

$\alpha_{11} =$	1.1	(coeff. Di adattamento LM71)
$\alpha_{21} =$	1.1	(coeff. Di adattamento SW/0)
$\alpha_{22} =$	1	(coeff. Di adattamento SW/2)
$L\phi =$	11.44 m	(lunghezza caratteristica)
$\Phi_2 = (1.44/(L\phi - 0.2)^{0.5}) + 0.82$	1.25	
$\Phi_3 = (2.16/(L\phi - 0.2)^{0.5}) + 0.73$	1.37	
$Lq = (1.6*3 + 1.6) =$	6.4 m	
$Bd = Ltr + (Hball-Htr)/2 + (Hr-Hball) + Ss$	3.78 m	

LM71

$Qvk =$	250 kN
assi =	4
$qvk =$	80 kN/m

$Qd1a = (\alpha_{11} * LM71p / (Lq * Bd)) * \Phi_3$	62.57 kN/mq
$Qd1b = Qd1c = (\alpha_{11} * LM71q / Bd) * \Phi_3$	32.04 kN/mq

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario dipendente dallo scartamento $s = 1435$ mm, per tener conto dello spostamento dei carichi. Per tenere in conto l'effetto di questa eccentricità si incrementa il carico uniforme con un carico a "farfalla":

$e = s/18$	0.0797 m
$Qd11a = (LM71p * e / (Lq * Bd)) * \Phi_3$	4.53 kN/mq
$Qd11b = Qd11c = (LM71q * e / Bd) * \Phi_3$	2.32 kN/mq

sw/0

$qvk =$	133 kN/m
$Qd2 = (\alpha_{21} * SW0q / Bd) * \Phi_3$	48.42 kN/mq

sw/2

$qvk =$	150 kN/m
$Qd2 = (\alpha_{22} * SW2q / Bd) * \Phi_3$	54.61 kN/mq

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	22 di 100

9.4 Carico indotto dalla frenata e dall'avviamento

La forza di frenatura e avviamento agiscono sulla sommità del binario nella direzione longitudinale dello stesso, ad un'altezza pari a $H_f = H_r + S_s/2$. Il carico definito in funzione dei vari treni di carico, viene ripartito orizzontalmente su un'area pari a uno sviluppo longitudinale corrispondente alla lunghezza della soletta misurata lungo lo sviluppo del binario e larghezza B_d .

Le azioni di frenatura e avviamento saranno combinate con i relativi carichi verticali.

Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura.

Si trascurano gli effetti flettenti indotti dall'eccentricità H_f .

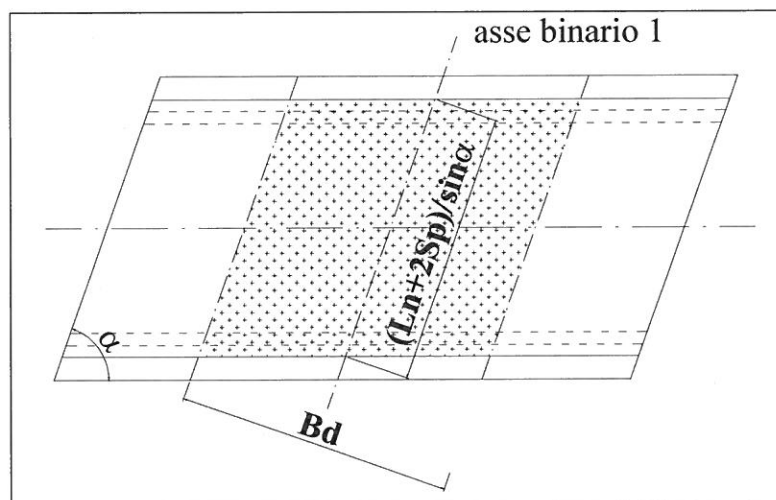


Figura 11: Schema impronta dei carichi.

$Q_{1a,k} =$	33 kN/m	(LM71, SW/0, SW/2)
$Q_{1b,k} =$	20 kN/m	(LM71, SW/0)
$Q_{1b,k} =$	35 kN/m	(SW/2)

Avviamento

LM71

$$Q_{a,LM} = \alpha_{11} * Q_{1a,k} / B_d \quad 9.62 \text{ kN/mq}$$

SW/0 , SW/2

Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	23 di 100

$$Q_{a,SW} = \alpha_{21} * Q_{1a,k/Bd}$$

$$8.74 \text{ kN/mq}$$

Frenatura

LM71

$$Q_{f,LM} = \alpha_{11} * Q_{1b,k/Bd}$$

$$5.83 \text{ kN/mq}$$

SW/0

$$Q_{f,SW} = \alpha_{21} * Q_{1b,k/Bd}$$

$$5.30 \text{ kN/mq}$$

SW/2

$$Q_{f,SW} = \alpha_{22} * Q_{1b,k/Bd}$$

$$9.27 \text{ kN/mq}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	24 di 100

9.5 Carico indotto dalla forza centrifuga

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80 m al di sopra del P.F., quindi ad un'altezza pari a $H_{fc} = 1.80 \text{ m} + E_b + H_r + S_s/2$.

I calcoli si basano sulla velocità massima compatibile con il tracciato della linea e dove siano considerati gli effetti dei modelli di carico SW, si assumerà una velocità di 100 km/h.

$H_{fc} = 1.80\text{m} + E_b + H_r + S_s/2 =$	2.11 m	
$Q_{tk} = (v^2/g*r)*(f*Q_{vk}) = (V^2/127*r)*(f*Q_{vk})$	19 kN	
$q_{tk} = (v^2/g*r)*(f*q_{vk}) = (V^2/127*r)*(f*q_{vk})$	6 kN	(LM71)
$q_{tk} = (v^2/g*r)*(f*q_{vk}) = (V^2/127*r)*(f*q_{vk})$	3.9 kN	(SW/0)
$q_{tk} = (v^2/g*r)*(f*q_{vk}) = (V^2/127*r)*(f*q_{vk})$	4.4 kN	(SW/2)
$f = (1 - ((V-120)/1000) * (814/V + 1.75) * (1 - (2.88/L_f)^{0.5}))$	0.83	
$v =$	44.44 m/s	(velocità di progetto)
	km/	
$V(\text{LM71}) =$	160 h	(velocità max di progetto)
	km/	
$V(\text{SW}) =$	100 h	(velocità di progetto)
$f =$	calcola	(fattore di riduzione)
$g =$	9.81 m/s	(accelerazione di gravità)
$r =$	2200 m	(raggio di curvatura)
		(lunghezza di influenza della parte curva di
$L_f =$	21 m	binario sul ponte)

$$f = 1 \text{ per } V \leq 120 \text{ km/h o } L_f \leq 2.88 \text{ m}$$

$$f < 1 \text{ per } 120 \leq V \leq 300 \text{ km/h e } L_f > 2.88 \text{ m}$$

$$f(V) = f(300) \text{ per } V > 300 \text{ km/h}$$

Per tener conto degli effetti flessionali indotti dall'eccentricità H_{fc} si applica al piano medio della soletta di copertura, su di un'area con impronta di larghezza $B_h = B_{tr} + (H_{ball} - H_{tr})/2 + (H_r - H_{ball}) + S_s$ e sviluppo pari a L_f , un carico distribuito a "farfalla".

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	25 di 100

LM71

$V > 120 \text{ km/h}$

caso a) $V = 120 \text{ km/h}$, $f = 1$

$V(\text{LM71}) =$	120 km/h	(velocità di progetto)
$Q_{tk} = (v^2/g*r)*(f*Q_{vk}) = (V^2/127*r)*(f*Q_{vk})$	11 kN	
$q_{tk} = (v^2/g*r)*(f*q_{vk}) = (V^2/127*r)*(f*q_{vk})$	3 kN	(LM71)
$f =$	0.83	

$Q_{tk,dis.} = Q_{tk}*H_{fc}/(B_h*B_d^2/6)$	5 kN/mq
$q_{tk,dis.} = q_{tk}*H_{fc}/(B_d)$	2 kN/mq

caso b) $V = \text{max di progetto}$

$Q_{tk} = (v^2/g*r)*(f*Q_{vk}) = (V^2/127*r)*(f*Q_{vk})$	19 kN
$q_{tk} = (v^2/g*r)*(f*q_{vk}) = (V^2/127*r)*(f*q_{vk})$	6 kN

$Q_{tk,dis.} = Q_{tk}*H_{fc}/(B_h*B_d^2/6)$	9 kN/mq
$q_{tk,dis.} = q_{tk}*H_{fc}/(B_d)$	3 kN/mq

SW/0


$V = 100 \text{ km/h}$

$q_{tk,dis.} = q_{tk}*H_{fc}/(B_d)$	2.20 kN/mq
-------------------------------------	------------

SW/2

$V = 100 \text{ km/h}$

$q_{tk,dis.} = q_{tk}*H_{fc}/(B_d)$	2.48 kN/mq
-------------------------------------	------------

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	26 di 100

9.6 Carico indotto dal serpeggio

Per tener conto della forza laterale indotta dal serpeggio, si considera una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolare all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$ e deve essere moltiplicato per α (se $\alpha > 1$), ma non per il coefficiente Φ . Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

L'altezza di applicazione è data da $H_h = E_b + H_r + S_s/2$ dal piano medio della soletta di copertura dei manufatti. Per tener conto degli effetti flettenti indotti dall'eccentricità H_h si applica il contributo di Q_{sk} su di un'area con impronta di larghezza $B_h = B_{tr} + (H_{ball} - H_{tr})/2 + (H_r - H_{ball}) + S_s$ e sviluppo longitudinale pari alla lunghezza della soletta stessa misurata lungo lo sviluppo del binario, un carico distribuito "a farfalla".

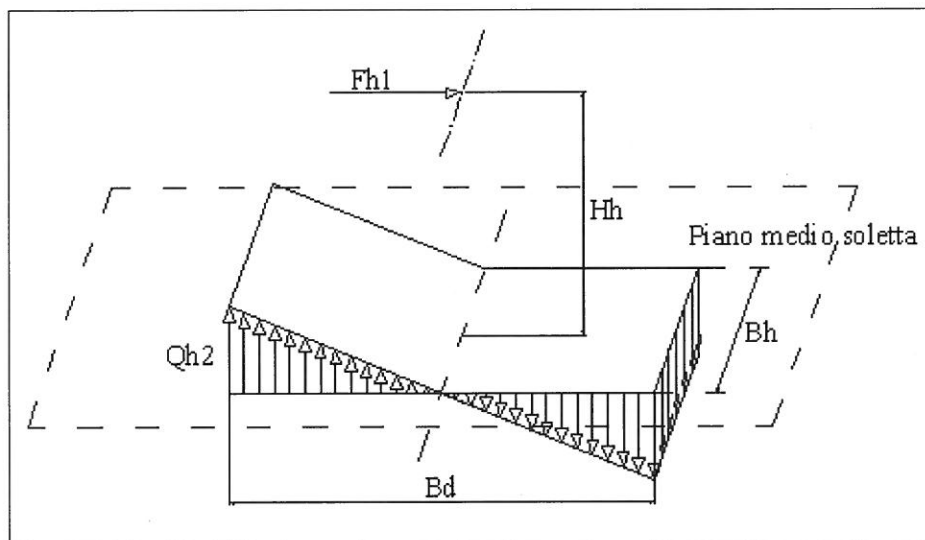


Figura 12: Schema impronta dei carichi.

$$B_h = B_{tr} + (H_{ball} - H_{tr})/2 + (H_r - H_{ball}) + S_s$$

$$1.975 \text{ m}$$

$$H_h = E_b + H_r + S_s/2$$

$$0.31 \text{ m}$$

$$Q_{sk} =$$

$$100 \text{ kN}$$

$$Q_{h2} = Q_{sk} * H_h / (B_h * B_d^2 / 6)$$

$$6.61 \text{ kN/mq}$$

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	27 di 100

9.7 Carichi variabili

Oltre ai carichi variabili dettati dai treni di carico si sono presi in considerazione anche dei carichi variabili legati alla folla che sono stati posizionati lungo il sentiero pedonale che costeggia da un solo lato la linea ferroviaria :

$$q = 5.0 \text{ kN/mq}$$

9.8 Vento

Per tenere conto della azione dovuta alla presenza del vento, come previsto dalla normativa, si considera una pressione statica convenzionale di intensità $Q_v = 2.5 \text{ kN/m}^2$, applicata sulla superficie esposta della struttura che viene considerata parallela all'asse del binario e di altezza pari a 4m misurati dal piano del ferro, più l'altezza del rilevato e lo spessore della soletta di copertura.

L'azione orizzontale risultante di tale pressione è pari ad $F_v = 2.5 * (S_s + H_r + H_{sv})$, considerata applicata a 2m dal piano del ferro e, pertanto, ad una altezza $H_{fv} = H_{sv} + H_r + S_s/2$ dal piano medio della soletta di copertura.

Per tener conto degli effetti flettenti indotti dall'eccentricità H_{fv} si applica al piano medio della soletta di copertura, su di una area con impronta di larghezza B_d e sviluppo longitudinale pari alla lunghezza della soletta stessa misurata lungo lo sviluppo del binario, un carico distribuito "a farfalla". Di seguito sono riportati i valori per la descrizione dei carichi orizzontali e verticali.

$H_{sv} =$	4 m	(altezza vagone)
$H_{fv} = H_{sv} + H_r + S_s/2 =$	4.14 m	
$F_v = 2.5 * (S_s + H_r + H_{sv}) =$	10.70 kN/m	
$P_v = F_v * H_{fv} / (B_d^2 / 6)$	18.65 kN/mq	

9.9 Azioni termiche

Le variazioni termiche uniformi, si considerano applicate alla sola soletta superiore dando in input un valore D_t positivo.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	28 di 100

$Dt = \pm 15^\circ$

9.10 Ritiro del cls nella soletta di copertura

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come :

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

- ε_{cs} deformazione totale per ritiro
- ε_{cd} deformazione per ritiro da essiccamento
- ε_{ca} deformazione per ritiro autogeno

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento $\varepsilon_{cd,\infty} = k_h * \varepsilon_{cd0}$ può essere valutato in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro h_0 :

f_{ck}	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in %)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00


h_0 (mm)	k_h
100	1
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.7

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	29 di 100

Dati Geometrici :

H =	0.28	[m]
B ₁ =	1	[m]
t _w =	0	[m]
t _{s1} =	0	[m]
B ₂ =	0	[m]
t _{s2} =	0	[m]
A =	0.28	[m ²]
u =	2.56	[m]
h ₀ =	218.75	[mm]
t =	10	[gg]
t _s =	28	[gg]
$\beta_{ds}(t-t_s) =$	-0.16155923	
k _h =	0.75	
$\varepsilon_{cd0} =$	0.0038	
Umidità Relativa	55	[%]
f _{ck} =	45	[N/mm ²]
$\varepsilon_{cd,\infty} =$	0.002840625	[mm]
$\varepsilon_{cd}(t) =$	-0.00045893	[mm]
$\varepsilon_{ca,\infty} =$	0.0000875	[mm]
$\beta_{as}(t) =$	0.468714391	
$\varepsilon_{ca}(t) =$	4.10125E-05	[mm]
$\varepsilon_{cs} =$	-0.00041792	[mm]

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-GALLARATE PRG RHO</p>												
<p>Relazione di calcolo opera</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>VI0400001</td> <td>A</td> <td>30 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	30 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	30 di 100								

L'azione del ritiro viene considerata applicando alla soletta di copertura una equivalente diminuzione di temperatura :

$$\Delta t, \text{ ritiro} = -\varepsilon_{cs} / (1 + \Phi) * C_{ESP}$$

$$\Phi = 2.1$$

$$C_{ESP} = 10 \times 10^{-6} \quad \text{m/}^\circ\text{C} \quad (\text{Coefficiente di espansione termica})$$

$$\Delta t = -13.48 \quad ^\circ$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01 PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
	Relazione di calcolo opera	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400001	REV. A

9.11 Azione Sismica

L'azione sismica è stata calcolata secondo le indicazioni delle NTC'08 perché più gravosa rispetto all'azione calcolata con il Dm'96, come riportato di seguito :

DM'96

zona sismica di III Categoria

$$a/g = C R I \varepsilon \beta = 0.048$$

$$C = 6-2 / 100 = 0.04$$

$$R = 1.0$$

$$\varepsilon = 1.0$$

$$\beta = 1.2$$

$$I = 1.0$$

NTC'08

Si sono calcolati gli spettri sismici, partendo dalle coordinate geografiche dell'opera, attraverso il foglio elettronico *Spettri-NTCver.1.0.3* ipotizzando un fattore di struttura $q = 1$.

Dagli spettri sismici, si è ricavata la forza statica equivalente applicata al baricentro della nostra struttura, in funzione della massa :

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot W_i / \sum_j z_j W_j$$

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$$

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

$C_1 =$ 0.085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0.075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato, 0.050 per qualsiasi altro tipo di struttura;

$H =$ altezza della costruzione;

$F_i =$ forza da applicare alla massa i -esima;

W_i e W_j sono i pesi della massa i e della massa j ;

z_i e z_j sono le quote delle masse i e j ;



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	32 di 100

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto definito;

W peso complessivo della costruzione

λ 0.85 se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti e se $T_1 < 2T_C$, pari a 1 in tutti gli altri casi;

Lat. : 45.520118°

Long. : 9.030814°

Categoria di Sottosuolo : B

Categoria Topografica : T1

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	33 di 100

9.11.1 SLV

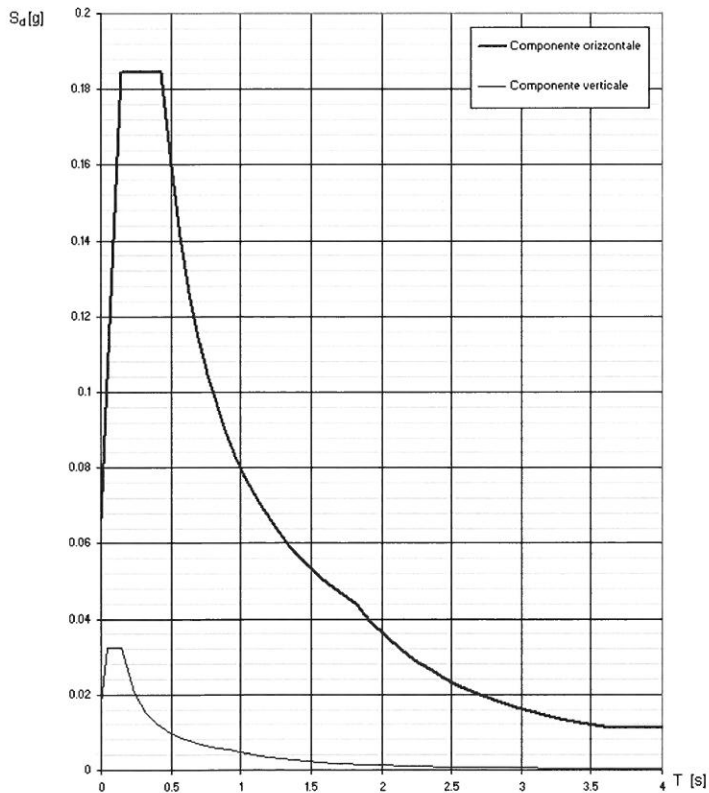
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.055 g
F_o	2.771
T_c^*	0.312 s
S_s	1.200
C_c	1.388
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.145 s
T_C	0.434 s
T_D	1.822 s

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV



Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	34 di 100

9.11.2 SLD

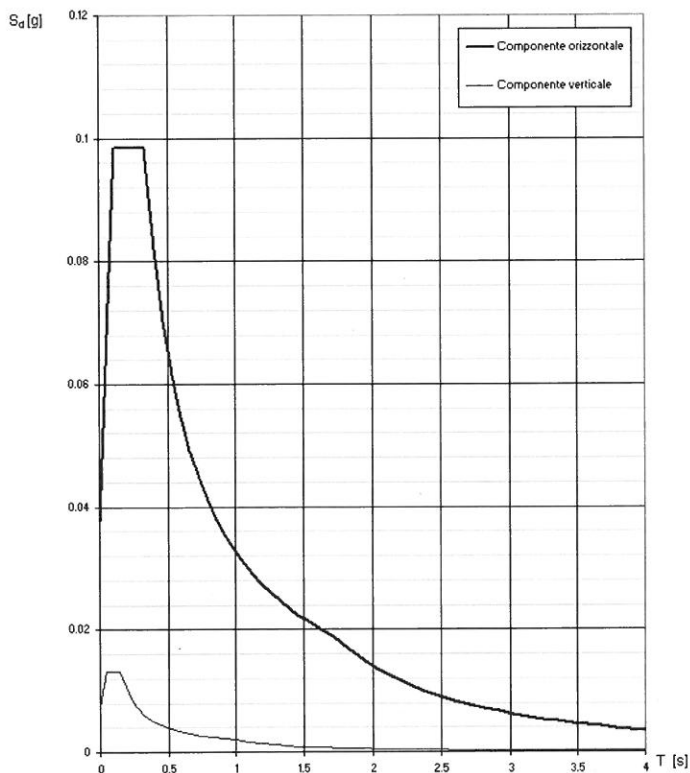
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.031 g
F_o	2.620
T_c^*	0.224 s
S_s	1.200
C_c	1.484
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.111 s
T_C	0.332 s
T_D	1.725 s

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLD



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	35 di 100

9.12 Spinte laterali del terreno in fase statica

Sia sul cordolo della paratia che sui pali è stata applicata la spinta a riposo, prendendo in conto anche l'eventuale presenza della falda. Sui pali il carico è stato linearizzato in funzione dell'interasse dei pali. I valori caratteristici delle spinte sono :

$$G_{t1} = K_0 * (\gamma_{ri} * (H_r))$$

$$G_{t'1} = G_{t1} + K_0 \gamma_{ti} (H_p + S_r + S_s)$$

$$G_{t2} = G_{t'1} + K_0 \gamma_{ti} (Z_w - H_r)$$

$$G_{t3} = G_{t2} + K_0 ((Z_f - Z_w)(\gamma'_{ti,s})) \quad \text{In presenza di falda}$$

$$G_{t3} = G_{t2} + K_0 ((Z_f - Z_w)(\gamma_{ti})) \quad \text{In assenza di falda}$$

essendo:

$$Z_f = H_r + S_s + S_r + H_n \quad \text{per i portali}$$

$H_r =$ spessore ricoprimento

S_r spessore ringrosso agli spigoli

γ_{ri} peso specifico del rilevato

γ_{ti} peso specifico dello strato di terreno i-esimo

γ'_{ti} peso specifico del terreno immerso

γ_{cls} peso specifico calcestruzzo

$K_0 = (1 - \text{sen}\phi')$ coefficiente di spinta a riposo

$K_a = (1 - \text{sen}\phi') / (1 + \text{sen}\phi')$ coefficiente di spinta attiva

$K_p = (1 + \text{sen}\phi') / (1 - \text{sen}\phi')$ coefficiente di spinta passiva

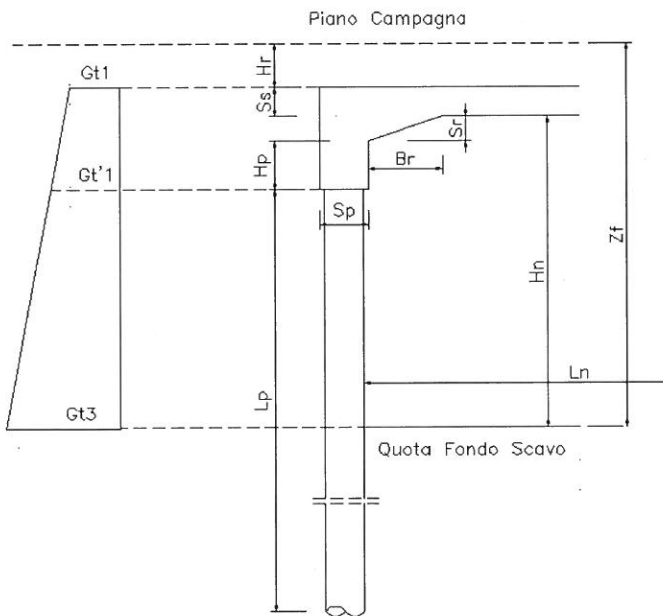
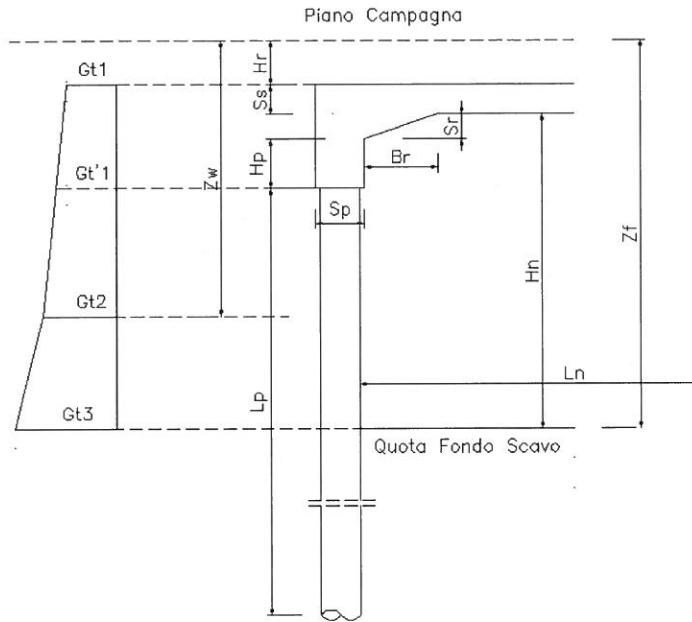


Figura 13: Schema geometrico struttura con spinta delle terre, con e senza falda.

$$G_{t1} = 0.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$G_{t'1} = 23.22 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$G_{t3} = 71.62 \text{ [kN/m]}$$

In assenza di falda

9.12.1 Spinte laterali per il sovraccarico

A seguito del sovraccarico lungo il piedritto si viene a creare una sovraspinta per i carichi verticali da traffico. Tale incremento di spinta per l'analisi statica è dipendente dall'angolo di attrito del terreno :

$$\sigma_{ht} = k_0 * q$$

$$k_0 = 1 - \tan \varphi' = 1 - \tan 32 = 0.47$$

dove al posto di φ' si è preso il valore dell'angolo di attrito maggiormente penalizzante della stratigrafia presente.

Per il carico ripartito $Q_{d2}(SW/2) = 54.61 \text{ kN/m}^2$ si ha


$$\sigma_{ht} = 0.47 * 54.61 = \mathbf{25.67 \text{ kN/m}}$$

Per il carico ripartito $Q_{b1} = 14.4 \text{ kN/m}^2$ si ha

$$\sigma_{ht} = 0.47 * 14.4 = \mathbf{6.77 \text{ kN/m}}$$

Il carico totale ripartito $Q_{d2}(SW/2) + Q_{b1} = 69.01 \text{ kN/m}^2$ si ha

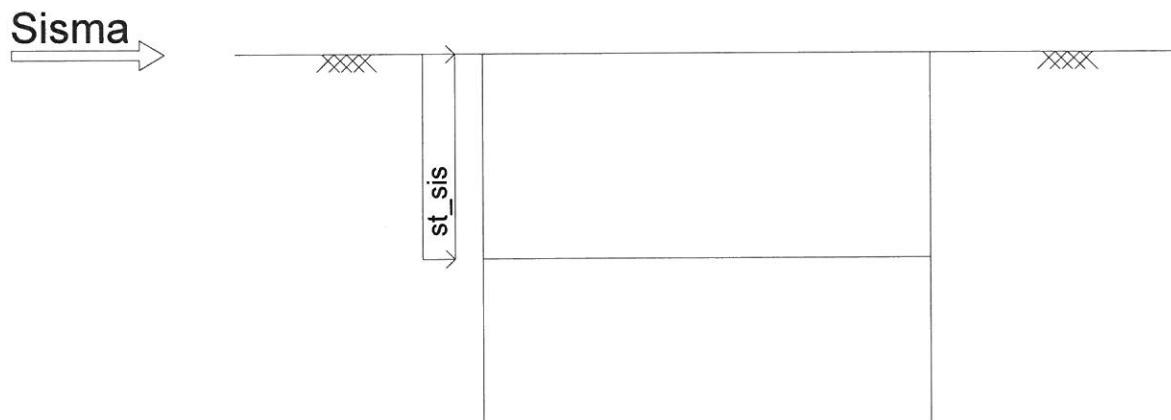
$$\sigma_{ht} = 0.47 * 69.01 = \mathbf{32.43 \text{ kN/m}}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	38 di 100

9.13 Spinte laterali del terreno in fase sismica

Il calcolo delle spinte del terreno in fase sismica è stato condotto attraverso il metodo di WOOD, in favore di sicurezza :

$$\sigma = \left(\frac{a_g}{g} \right) \cdot S_s \cdot S_T \cdot \gamma \cdot H$$



Dati Sismici del Sito

SLV

$$\begin{aligned}
 S_s &= 1.2 \\
 S_T &= 1 \\
 a_g &= 0.055 \text{ g} \\
 g &= 9.81
 \end{aligned}$$

SLD

$$\begin{aligned}
 S_s &= 1.2 \\
 S_T &= 1 \\
 a_g &= 0.031 \text{ g} \\
 g &= 9.81
 \end{aligned}$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO</p>												
<p>Relazione di calcolo opera</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>VI0400001</td> <td>A</td> <td>39 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	39 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	39 di 100								

Spinte sismiche agenti

SLV

Cordolo

$\sigma = 6$ [kN/m]

Pali

$\sigma = 11$ [kN/m]

SLD

Cordolo

$\sigma = 4$ [kN/m]

Pali

$\sigma = 6.1$ [kN/m]

10 CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano le singole condizioni di carico utilizzate per rappresentare le varie condizioni di carico con le relative combinazioni di calcolo :

PP (Peso Proprio)
 Qb1 (Peso dovuto al ballast)
 Qb2 (Peso dovuto al rilevato)
 Perm_Acces (Peso dovuto a elementi accessori presenti sull'impalcato)

Ritiro
 Var. (Carichi variabili Marciapiedi)
 Vento
 Dt (Variazione Termica)
 ESTR-SLV (Azione sismica SLV)
 ESTR-SLD (Azione sismica SLD)
 LM71
 SW/0
 SW/2
 FREN_AVV (Frenatura Avviamento)
 CENTRIF (Centrifuga)
 SERP (Serpeggio)
 ST_S(K0) (Spinta Statica Terreno)
 SST_S(K0) (Spinta Statica Terreno dovuto al Sovraccarico)

ST_SIS(Ka)_SLV (Spinta Sismica del Terreno)
 SST_SIS(Ka)_SLV (Spinta Sismica Terreno dovuto al Sovraccarico)

ST_SIS_SLV (Incremento spinta terreno dovuto al Sisma)

ST_SIS(Ka)_SLD (Spinta Sismica del Terreno)
 SST_SIS(Ka)_SLD (Spinta Sismica Terreno dovuto al Sovraccarico)

ST_SIS_SLD (Incremento spinta terreno dovuto al Sisma)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-GALLARATE PRG RHO</p>												
<p>Relazione di calcolo opera</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>VI0400001</td> <td>A</td> <td>41 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	41 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	41 di 100								

La Normativa definisce diverse combinazioni di carico, in funzione dei vari stati limite che si vogliono verificare.

- Stati Limite Ultimi (SLU) :

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{K1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{K2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione Rara per stati limite di esercizio irreversibili da utilizzare nelle verifiche alle tensioni ammissibili (SLE) :

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02} * Q_{K2} + \psi_{03} * Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione frequente usata per gli stati limite di esercizio reversibili (SLE) :

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{K1} + \psi_{22} * Q_{K2} + \psi_{23} * Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente impiegata per gli effetti a lungo termine (SLE) :

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{K1} + \psi_{22} * Q_{K2} + \psi_{23} * Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione Sismica impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E :

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{K1} + \psi_{22} * Q_{K2} + \psi_{23} * Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad :

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} * Q_{K1} + \psi_{22} * Q_{K2} + \psi_{23} * Q_{K3} + \dots$$

La scelta dei coefficienti da utilizzare nella verifica degli stati limite abbiamo tre casi:

- Lo stato limite di equilibrio come corpo rigido EQU
- Lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione STR
- Lo stato limite di resistenza del terreno GEO

Relazione di calcolo opera

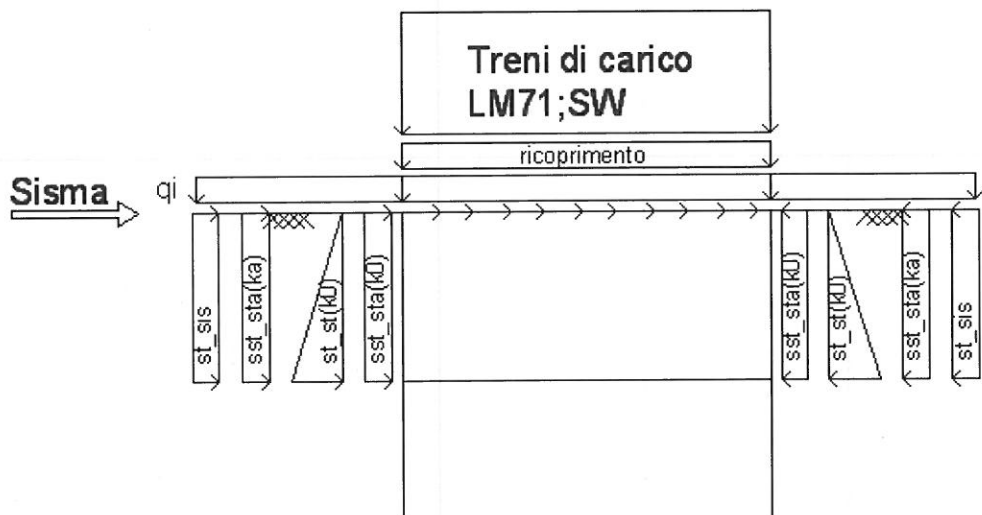
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	42 di 100

Per quanto riguarda gli stati limite STR , GEO, si possono adottare due differenti approcci, l'*Approccio1* (*Combinazione1 – Combinazione2*) e l'*Approccio2*. L'*Approccio1-Combinazione1* è più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto col terreno, l'*Approccio1-Combinazione2* è più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Le combinazioni sono distinte in funzione di differenti schemi di carico.

Per ogni schema di carico si sono analizzate differenti combinazioni di carico di seguito riportate con i relativi coefficienti moltiplicativi, provenienti dal capitolo sui ponti stradali per quanto riguarda i carichi da traffico e le spinte del terreno, mentre per quanto riguarda la variazione termica e il ritiro si sono utilizzati i classici coefficienti presenti al capitolo 2 dell'NTC'08 sulle combinazioni.

Schema - A



Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	44 di 100

Gruppo1_LM71	Gruppo1_SW2	Gruppo3_LM71	Gruppo3_SW2	Gruppo4_LM71	Gruppo4_SW2
	1.45				
	1.16				
			1.45		
			1.16		
	0.8				
			0.8		
					1.0
	1.0				
	0.8				
	0.8				
			1.0		
			0.8		
			0.8		
					1.0
					0.8
					0.8

Gli involuipi associati alle singole combinazioni di carico sono :

ENV_SLU-G1

1A-SLU-G1
2A-SLU-G1
3A-SLU-G1

ENV_SLU-G3

4A-SLU-G3
5A-SLU-G3
6A-SLU-G3



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	45 di 100

ENV_SLE_F-G1

7A-SLE_F-G1
8A-SLE_F-G1
9A-SLE-F_G1

ENV_SLE_F-G3

10A-SLE_F-G3
11A-SLE_F-G3
12A-SLE-F_G3

ENV_SLE_F-G4

13A-SLE_F-G4
14A-SLE_F-G4
15A-SLE-F_G4

ENV_SLE_QP-G1

16A-SLE_QP-G1

ENV_SLE_R-G1


17A-SLE_R-G1
18A-SLE_R-G1
19A-SLE-R_G1

ENV_SLE_R-G3

20A-SLE_R-G3
21A-SLE_R-G3
22A-SLE-R_G3

ENV_SLE_R-G4

23A-SLE_R-G4
24A-SLE_R-G4
25A-SLE-R_G4

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	46 di 100

11 RISULTATI STRUTTURALI

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni dovute agli involucri di progetto.

Il valore di verifica delle travi in mezzera è stato preso considerando la situazione nella Fase1, cioè nel momento della posa in opera delle travi, prima della presa del getto della soletta di completamento. In questo caso il modello di calcolo è quello di trave appoggiata, soggetta al peso proprio della trave e al peso del getto della soletta.

Dati :

$$A = 0.456 \text{ mq (Area sez. trave)}$$

$$B = 1.0 \text{ m (larghezza trave)}$$

$$L = 21.0 \text{ m (luce trave)}$$

$$s = 0.28 \text{ m (spessore soletta)}$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/mc}$$

$$\gamma_{G1} = 1.35 \text{ (coeff. Parziali azioni)}$$

Azioni :

$$P = (A \times \gamma) + (s \times \gamma \times B) = (0.456 \times 25) + (0.28 \times 25 \times 1.0) = 18.4 \text{ kN/m}$$

Sollecitazioni :

$$M = (\gamma_{G1} \times P) \times L^2 / 8 = (1.35 \times 18.4) \times 21^2 / 8 = 1369 \text{ kNm}$$

11.1 Involuppo – SLU-G1

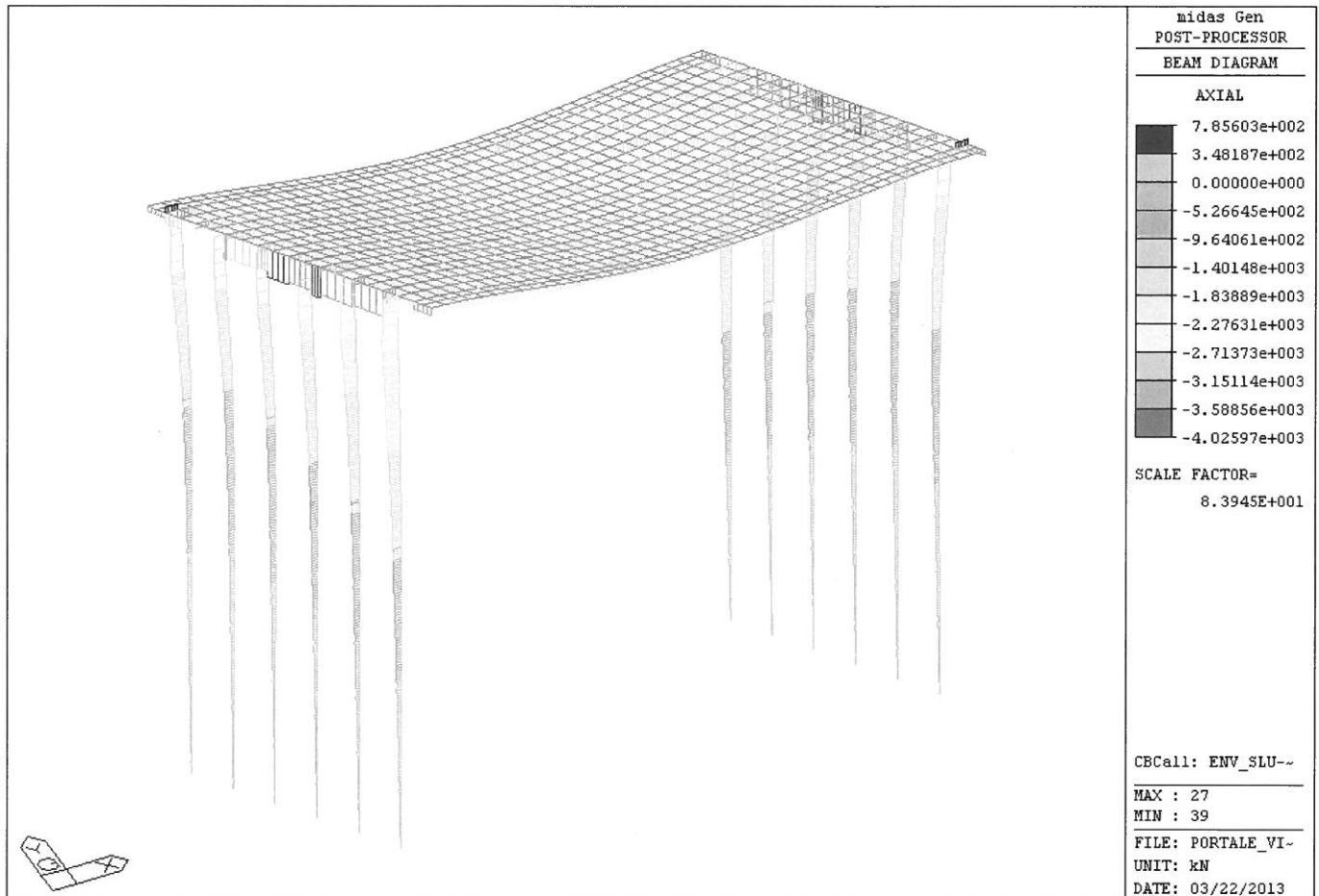


Figura 14: Sforzo Normale N.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	48 di 100

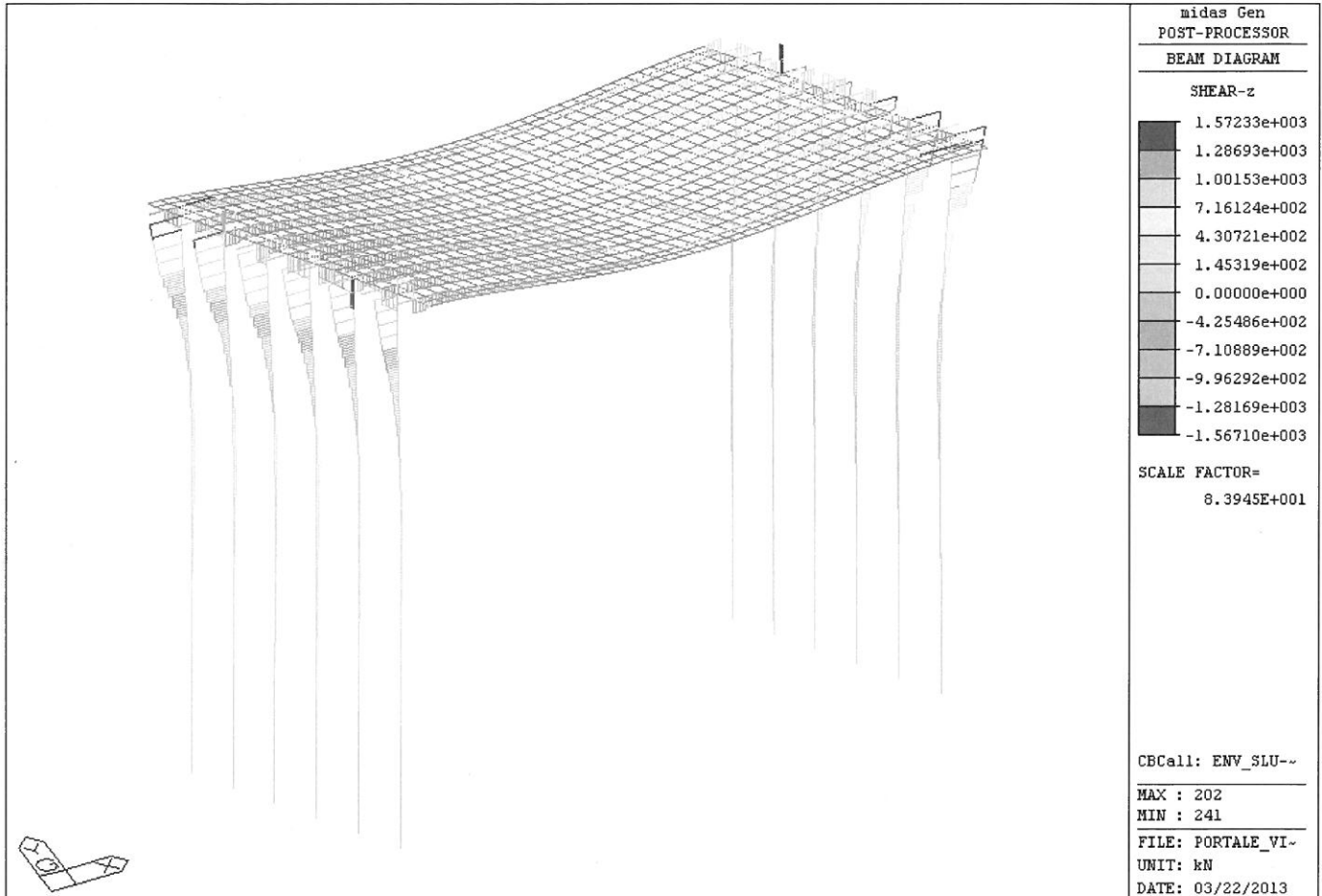


Figura 15: Sforzo di Taglio Fz.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	49 di 100

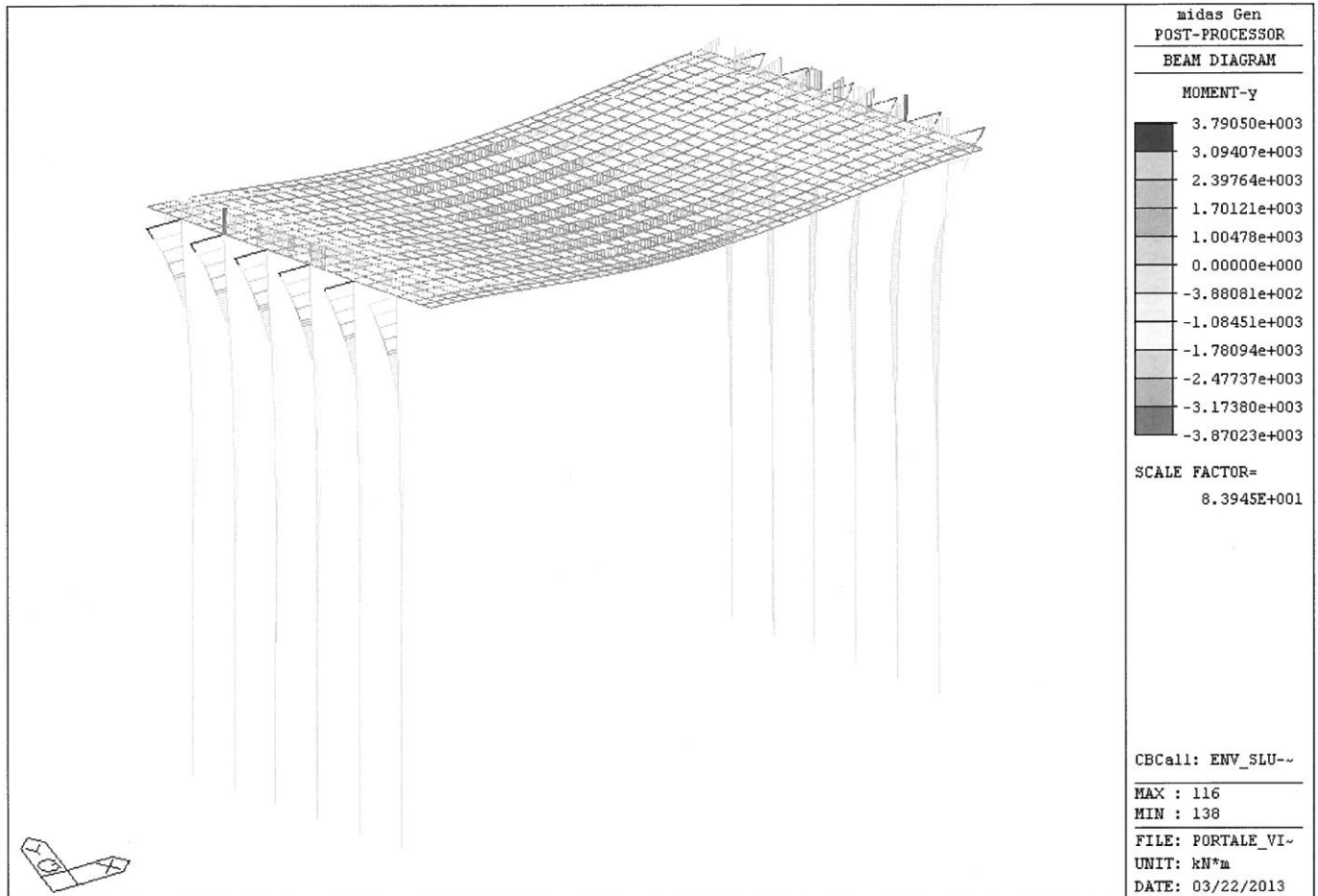


Figura 16: Momento Flettente My.

11.2 Involuppo – SLU-G3

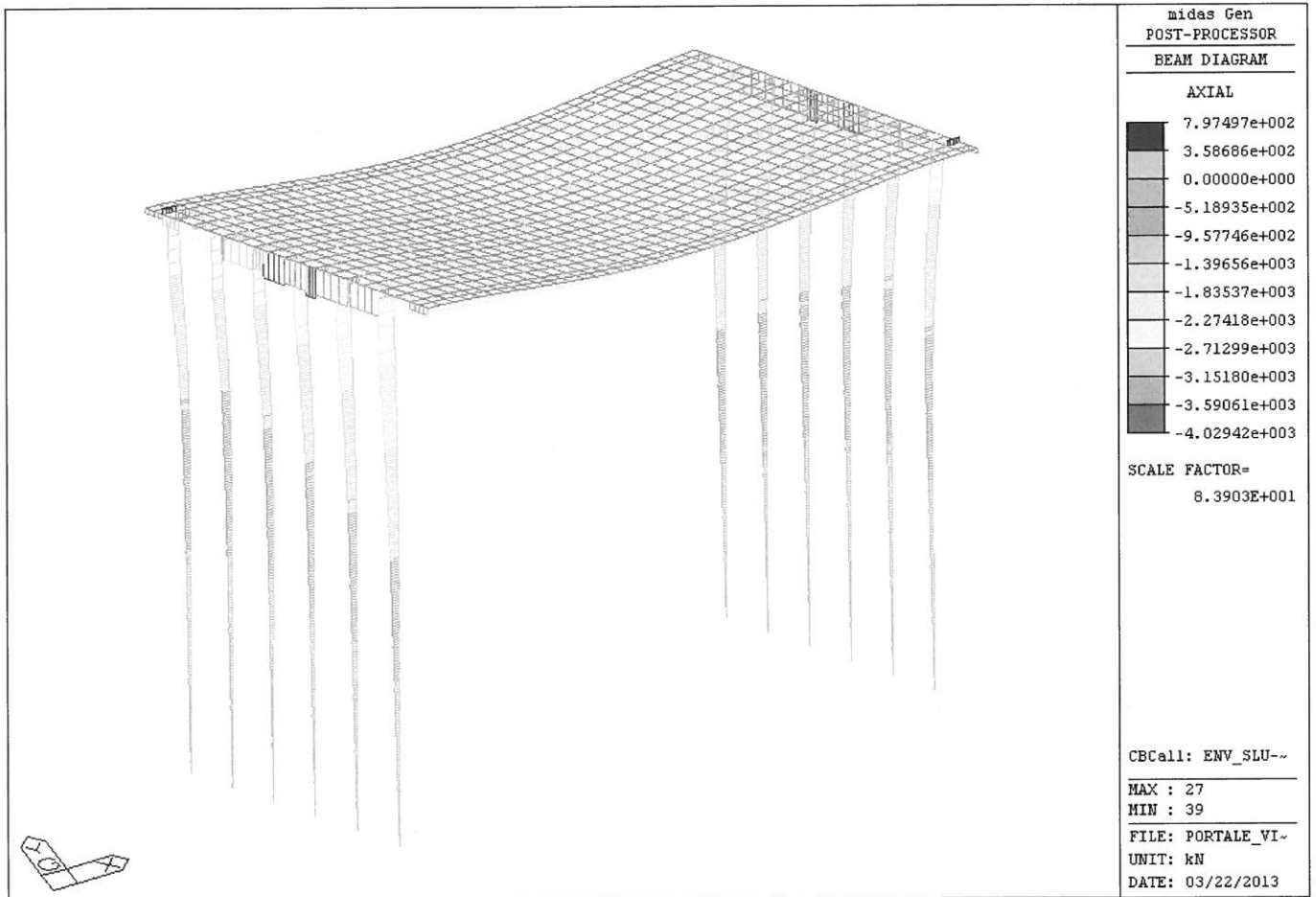


Figura 17: Sforzo Normale N.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	51 di 100

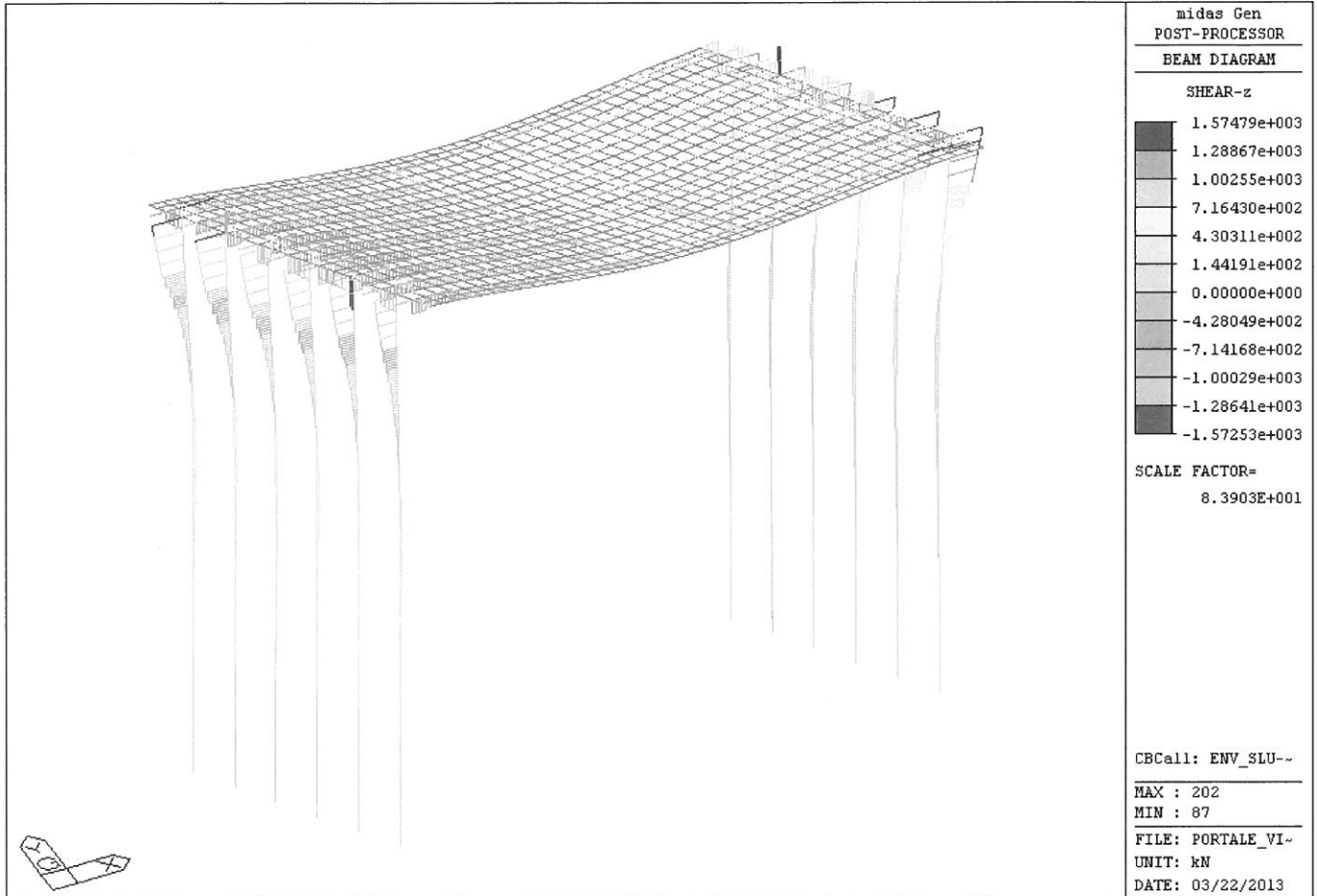


Figura 18: Sforzo di Taglio Fz.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	52 di 100

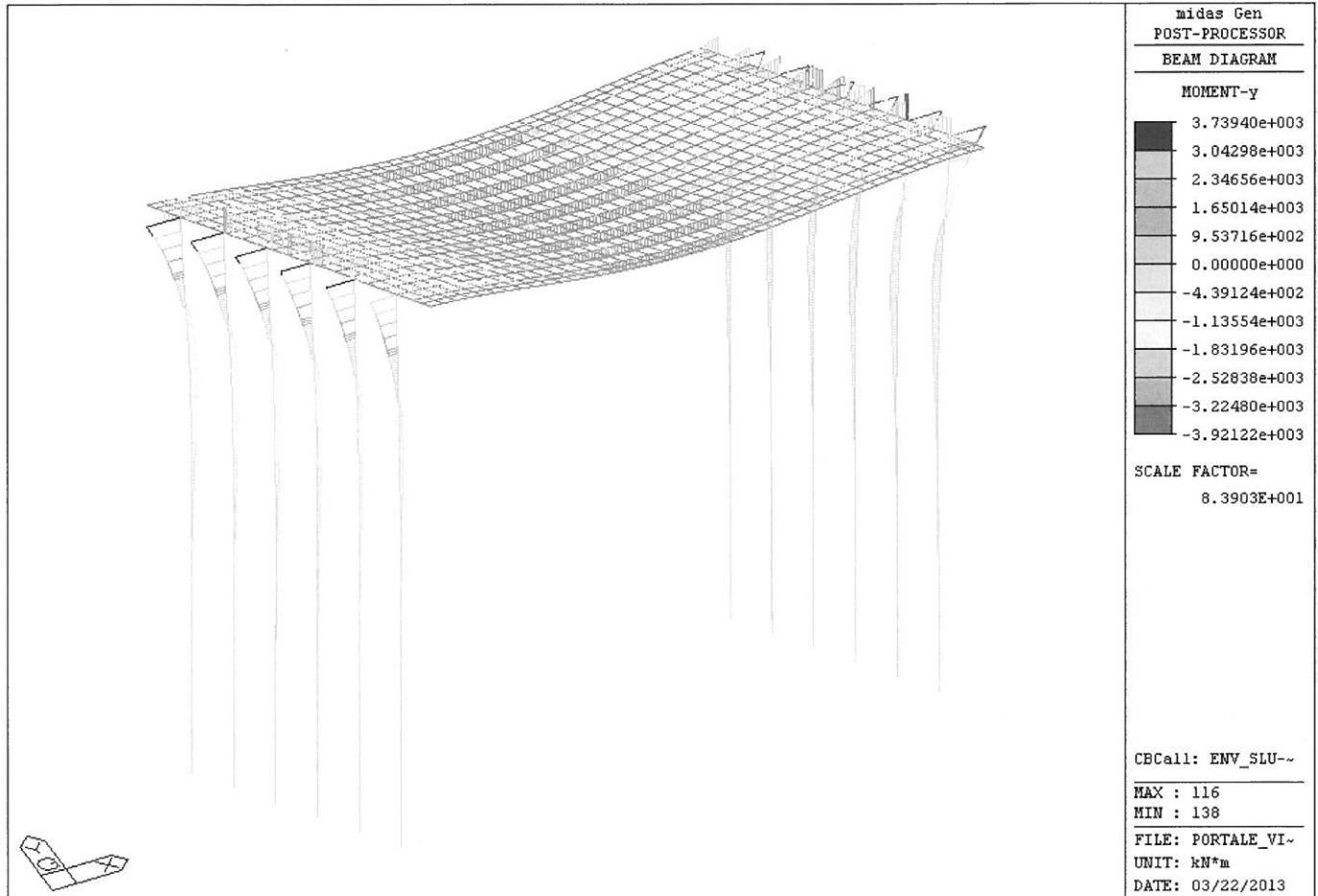


Figura 19: Momento Flettente My.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO</p>					
	<p>Relazione di calcolo opera</p>	<p>COMMESSA MDL1</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI0400001</p>	<p>REV. A</p>

11.3 Inviluppo – SLE_Frequente – G4

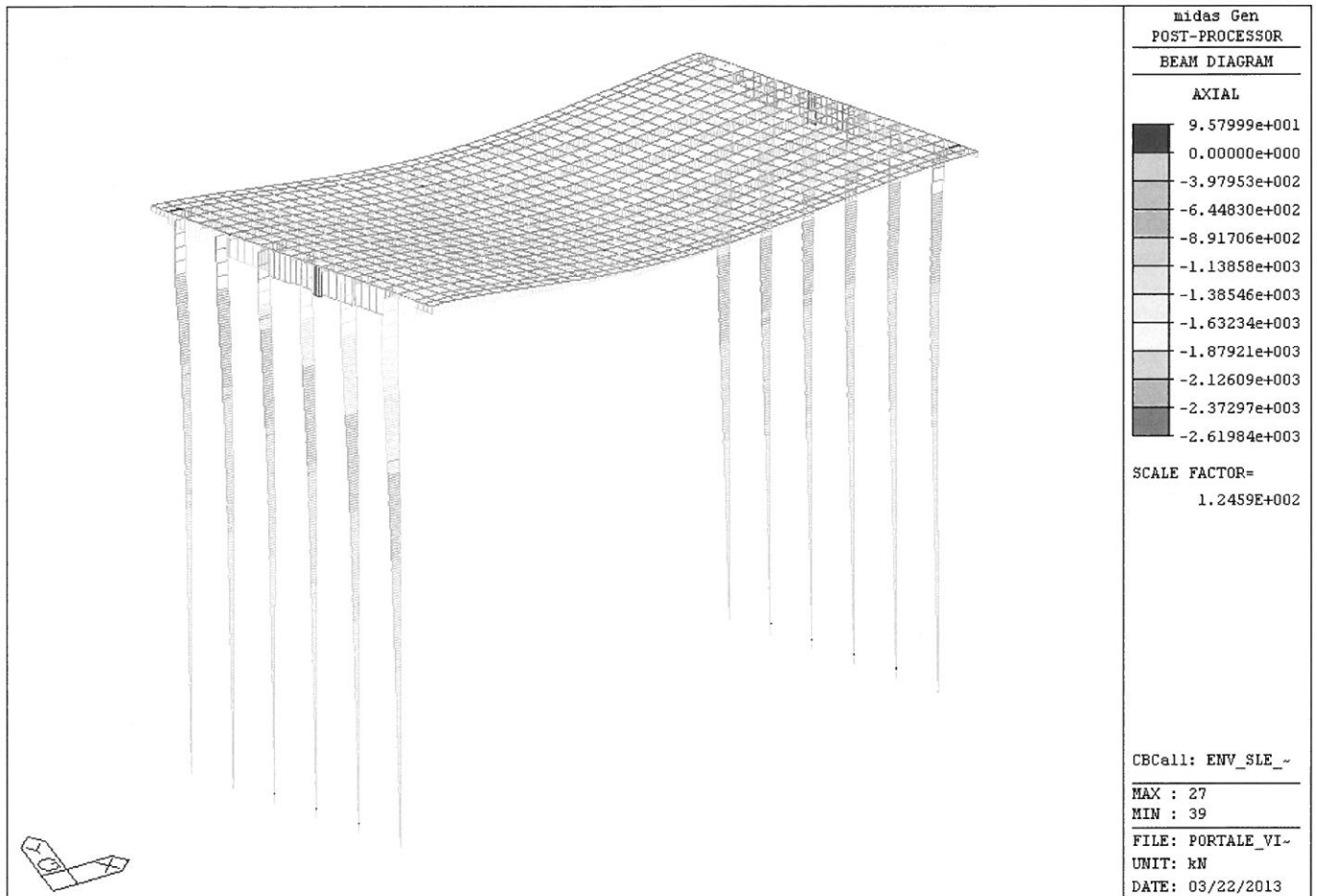


Figura 20: Sforzo Normale N.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	54 di 100

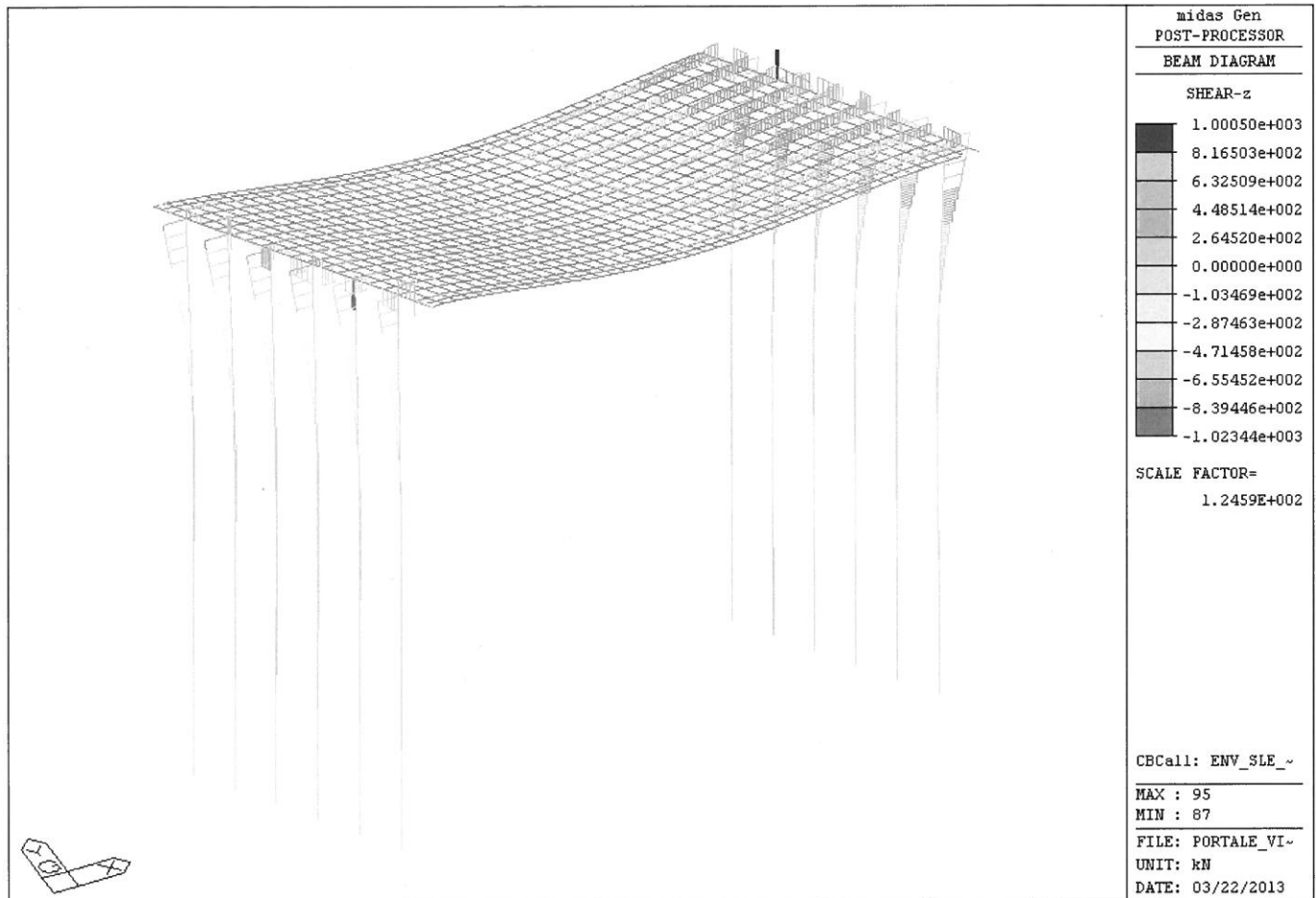


Figura 21: Sforzo di Taglio Fz.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	55 di 100

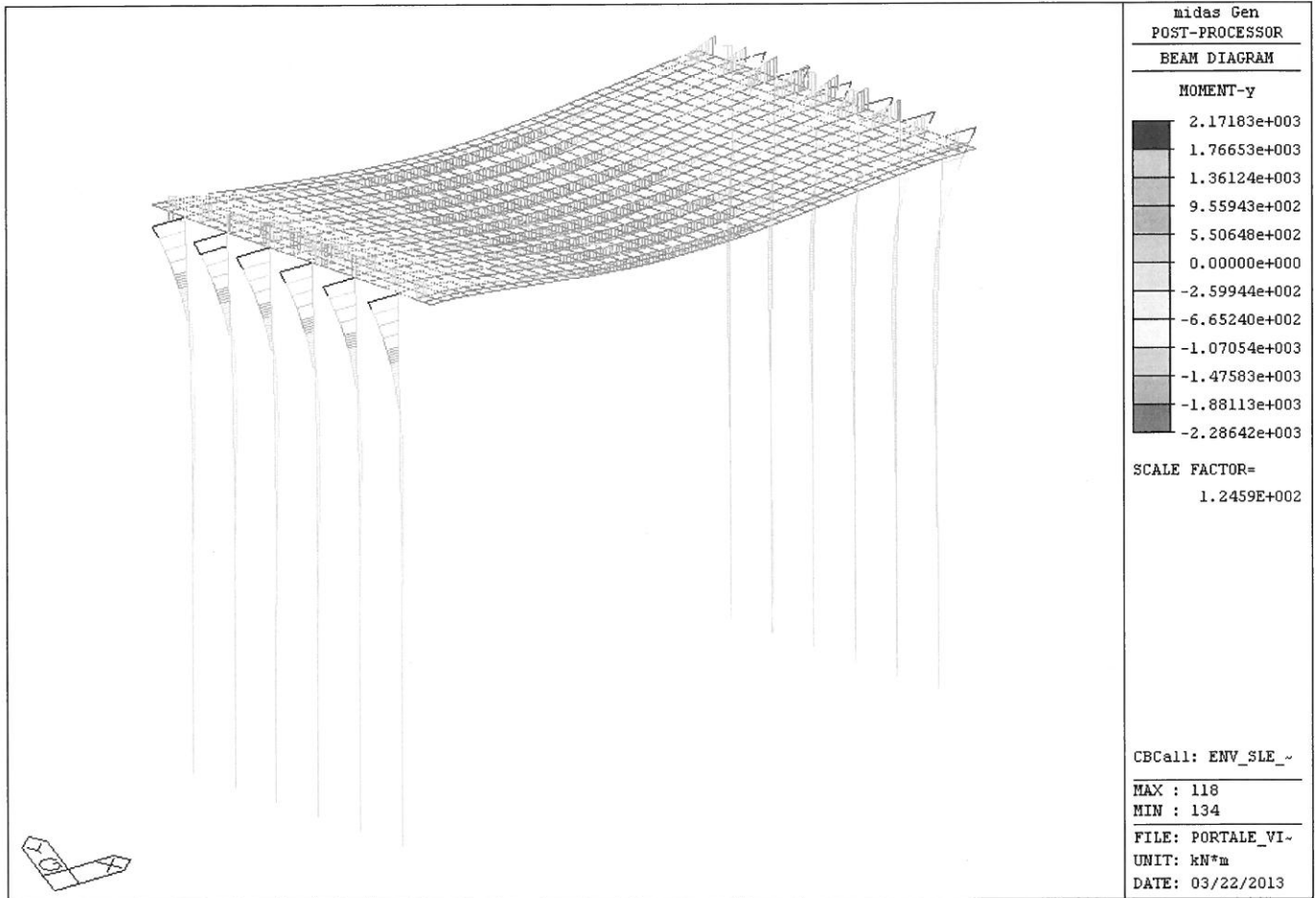


Figura 22: Momento Flettente My.

11.4 Involuppo – SLE_QuasiPermanente

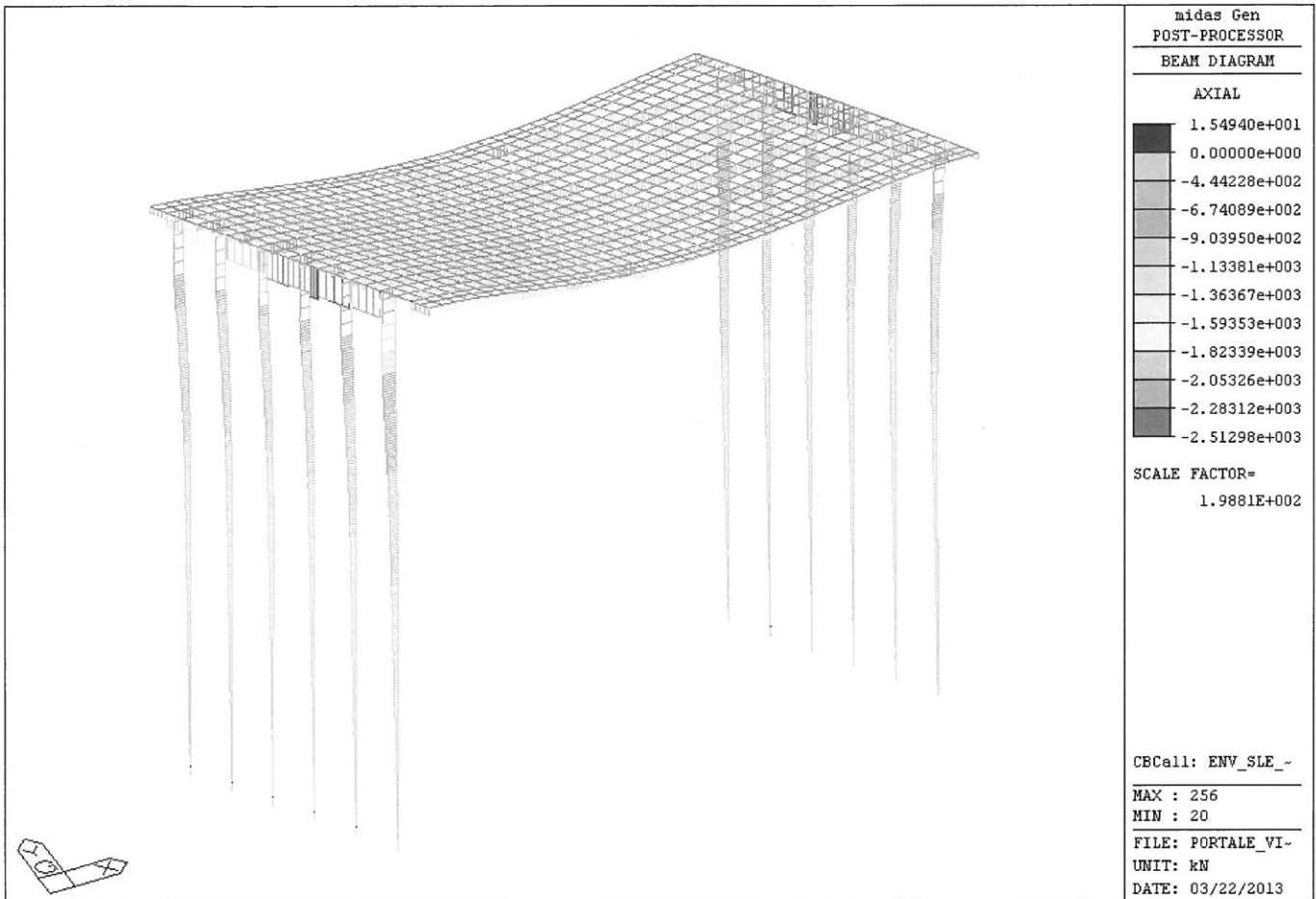


Figura 23: Sforzo Normale N.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	57 di 100

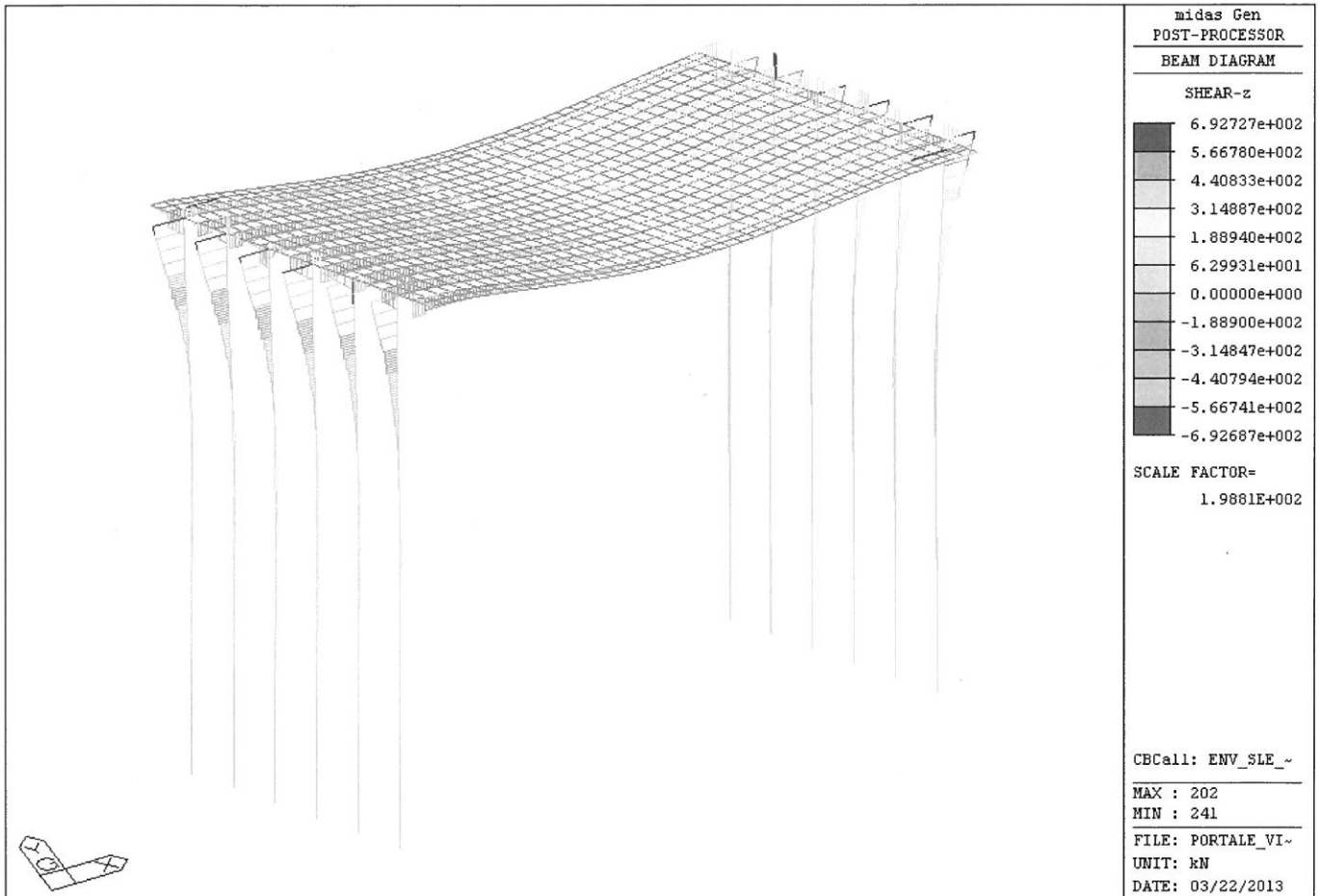


Figura 24: Sforzo di Taglio Fz.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	58 di 100

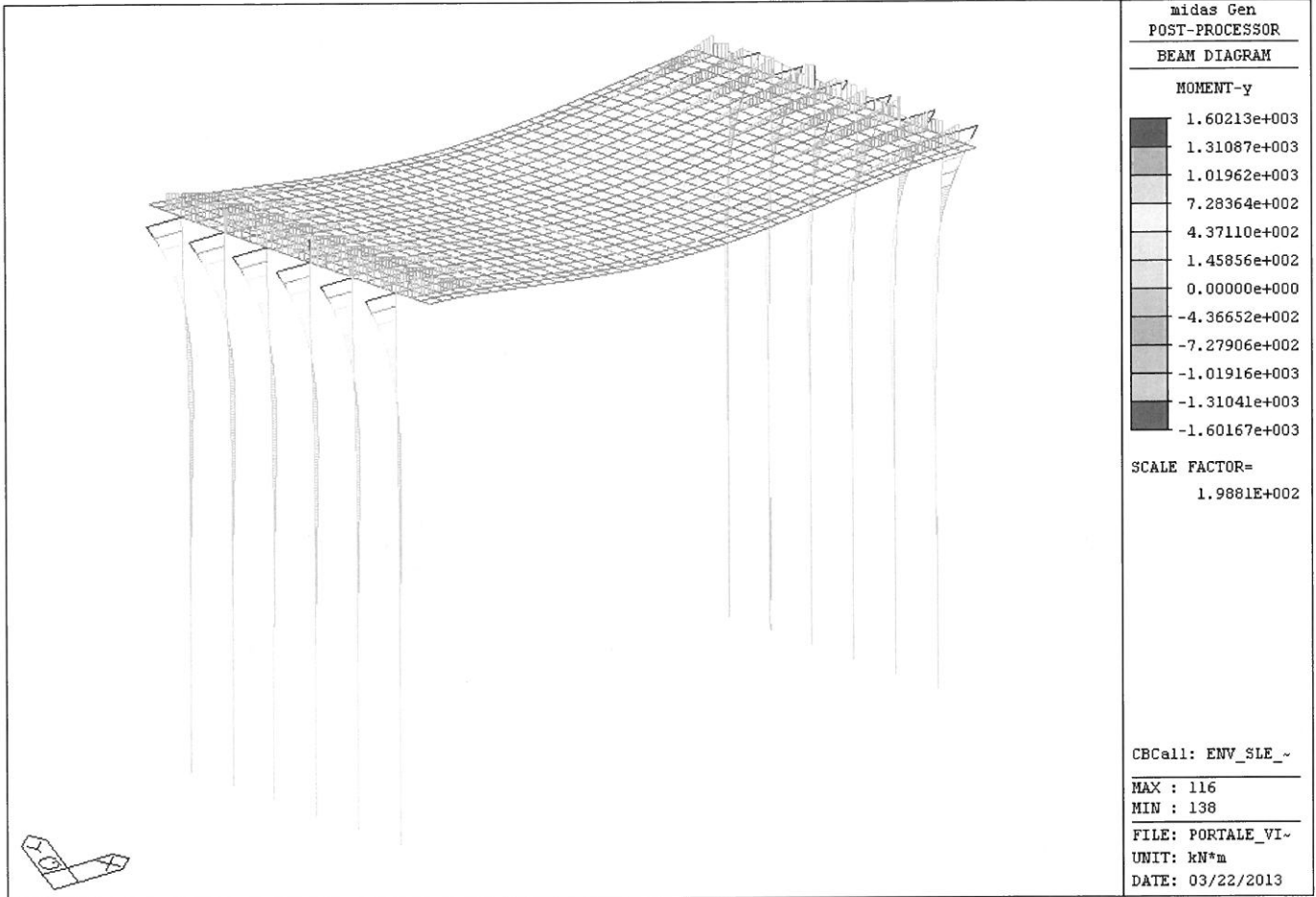


Figura 25: Momento Flettente My.

11.5 Inviluppo – SLE_Rara – G1

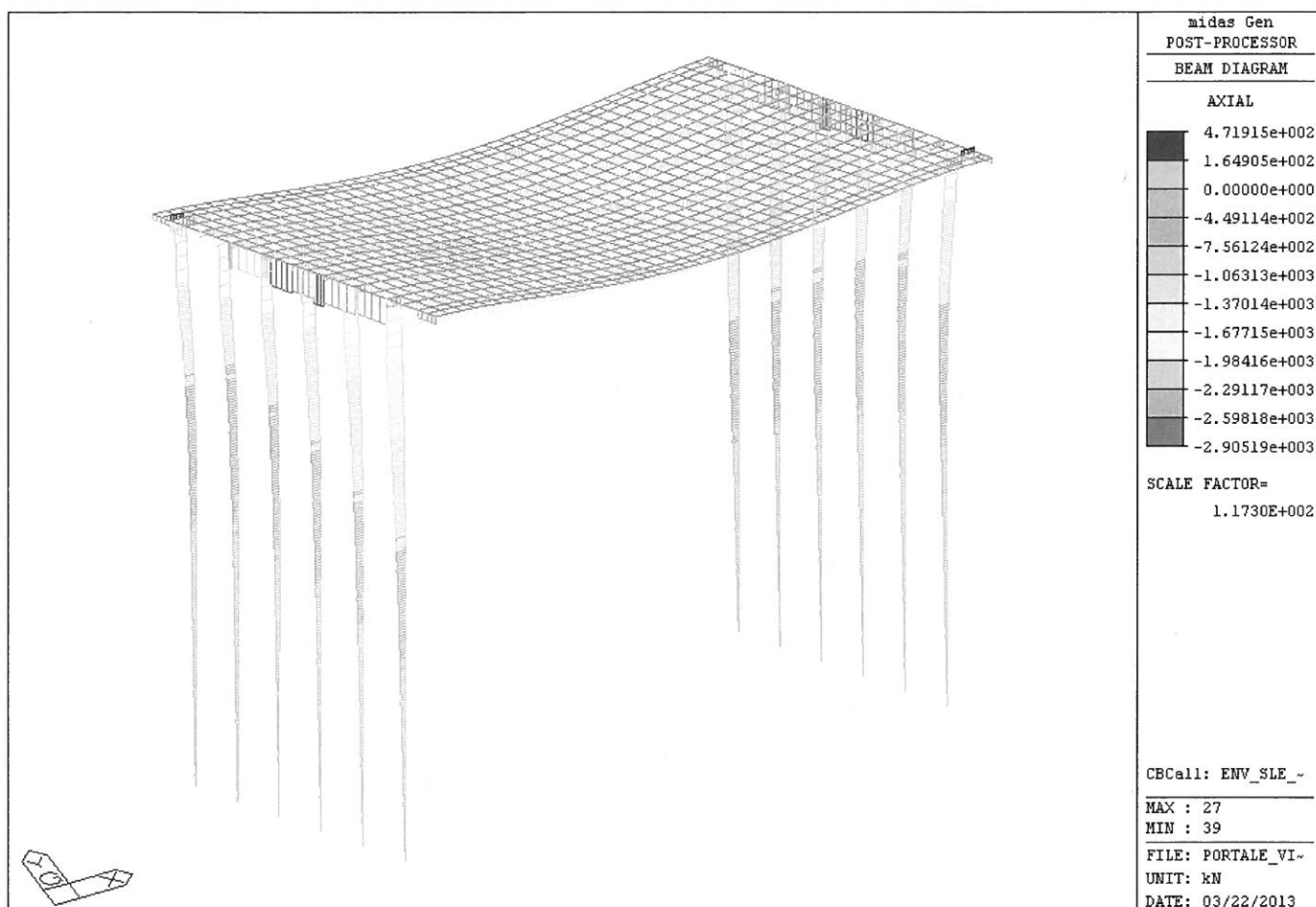


Figura 26: Sforzo Normale N.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	60 di 100

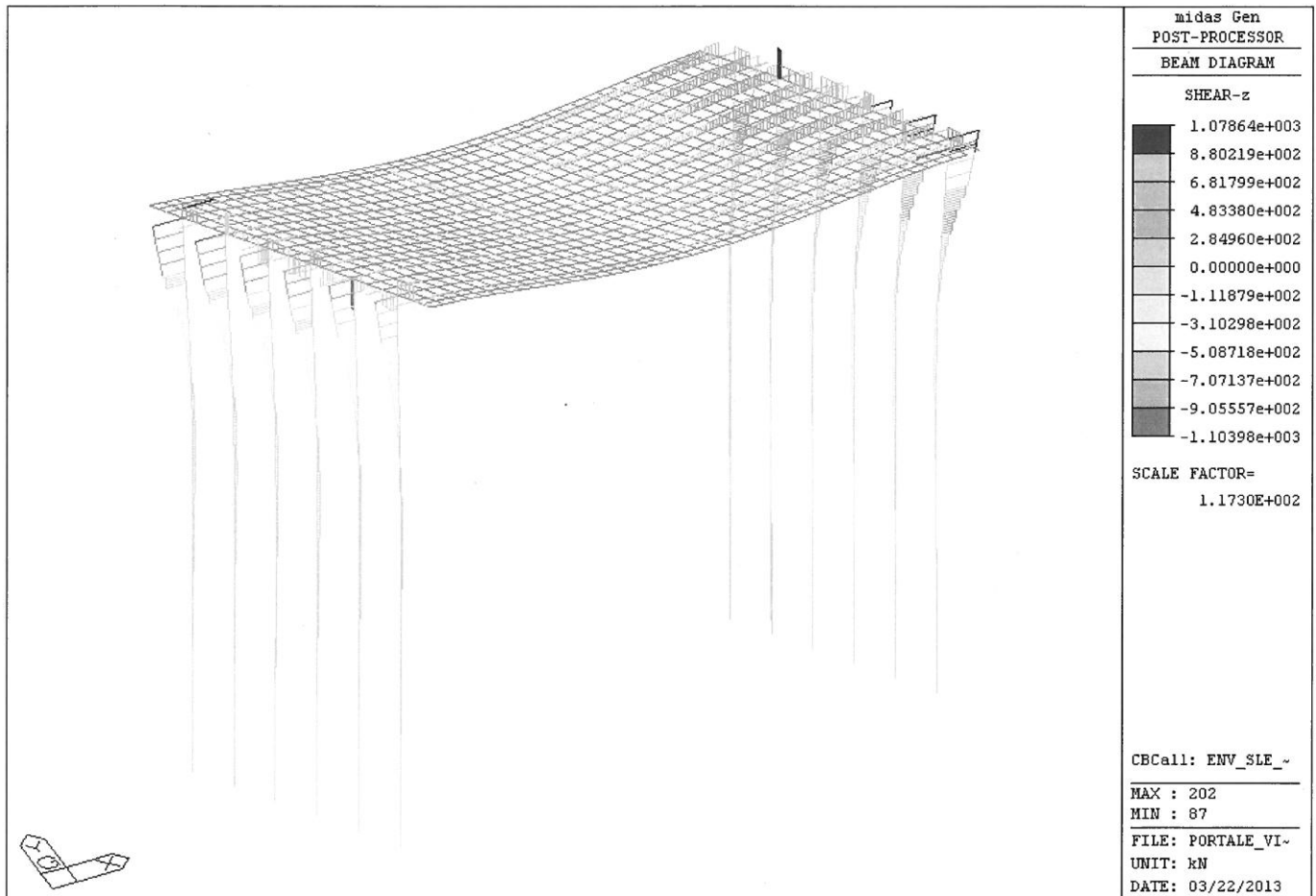


Figura 27: Sforzo di Taglio Fz.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	61 di 100

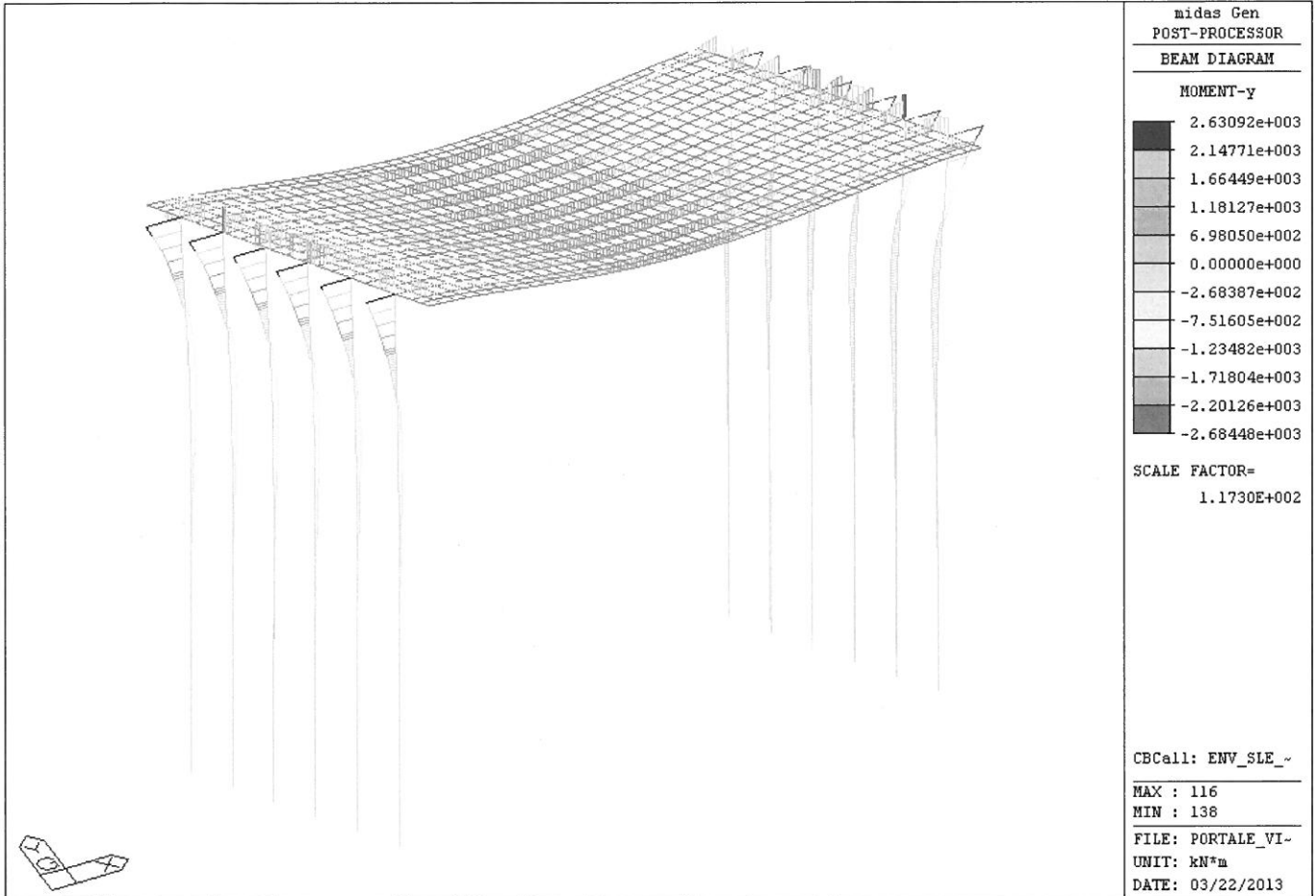


Figura 28: Momento Flettente My.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	62 di 100

11.6 Involuppo – SLE_Rara – G3

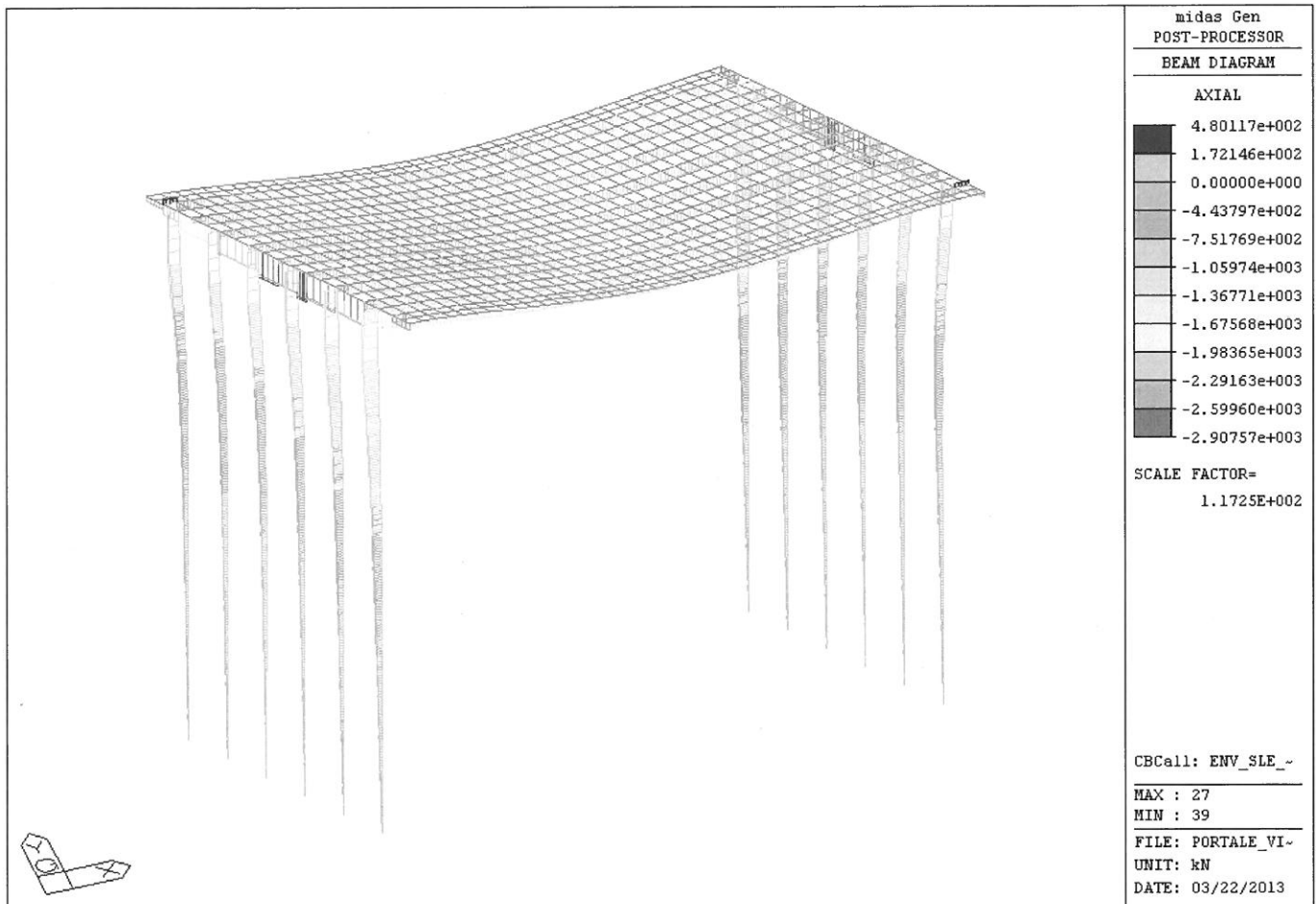


Figura 29: Sforzo Normale N.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	63 di 100

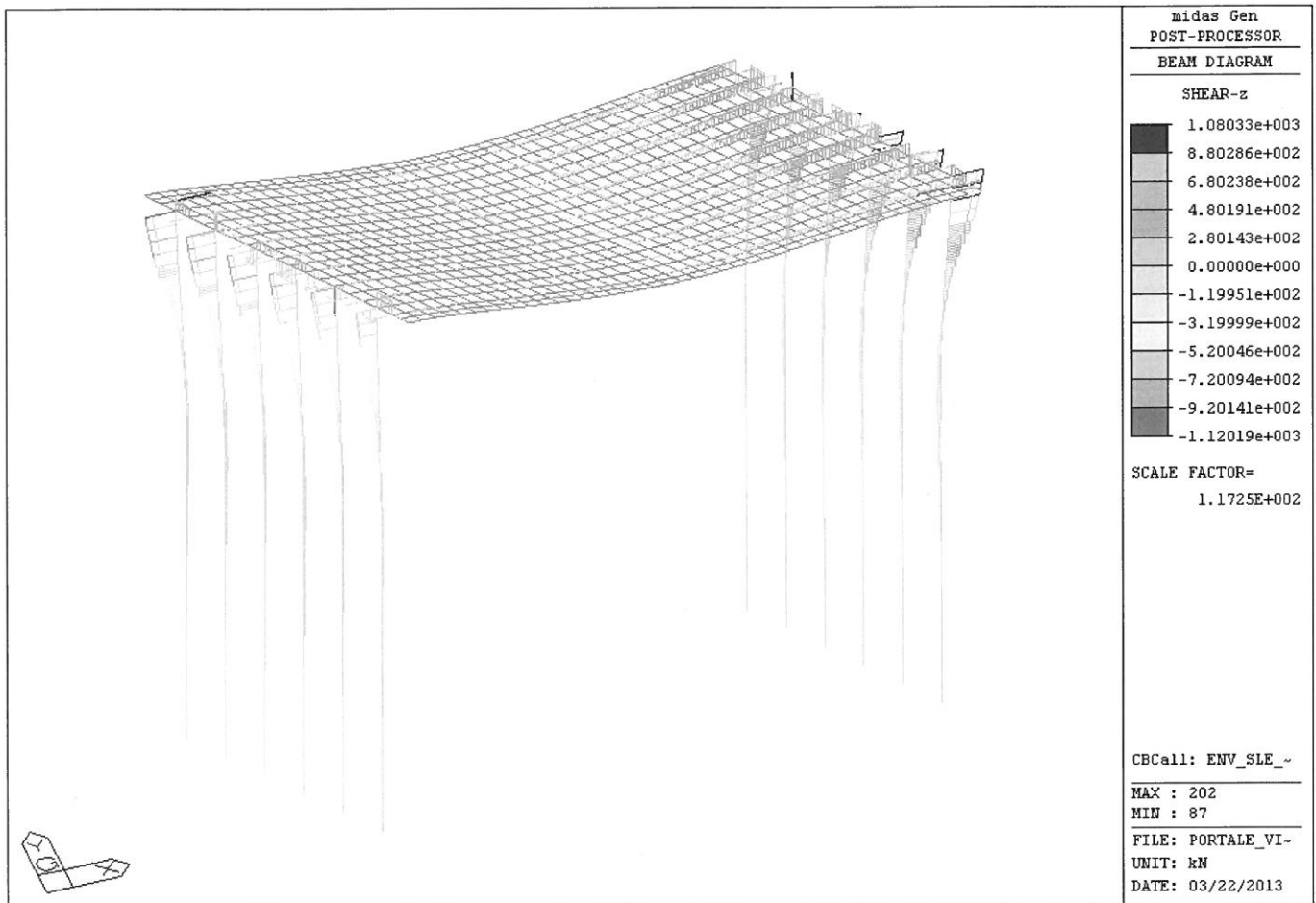


Figura 30: Sforzo di Taglio Fz.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	64 di 100

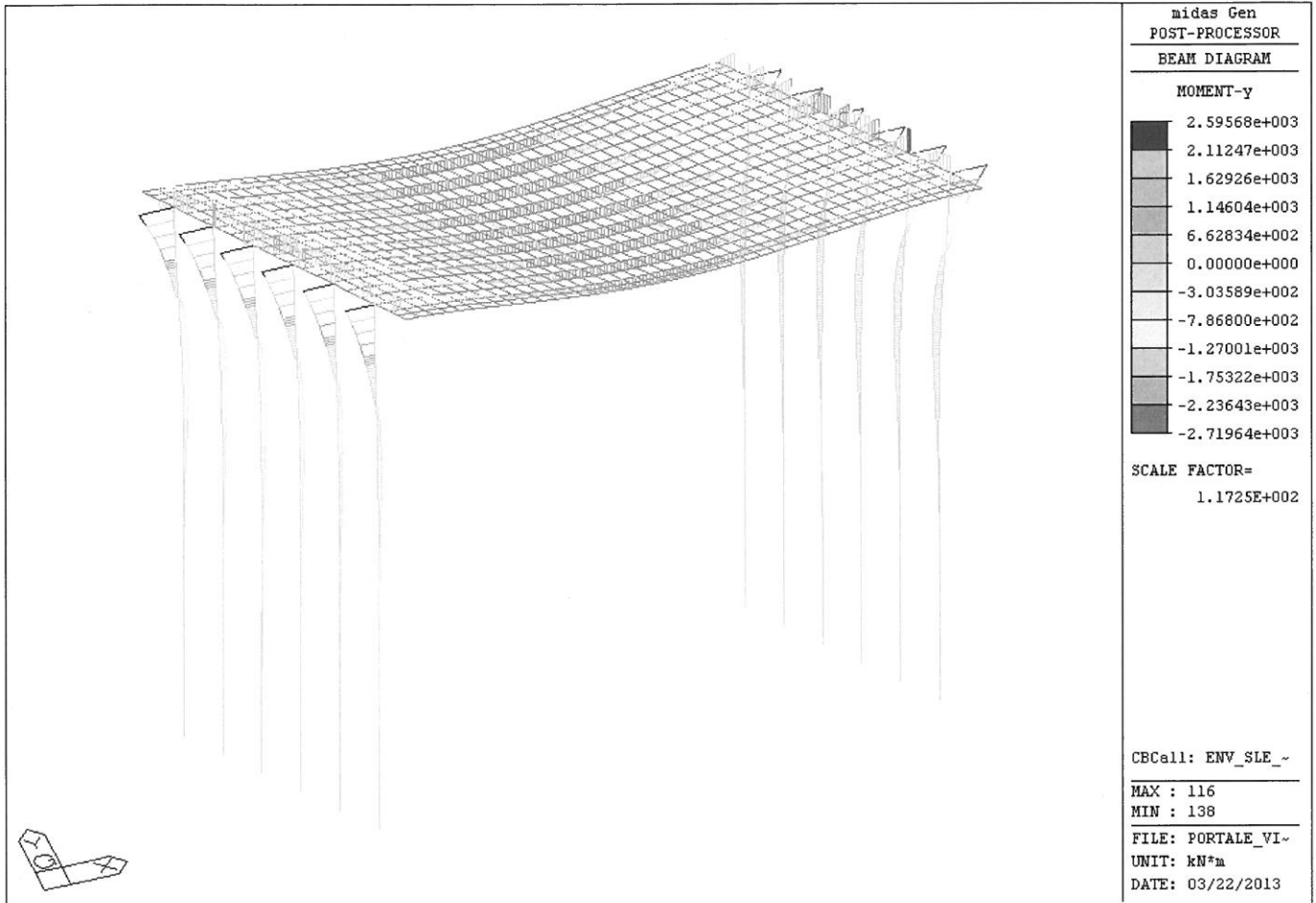


Figura 31: Momento Flettente My.

11.7 Involuppo – SLV

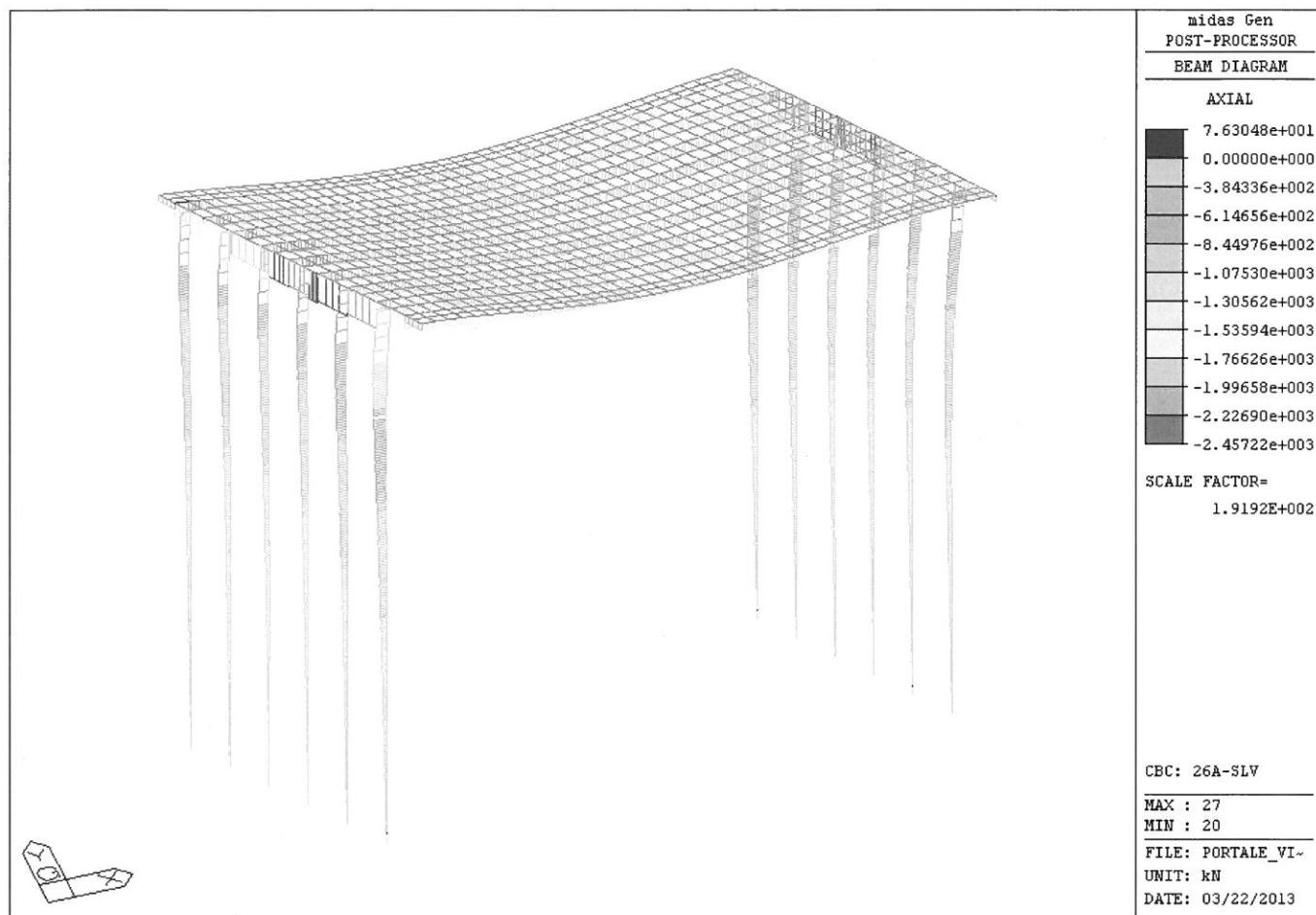


Figura 32: Sforzo Normale N.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	66 di 100

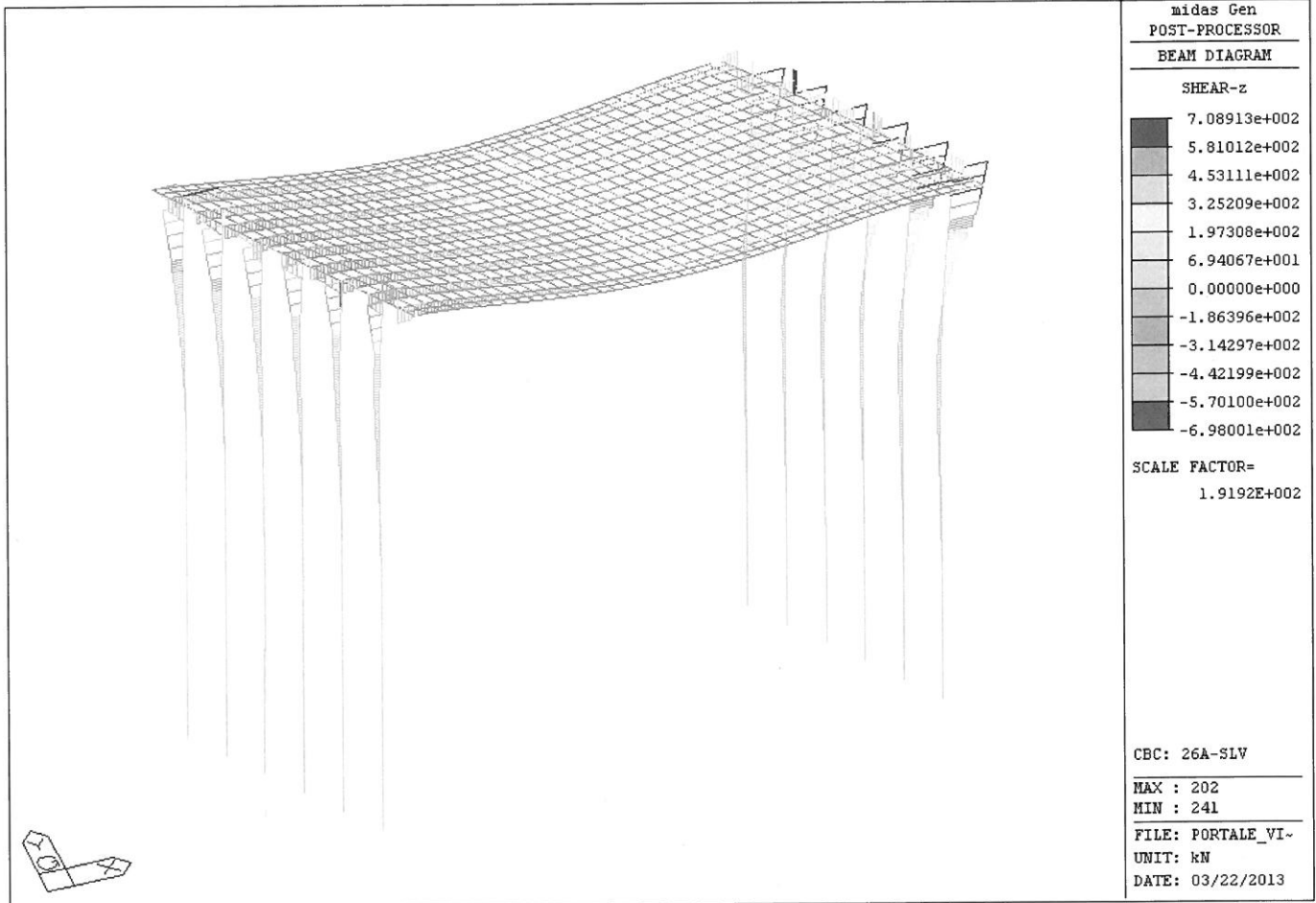


Figura 33: Sforzo di Taglio Fz.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	67 di 100

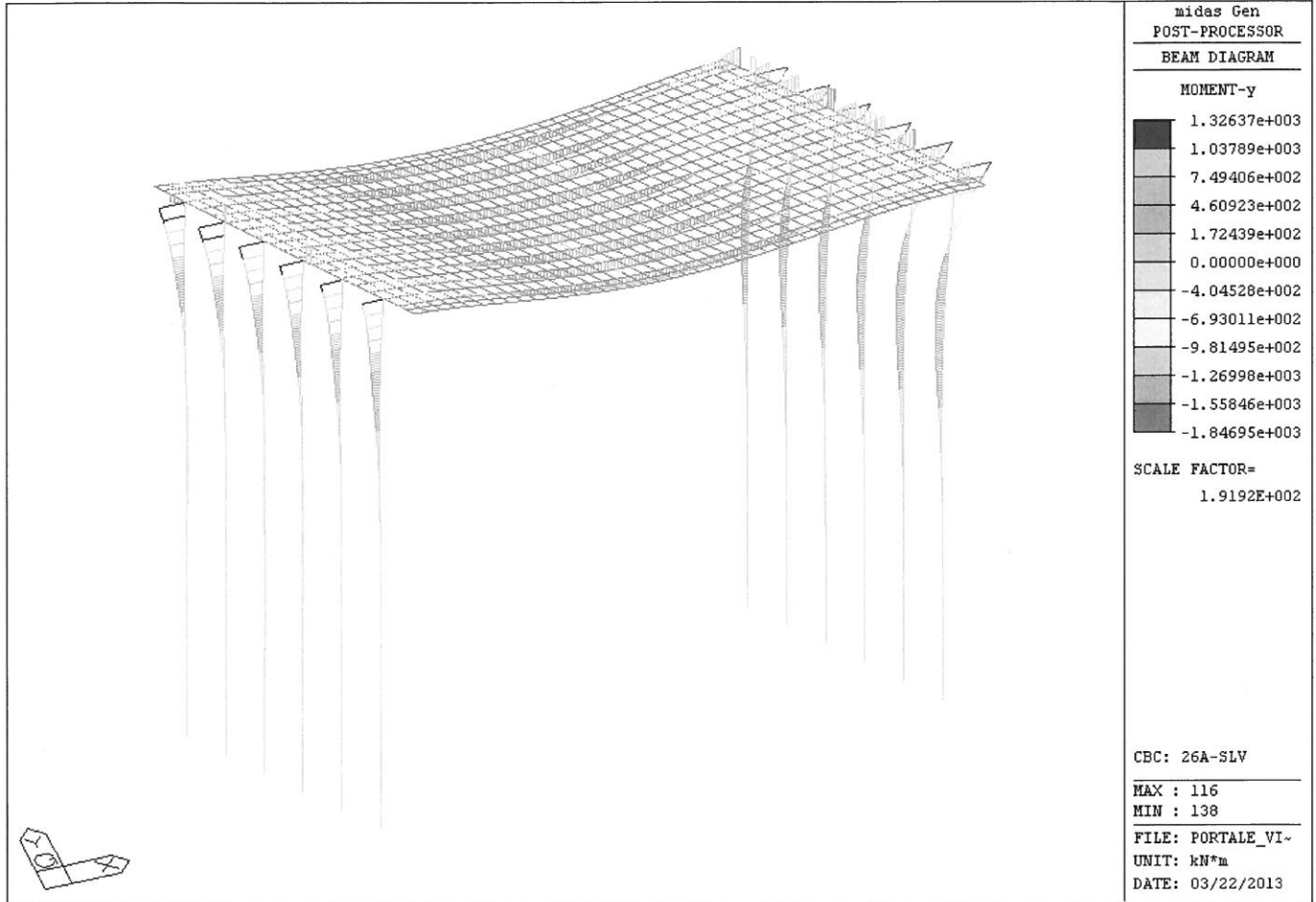


Figura 34: Momento Flettente My.

11.8 Involuppo – SLD

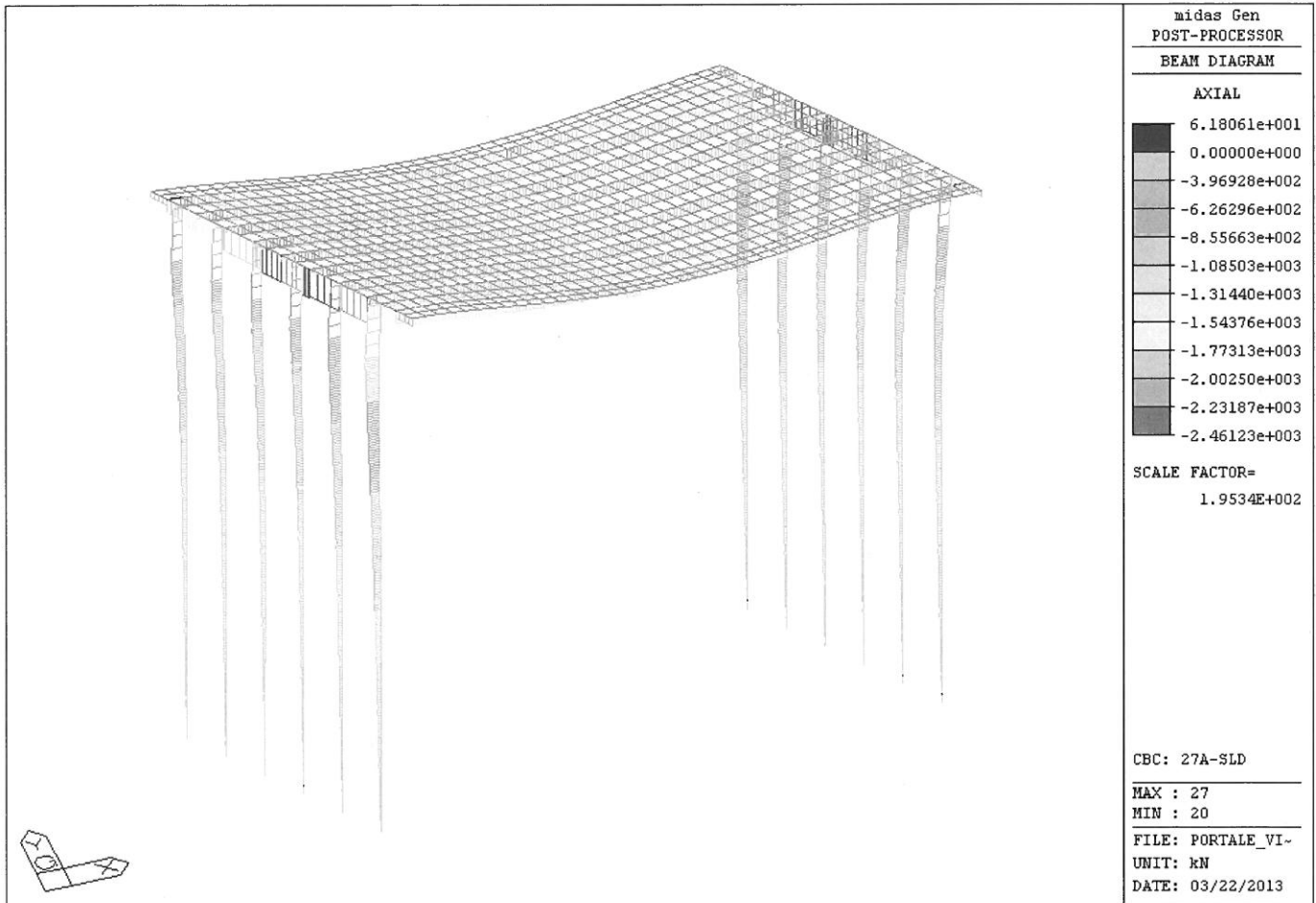


Figura 35: Sforzo Normale N.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	69 di 100

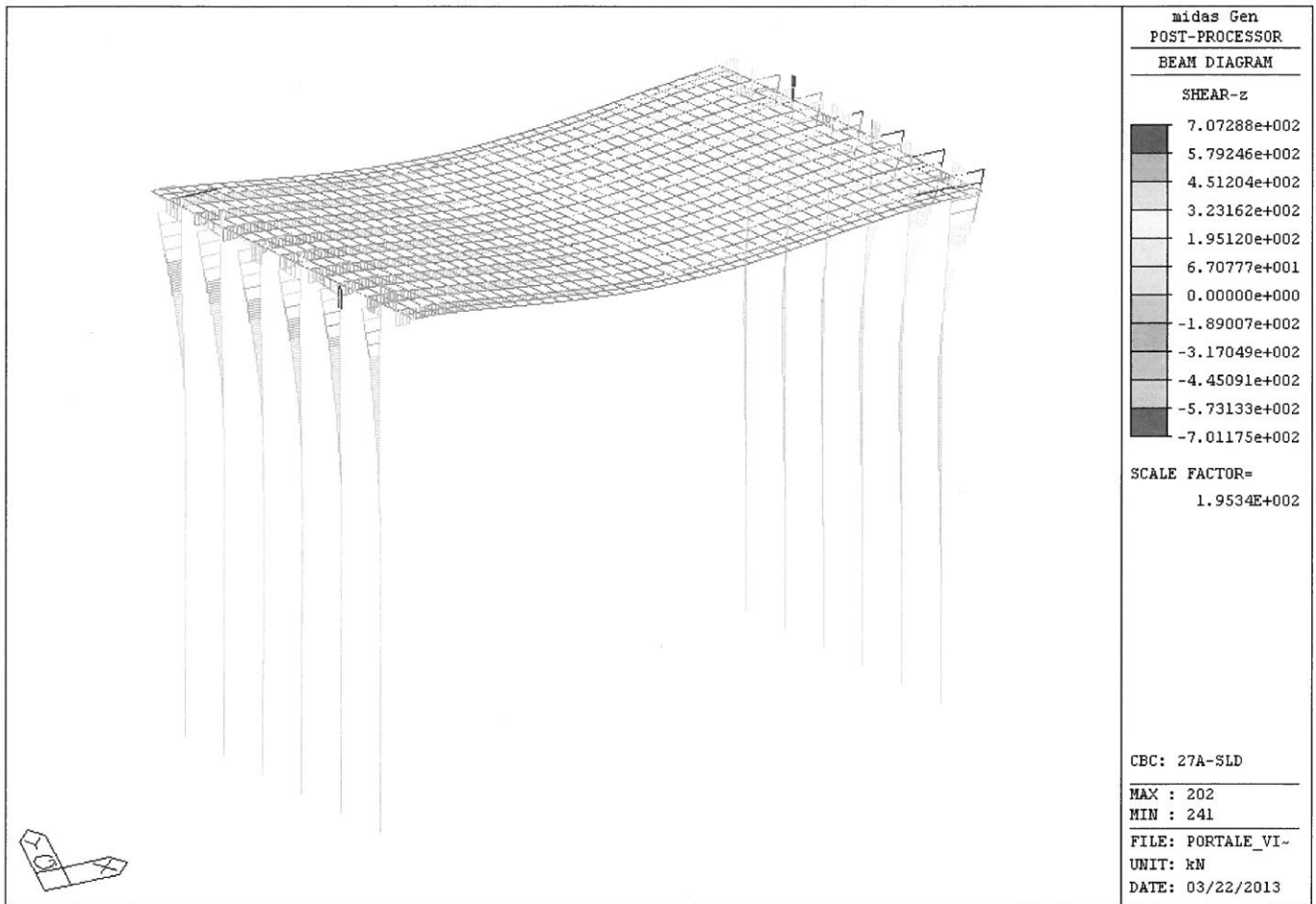


Figura 36: Sforzo di Taglio Fz.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	70 di 100

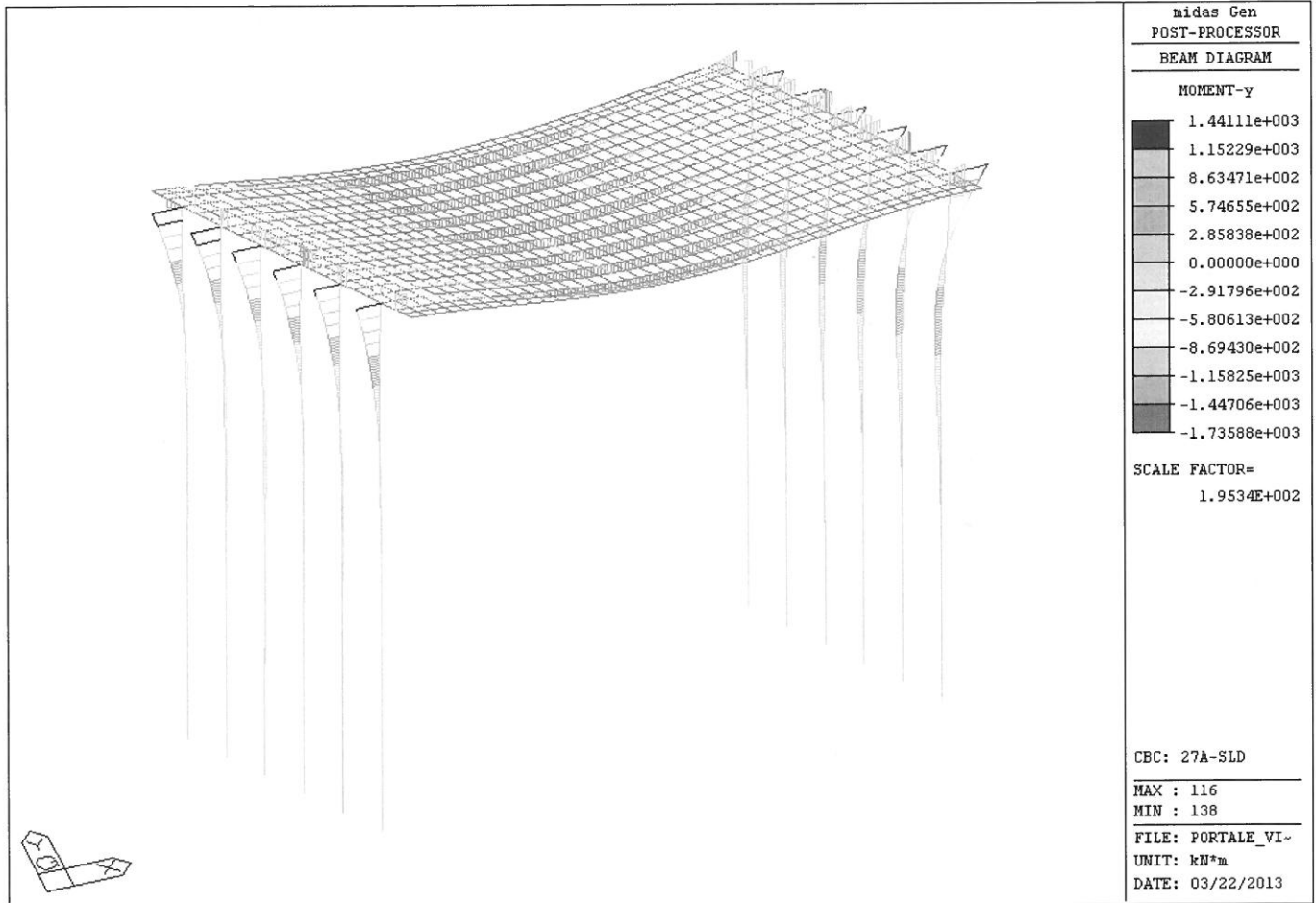


Figura 37: Momento Flettente My.

12 VERIFICHE

Di seguito si evidenziano le verifiche strutturali e geotecniche.

Le verifiche sono state condotte nei punti notevoli del portale, prendendo le sollecitazioni agenti massime, che provengono dall'analisi sismica, per quanto riguarda le verifiche a rottura. I punti notevoli di maggiore interesse sono rappresentati da :

- Cordolo Pali
- Palo :
 - o Sezione Testa Palo
 - o Verifiche Geotecniche
- Trave :
 - o Testata
 - o Mezzeria

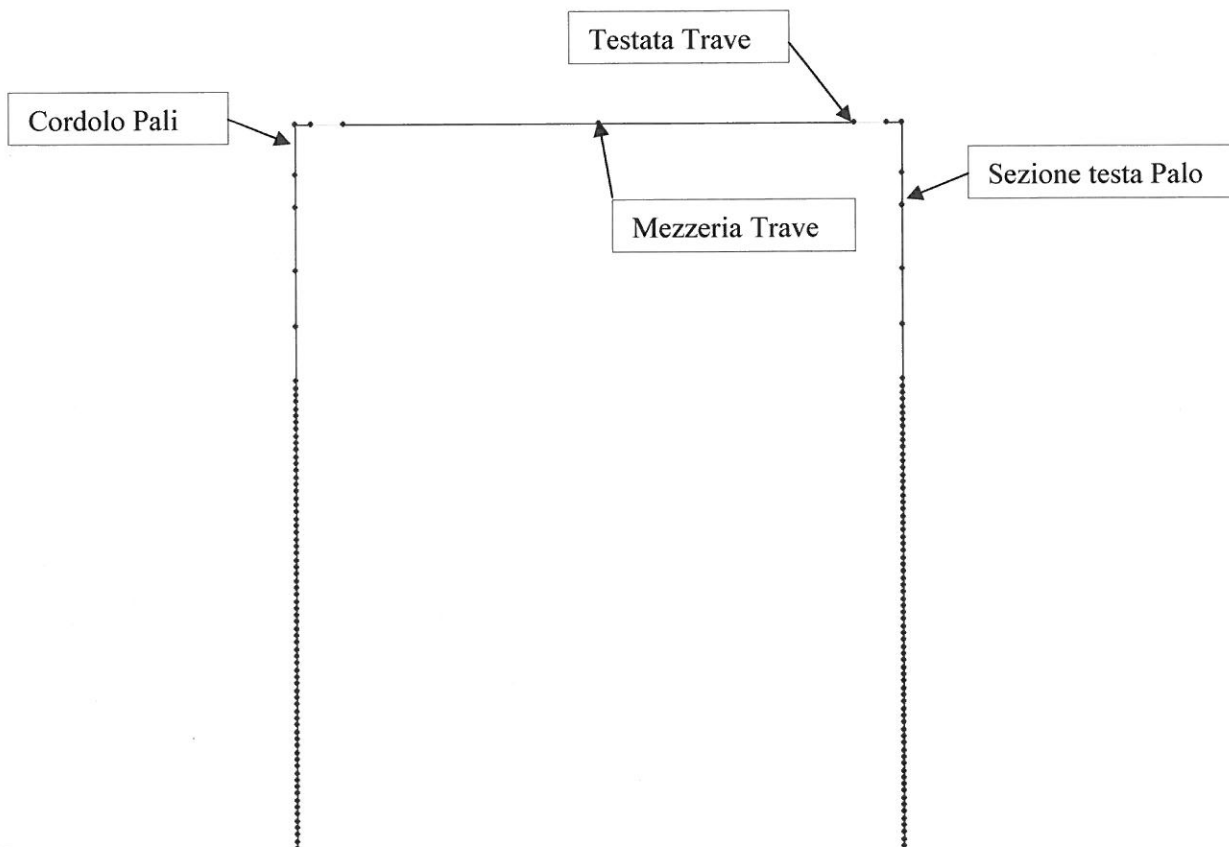


Figura 38: Sezioni di verifica.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	72 di 100

Cordolo

<< **Cordolo** >>

Nc.	N [kN]	My [kNm]	Mx [kNm]	Ty [kN]	Tx [kN]	Mt [kNm]	Myt [kNm]	Mxt [kNm]	V.D.	V.T.
▶ 1	3317.0000	-3428.6000	0.0000	1166.0000	0.0000	0.0000	-3428.6000	0.0000	SI	NO
2	2841.0000	-606.7000	0.0000	1572.5000	0.0000	0.0000	-606.7000	0.0000	SI	NO
3	2082.0000	-1578.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1578.0000	0.0000	NO	SLEF
4	2517.0000	-1311.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1311.0000	0.0000	NO	SLEQP
5	2378.0000	-2332.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-2332.0000	0.0000	NO	SLER

Palo

<< **Testa_Palo** >>

Nc.	N [kN]	My [kNm]	Mx [kNm]	Ty [kN]	Tx [kN]	Mt [kNm]	Myt [kNm]	Mxt [kNm]	V.D.	V.T.
▶ 1	1309.0000	-3921.0000	0.0000	1449.0000	0.0000	0.0000	-3921.0000	0.0000	SI	NO
2	914.0000	-2282.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-2282.0000	0.0000	NO	SLEF
3	635.0000	-1602.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1602.0000	0.0000	NO	SLEQP
4	918.5000	-2719.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-2719.0000	0.0000	NO	SLER

Trave

<< **Trave_Appoggio** >>

Nc.	N [kN]	My [kNm]	Mx [kNm]	Ty [kN]	Tx [kN]	Mt [kNm]	Myt [kNm]	Mxt [kNm]	V.D.	V.T.
▶ 1	1273.7000	-2323.0000	0.0000	736.0000	0.0000	0.0000	-2323.0000	0.0000	SI	NO
2	916.0000	-1468.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1468.0000	0.0000	NO	SLEF
3	1522.0000	-897.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-897.0000	0.0000	NO	SLEQP
4	804.0000	-853.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-853.0000	0.0000	NO	SLEQP
5	935.0000	-1629.9000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1629.9000	0.0000	NO	SLER

Trave_Mezzeria

Nc.	N [kN]	My[kNm]	Mx[kNm]	Ty[kN]	Tx[kN]	Mt[kNm]	Myt[kNm]	Mxt[kNm]	V.D.	V.T.
1	0.0	1369	0.00	0.00	0.00	0.00	1369	0.00	SI	NO

N.B.

V.D. = Verifiche Stato Limite Ultimo, costruzione Dominio Resistente

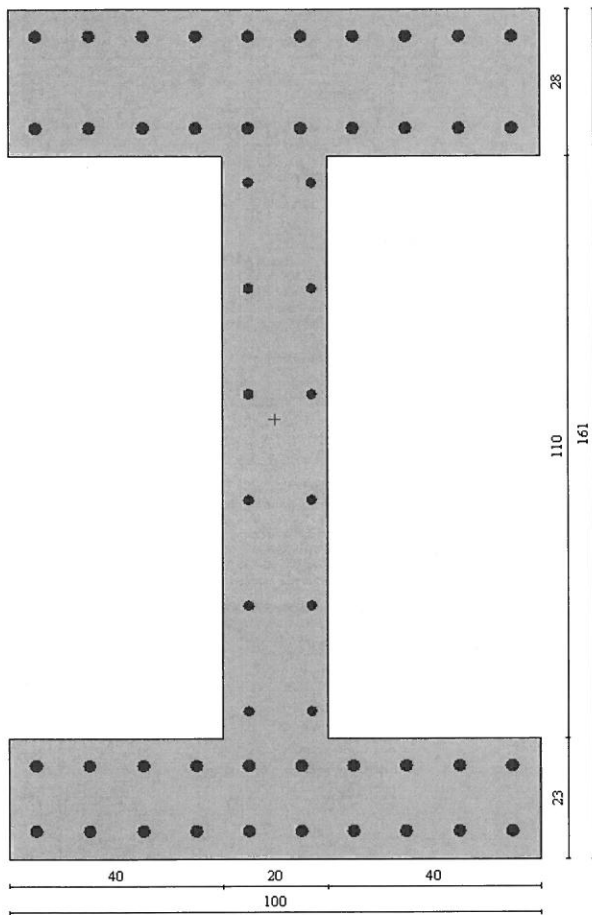
V.T. = Verifiche Tensionali.

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	73 di 100

12.1 Travi in c.a. verifica di resistenza

(Appoggio)



Armatura Inferiore Soletta : $\varnothing 24 / 10$

Armatura Superiore Soletta : $\varnothing 24 / 10$

Armatura anima Trave : $\varnothing 20 / 20$

Staffe : $\varnothing 16 / 10$

Resistenza

Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 1273.7000 kN Ty = 736.0000 kN Tx = 0.0000 kN
 Mytot = -2323.0000 kNm Mxtot = 0.0000 kNm Mt = 0.0000 kNm

Verifiche eseguite: Verifica di dominio (SLU)
 ..

Sollecitazioni ultime Taglio Dominio 3D Momento-Curvatura

	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	FS
▶	5094.8820	0.0000	-9292.1496	4.000
	24414.0578	0.0000	-2323.0000	19.168
	1273.7000	0.0000	-6805.3375	2.930

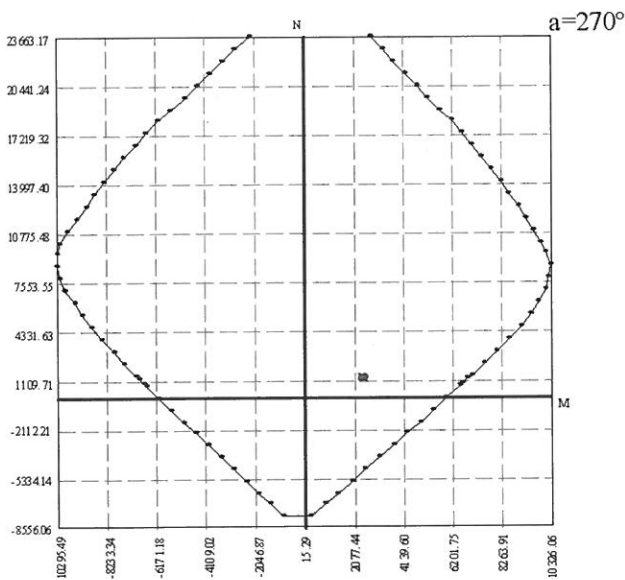
N = 5094.8820 kN Mx = 0.0000 kNm My = -9292.1496 kNm FS = 4.000
 FSmin = 2.930

Trave_Appoggio << >> Comb. n° 1 << >>


Sezione calcolata Combinazione calcolata

Chiudi Help

Diagramma M - N



Taglio

 Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 1273.7000 kN $T_y = 736.0000$ kN $T_x = 0.0000$ kN
 $M_{ytot} = -2323.0000$ kNm $M_{xtot} = 0.0000$ kNm $M_t = 0.0000$ kNm

Verifiche eseguite: Verifica di dominio (SLU)
 ..

Sollecitazioni ultime
Taglio
Dominio 3D
Momento-Curvatura

Verifica soddisfatta

Verifiche taglio

Taglio agente : $T = 736.0000$ kN

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio
 $VR_d = ..$

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio
 $VR_{cd} = 1462.4007$ kN $VR_{sd} = 5593.8926$ kN

Armatura : Staffe a 2 bracci $\phi 16/10$ cm

Trave_Appoggio << >>

Sezione calcolata

Comb. n° 1 << >>

Combinazione calcolata

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	76 di 100

Verifica Fessurazione

Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 916.0000 kN $T_y = 0.0000$ kN $T_x = 0.0000$ kN
 $M_{ytot} = -1468.0000$ kNm $M_{xtot} = 0.0000$ kNm $M_t = 0.0000$ kNm

Verifiche eseguite: --
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni Fessurazione

Verifica soddisfatta

Momento prima fessurazione $M_y = -1916.4990$ kNm
 Tensione acciaio = -94.255 N/mm²
 Tensione di trazione cls = -6.693 N/mm²
 Area efficace a trazione = 3000.64 cm²

E_{psm} (%) = 0.0000
 S_{rm} = 0.000 mm
 w = 0.000 mm w_{lim} = 0.300 mm

Trave_Appoggio << >> Comb. n° 2 << >>

Sezione calcolata Combinazione calcolata

Chiudi Help

Verifica Tensionale

(SLE_Frequente)

Risultati

Sollecitazioni applicate
 $N = 916.0000 \text{ kN}$ $T_y = 0.0000 \text{ kN}$ $T_x = 0.0000 \text{ kN}$
 $M_{ytot} = -1468.0000 \text{ kNm}$ $M_{xtot} = 0.0000 \text{ kNm}$ $M_t = 0.0000 \text{ kNm}$

Verifiche eseguite: --
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni Fessurazione

Verifica soddisfatta

Tensioni cls e armatura

$\sigma_{c-max} = 4.390 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{f-max} = 61.150 \text{ N/mm}^2$
$\sigma_{c-min} = -5.126 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{f-min} = -72.197 \text{ N/mm}^2$
$\tau_{nn} = 0.000 \text{ N/mm}^2$	

Asse neutro
 $X_c = 74.293 \text{ cm}$ Inclinazione 0.029°
 Intersezioni (171892.74 ; 161.00) (-147097.75 ; 0.00)

Trave_Appoggio Comb. n° 2

Sezione calcolata **Combinazione calcolata**

(SLE_Rara)

Risultati

Sollecitazioni applicate
 $N = 935.0000 \text{ kN}$ $T_y = 0.0000 \text{ kN}$ $T_x = 0.0000 \text{ kN}$
 $M_{ytot} = -1629.9000 \text{ kNm}$ $M_{xtot} = 0.0000 \text{ kNm}$ $M_t = 0.0000 \text{ kNm}$

Verifiche eseguite: --
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni Fessurazione

Verifica soddisfatta

Tensioni cls e armatura

$\sigma_{c-max} = 4.820 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{f-max} = 66.967 \text{ N/mm}^2$
$\sigma_{c-min} = -5.968 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{f-min} = -84.188 \text{ N/mm}^2$
$\tau_{nn} = 0.000 \text{ N/mm}^2$	

Asse neutro
 $X_c = 71.969 \text{ cm}$ Inclinazione 0.047°
 Intersezioni (108482.95 ; 161.00) (-87513.17 ; 0.00)

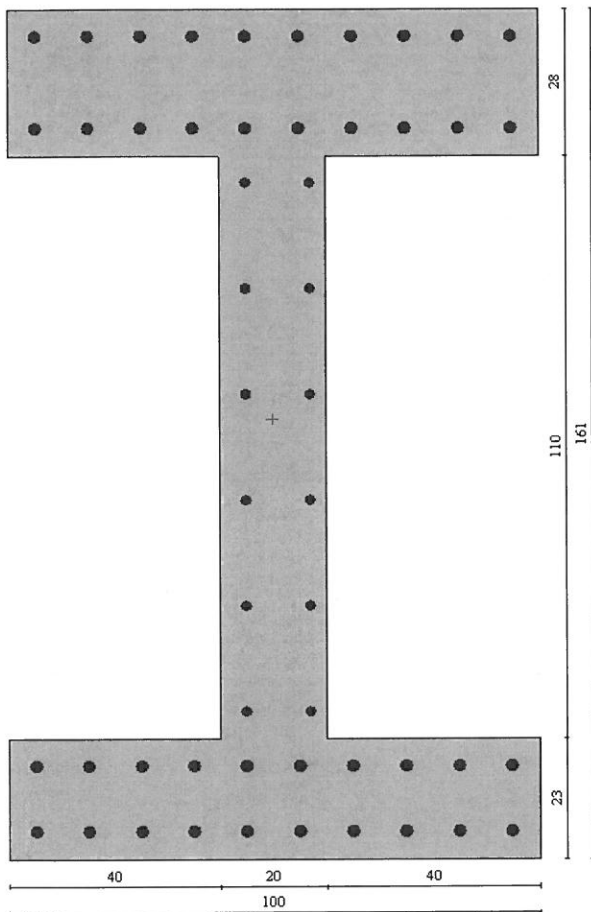
Trave_Appoggio Comb. n° 5

Sezione calcolata **Combinazione calcolata**

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	78 di 100

(Mezzeria)



Armatura Inferiore Soletta : $\varnothing 24 / 10$

Armatura Superiore Soletta : $\varnothing 24 / 10$

Armatura anima Trave : $\varnothing 20 / 20$

Staffe : $\varnothing 16 / 20$

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	79 di 100

Resistenza

Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 0.0000 kN Ty = 0.0000 kN Tx = 0.0000 kN
 Mytot = 1369.0000 kNm Mxtot = 0.0000 kNm Mt = 0.0000 kNm

Verifiche eseguite: Verifica di dominio (SLU)
 ..

Sollecitazioni ultime Dominio 3D Momento-Curvatura

N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	FS
0.0000	0.0000	6096.7999	4.453

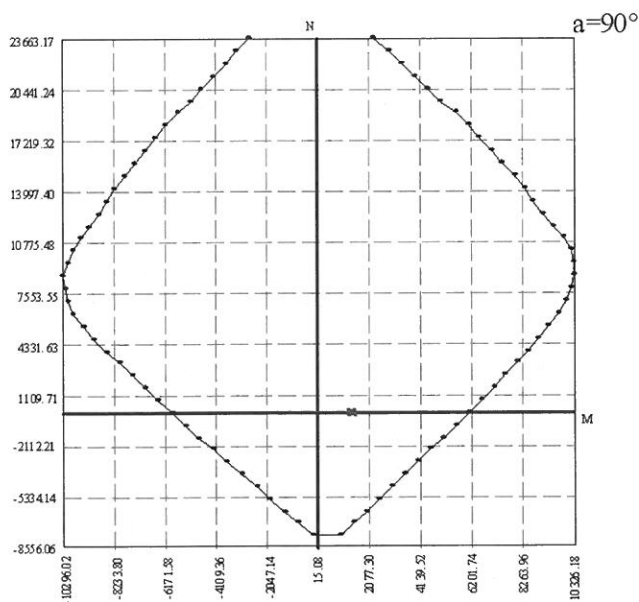
N = 0.0000 kN Mx = 0.0000 kNm My = 6096.7999 kNm FS = 4.453
 FSmin = 4.453

Trave_Mezzeria_(App-App) << >> Comb. n° 1 << >>

■ Sezione calcolata ■ Combinazione calcolata

Chiudi Help

Diagramma M - N



Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	80 di 100

Verifica Fessurazione

Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 0.0000 kN $T_y = 0.0000$ kN $T_x = 0.0000$ kN
 $M_{ytot} = 1014.3000$ kNm $M_{xtot} = 0.0000$ kNm $M_t = 0.0000$ kNm

Verifiche eseguite: --
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni **Fessurazione**

Verifica soddisfatta

Momento prima fessurazione $M_y = 1288.9738$ kNm
 Tensione acciaio = -99.940 N/mm²
 Tensione di trazione cls = -6.997 N/mm²
 Area efficace a trazione = 2701.26 cm²

E_{psm} (%) = 0.0000
 S_{rm} = 0.000 mm
 w = 0.000 mm w_{lim} = 0.200 mm

Trave_Mezzeria_(App-App) << >> Comb. n° 2 << >>

Sezione calcolata Combinazione calcolata

Chiudi Help



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	81 di 100

Verifica Tensionale

(SLE_Frequente / SLE_Rara)

Risultati

Sollecitazioni applicate
N = 0.0000 kN Ty = 0.0000 kN Tx = 0.0000 kN
Mytot = 1014.3000 kNm Mxtot = 0.0000 kNm Mt = 0.0000 kNm

Verifiche eseguite: --
Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni Fessurazione

Verifica soddisfatta


Tensioni cls e armatura
 $\sigma_{c-max} = 2.477 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{f-max} = 33.206 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{c-min} = -5.506 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{f-min} = -78.643 \text{ N/mm}^2$
 $\tau_{nn} = 0.000 \text{ N/mm}^2$

Asse neutro
Xc = 50.081 cm Inclinazione -0.234 °
Intersezioni [-12141.73 ; 161.00] [27212.37 ; 0.00]

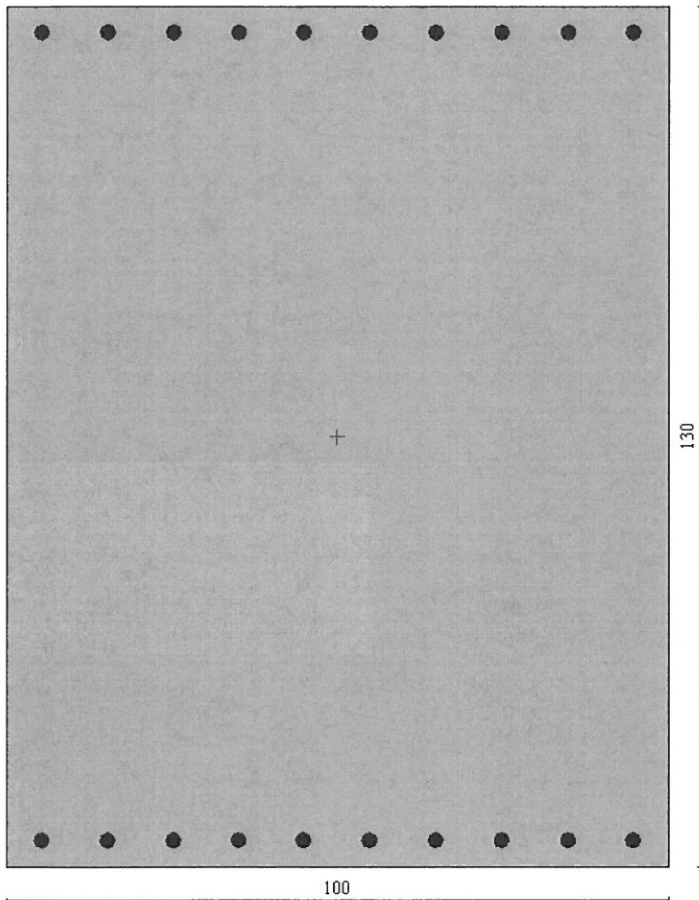
Trave_Mezzeria_(App-App) << >> Comb. n° 2 << >>

Sezione calcolata Combinazione calcolata

Chiudi Help

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO</p>												
<p>Relazione di calcolo opera</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>VI0400001</td> <td>A</td> <td>82 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	82 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	82 di 100								

12.2 Cordolo



Armatura esterna : Ø 24/10

Armatura interna : Ø 24/10

Staffe : Ø16/10



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	83 di 100

Resistenza

Risultati

Sollecitazioni applicate
 N = 3317.0000 kN $T_y = 1166.0000$ kN $T_x = 0.0000$ kN
 $M_{ytot} = -3428.6000$ kNm $M_{xtot} = 0.0000$ kNm $M_t = 0.0000$ kNm

Verifiche eseguite: Verifica di dominio (SLU)
 ..

Sollecitazioni ultime Taglio Dominio 3D Momento-Curvatura

N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	FS
4194.2451	0.0000	-4335.3599	1.264
18003.2296	0.0000	-3428.6000	5.428
3317.0000	0.0000	-3963.5204	1.156

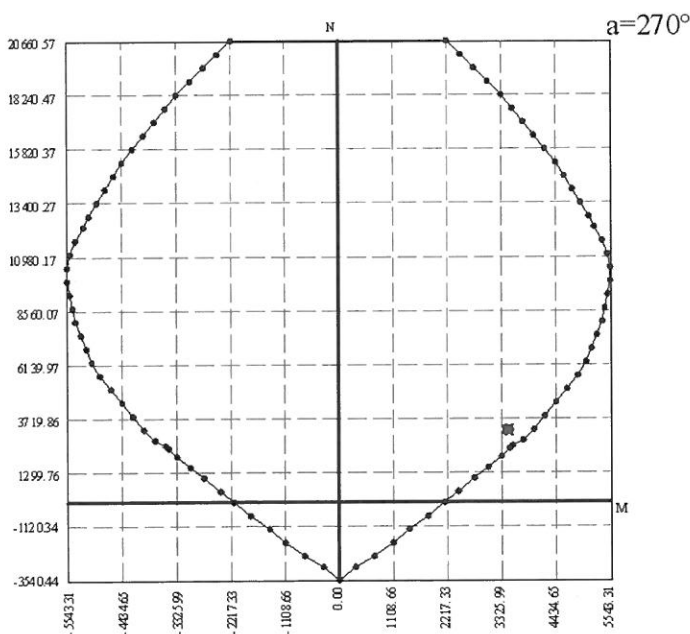
N = 4194.2451 kN $M_x = 0.0000$ kNm $M_y = -4335.3599$ kNm FS = 1.264
 FSmin = 1.156

Cordolo << >> **Comb. n° 1** << >>

Sezione calcolata Combinazione calcolata

Chiudi Help

Diagramma M - N



Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	84 di 100

Taglio

Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 2841.0000 kN $T_y = 1572.5000$ kN $T_x = 0.0000$ kN
 $M_{ytot} = -606.7000$ kNm $M_{xtot} = 0.0000$ kNm $M_t = 0.0000$ kNm

Verifiche eseguite: Verifica di dominio (SLU)

--

Sollecitazioni ultime **Taglio** Dominio 3D Momento-Curvatura

Verifica soddisfatta

Verifiche taglio

Taglio agente : $T = 1572.5000$ kN

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$VR_d = --$

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

$VR_{cd} = 3674.7551$ kN $VR_{sd} = 4496.3567$ kN

Armatura : Staffe a 2 bracci $\phi 16/10$ cm

Cordolo << >> **Comb. n° 2** << >>

Sezione calcolata **Combinazione calcolata**

Chiudi
Help



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	85 di 100

Verifica Fessurazione

Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 2082.0000 kN	Ty = 0.0000 kN	Tx = 0.0000 kN
Mytot = -1578.0000 kNm	Mxtot = 0.0000 kNm	Mt = 0.0000 kNm

Verifiche eseguite: --
Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni Fessurazione

Verifica soddisfatta

Momento prima fessurazione	My = -1074.8776 kNm
Tensione acciaio	= -80.765 N/mm ²
Tensione di trazione cls	= -5.711 N/mm ²
Area efficace a trazione	= 2200.00 cm ²

Epsm (%)	= 0.0442		
Srm	= 129.423 mm		
W	= 0.097 mm	Wlim	= 0.200 mm

Cordolo << >> **Comb. n° 3** << >>

Sezione calcolata **Combinazione calcolata**

Chiudi Help



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	86 di 100

Verifica Tensionale

(SLE_Frequente)

Risultati

Sollecitazioni applicate
N = 2082.0000 kN $T_y = 0.0000$ kN $T_x = 0.0000$ kN
 $M_{ytot} = -1578.0000$ kNm $M_{xtot} = 0.0000$ kNm $M_t = 0.0000$ kNm

Verifiche eseguite: --
Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni Fessurazione

Verifica soddisfatta

Tensioni cls e armatura
 $\sigma_{c-max} = 7.200$ N/mmq $\sigma_{f-max} = 100.812$ N/mmq
 $\sigma_{c-min} = -8.384$ N/mmq $\sigma_{f-min} = -118.570$ N/mmq
 $\tau_{nn} = 0.000$ N/mmq

Asse neutro
 $X_c = 60.062$ cm Inclinazione 0.000°
Intersezioni (100.00 ; 60.06) (0.00 ; 60.06)

Cordolo << >> Comb. n° 3 << >>

Sezione calcolata Combinazione calcolata

Chiudi Help

(SLE_Rara)

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	87 di 100

Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 2378.0000 kN $T_y = 0.0000$ kN $T_x = 0.0000$ kN
 $M_{ytot} = -2332.0000$ kNm $M_{xtot} = 0.0000$ kNm $M_t = 0.0000$ kNm

Verifiche eseguite: --
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

Verifica soddisfatta

Tensioni cls e armatura

$\sigma_{c-max} = 10.548$ N/mm² $\sigma_{f-max} = 146.037$ N/mm²
 $\sigma_{c-min} = -15.862$ N/mm² $\sigma_{f-min} = -225.734$ N/mm²
 $\tau_{nn} = 0.000$ N/mm²

Asse neutro

$X_c = 51.923$ cm Inclinazione 0.000°
 Intersezioni (100.00 ; 51.92) (0.00 ; 51.92)

Cordolo << >> **Comb. n° 5** << >>

Sezione calcolata **Combinazione calcolata**

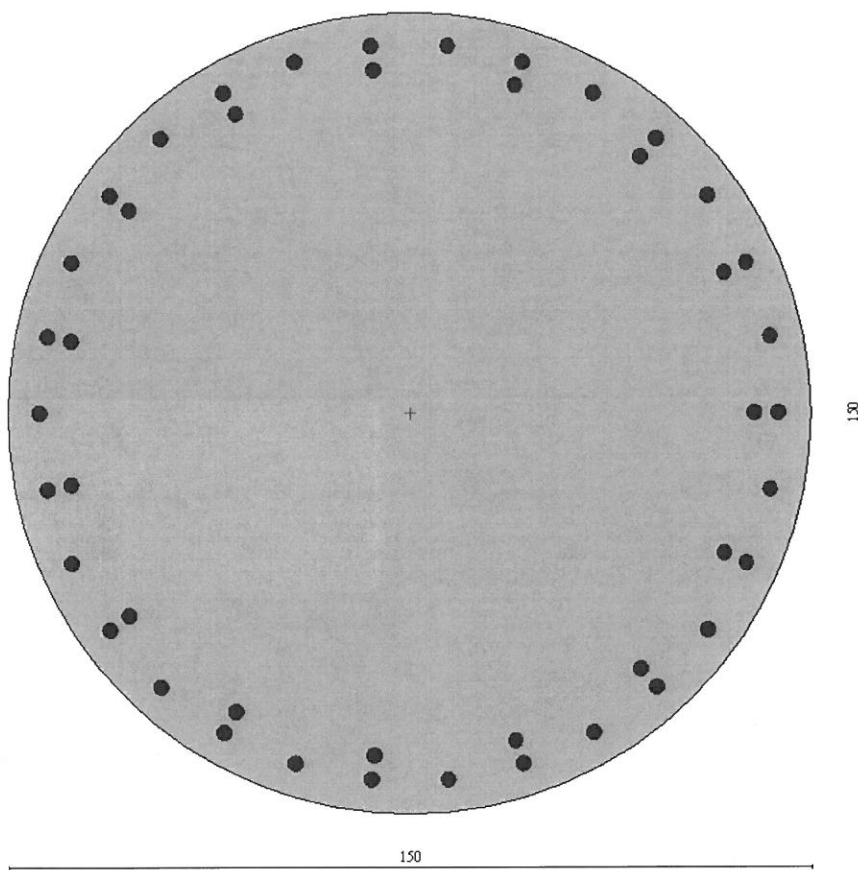
Chiudi Help

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	88 di 100

12.3 Palo

12.3.1 Sezione Testa Palo



Armatura esterna : 30 Ø 30

Armatura interna : 15 Ø 30 (per una lunghezza di 6.0 m)

Staffe : Ø16/10 (per 4.50 m)

Staffe : Ø16/20 (per la restante parte)



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-GALLARATE PRG RHO

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	89 di 100

Resistenza

Risultati

Sollecitazioni applicate
 N = 1309.0000 kN Ty = 1449.0000 kN Tx = 0.0000 kN
 Mytot = -3921.0000 kNm Mxtot = 0.0000 kNm Mt = 0.0000 kNm

Verifiche eseguite: Verifica di dominio (SLU)
 ..

Sollecitazioni ultime Taglio Dominio 3D Momento-Curvatura

	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	FS
▶	2527.5382	0.0000	-7571.0292	1.931
	29378.8603	0.0000	-3921.0000	22.444
	1309.0000	0.0000	-7214.0422	1.840

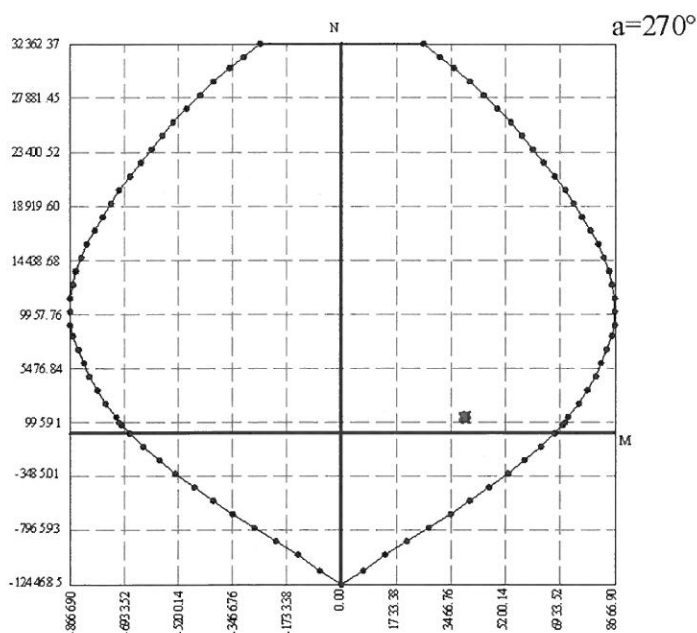
N = 2527.5382 kN Mx = 0.0000 kNm My = -7571.0292 kNm FS = 1.931
 FSmin = 1.840

Testa_Palo << >> Comb. n° 1 << >>


Sezione calcolata Combinazione calcolata

Chiudi Help

Diagramma M - N



Taglio

 Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 1309.0000 kN	Ty = 1449.0000 kN	Tx = 0.0000 kN
Mytot = -3921.0000 kNm	Mxtot = 0.0000 kNm	Mt = 0.0000 kNm

Verifiche eseguite: Verifica di dominio (SLU)
..

Sollecitazioni ultime
Taglio
Dominio 3D
Momento-Curvatura

Verifica soddisfatta

Verifiche taglio

Taglio agente : T = 1449.0000 kN

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio
VRd = ..

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio
VRcd = 3980.3551 kN VRsd = 4600.2345 kN

Armatura : Staffe a 2 bracci ϕ 16/10 cm

Testa_Palo << >>

Sezione calcolata

Comb. n° 1 << >>

Combinazione calcolata

Verifica Fessurazione

La sezione circolare del palo è stata riportata ad una sezione rettangolare equivalente attraverso le formule :

$b_e = 0.9 D$ (base equivalente)

$d_e = 0.45 D + 0.64 (d - D/2)$ (altezza utile equivalente)

dove: "D" è il diametro e "d" è l'altezza utile

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Verifica allo stato limite di apertura delle fessure

TIPO COMBINAZIONE :

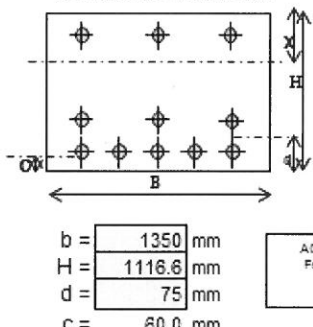
CONDIZIONI AMBIENTE :

SENSIBILITA' ARMATURA :

TIPO ARMATURA :

$w_x = w_2 = 0.200$ mm (limite di apertura delle fessure per la combinazione esaminata)

SEZIONE RETTANGOLARE



$b = 1350$ mm	ACDAIO FeB44K	$R_{ck} = 30$ N/mm ²	Resistenza caratteristica
$H = 1116.6$ mm		$f_{ctm} = 2.61$ N/mm ²	// a traz. semplice
$d = 75$ mm		$f_{ctm} = 3.13$ N/mm ²	// a traz. per fessione
$c = 60.0$ mm		$E_s = 210000$ N/mm ²	Modulo elastico
$b_{eff} = 1350$ mm		$n = 15$	Coeff. omogenizzazione
$h_{eff} = c + 7.5 \phi = 285$ mm		$N_{s,em} = 20$	Numero barre tese
$A_{c,eff} = b_{eff} \times h_{eff} = 384750$ mm ²		$s = 60$ mm	Intervalle barre
$\rho_r = A_s / A_{c,eff} = 0.0367$		$\phi = 30$ mm	Diametro barre
		$A_s = 14137$ mm ²	Area armatura tesa
		$\sigma_s = 156$ N/mm ²	Tensione di lavoro acciaio
		$x = 356.3$ mm	
		$(h-x)/2 = 380.2$ mm	

$k_2 = 0.4$ (0.4 = barre aderenza migliorata; 0.8 = barre lisce)

$k_3 = 0.125$ (0.125 = presso-flessione; 0.250 = trazione pura)

$$s_{r,m} = 2 \left(c + \frac{s}{10} \right) + k_2 \cdot k_3 \cdot \frac{\phi}{\rho_r} = 172.8 \text{ mm}$$

Distanza media fra le fessure in corrispondenza del livello baricentrico dell'armatura all'interno dell'area efficace

$\beta_1 = 1.0$ (1.0 = barre aderenza migliorata; 0.5 = barre lisce)

$\beta_2 = 0.5$ (1.0 = breve durata; 0.5 = lunga durata / ripetute)

$M_{1f,ess} = 1155.1$ kNm Momento di prima fessurazione

$\sigma_{sr} = 86.8$ N/mm² Tensione nell'acciaio, nella sezione fessurata, al raggiungimento della resistenza a trazione f_{ctm} nella fibra di cls più sollecitata

$$\epsilon_{sr} = \frac{\sigma_{sr}}{E} \left[1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] = 6.28E-04$$

Deformazione unitaria media dell'armatura

$$\beta_0 = 1.7 \quad \epsilon_{cr} \geq 0.4 \frac{\sigma_{sr}}{E} = 2.97E-04$$

$w_x = \beta_0 \cdot s_{r,m} \cdot \epsilon_{sr} = 0.184$ mm Valore caratteristico di apertura delle fessure

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO</p>					
	Relazione di calcolo opera	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400001	REV. A

Verifica Tensionale

(SLE_Frequente)

Risultati

Sollecitazioni applicate
 $N = 914.0000 \text{ kN}$ $T_y = 0.0000 \text{ kN}$ $T_x = 0.0000 \text{ kN}$
 $M_{ytot} = -2282.0000 \text{ kNm}$ $M_{xtot} = 0.0000 \text{ kNm}$ $M_t = 0.0000 \text{ kNm}$

Verifiche eseguite: --
Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni Fessurazione

Verifica soddisfatta

Tensioni cls e armatura
 $\sigma_{c-max} = 7.117 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{f-max} = 95.090 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{c-min} = -11.179 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{f-min} = -156.020 \text{ N/mm}^2$
 $\tau_{nn} = 0.000 \text{ N/mm}^2$

Asse neutro
 $X_c = 58.349 \text{ cm}$ Inclinazione 0.000°
Intersezioni (1940.60 ; 58.35) (-1790.60 ; 58.35)

Testa_Palo << >> Comb. n° 2 << >>

Sezione calcolata **Combinazione calcolata**

Chiudi Help

(SLE_Rara)

Risultati

Sollecitazioni applicate
 $N = 918.5000 \text{ kN}$ $T_y = 0.0000 \text{ kN}$ $T_x = 0.0000 \text{ kN}$
 $M_{ytot} = -2719.0000 \text{ kNm}$ $M_{xtot} = 0.0000 \text{ kNm}$ $M_t = 0.0000 \text{ kNm}$

Verifiche eseguite: --
Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni Fessurazione

Verifica soddisfatta

Tensioni cls e armatura
 $\sigma_{c-max} = 8.447 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{f-max} = 112.579 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{c-min} = -13.707 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{f-min} = -191.472 \text{ N/mm}^2$
 $\tau_{nn} = 0.000 \text{ N/mm}^2$

Asse neutro
 $X_c = 57.194 \text{ cm}$ Inclinazione 0.000°
Intersezioni (1964.10 ; 57.19) (-1814.10 ; 57.19)

Testa_Palo << >> Comb. n° 4 << >>

Sezione calcolata **Combinazione calcolata**

Chiudi Help

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	93 di 100

12.4 Verifiche Geotecniche

12.4.1 Capacità Portante

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE:

OPERA:

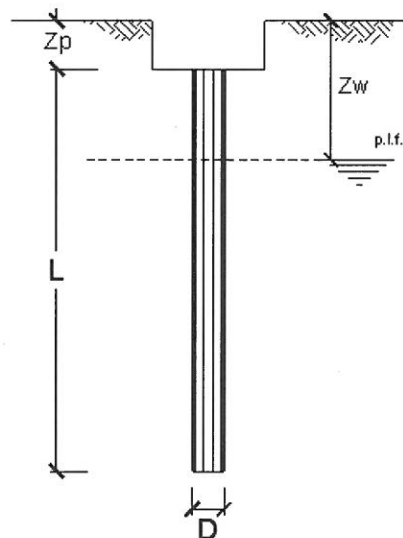
VI04

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	1.50	(m)	Area del Palo (A_p):	1.767	(m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (z_p):	2.70	(m)	Quota falda dal p.c. (z_w):	25.00	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	1054	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):	252	(kN)
Numero di strati	1		$L_{palo} =$	22.40	(m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ_0	γ_s	$\gamma_{s\text{traz}}$	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	⊗	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_2	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



Relazione di calcolo opera

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 00 D 26 CL VI0400001 A 94 di 100

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C'_{med} (kPa)	Φ'_{med} (°)	$C_{u,med}$ (kPa)
1	22.40	Ghiaia Sabbiosa	19.00		35.0	150.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.43	0.70		0.35

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C'_{min} (kPa)	Φ'_{min} (°)	$C_{u,min}$ (kPa)
1	22.40	Ghiaia Sabbiosa	18.00		32.0	120.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.47	0.62		0.35

RISULTATI

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)	Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)
1	22.40	Ghiaia Sabbiosa	5541.8	0.00	9.00	1826.9	3228.4	4433.4	0.00	9.00	4518.0	7984.0

CARICO ASSIALE AGENTE

$$N_d = N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$$

$$N_d = 1381.6 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

$$\text{base } R_{b,cal med} = 3228.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal med} = 5541.8 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal med} = 8770.2 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

$$\text{base } R_{b,cal min} = 7984.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal min} = 4433.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal min} = 12417.4 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4) = 1899.1 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4) = 2607.9 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 4506.9 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 2915.6 \text{ (kN)}$$

$$F_s = R_{c,d} / N_d$$

$$F_s = 2.11$$

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	95 di 100

12.4.2 Cedimenti

OPERA: VI04

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.50	(m)
Carico sul palo (P):	1306.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	22.40	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	22.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	40.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	9	(-)
Spaziatura dei pali (s)	1.7	(m)

CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D) = 1.67 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}} = 2.47 \quad (\text{mm})$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

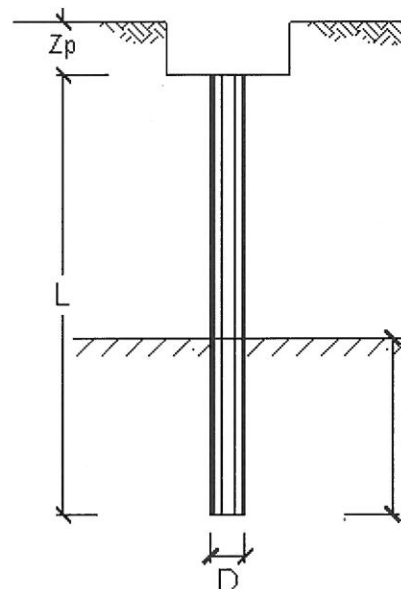
Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = 0.826$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = 9 \cdot 0.80 \cdot 2.47 = 17.70 \quad (\text{mm})$$



Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	96 di 100

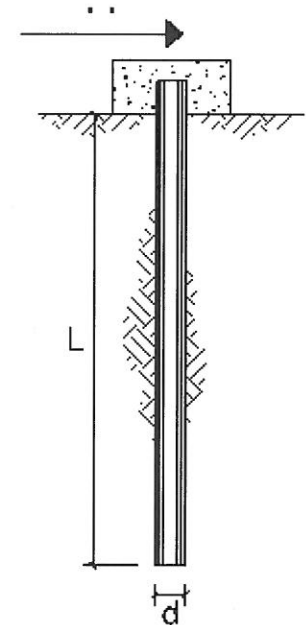
12.4.3 Carichi Orizzontali

(tensioni efficaci)

OPERA: VI04

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_p	γ_r
			γ_a	γ_b		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	⊙	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.25	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
	⊙	○	○	○	○	○	○	○	○
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{ \left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2 }$$

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	97 di 100

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	22.40	(m)		
Diametro del palo	d =	1.50	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	6945.82	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	35.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	32.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	35.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	32.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1+\sin\varphi')/(1-\sin\varphi')$)	$k_{p,med} =$	3.69	(-)	$k_{p,min} =$	3.25 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	19.00	(kN/m ³)		
Carico Assiale Permanente (G):	G =	354.2	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	296.5	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 79155.08 \quad (kN) \qquad H1_{min} = 69811.70 \quad (kN)$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 26695.11 \quad (kN) \qquad H2_{min} = 23580.65 \quad (kN)$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 4092.89 \quad (kN) \qquad H3_{min} = 3925.06 \quad (kN)$$

$$H_{med} = 4092.89 \quad (kN) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 3925.06 \quad (kN) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2308.86 \quad (kN)$$

$$H_d = H_k / \gamma_T = 1443.04 \quad (kN)$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 739.65 \quad (kN)$$

$$FS = H_d / F_d = 1.95$$

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	98 di 100

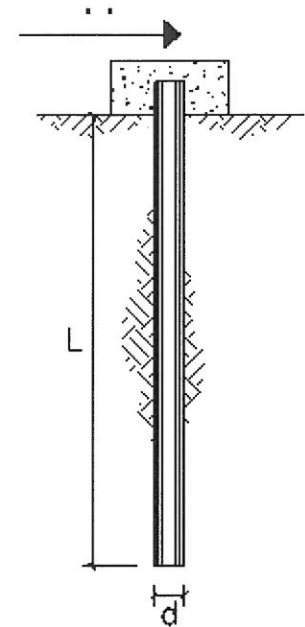
(tensioni totali)

OPERA: IV02

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_{cu}	γ_T
			γ_s	γ_c		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	●	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			○	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			○	1.30	1.40	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
	●	○	○	○	○	○	○	○	○
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3}} + 4.5$$

Palo lungo:
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

Relazione di calcolo opera

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	99 di 100

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	22.40	(m)		
Diametro del palo	d =	1.50	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	6945.82	(kN m)		
Coesione non drenata	$c_{u, med} =$	150.00	(kPa)	$c_{u, min} =$	120.00 (kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med,d} =$	150.00	(kPa)	$c_{u, min,d} =$	120.00 (kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	354.2	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	296.5	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 40803.75 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 32643.00 \text{ (kN)}$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 14990.14 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 12078.72 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 4219.89 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 3990.11 \text{ (kN)}$$


$$H_{med} = 4219.89 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 3990.11 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2347.13 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_r = 1466.95 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 739.65 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.98$$

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Relazione di calcolo opera	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400001	A	100 di 100

12.5 Verifiche di Deformabilità

Si riportano di seguito le verifiche di deformabilità della struttura.

Per quanto riguarda la salvaguardia della funzionalità dell'opera, le frecce a lungo termine, calcolate sotto la condizione quasi permanente dei carichi, non dovrebbero superare il limite di 1/250 della luce.

Nel nostro caso :

$$L = 21.00 \text{ m}$$

$$\delta_{\max} = 2100 / 250 = 8.4 \text{ cm}$$

$$\delta_{\text{SLE_QP}} = 0.68 \text{ cm}$$

Verifica : $\delta_{\text{SLE_QP}} < \delta_{\max} \rightarrow \text{ok}$

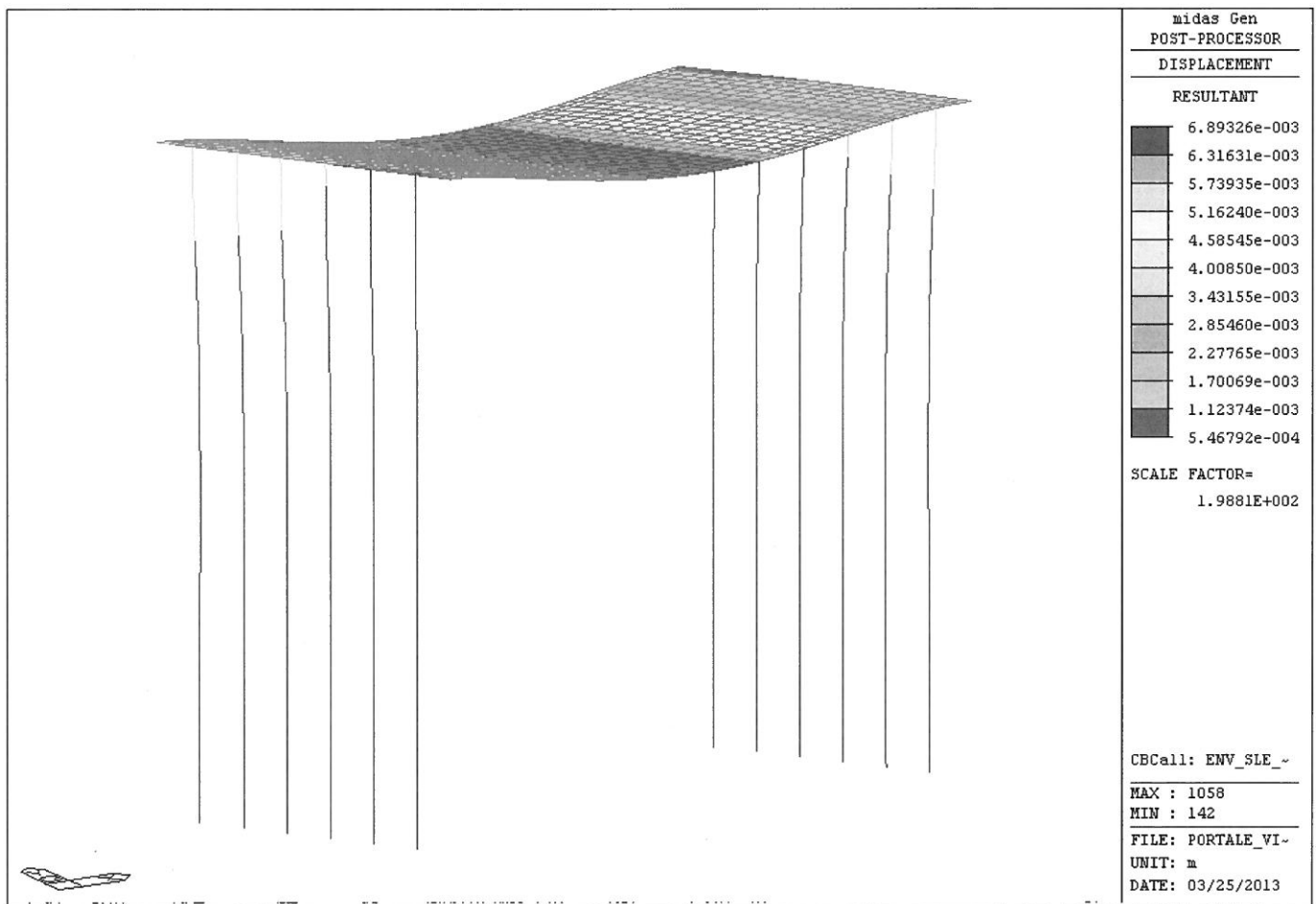


Figura 39: Deformata verticale ENV_SLE_QP.