

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

OPERE CIVILI

MU50 – Marciapiedi FFP

Relazione di calcolo Marciapiedi FFP Tipo A

SCALA:

-

Relazione di calcolo scatolare

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

I	A	5	F	0	1	D	7	8	C	L	M	U	5	0	A	0	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	E.SELLARI	07/2019	R.OSCURATO	07/2019	F.GERNONE <i>F. Gernone</i>	07/2019	D. TIBERTI 07/2019 <i>D. Tiberti</i>

ITALFERR S.p.A.
 Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane
 Direzione Area Sud
 UO Infrastrutture Sud
 Dott. Ing. Donato Tiberti
 Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 18079



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	2 di 49

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
4	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	6
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
6	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
6.1	PROFONDITÀ DELLA FALDA	8
7	ANALISI DEI CARICHI	9
7.1	PESI PROPRI	9
7.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI.....	9
7.3	PERMANENTI LINEA TE.....	9
7.4	DETERMINAZIONE DELLE LARGHEZZE DI DIFFUSIONE DEI CARICHI MOBILI:	9
7.5	CARICO DELLA NEVE	11
7.6	AZIONE ECCEZIONALE DI ROTTURA DELLA CATENARIA.....	12
7.7	AZIONE DEL SISMA.....	12
7.8	RITIRO DEL CALCESTRUZZO.....	15
7.9	VARIAZIONE TERMICA.....	16
7.10	SPINTA STATICA DEL TERRENO	17
7.11	SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE	18
7.12	SOVRASPINTA SISMICA	18
8	COMBINAZIONE DEI CARICHI	19
9	VERIFICHE SLU (GEO/STR).....	21
9.1	VERIFICHE STRUTTURALI	22
9.1.1	Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	22



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	3 di 49

9.1.2	Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	22
9.1.3	Verifica agli stati limite d'esercizio.....	24
9.2	VERIFICA GEOTECNICHE.....	25
10	ANALISI STRUTTURALE: SCATOLARE.....	26
10.1	MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	26
10.2	ANALISI DEI CARICHI.....	28
10.3	COMBINAZIONI.....	33
10.4	SOLLECITAZIONI.....	35
10.5	VERIFICHE STRUTTURALI.....	39
10.5.1	Verifica piedritti.....	39
10.5.2	Verifica soletta superiore.....	41
10.5.3	Verifica soletta inferiore.....	43
10.5.4	Verifica armatura micropalo.....	45
10.6	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	46
10.6.1	Verifica capacità portante micropalo.....	46
11	CONCLUSIONI.....	49

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva della linea ferroviaria Ferrandina - Matera.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti sono marciapiedi adibiti a via di fuga della galleria naturale – FFP (*Fire Fighting Point*).

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella seguente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limite dei marciapiedi FFP – Tipo A, che si sviluppano in due tratti: il primo compreso tra le progressive 1+841.87 km - 2+231.28 km (uscita dalla Galleria Miglionico Lato Ferrandina), il secondo compreso tra le progressive 9+103.53 km - 9+314.68 km (uscita dalla Galleria Miglionico Lato Matera). Si riporta, di seguito, la sezione trasversale tipica della struttura.

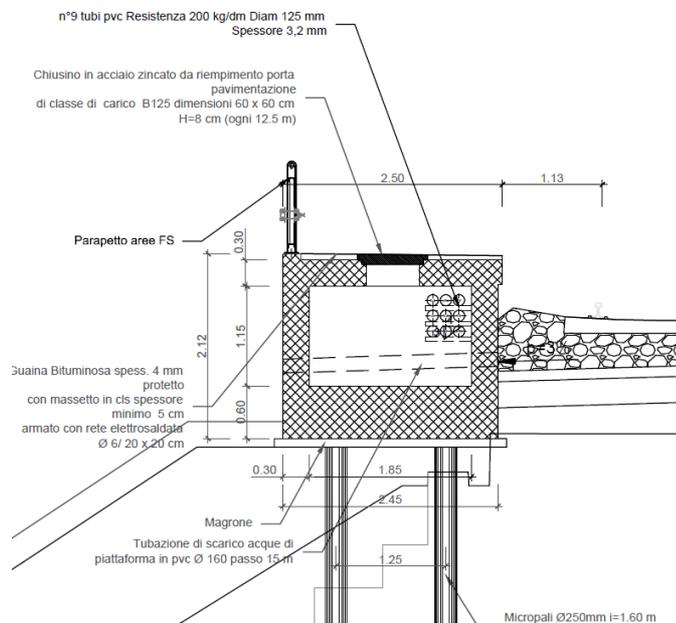


Fig. 1 – Sezione Marciapiede FFP - Tipo A

I micropali hanno interasse longitudinale 160 cm, perforazione $\Phi 250$ ed $L=9$ m, con armatura tubolare $\Phi 168,3 \times 8$.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>Progetto Definitivo</p>					
<p>Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A</p>	<p>COMMESSA IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D78CL</p>	<p>DOCUMENTO MU 50A0 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 5 di 49</p>

3 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI EN 1992-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale
- Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Regolamento (UE) N.1303/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- RFI DTC SI SP IFS 001 B – “Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili”



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	6 di 49

4 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Unità di misura principali

N (Newton)	unità di forza
m (metro)	unità di lunghezza
kg (kilogrammo-massa)	unità di massa
s (secondo)	unità di tempo

Unità di misura derivate

kN (kiloNewton)	10^3 N
MN (megaNewton)	10^6 N
kgf (kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
cm (centimetro)	10^{-2} m
mm (millimetro)	10^{-3} m
Pa (Pascal)	1 N/m ²
kPa (kiloPascal)	10^3 N/m ²
MPa	(megaPascal) 10^6 N/m ²
N/m³	(peso specifico)
g (accelerazione di gravità)	~ 9.81 m/s ²

Corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
σ (sigma)	tensione normale	(N/mm ²)
τ (tau)	tensione tangenziale	(N/mm ²)
ϵ (epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
ϕ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo classe C12/15 (calcestruzzo magro)

R_{ck} = **15.00** MPa resistenza caratteristica cubica

Calcestruzzo classe C30/37

CL	=	C30/37	Classe di resistenza adottata
R_{ck}	=	37 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	30.71 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	38.71 MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.94 MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	2.06 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctm}	=	3.53 MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	33,019.43	modulo elastico istantaneo

Acciaio per strutture in conglomerato cementizio

Acciaio **B450C**

f_{tk}	≥	540.00 MPa	tensione caratteristica di rottura
f_{yk}	≥	450.00 MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15	coefficiente del materiale
f_{yd}	≥	391.30 MPa	tensione caratteristica di snervamento di calcolo
E_s	=	206 000.00 MPa	Modulo elastico

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 2.2.2009, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
Cmin	Co	ambiente	$C \geq Co$	$C_{min} \leq C < Co$	$C \geq Co$	$C_{min} \leq C < Co$	$C \geq Co$	$C_{min} \leq C < Co$	$C \geq Co$	$C_{min} \leq C < Co$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Progetto Definitivo					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO MU 50A0 001	REV. A	FOGLIO 8 di 49

6 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Sulla base delle indagini svolte, sintetizzate nei profili geotecnici lungo linea, si considera il terreno peggiore, che corrisponde al terreno U1b:

ghiaie, sabbie e limi sabbiosi con ghiaie eterometriche, poligeniche, immerse in matrice sabbiosa sabbie fini limose

- Coesione efficace $c' = 5$, ma si considera $c' = 0$ per stare a favore di sicurezza;
- Resistenza non drenata $c_u = 0$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' \cong 28^\circ$
- Modulo di deformabilità $E \cong 10 \text{ MPa}$
- Modulo Edometrico $E_{ed} = 14.3 \text{ M}$
- Coefficiente di Permeabilità $k = 10^{-5} \div 10^{-6} \text{ m/s}$
- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} \cong 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$

Per dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale – IA5F01D78RHGE0005001A

6.1 Profondità della falda

Ai fini dell'analisi dell'opera non si è considerata la presenza della falda idrica in quanto il piano di intradosso fondazione dello scatolare si trova alla medesima quota della sovrastruttura ferroviaria.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>Progetto Definitivo</p>												
<p>Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A</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>IA5F</td> <td>01</td> <td>D78CL</td> <td>MU 50A0 001</td> <td>A</td> <td>9 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	9 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	9 di 49								

7 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto.

7.1 Pesì propri

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

- Soletta di fondazione;
- Piedritti;
- Soletta di copertura.

7.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

- Pavimentazione in conglomerato bituminoso del marciapiede $2,5 \text{ kN/m}^2$;
- Peso proprio della barriera di sicurezza;

7.3 Permanenti linea TE

Palo tipo LS 12, altezza massima 9.2 m, altezza parte infissa 1.1 m, larghezza 300 mm 3 peso 300 kg.

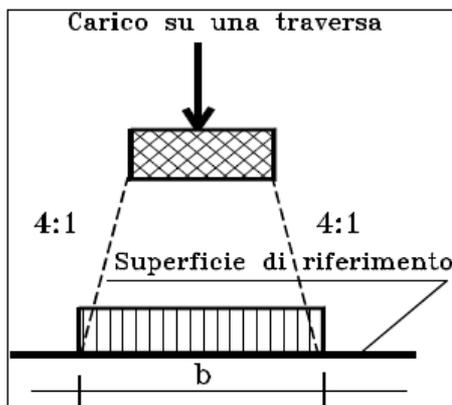
7.4 Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:

La diffusione dei carichi attraverso ballast avviene con pendenza 4:1, attraverso il ricoprimento con angolo di attrito mentre, nella soletta in cls con pendenza 1:1. Gli spessori di ballast, ricoprimento e soletta sono i seguenti:

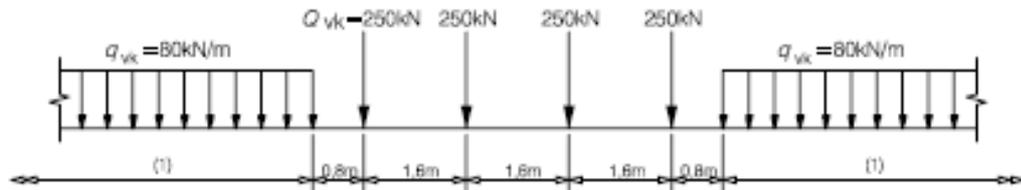
$$h_{\text{Ballast+armamento}} = 0.70 \text{ m}$$

$$h_{\text{rinterro}} = 0.20 \text{ m}$$

$$h_{\text{soletta}} = 0.30 \text{ m}$$



Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

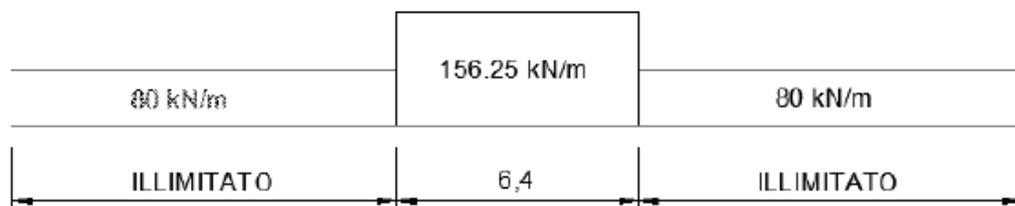


Key
(1) No limitation

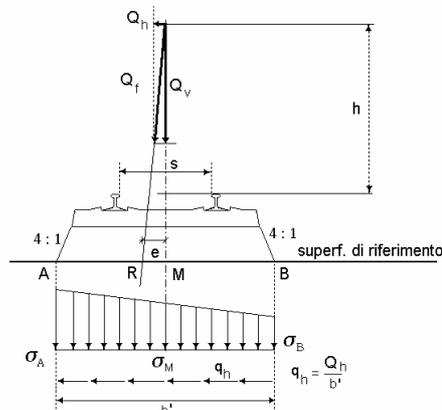
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kN/m}$$



Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:

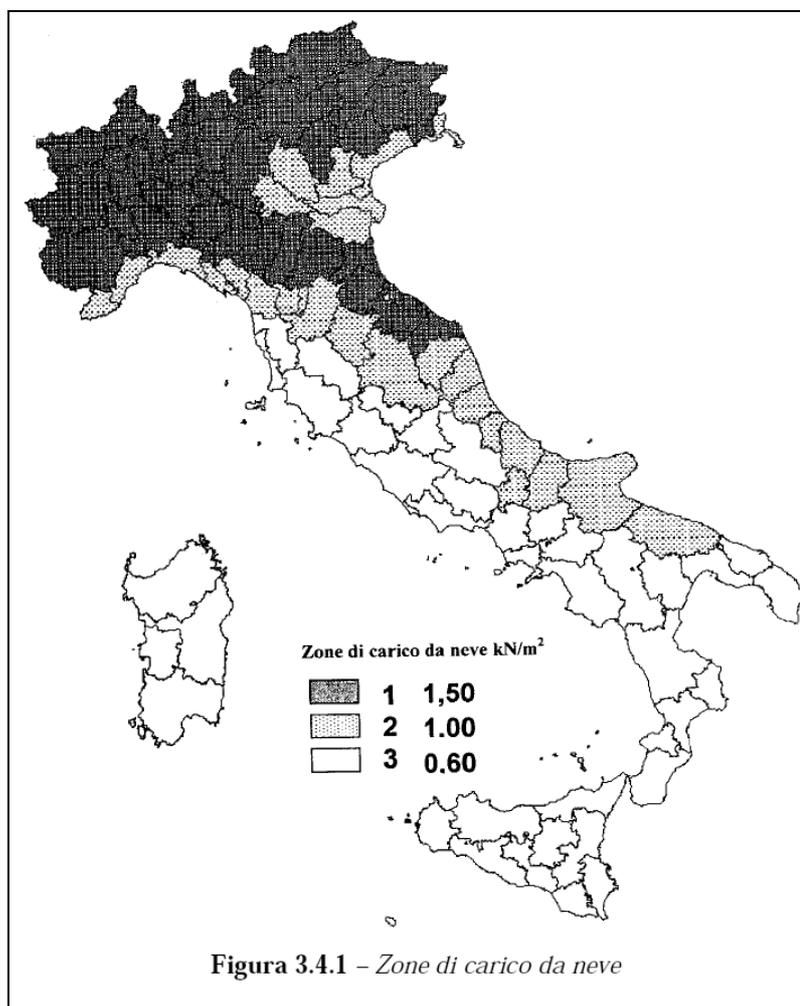


Ai fini delle verifiche del carico equivalente si considera, il carico equivalente ai 4 assi da 250 kN pari a 64.60 kN/m².

7.5 Carico della neve

Il carico provocato dalla neve sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$



Zona III	$a_s = 100$ [m]
Normale	$q_{sk} = 0,6$ [kNm ²]
	$C_E = 1$
	$C_t = 1$



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	12 di 49

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\mu_1 = 0.8$$

$$q_s = 0.48 \text{ [kNm}^2\text{]}$$

7.6 Azione eccezionale di rottura della catenaria

Si dovrà considerare l'eventualità che si verifichi la rottura della catenaria nel punto più sfavorevole. La forza trasmessa in conseguenza di un simile evento si considererà come una forza di natura statica agente in direzione parallela all'asse dei binari, di intensità pari a 20 kN e applicata sui sostegni alla quota del filo.

7.7 Azione del sisma

E' stata considerata la zona sismica di pertinenza, ovvero quanto relativo al Comune di Ferrandina in provincia di Matera, Basilicata.

Per le opere d'arte in progetto sono stati assunti i seguenti valori: $V_N=50$ anni e classe d'uso II a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1$.

La vita di riferimento V_R è quindi pari a 50 anni.

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: II
- Coefficiente d'uso $C_U = 1$
- Vita nominale $V_N = 50$ anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura $q = 1$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>Progetto Definitivo</p>					
<p>Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A</p>	<p>COMMESSA IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D78CL</p>	<p>DOCUMENTO MU 50A0 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 13 di 49</p>

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale e verticale sono riportati :

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri



Controllo sul reticolo

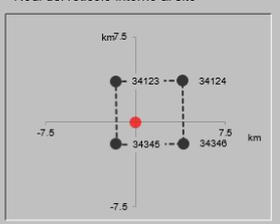
Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci **Ex**, **Ey** ed **Ez**.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Classe d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>

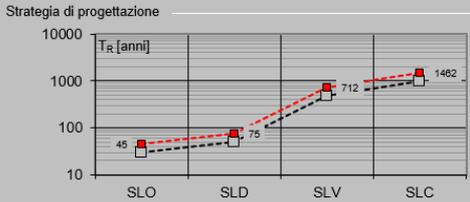
Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- - - - Strategia per costruzioni ordinarie
- . - . - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info

Categoria topografica info

$S_B = 1.466$ $C_C = 1.511$ info

$h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info

(h =quota sito, H =altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) $\zeta = 5$ $\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) $q_0 = 1$ Regol. in altezza info

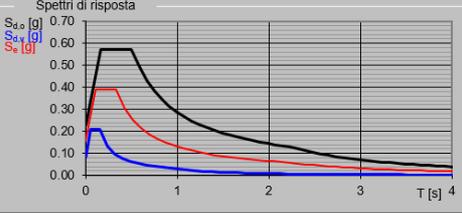
Compon. verticale

Spettro di progetto $q = 1$ $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

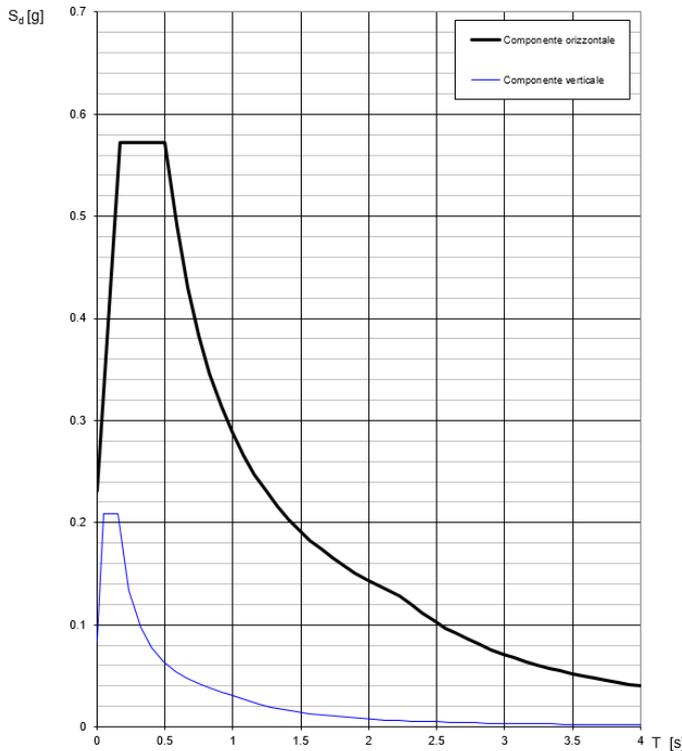
— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

Di seguito si riporta a titolo di esempio lo **spettro di progetto** per lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV** relativamente alle componenti **orizzontali**, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

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



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_s	0,157 g
F_{T_0}	2,480
T_{T_0}	0,332 s
S_{T_0}	1,466
C_{T_0}	1,511
S_{T_1}	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,466
η	1,000
T_B	0,167 s
T_C	0,502 s
T_D	2,229 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_0 \cdot S_1 \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T = C_{T_0} \cdot T_C \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_{B0} \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_{T_0} \left[\frac{T}{T_{B0}} + \frac{1}{\eta \cdot F_{T_0}} \left(1 - \frac{T}{T_{B0}} \right) \right]$$

$$T_{B0} \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_{T_0}$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_{T_0} \left(\frac{T}{T_C} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_{T_0} \left(\frac{T \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con η/q , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,231
0,167	0,572
0,502	0,572
0,584	0,431
0,666	0,431
0,748	0,383
0,831	0,345
0,913	0,314
0,995	0,288
1,077	0,266
1,160	0,247
1,242	0,231
1,324	0,217
1,406	0,204
1,489	0,193
1,571	0,183
1,653	0,173
1,736	0,165
1,818	0,158
1,900	0,151
1,982	0,145
2,065	0,139
2,147	0,134
2,229	0,129
2,313	0,119
2,398	0,111
2,482	0,104
2,566	0,097
2,651	0,091
2,735	0,085
2,819	0,080
2,904	0,076
2,989	0,072
3,072	0,068
3,157	0,064
3,241	0,061
3,325	0,058
3,410	0,055
3,494	0,052
3,578	0,050
3,663	0,048
3,747	0,046
3,831	0,044
3,916	0,042
4,000	0,040

7.8 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2008. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 13°, ed un umidità relativa del 75% a 100 gg.

Soletta Superiore

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

$\epsilon_{cs} = 1.31E-04$ $\Delta T = 13.06679^\circ$

Tipo = C28/35

Rck = 35 [N/mm²]

H = 0.3 m

B = 1 m

f_{ck} = 29.05 Mpa

RH = 0.75 tasso di umidità

t = 100 [giorni]

t_s = 28 [giorni]

Età calcestruzzo nel momento considerato

Età calcestruzzo per il calcolo dell' effetto ritiro per essiccamento

t	ϵ_{cs}	ϵ_{ca}	ϵ_{cd}
0	-5.4E-05	0	-5.4E-05
8.333333	-1.55E-05	2.09E-05	-3.6E-05
16.66667	6.52E-06	2.66E-05	-2E-05
25	2.5E-05	3.01E-05	-5.1E-06
33.33333	4.13E-05	3.26E-05	8.7E-06
41.66667	5.6E-05	3.45E-05	2.15E-05
50	6.93E-05	3.6E-05	3.33E-05
58.33333	8.16E-05	3.73E-05	4.43E-05
66.66667	9.29E-05	3.83E-05	5.46E-05
75	0.000103	3.92E-05	6.41E-05
83.33333	0.000113	4E-05	7.31E-05
91.66667	0.000122	4.06E-05	8.16E-05
100	0.000131	4.12E-05	8.95E-05

sezione : (rettangolare)

H = 300 mm

B = 1000 mm

A = 300000 mm²

u = 1000 mm

h₀ = 300

h ₀	k _h
100	1.0
200	0.85
300	0.75
≥500	0.70

k_h = 0.78

	S	N	R
α_{ds1}	3	4	6
α_{ds2}	0.13	0.12	0.11

$\alpha_{ds1} = 6$

$\alpha_{ds2} = 0.11$ k

$\beta_{RH} = 0.896094$

f_{cm} = 37.05 Mpa

$\epsilon_{cd,0} = 0.000446$

$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \epsilon_{cd,0}$

$\beta_{ds} = 0.257284$

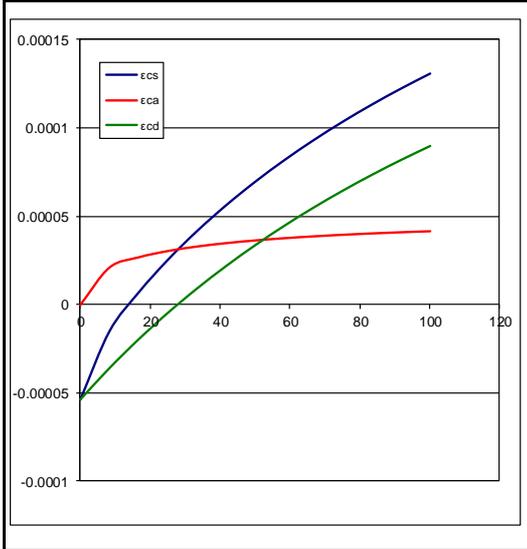
$\epsilon_{cd}(t) = 8.95E-05$

$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca}(\infty)$

$\beta_{as}(t) = 0.864665$

$\epsilon_{ca}(\infty) = 4.76E-05$

$\epsilon_{ca}(t) = 4.12E-05$



Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura.

7.9 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a $\Delta T = +15^\circ C$, con un variazione termica a aggiuntiva a farfalla pari a $\Delta T = +5^\circ C$ applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

7.10 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali dello scatolare sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.

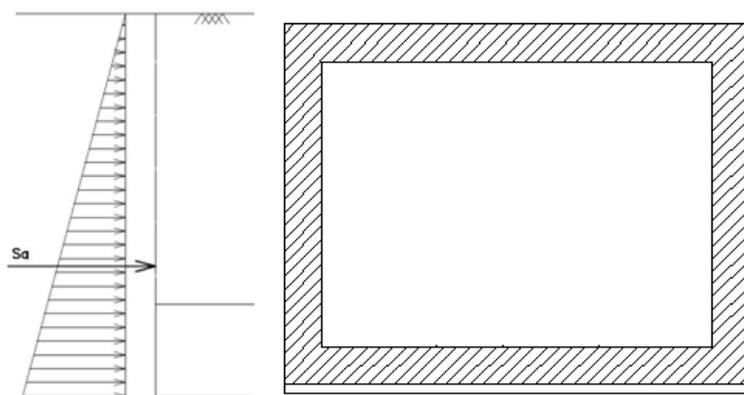


Fig. 2 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo k_0 .

7.11 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a $S=k_0 \cdot q \cdot H$, con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

Per altezza H si intende l'altezza effettiva del terrapieno che va dal piano di fondazione al profilo superiore del ballast.

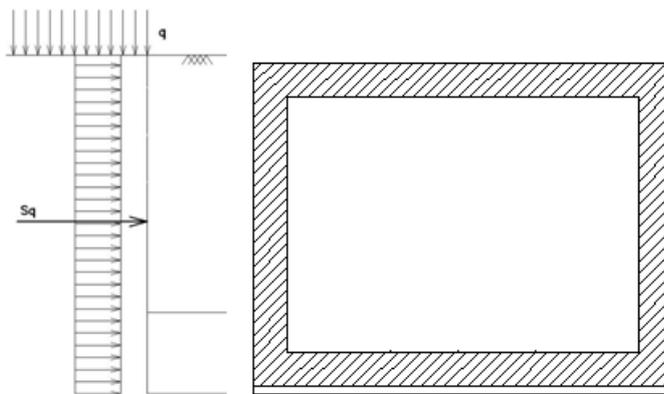


Fig. 3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

7.12 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad $H/2$.

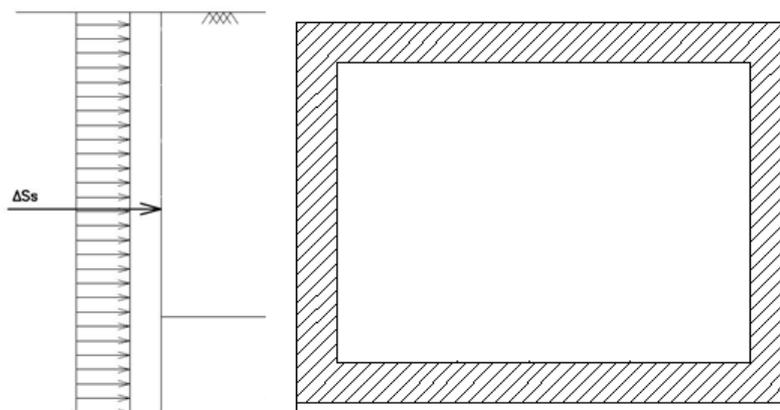


Fig. 4 – Schema per il calcolo degli effetti della sovrappinta sismica

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>Progetto Definitivo</p>					
<p>Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A</p>	<p>COMMESSA IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D78CL</p>	<p>DOCUMENTO MU 50A0 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 19 di 49</p>

8 COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 1 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 2 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

9 VERIFICHE SLU (GEO/STR)

Per le fondazioni superficiali, sono prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

- SLU di tipo strutturale (STR), relative a condizioni di:
 - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di:
 - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
 - Scorrimento sul piano di posa;
 - Ribaltamento;

Le verifiche sono svolte considerando il seguente approccio:

- Approccio 2:
 - A1 + M1 + R3

Tale approccio prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	c'	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_u	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

VERIFICA	Coefficiente parziale	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	γ_R	1,00	1,80	2,30

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Progetto Definitivo					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO MU 50A0 001	REV. A	FOGLIO 22 di 49

9.1 Verifiche strutturali

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nel documento RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

9.1.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

9.1.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM14/01/2008, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}, \text{ resistenza di}$$

calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere}$$

sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo sforzo di taglio che}$$

può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s è il passo delle staffe;

f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$ è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Progetto Definitivo					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO MU 50A0 001	REV. A	FOGLIO 24 di 49

9.1.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Rara, in ottemperanza a quanto prescritto in merito dal Manuale di Progettazione delle OO.CC.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Progetto Definitivo					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO MU 50A0 001	REV. A

9.2 Verifica geotecniche

Per il calcolo della capacità portante della fondazione si è fatto riferimento alla formula di Brinch-Hansen (1970), di seguito riportata:

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

$$F_s = q_{lim} / q_{es} \quad \text{con} \quad q_{es} = N / (B' \cdot L') \quad \text{pressione dovuta al carico verticale}$$

Si esplicitano nelle tabelle seguenti i vari parametri adottati nel calcolo della capacità portante in accordo alla teoria di Brinch-Hansen.

Verifica in condizioni drenate			
$q_{lim} = 0,5 \cdot \gamma_c \cdot B' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + q' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$			
fattori di capacità portante	N_c	$(N_c - 1) \cot \phi'$	
	N_q	$2(N_c + 1) \tan \phi'$	Veslo (1970)
	N_γ	$\tan^2 (45 + \phi'/2) e^{-m \tan \phi'}$	Piandoli (1921) Reissner (1924)
fattori correttivi	forma		
	s_c	$1 + 0,2 k_p (B'/L)$	Mejendorf (1963)
	s_q	$1 + 0,1 k_p (B'/L)$	"
	s_γ	$1 + 0,1 k_p (B'/L)$	"
	approfondimento		
	d_c	$d_c [(1 - d_c) / (N_c \tan \phi')]$	De Beere Ladanyi (1961)
	d_q	$1 + 2 (D/B) \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2$	Brinch-Hansen (1970) e Veslo (1973)
	d_γ	$1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \tan^m (D/B)$	"
	inclinazione carico		
	i_c	$i_c [(1 - i_c) / (N_c \tan \phi')]$	Veslo (1970)
	i_q	$[1 - (H / (N + B' L' \cdot c' \cot \phi'))]^{m+1}$	"
	i_γ	$[1 - (H / (N + B' L' \cdot c' \cot \phi'))]^m$	"
inclinazione fondazione			
b_c	$(1 - \alpha \tan \phi')^2$	Brinch-Hansen (1970)	
b_q	$(1 - \alpha \tan \phi')^2$	"	
b_γ	$b_\gamma [(1 - b_\gamma) / (N_c \tan \phi')]$	"	
inclinazione piano campagna			
g_c	$(1 - \tan \alpha)^2$	Brinch-Hansen (1970)	
g_q	$(1 - \tan \alpha)^2$	"	
g_γ	$g_\gamma [(1 - g_\gamma) / (N_c \tan \phi')]$	"	

Fig. 10 – Coefficienti per il calcolo della capacità portante della fondazione diretta in condizioni drenate



Fig. 11 – Schemi per il calcolo della capacità portante delle fondazioni dirette

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Progetto Definitivo					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO MU 50A0 001	REV. A	FOGLIO 26 di 49

10 ANALISI STRUTTURALE: SCATOLARE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del programma di calcolo Midas Gen, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Convenzione assi

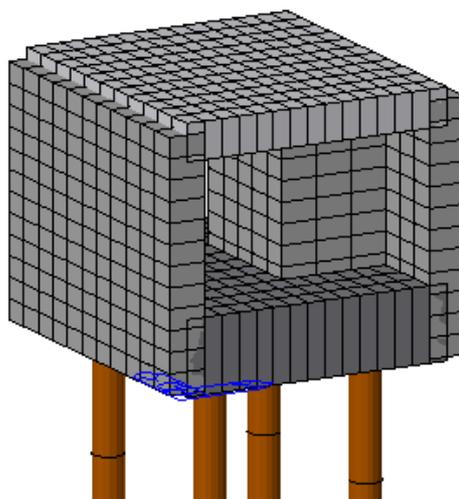
x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

10.1 Modellazione strutturale

Si riporta di seguito la figura relativa al modello di calcolo della struttura scatolare del marciapiede. Per simulare il comportamento della fondazione viene simulato facendo ricorso al modello di terreno alla Winkler. L'opera analizzata nella presente relazione è fondata su 4 micropali.



Si considerano solo i micropali nell'interazione con il terreno.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

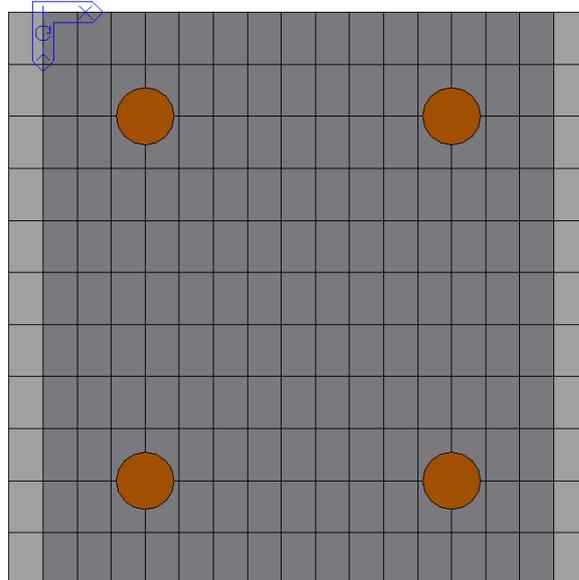
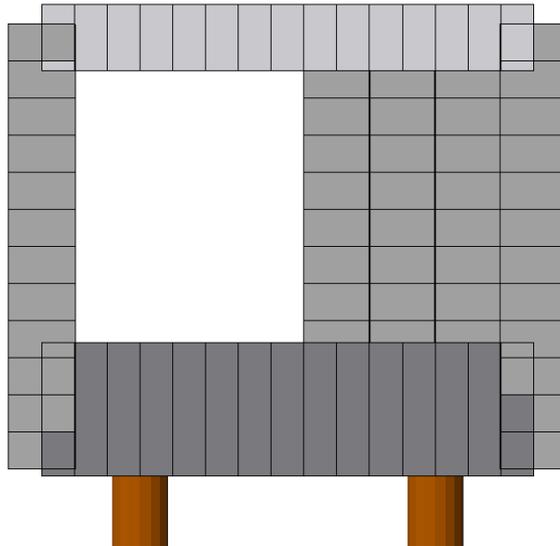
Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	27 di 49

Per la rigidezza delle molle verticali, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale K_w pari a 2400 kN/m^3 . La costante orizzontale è pari a $K_h = 0.5 K_w$. Per la definizione della costante di Winkler si è fatto riferimento alla tabella dei moduli di Winkler secondo Pozzati.

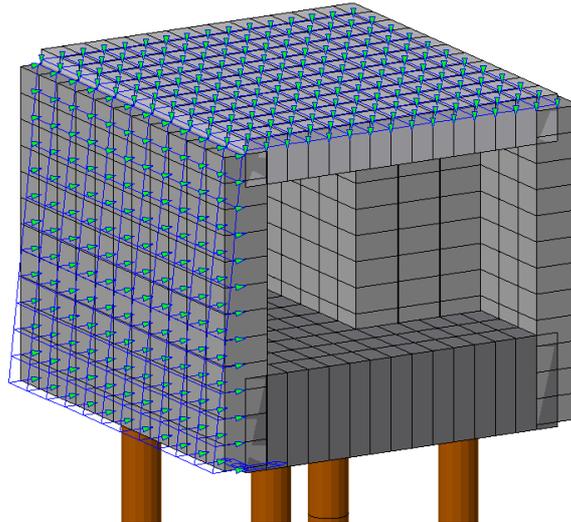
10.2 Analisi dei carichi

Geometria



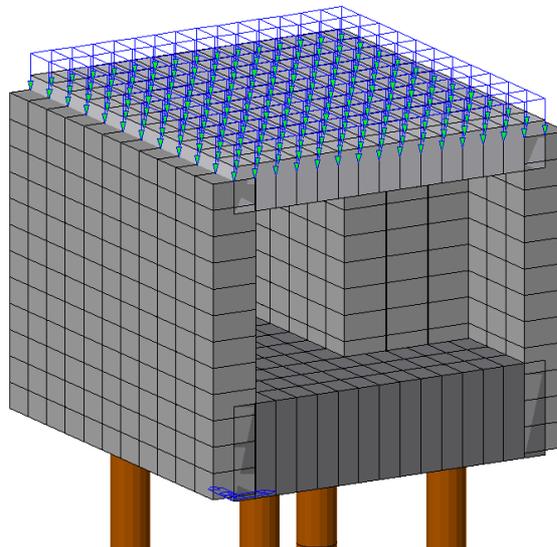
Azioni elementari applicate

Permanenti e Spinta delle terre: $4,3 \text{ kN/m}^2$ di carico permanente e spinta delle terre variabile da 2 kN/m^2 a 19 kN/m^2 ($\gamma \cdot H \cdot K_0 + P_0$) con $H = 1.6 \text{ m}$

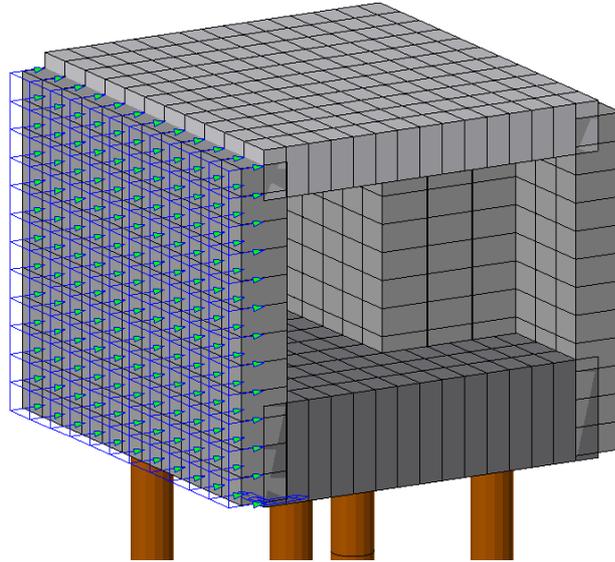


massimo.

Accidentali Marciapiede 10 kN/m^2

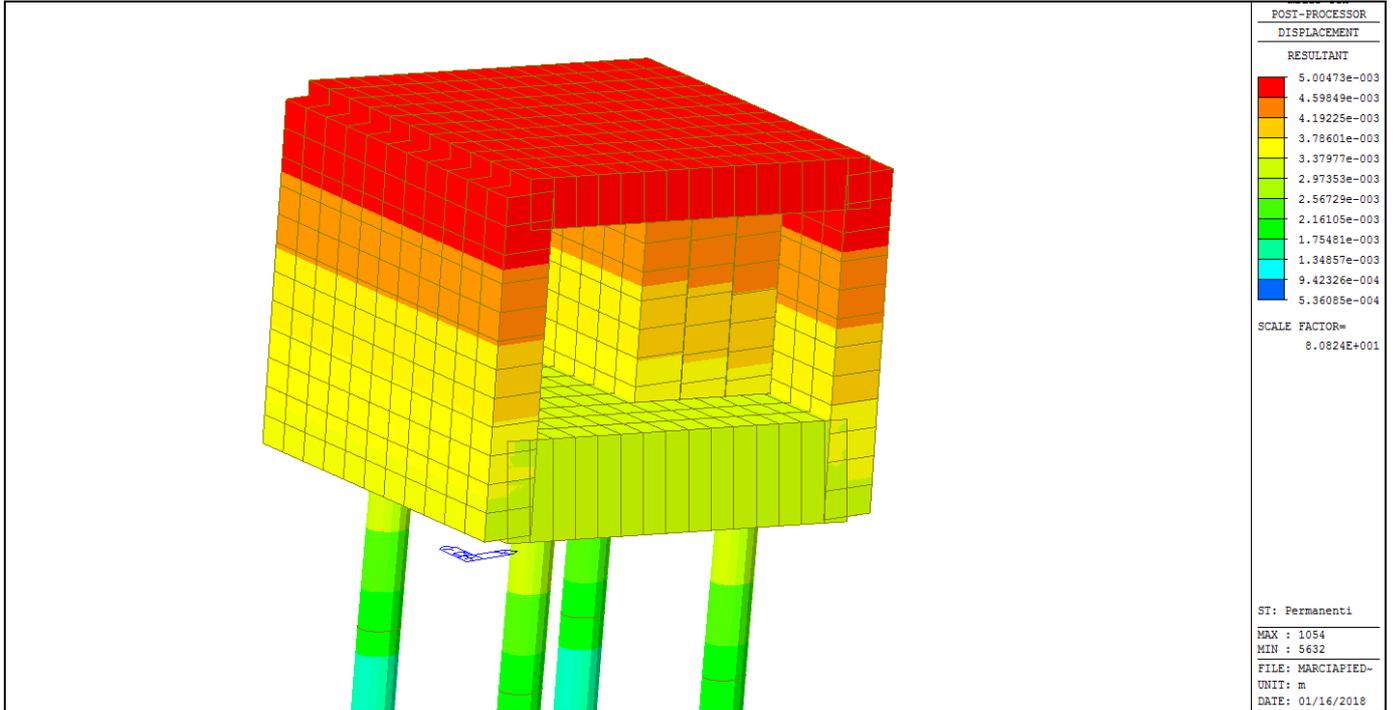


Spinta dovuta al sovraccarico accidentale $64.60 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.53 = 34.24 \text{ kN/m}^2$ (Carico Treno $\cdot K_0$).

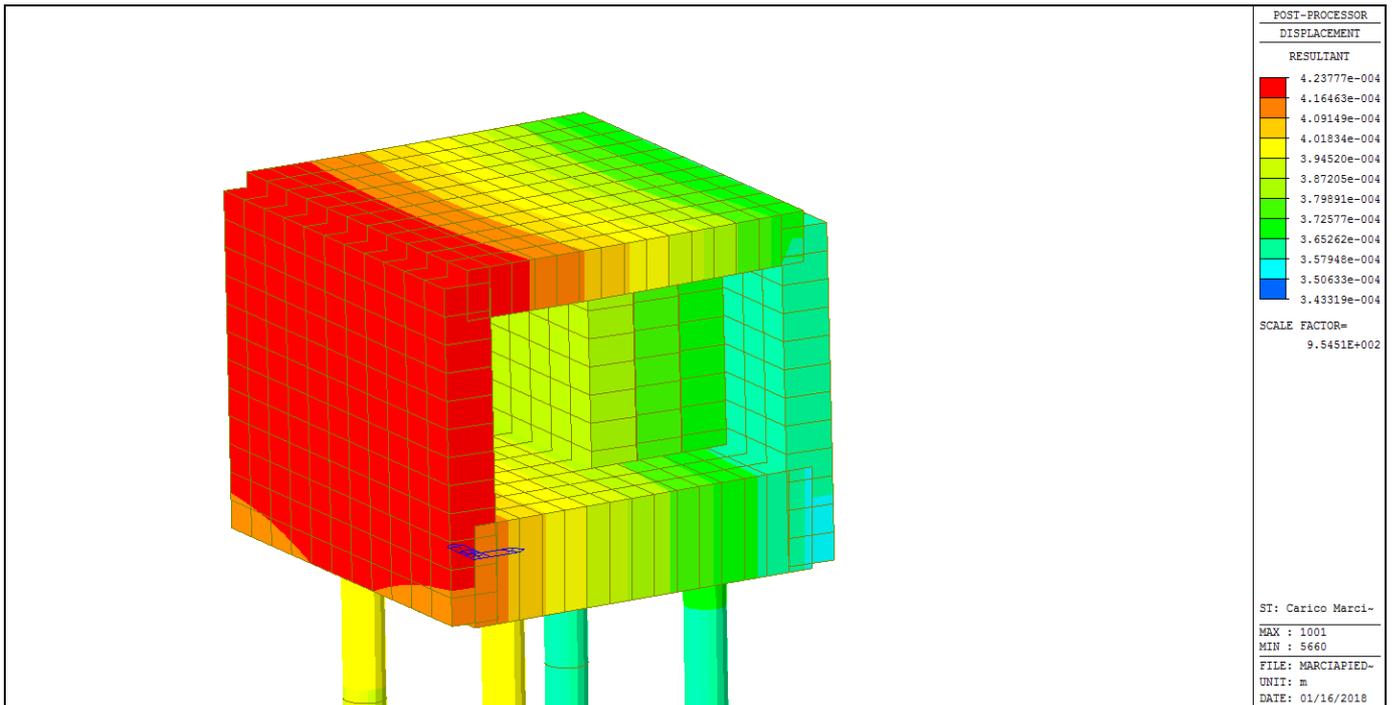


Deformate

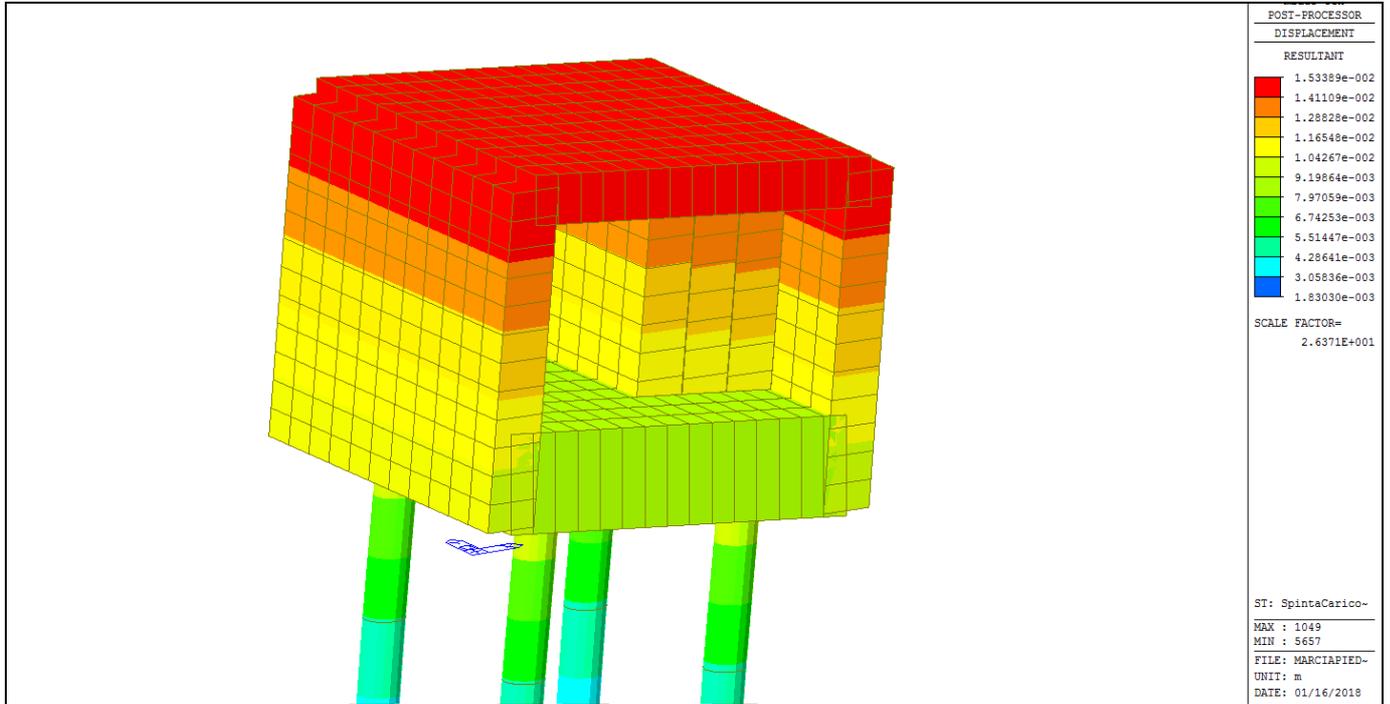
Permanenti e Spinta delle terre



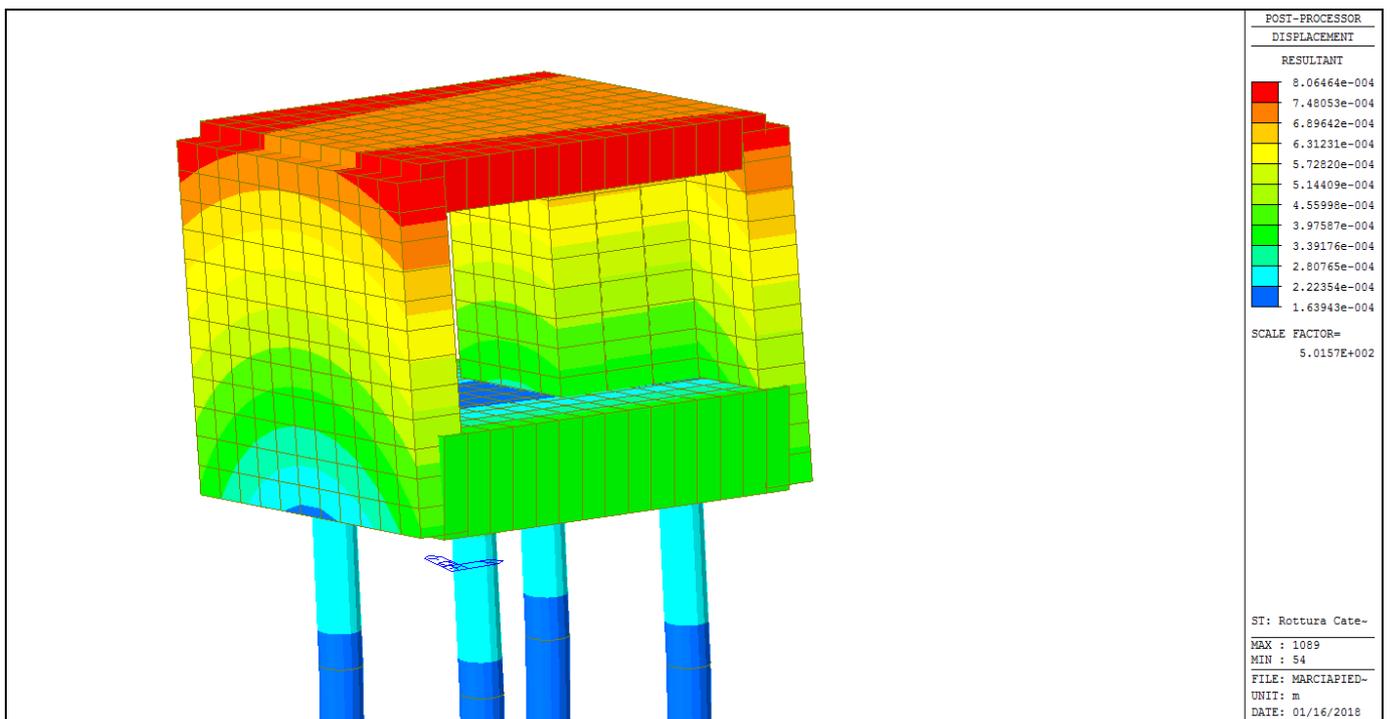
Accidentali Marciapiede



Spinta dovuta al sovraccarico accidentale



Rottura Catenaria



10.3 Combinazioni

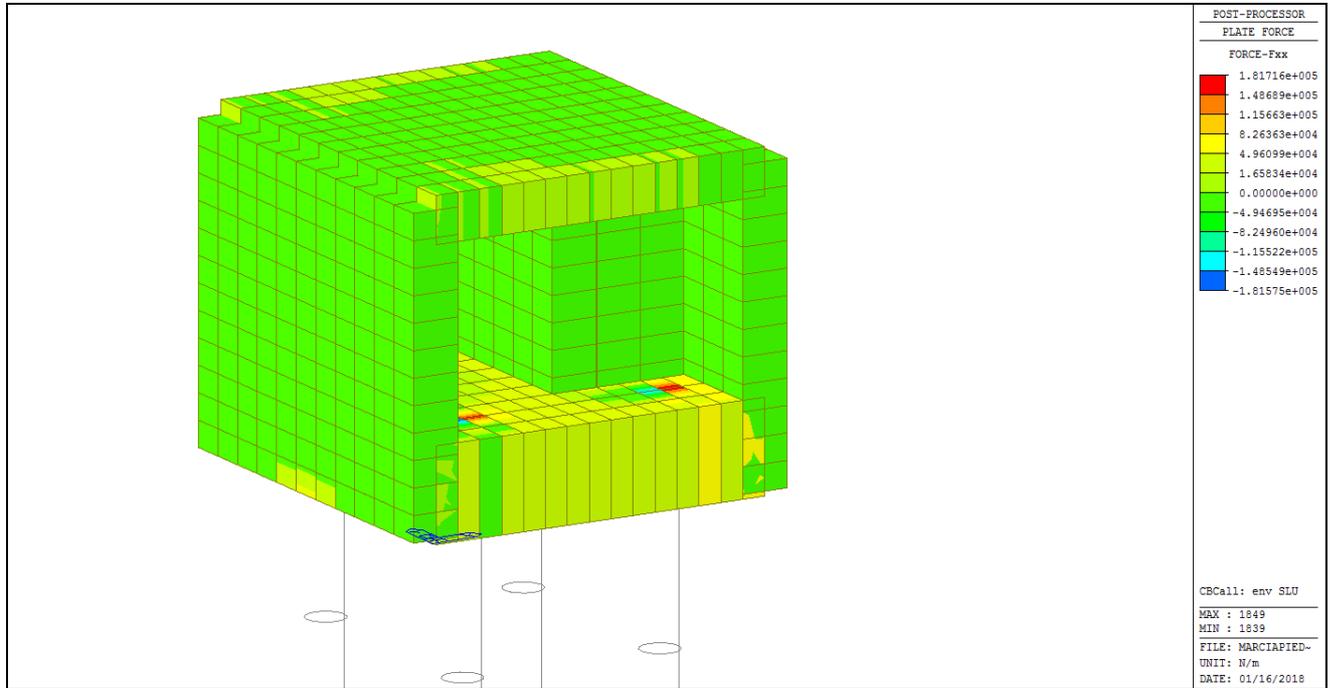
Nome	Peso Proprio (ST)	Permanenti (Pavimentazione e Palo TE) (ST)	Carico Marciapiedi (ST)	Sovraccarico Accidentale (ST)	Neve (ST)	Vento (ST)	Rottura della Catenaria (ST)	Delta T (ST)	Ritiro(ST)	Sisma X (ST)	Sisma Y (ST)
SLU01	1.3	1.3	1.5	1.05				0.72	1.2		
SLU02	1.3	1.3	1.05	1.5				0.72	1.2		
SLU03	1.3	1.3	1.5	1.05	0.75			0.72	1.2		
SLU04	1.3	1.3	1.05	1.5	0.75			0.72	1.2		
SLU05	1.3	1.3	1.05	1.05	1.5			0.72	1.2		
SLU06	1.3	1.3	1.5	1.05		0.9		0.72	1.2		
SLU07	1.3	1.3	1.05	1.5		0.9		0.72	1.2		
SLU08	1.3	1.3	1.05	1.05		1.5		0.72	1.2		
SLU09	1.3	1.3	1.5	1.05		-0.9		0.72	1.2		
SLU10	1.3	1.3	1.05	1.5		-0.9		0.72	1.2		
SLU11	1.3	1.3	1.05	1.05		-1.5		0.72	1.2		
SLU12	1.3	1.3	1.5	1.05	0.75	0.9		0.72	1.2		
SLU13	1.3	1.3	1.05	1.5	0.75	0.9		0.72	1.2		
SLU14	1.3	1.3	1.05	1.05	0.75	1.5		0.72	1.2		
SLU15	1.3	1.3	1.5	1.05	0.75	-0.9		0.72	1.2		
SLU16	1.3	1.3	1.05	1.5	0.75	-0.9		0.72	1.2		
SLU17	1.3	1.3	1.05	1.05	0.75	-1.5		0.72	1.2		
SLU18	1.3	1.3	1.05	1.05	1.5	0.9		0.72	1.2		
SLU19	1.3	1.3	1.05	1.05	1.5	-0.9		0.72	1.2		
SLU20	1	1	0.5	0.3		0	1	0.72	1.2		
SLU21	1	1	0.3	0.5		0	1	0.72	1.2		
SLU22	1	1	0.3	0.3		0.2	1	0.72	1.2		
SLU23	1	1	0.3	0.3		-0.2	1	0.72	1.2		
SLU24	1	1	0.5	0.3		0		0.72	1.2		
SLU25	1	1	0.3	0.5		0		0.72	1.2		
SLU26	1	1	0.3	0.3		0.2		0.72	1.2		
SLU27	1	1	0.3	0.3		-0.2		0.72	1.2		
SLU28	1.3	1.3	1.05	1.05				-1.2	1.2		
SLU29	1.3	1.3	1.05	1.05				1.2	1.2		
SLV01	1	1	0.3	0.3						1	
SLV02	1	1	0.3	0.3							1
SLErara01	1	1	1	0.7				0.6	1		
SLErara02	1	1	0.7	1				0.6	1		
SLErara03	1	1	1	0.7	0.5			0.6	1		
SLErara04	1	1	0.7	1	0.5			0.6	1		

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

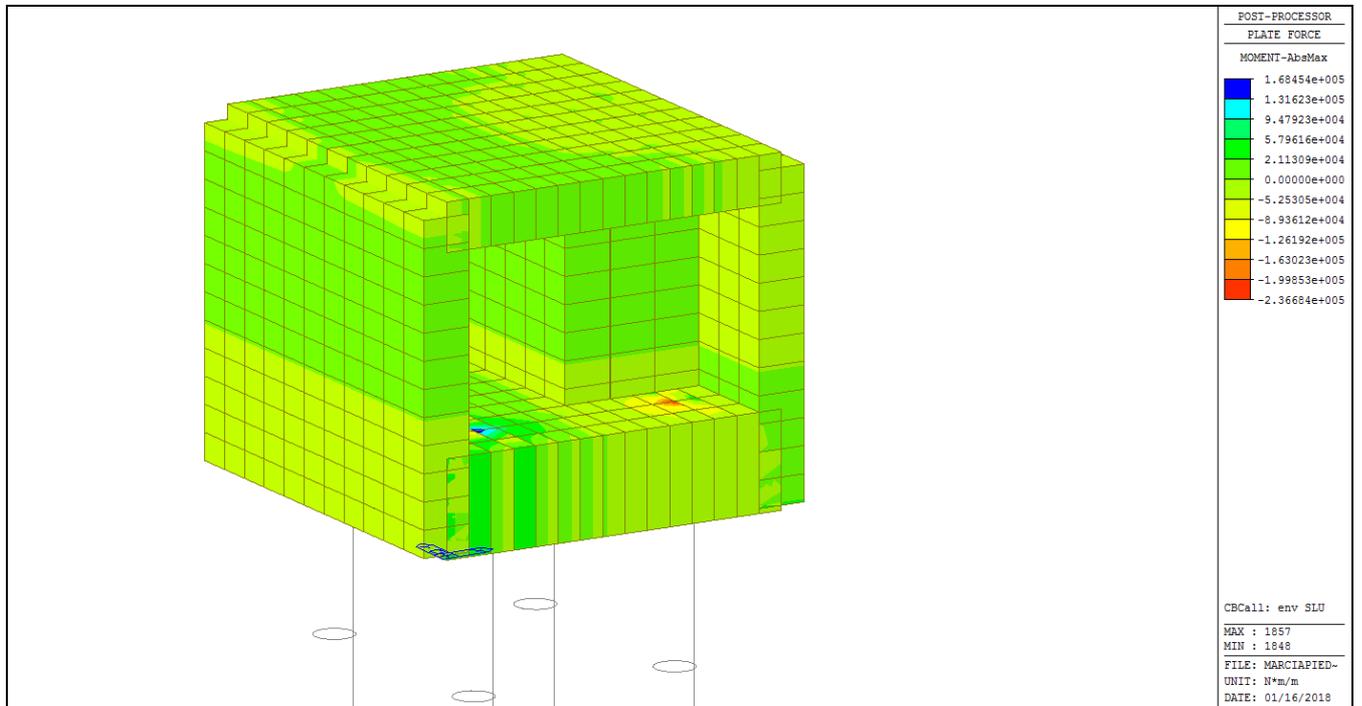
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	34 di 49

SLErara05	1	1	0.7	0.7	1		0.6	1		
SLErara06	1	1	1	0.7		0.6	0.6	1		
SLErara07	1	1	0.7	1		0.6	0.6	1		
SLErara08	1	1	1	0.7		-0.6	0.6	1		
SLErara09	1	1	0.7	1		-0.6	0.6	1		
SLErara10	1	1	0.7	0.7		1	0.6	1		
SLErara11	1	1	0.7	0.7		-1	0.6	1		
SLErara12	1	1	1	0.7	0.5	0.6	0.6	1		
SLErara13	1	1	0.7	1	0.5	0.6	0.6	1		
SLErara14	1	1	1	0.7	0.5	-0.6	0.6	1		
SLErara15	1	1	0.7	1	0.5	-0.6	0.5	1		
SLErara16	1	1	0.7	0.7	0.5	1	0.5	1		
SLErara17	1	1	0.7	0.7	0.5	-1	0.5	1		
SLErara18	1	1	0.7	0.7	1	0.6	0.5	1		
SLErara19	1	1	0.7	0.7	1	-0.6	0.5	1		
SLEfreq01	1	1	0.5	0.3			0.5	1		
SLEfreq02	1	1	0.3	0.5			0.5	1		
SLEfreq03	1	1	0.5	0.3	0		0.5	1		
SLEfreq04	1	1	0.3	0.5	0		0.5	1		
SLEfreq05	1	1	0.3	0.3	0.2		0.5	1		
SLEfreq06	1	1	0.5	0.3		0	0.5	1		
SLEfreq07	1	1	0.3	0.5		0	0.5	1		
SLEfreq08	1	1	0.3	0.3		0.2	0.5	1		
SLEfreq09	1	1	0.3	0.3		-0.2	0.5	1		
SLEfreq10	1	1	0.5	0.3	0	0	0.5	1		
SLEfreq11	1	1	0.3	0.5	0	0	0.5	1		
SLEfreq12	1	1	0.3	0.3	0	0.2	0.5	1		
SLEfreq13	1	1	0.3	0.3	0	-0.2	0.5	1		
SLEfreq14	1	1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.5	1		
SLEfreq15	1	1	0.3	0.3	0.2	-0.2	0.5	1		
SLEqperm01	1	1	0.3	0.3			0.5	1		
SLEqperm02	1	1	0.3	0.3	0		0.5	1		
SLEqperm03	1	1	0.3	0.3		0	0.5	1		
SLEqperm04	1	1	0.3	0.3	0	0	0.5	1		

10.4 Sollecitazioni



Sforzo Normale – Involuppo SLU



Momento flettente – Involuppo SLU

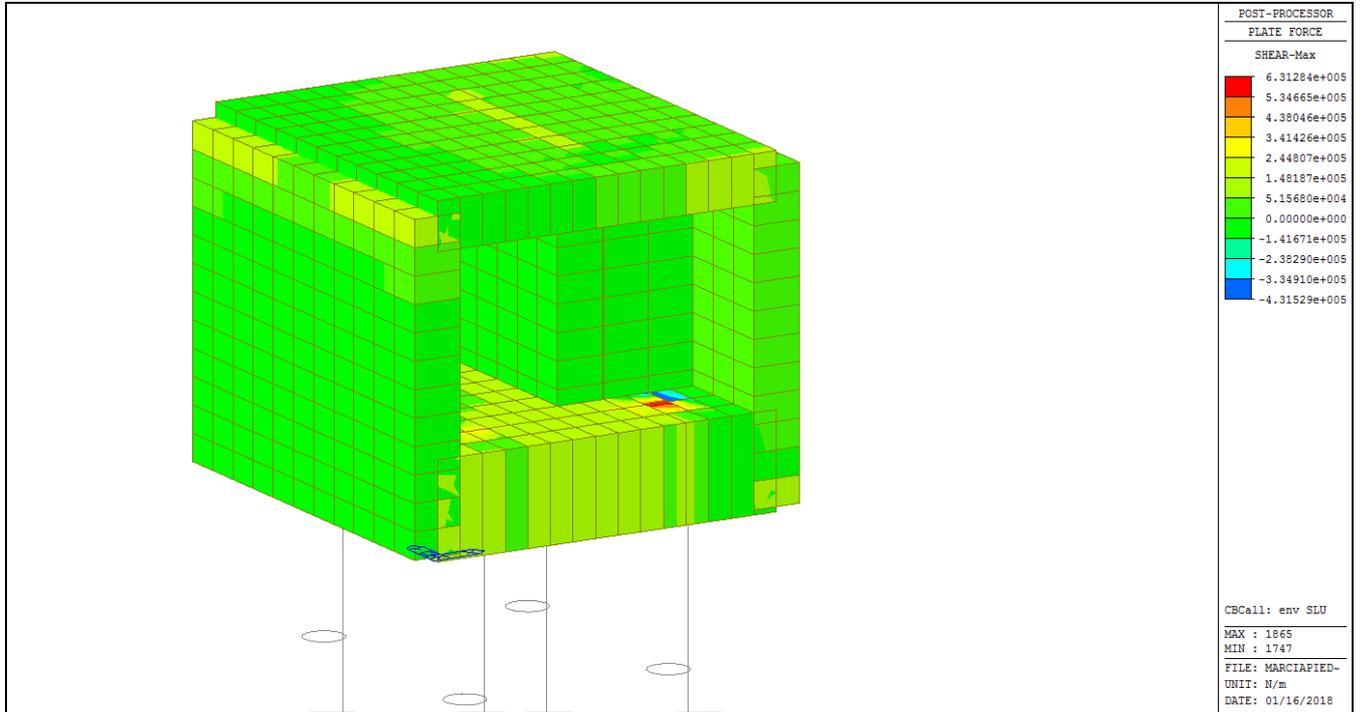


Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

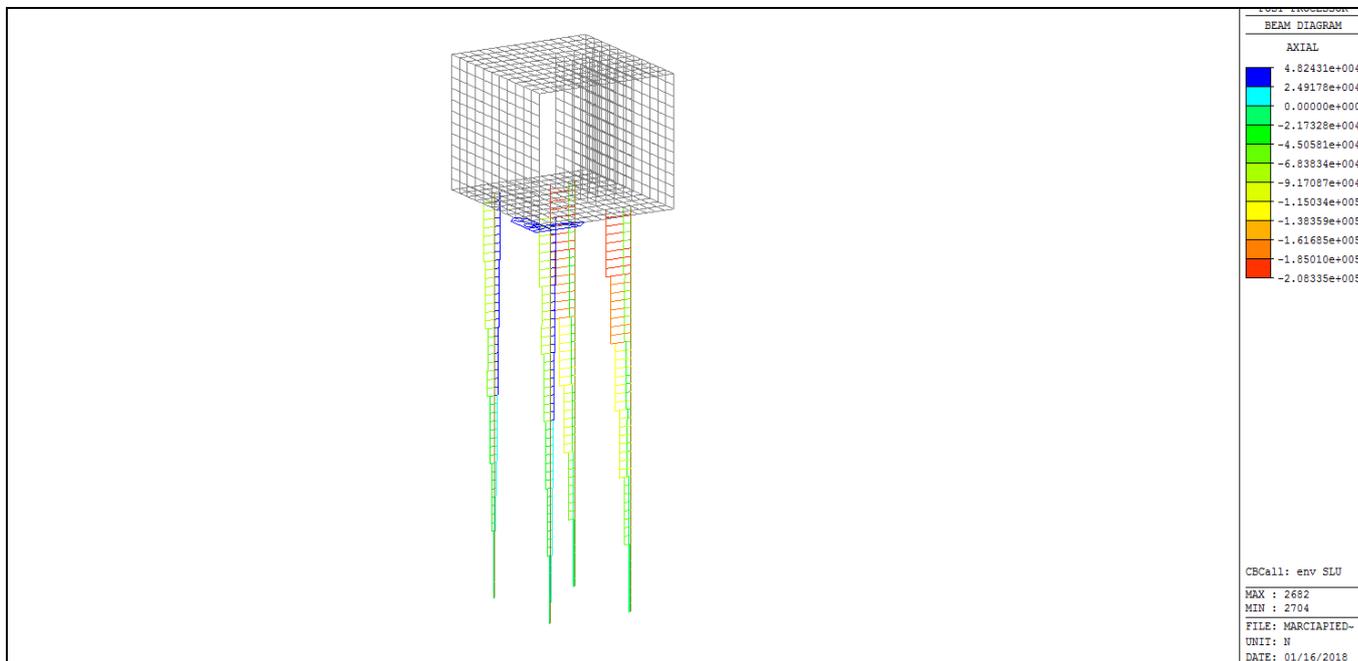
Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

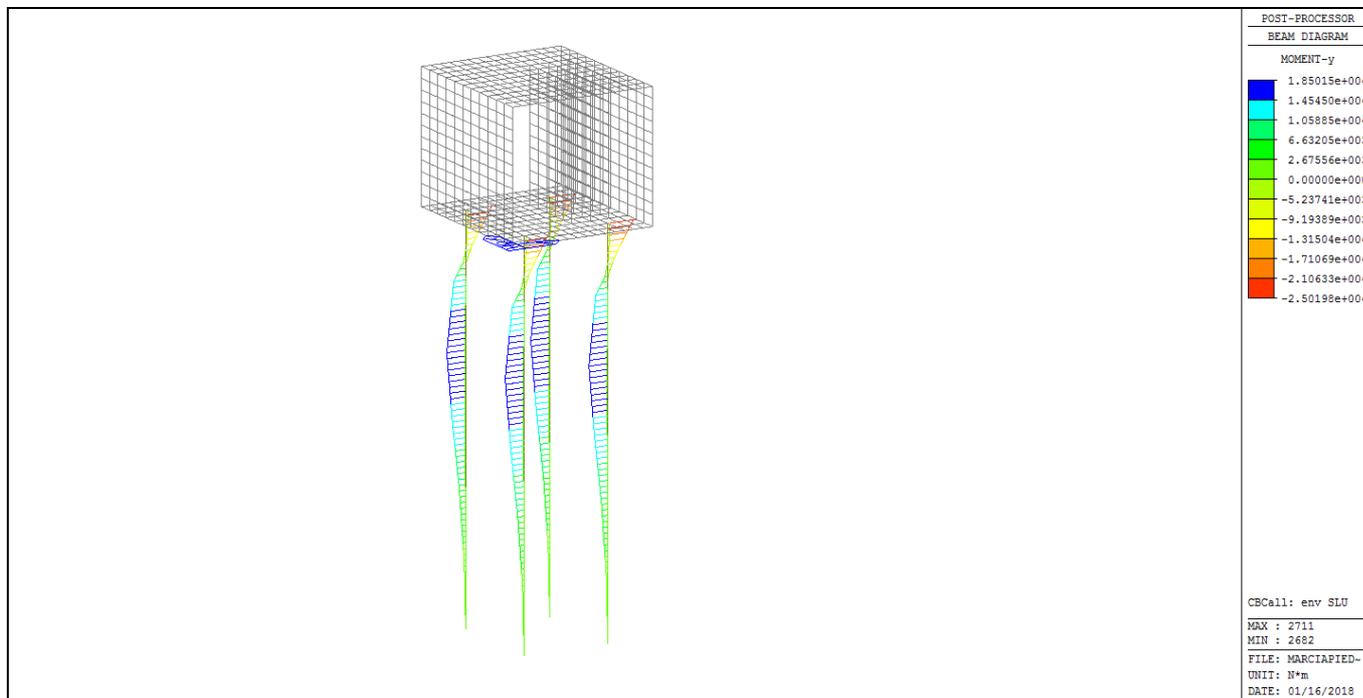
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	36 di 49



Taglio – Involuppo SLU



Sforzo Normale Micropali – Inviluppo SLU



Momento flettente Micropali – Inviluppo SLU

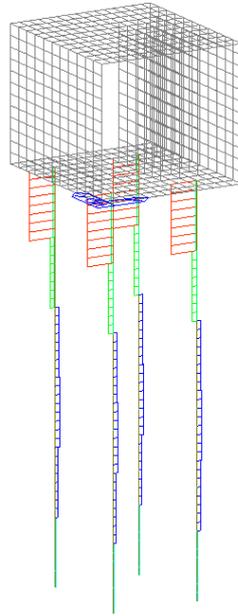


Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	38 di 49



POST-PROCESSOR	
BEAM DIAGRAM	
SHEAR-z	
6.99439e+003	
3.00640e+003	
0.00000e+000	
-4.96960e+003	
-8.95760e+003	
-1.29456e+004	
-1.69336e+004	
-2.09216e+004	
-2.49096e+004	
-2.88976e+004	
-3.28856e+004	
-3.68736e+004	

CBCall: env SLU
MAX : 2713
MIN : 2682
FILE: MARCIAPIED-
UNIT: N
DATE: 01/16/2018

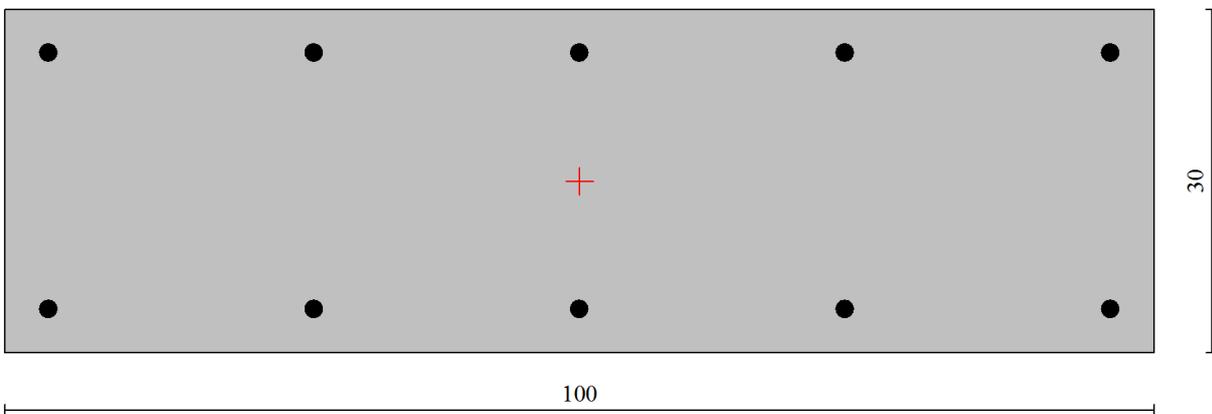
Taglio Micropali – Involuppo SLU

10.5 Verifiche strutturali

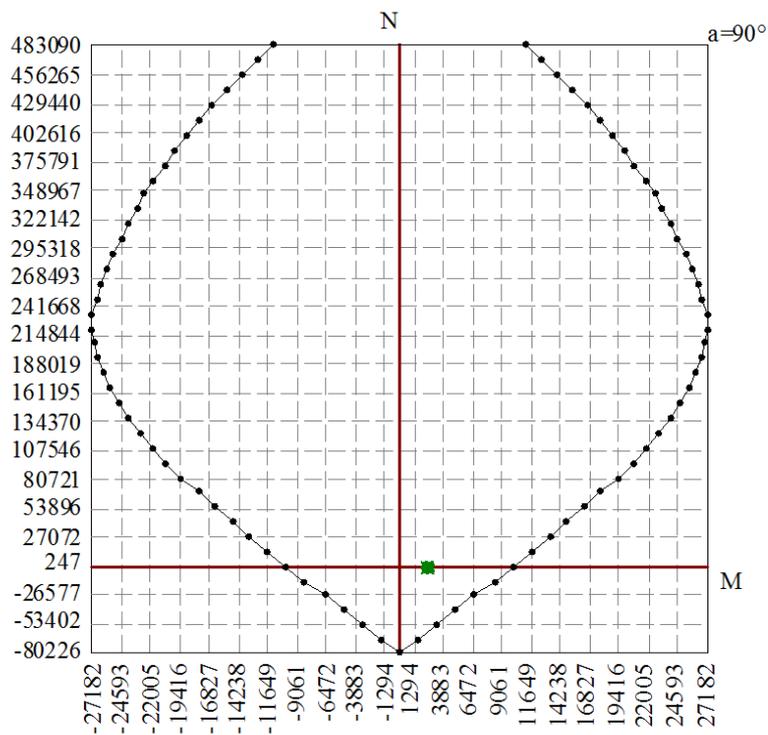
10.5.1 Verifica piedritti

Sezione: 30 x 100 cm

Armatura 1 +1 $\Phi 16$ /20



Dominio M-N





Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	40 di 49

Verifica a Taglio

Verifica soddisfatta

Verifiche taglio

Taglio agente : T = 5364.00 kg

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

VRd = --

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

VRcd = 70327.39 kg

VRsd = 12184.37 kg

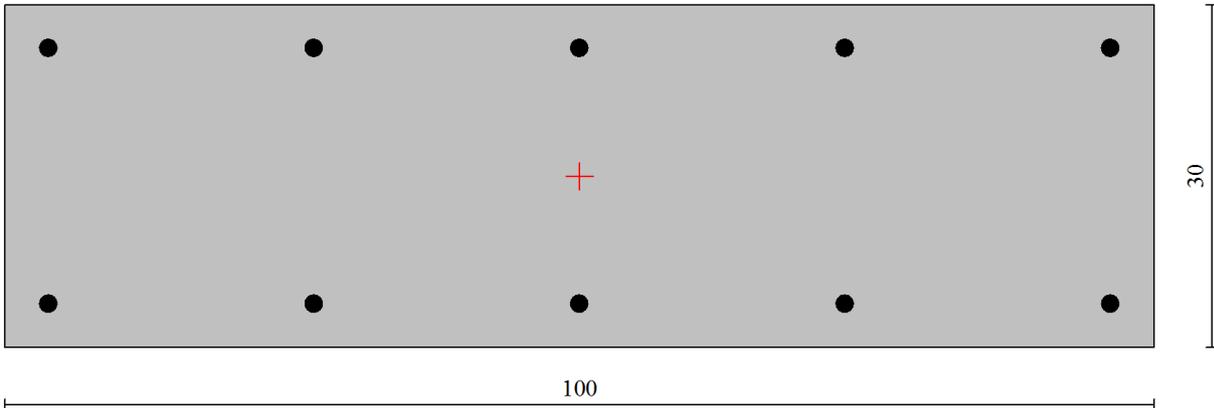
Armatura : Staffe a 2 bracci ϕ 8/20 cm

Spille Φ 8 40/20

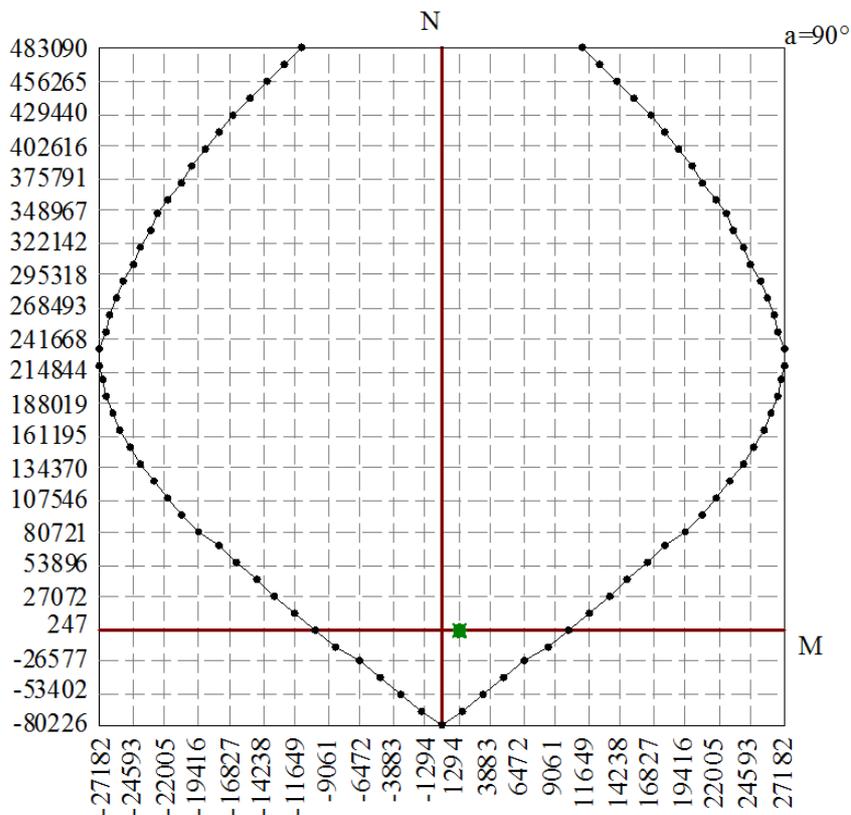
10.5.2 Verifica soletta superiore

Sezione: 30 x 100 cm

Armatura 1 +1 $\Phi 16 / 20$



Dominio M-N





Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	42 di 49

Verifica a Taglio

Verifica soddisfatta

Verifiche taglio

Taglio agente : T = 4116.00 kg

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

VRd = --

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

VRcd = 70327.39 kg

VRsd = 12184.37 kg

Armatura : Staffe a 2 bracci ϕ 8/20 cm

Spille Φ 8 40/20



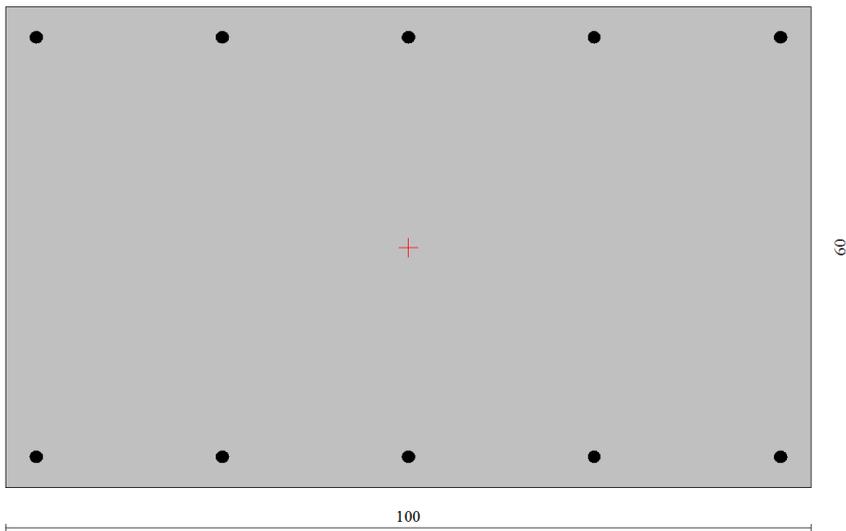
Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale
Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	43 di 49

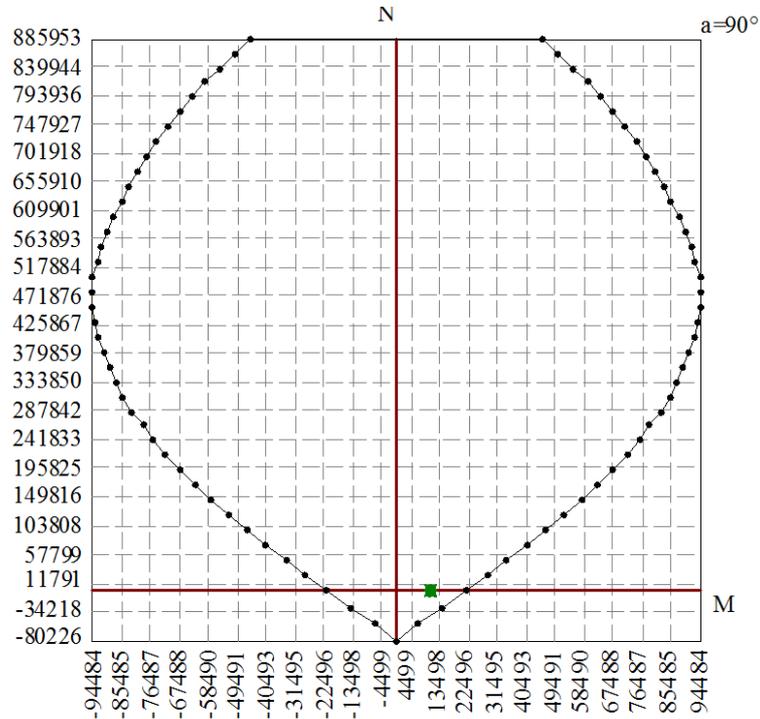
10.5.3 Verifica soletta inferiore

Sezione: 60 x 100 cm

Armatura 1 +1 $\Phi 16$ /20



Dominio M-N





Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	44 di 49

Verifica a Taglio

Verifica soddisfatta

Verifiche taglio

Taglio agente : $T = 24481.00$ kg

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$VRd = -$

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

$VRcd = 148468.94$ kg

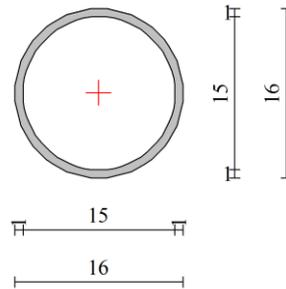
$VRsd = 25722.57$ kg

Armatura : Staffe a 2 bracci ϕ 8/20 cm

Spille $\Phi 8$ 40/20

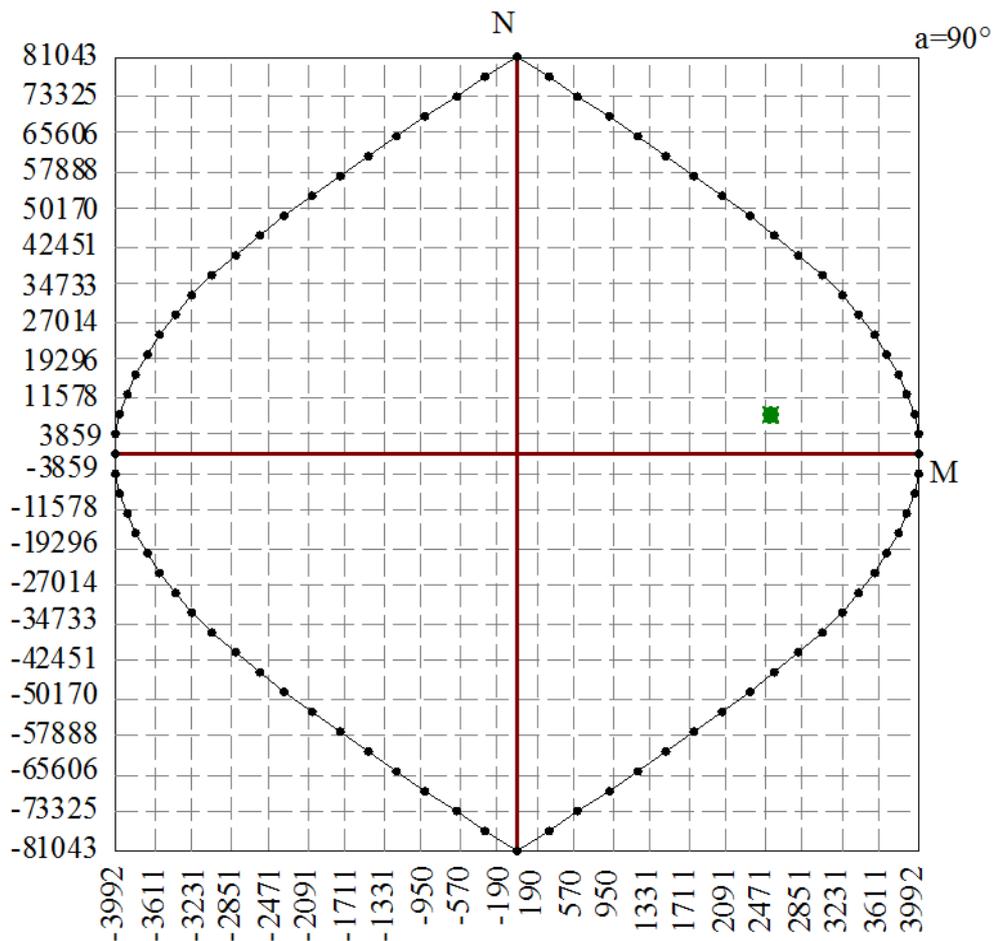
10.5.4 Verifica armatura micropalo

Sezione: 25cm - 168,3 x 8 mm acciaio S275



Dominio M-N

Diagramma M - N



10.6 Verifiche geotecniche

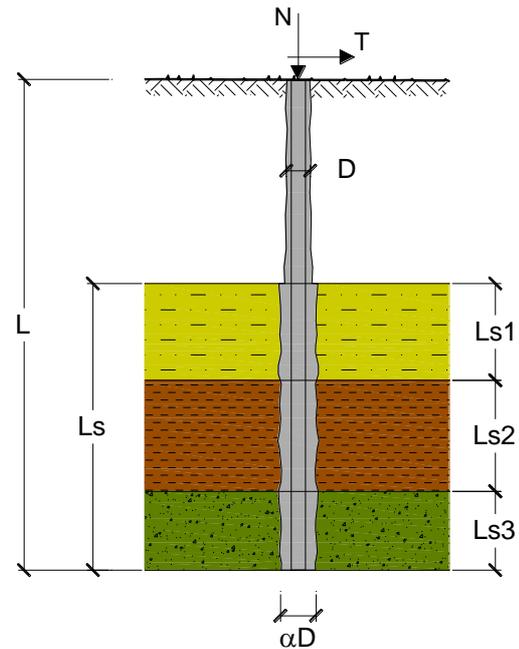
10.6.1 Verifica capacità portante micropalo

OPERA: Marciapiede Tipo 2

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	138.00	70.00	208.00
T (kN)	24.00	12.00	36.00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_s	$\gamma_{s \text{ traz}}$
			γ_G	γ_Q		
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88			1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			1.10	1.20	1.30	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	DM88	prog.
ζ_s	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ζ_t	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.25 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 9.00 (m)

Armatura:

IPE
 INP
 HEA
 HEB
 HEM
 Tubi
 ALTRO

IPE 180 INP 160 HEA 300 HEB 160 HEM 200 ø168,3 x 8,0

ø168,3 x 8,0

Area dell'armatura (A_{arm}): 4029 (mm²)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J_{arm}): 1.297E+07 (mm⁴)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W_{arm}): 154'162 (mm³)

Tipo di acciaio S 275 (Fe 430)

Tensione di snervamento dell'acciaio (f_y): 275 (N/mm²)

Coefficiente Parziale Acciaio γ_M: 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ_{lim}): 262 (N/mm²)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E_{arm}): 210'000 (N/mm²)

Coefficiente di Reazione Laterale:

Coeff. di Winkler (k): 24.0 (MN/m³)

CAPACITA' PORTANTE ESTERNA

Capacità portante di fusto

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore Is _i (m)	α (-)	Ds _i = α * D (m)	S _i media (MPa)	S _i minima (MPa)	S _i calcolo (MPa)	Qsi (kN)
sabbie fini limose	9.00	1.40	0.35	0.150	0.150	0.077	759.29
	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	48 di 49

$$Ls = 9.00 \quad (m)$$

$$Ql = 759.29 \quad (kN)$$

Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta \cdot Ql$$

(consigliato 10-15%)

$$\% Punta = 15\%$$

$$Qp = 113.89 \quad (kN)$$

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Qlim = Qb + Ql$$

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$$Qlim = 873.18 \quad (kN)$$

$$Fs = 4.20$$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. (β) ($\beta = k \cdot D_{arm}$): $4.04 \quad (N/mm^2)$

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0.5}$$

$$\eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$$Pk = 6634.42 \quad (MN)$$

$$\eta = 31.90$$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):
(Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$$b = 0.861 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 20.90 \quad (kN m)$$

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 275 (Fe 430)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$$\sigma_{max} = 187.17 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{min} = -83.92 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 17.87 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{id} = 189.72 \quad (N/mm^2) \quad \text{verifica soddisfatta}$$



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Progetto Definitivo

Relazione di calcolo marciapiedi FFP -Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D78CL	MU 50A0 001	A	49 di 49

11 CONCLUSIONI

Con la presente relazione si è proceduto al progetto e alla verifica della tipologia di marciapiede FFP Tipo A. Le verifiche strutturali e geotecniche rispettano le indicazioni delle Normative tecniche di riferimento.