

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO ELABORATI GENERALI

SEZIONI TIPO FERROVIARIE

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

SCALA:

-

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

RS2S 00 D 78 CL IF0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Ingletti	Dic. 2017	L. Fanelli E. Laconis	Dic. 2017	P. Carlesimo	Dic. 2017	D. Tiberti Dic. 2017

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane
Dipartimento Infrastrutture Sud
Ufficio Infrastrutture Sud
Prof. Ing. Dario Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876



LINEA CATANIA - PALERMO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	2 di 58

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	9
6.1	PROFONDITÀ DELLA FALDA.....	10
7	ANALISI DEI CARICHI	11
7.1	PESI PROPRI	11
7.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI	11
7.3	PERMANENTI LINEA TE	11
7.4	BARRIERA ANTIRUMORE.....	12
7.5	DETERMINAZIONE DELLE LARGHEZZE DI DIFFUSIONE DEI CARICHI MOBILI:.....	13
7.6	AZIONE DEL VENTO SULLA BARRIERA ANTIRUMORE	15
7.7	CARICO DELLA NEVE	18
7.8	CARICO AERODINAMICO	19
7.9	AZIONE ECCEZIONALE DI ROTTURA DELLA CATENARIA.....	20
7.10	AZIONE DEL SISMA.....	21
7.11	RITIRO DEL CALCESTRUZZO.....	24
7.12	VARIAZIONE TERMICA	25
7.13	SPINTA STATICA DEL TERRENO	25
7.14	SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE	26
7.15	SOVRASPINTA SISMICA	26
8	COMBINAZIONE DEI CARICHI	27



LINEA CATANIA - PALERMO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	3 di 58

9	VERIFICHE SLU (GEO/STR)	29
9.1	VERIFICHE STRUTTURALI	30
9.1.1	Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione	30
9.1.2	Verifica agli stati limite ultimi a taglio	30
9.1.3	Verifica agli stati limite d'esercizio	32
9.2	VERIFICA GEOTECNICHE	33
10	ANALISI STRUTTURALE: SCATOLARE	34
10.1	MODELLAZIONE STRUTTURALE	34
10.2	ANALISI DEI CARICHI	36
10.3	COMBINAZIONI	42
10.4	SOLLECITAZIONI	44
10.5	VERIFICHE STRUTTURALI	48
10.5.1	Verifica piedritti	48
10.5.2	Verifica soletta superiore	50
10.5.3	Verifica soletta inferiore	52
10.5.4	Verifica armatura micropalo	54
10.6	VERIFICHE GEOTECNICHE	55
10.6.1	Verifica capacità portante micropalo	55
11	RIEPILOGO ARMATURE	58
12	CONCLUSIONI	58

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva della linea Messina - Catania nella tratta Giampileri-Fiumefreddo.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "MARCIAPIEDI", in particolare sono marciapiedi adibiti a via di fuga della galleria naturale.

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 del marciapiede lungo linea di tipo 1.

Si riporta, di seguito, la sezione trasversale tipica della struttura.

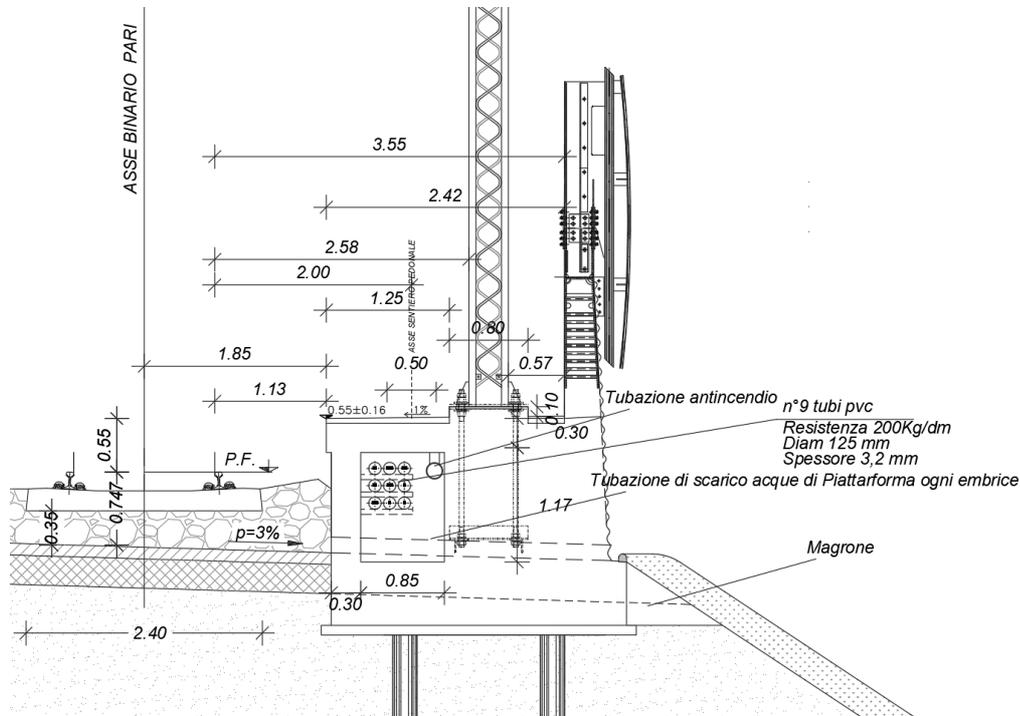


Fig. 1 – Sezione Marciapiede Tipo 1

I mcropali hanno interasse longitudinale 160 cm, perforazione $\Phi 250$ ed $l=6m$, con armatura tubolare $\Phi 168^3 \times 8$.

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

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. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009,n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- 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.”.

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni F.S. delle quali si è tenuto conto.

- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Parte I
- RFI DTC SI AG MA IFS 001 A Parte II sezione 1
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Parte II sezione 2
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A Parte II sezione 3
- RFI DTC SI GA MA IFS 001 A Parte II sezione 4
- RFI DTC SI CS MA IFS 002 A Parte II sezione 5
- RFI DTC SI CS MA IFS 003 A Parte II sezione 6
- RFI 00C IF SP CO0101 001 A Capitolato Costruzioni Opere Civili

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)	$\sim 9.81 \text{ m/s}^2$

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_{cfm}	=	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

Acciaio per carpenteria metallica (Micropali)

Acciaio **S275**

f_{tk}	≥	430 MPa	tensione caratteristica di rottura
f_{yk}	≥	275 MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15	coefficiente del materiale
f_{yd}	≥	239.13 MPa	tensione caratteristica di snervamento di calcolo
E_s	=	206000 MPa	Modulo elastico



LINEA CATANIA - PALERMO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

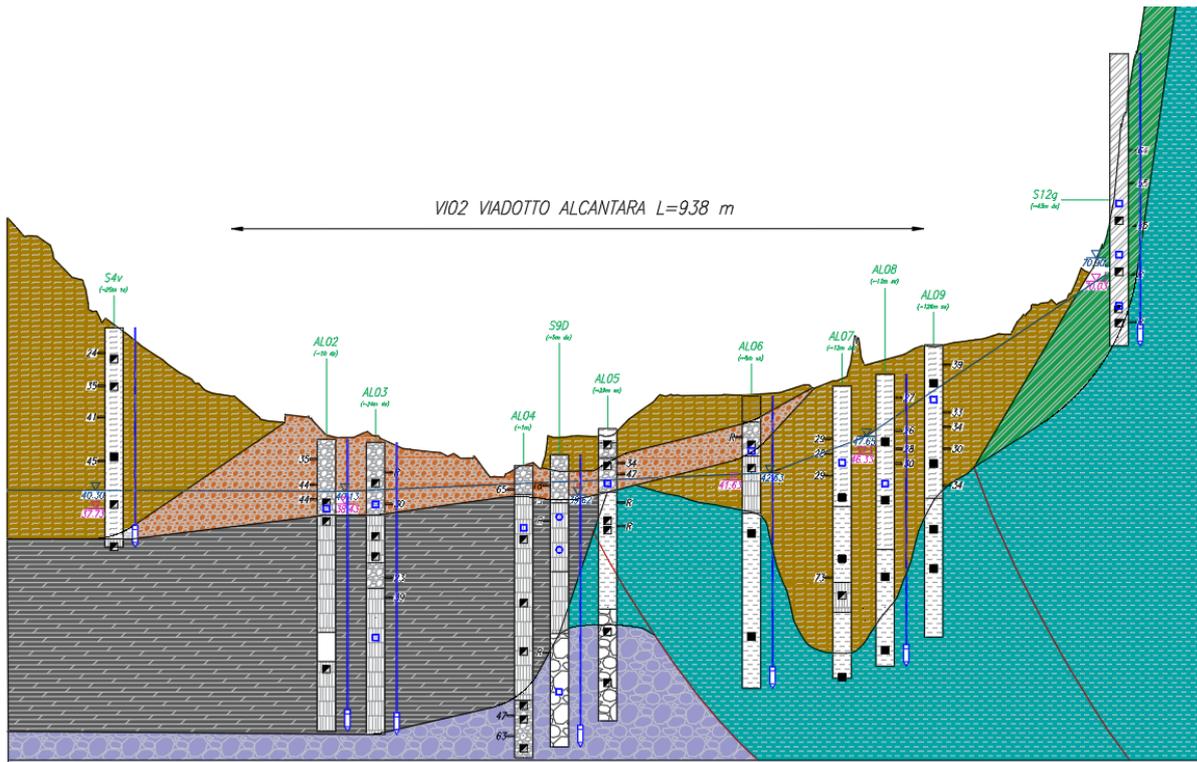
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	8 di 58

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.

Cmin	Co	ambiente	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	
			C \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \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

6 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

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



Riepilogo dei parametri caratteristici:

- sabbie fini limose e/o limo argillose con sporadica presenza di ghiaie eterogenee:
- Coesione efficace $c' = 0$
- 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 $\gamma_{nat} \cong 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A	FOGLIO 10 di 58

Si è fatto riferimento ai seguenti elaborati specialistici:

- RS2S 01 D 78 W9 OC0005 00N A – Sezioni Geotecniche. Tav. 1-5 di 5
- RS2S 01 D 78 F6 OC0005 00N A – Profilo Longitudinale Geotecnico. Tav. 1-5 di 5
- RS2S 01 D 78 RH OC0005 00N A – Relazione Geotecnica Generale 1-3 di 3

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.

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

7 ANALISI DEI CARICHI

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

7.1 Pesi propri

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

- Soletta di fondazione;
- Piedritti;
- Soletta di copertura.
- Peso del piedritto di supporto della barriera antirumore

7.2 Permanenti non strutturali

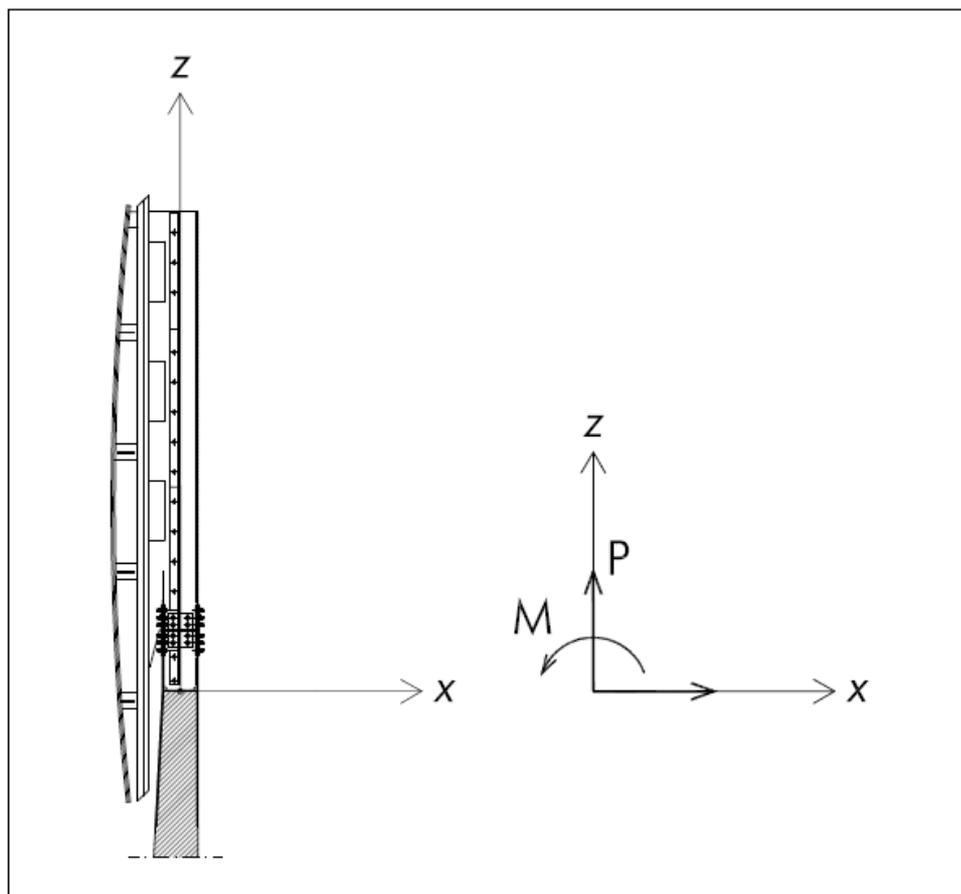
Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

- 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 Barriera antirumore



	P [kN]	M [kN*m]	x_G [mm]	z_G [mm]
DEAD	-4,16	0,61	-146	1.844
P100	-12,00	-0,66	55	2.000
P50	-6,00	-0,33	55	2.000

DEAD: peso proprio montanti

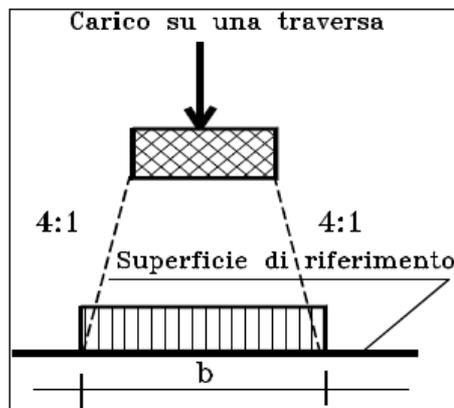
P100: peso pannelli bagnati

P50: peso pannelli asciutti

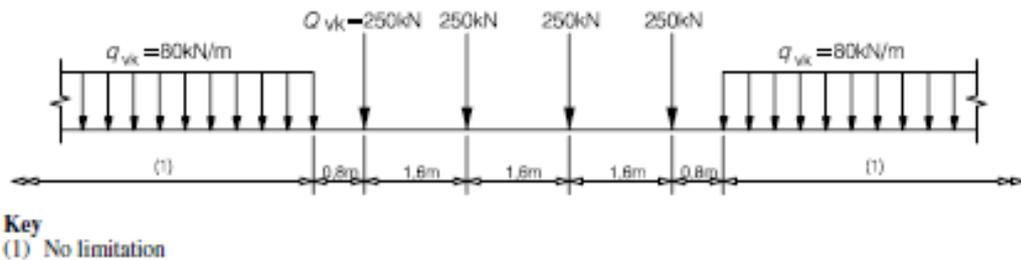
7.5 Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:

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:

$$\begin{aligned} h_{\text{Ballast+armamento}} &= 0.70 \text{ m} \\ h_{\text{ricovero}} &= 0.20 \text{ m} \\ h_{\text{soletta}} &= 0.30 \text{ m} \end{aligned}$$



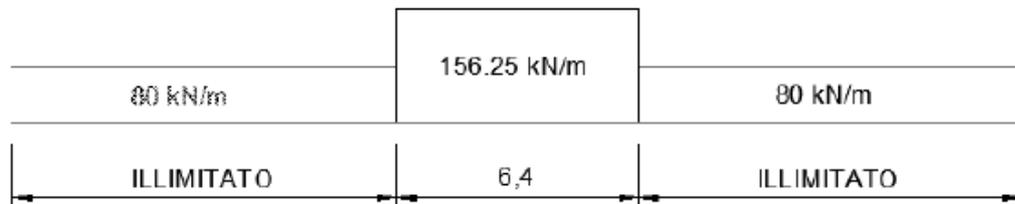
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



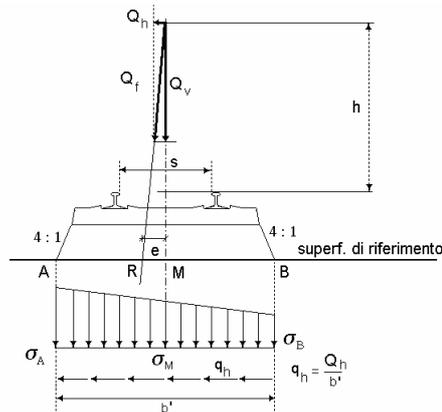
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

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:

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



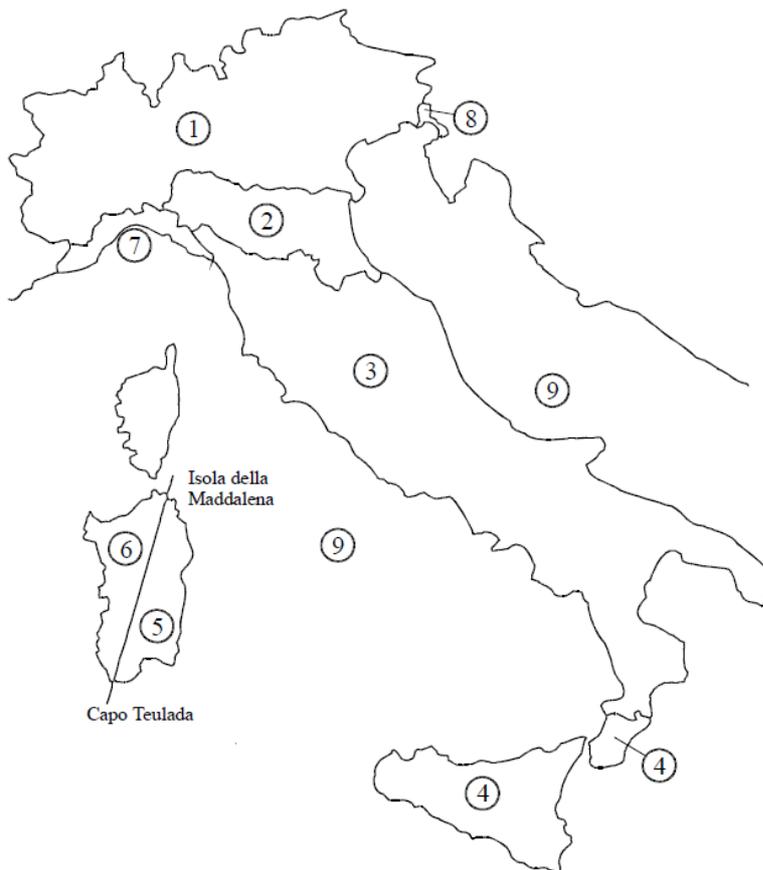
Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



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

7.6 Azione del vento sulla barriera antirumore

Si calcola la pressione del vento che sarà esercitata sulla superficie della barriera antirumore (d x h)



ZONA **4** **a_s** = **500** [m]

$$v_{b,0} = 28 \quad [\text{m/s}]$$

$$v_b = 28 \quad [\text{m/s}]$$

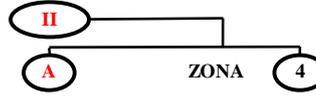
$$a_0 = 500 \quad [\text{m}]$$

$$k_a = 0.020 \quad [1/\text{s}]$$

$$\rho = 1.25 \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$q_b = \frac{490.719}{4} \quad [\text{N/m}^2]$$

Categoria di Esposizione del Sito



Classe di Rugosità del Terreno

$k_r = 0.19$

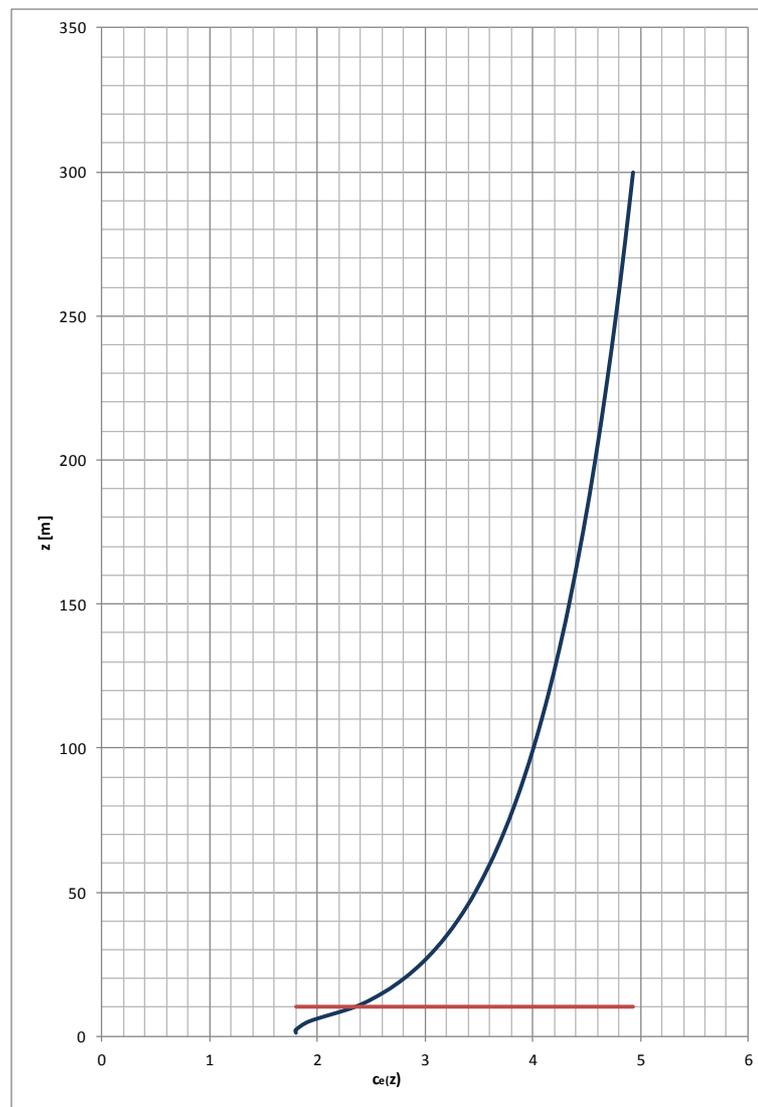
$z_0 [m] = 0.05$

$z_{min} [m] = 4$

$c_t = 1$

$z = 10 [m]$

$c_e(z) = 2.35229$



Coefficiente Dinamico

$c_d = 1$

Coefficiente di Forma

$c_p = 1$

Coefficiente di Attrito

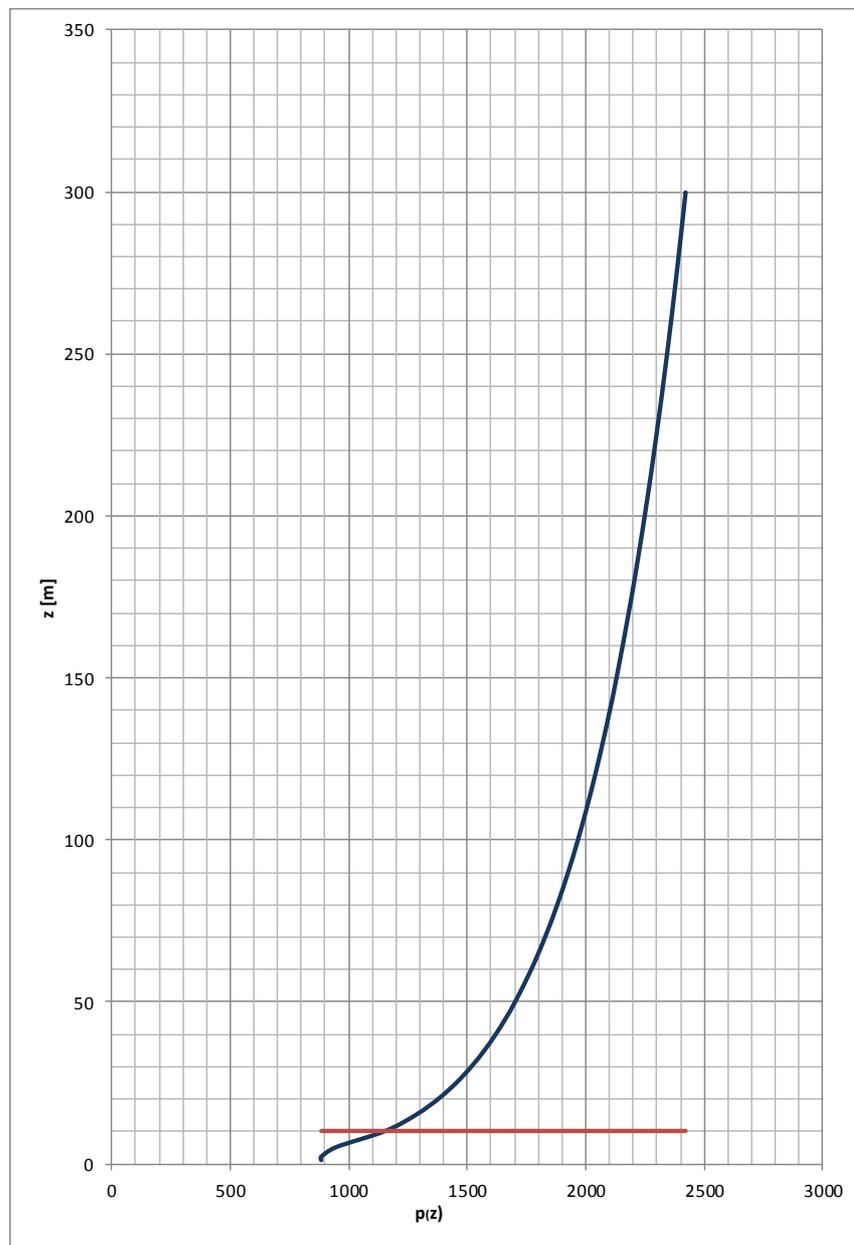
$c_f = 0.02$

PRESSIONE DEL VENTO

$$p(z) = 1154.31 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

AZIONE TANGENZIALE DEL VENTO

$$p_f(z) = 23.09 \text{ [N/m}^2\text{]}$$



7.7 Carico della neve

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

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

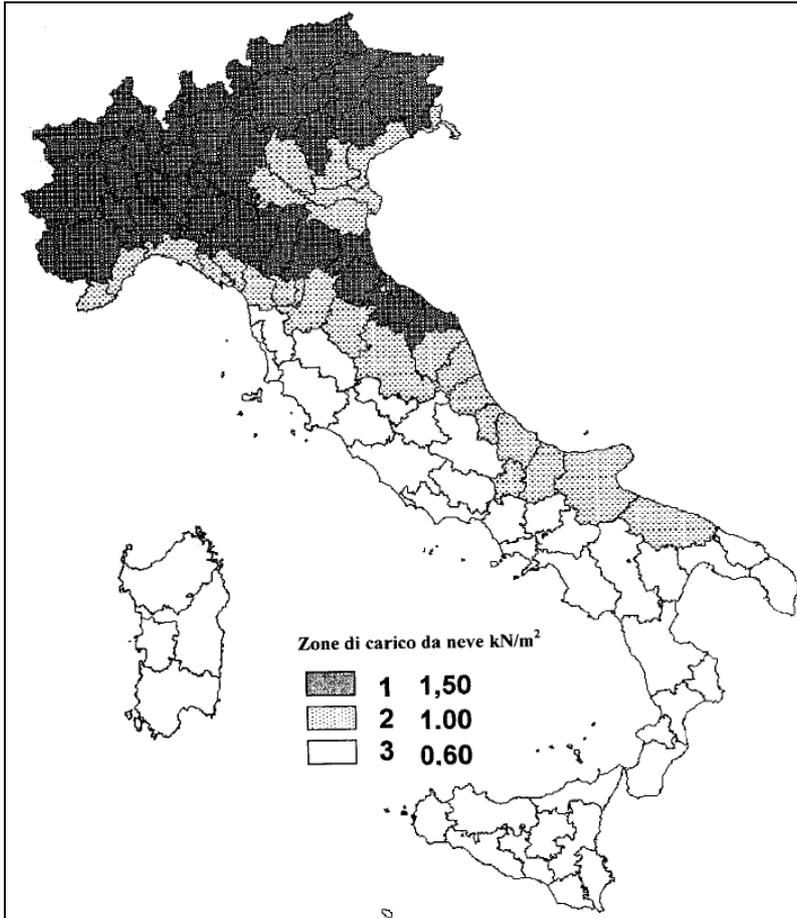


Figura 3.4.1 – Zone di carico da neve

Zona III

$$a_s = 100 \quad [m]$$

Normale

$$q_{sk} = 0,6 \quad [kNm^2]$$

$$C_E = 1$$

$$C_t = 1$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\mu_1 = 0,8$$

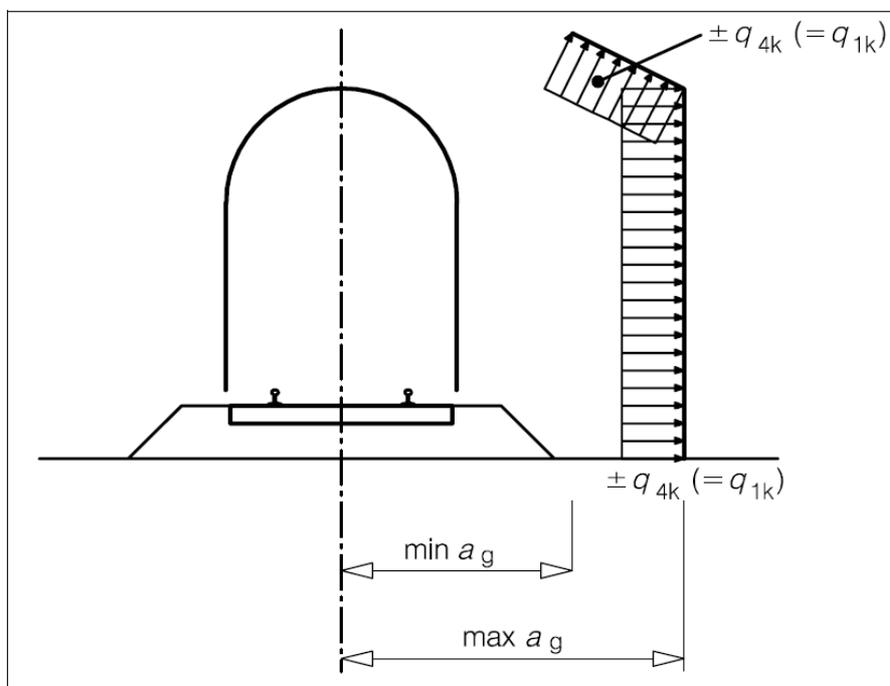
$$q_s = 0,48 \quad [kNm^2]$$

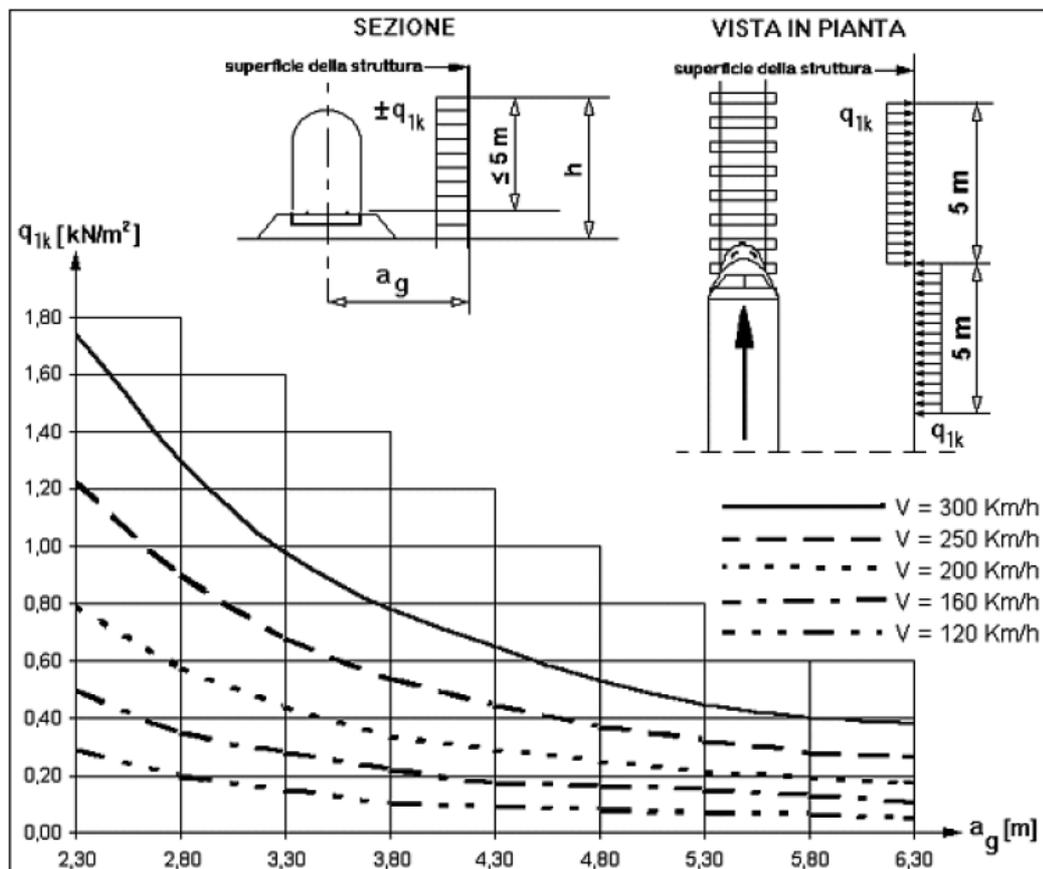
7.8 Carico aerodinamico

Strutture con superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate.

I valori caratteristici dell'azione q_{4k} , sono forniti nella figura seguente e si applicano ortogonalmente alla superficie considerata. Le azioni sono determinate secondo quanto scritto nella tabella successiva adottando una distanza fittizia dal binario pari a $a'_g = 0,6 \min a_g + 0,4 \max a_g$.

Tali distanze sono indicate in figura.





$$a'_g = 3,6 \text{ m da cui } q_{1k} = 0,6 \text{ kN/m}^2.$$

In ogni caso secondo la norma RFIDTCSIAGMAIFS001A Parte 2 Sezione 1: il valore della combinazione “vento + effetto aerodinamico” p_{tot} sarà assunto pari o maggiore di $1,5 \text{ kN/m}^2$.

Nel nostro caso $p_{tot} = 1,963 \text{ kN/m}^2$.

7.9 Azione eccezionale di rottura della catenaria

Si dovrà considerare l'eventualità che si verifichi la rottura della catenaria nel punto più sfavorevole. L'azione 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.

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

7.10 Azione del sisma

Considerando la zona sismica di pertinenza quella di Taormina.

Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori: $V_N=75$ anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.50$.

La vita di riferimento V_R è quindi pari a 112.5 anni.

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

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso $C_U = 1.5$
- Vita nominale $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: B
- 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.

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO				
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001

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: 15.2878 LATTITUDINE: 37.8531

Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Messina COMUNE: Taormina

Reticolo di riferimento



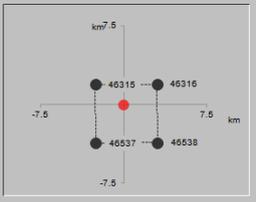
Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
superficie rigata

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

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

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

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

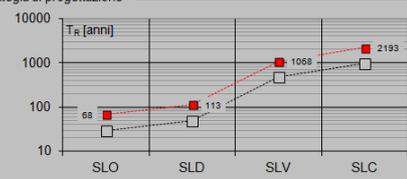
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

Elaborazioni:

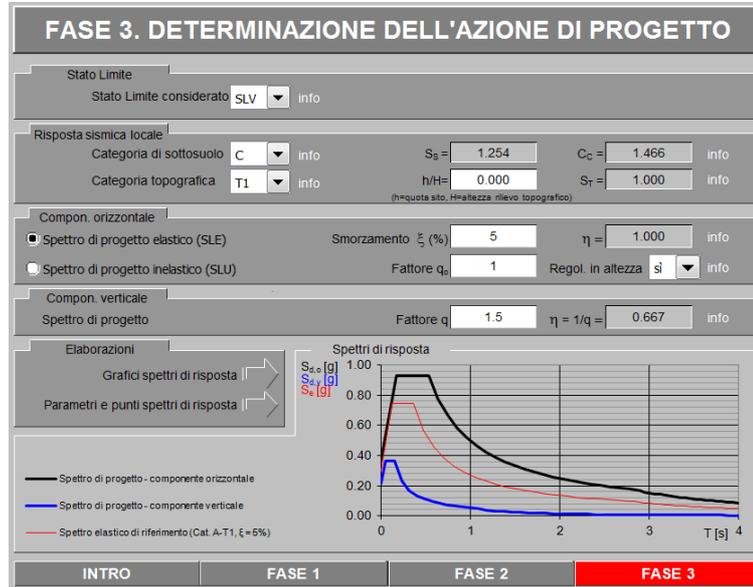
Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



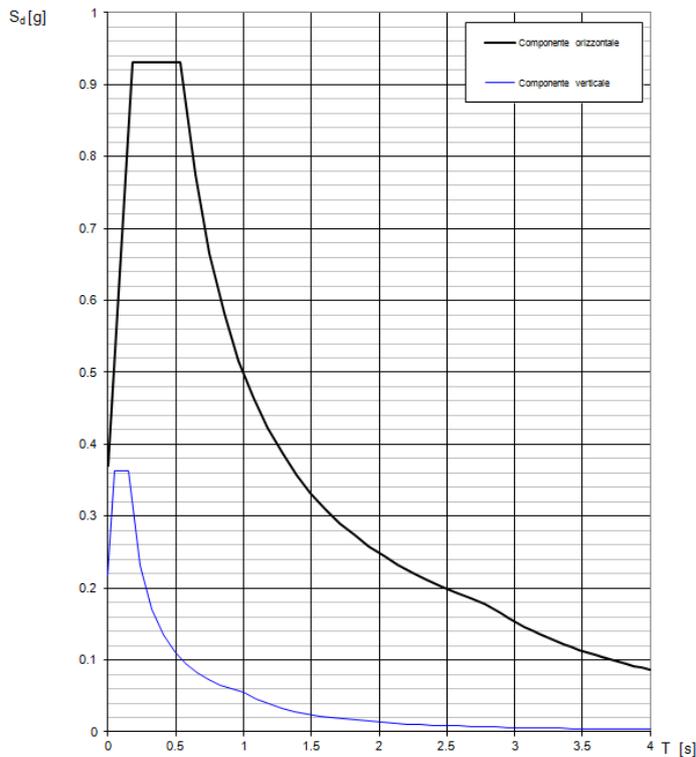
LEGENDA GRAFICO:
--- Strategia per costruzioni ordinarie
- - - Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



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 e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE	SLV	T [s]	S_e [g]
a_s	0.236 g	0.000	0.371
F_a	2.511	0.178	0.932
T_c	0.364 s	0.534	0.932
S_s	1.254	0.641	0.778
C_c	1.466	0.748	0.665
S_T	1.000	0.855	0.581
q	1.000	0.962	0.517
		1.069	0.465
		1.176	0.423
		1.283	0.387
		1.390	0.357
		1.498	0.332
		1.605	0.310
		1.712	0.290
		1.819	0.273
		1.926	0.258
		2.033	0.244
		2.140	0.232
		2.247	0.221
		2.355	0.211
		2.462	0.202
		2.569	0.194
		2.676	0.186
		2.783	0.179
		2.841	0.171
		2.899	0.165
		2.957	0.158
		3.015	0.152
		3.073	0.147
		3.131	0.141
		3.189	0.136
		3.247	0.131
		3.305	0.127
		3.363	0.122
		3.420	0.118
		3.478	0.114
		3.536	0.111
		3.594	0.107
		3.652	0.104
		3.710	0.100
		3.768	0.097
		3.826	0.094
		3.884	0.092
		3.942	0.089
		4.000	0.086

Parametri dipendenti	
S	1.254
η	1.000
T_a	0.178 s
T_c	0.534 s
T_b	2.783 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10(3-\xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_b = T_c / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_c = C_c \cdot T_c^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_b = 4 \cdot 0.2 \cdot a_s / g + 1.6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

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

$$T_b \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_b \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_b \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_b}{T^2} \right)$$

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 $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 §. 3.2.3.5)

7.11 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]

f_{ck} = 29.05 Mpa

RH = 0.75 tasso di umidità

t = 100 [giorni]

t_s = 28 [giorni]

H = 0.3 m

B = 1 m

Età calcestruzzo nel momento considerato

Età calcestruzzo per il calcolo dell'effetto ritiro per essiccamento

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

α_{ds1} = 6

α_{ds2} = 0.11 k

β_{RH} = 0.896094

f_{cm} = 37.05 Mpa

ε_{cd,0} = 0.000446

ε_{cd(t) = β_{ds}(t, t_s) k_h ε_{cd,0}}

β_{ds} = 0.257284

ε_{cd(t) = 8.95E-05}

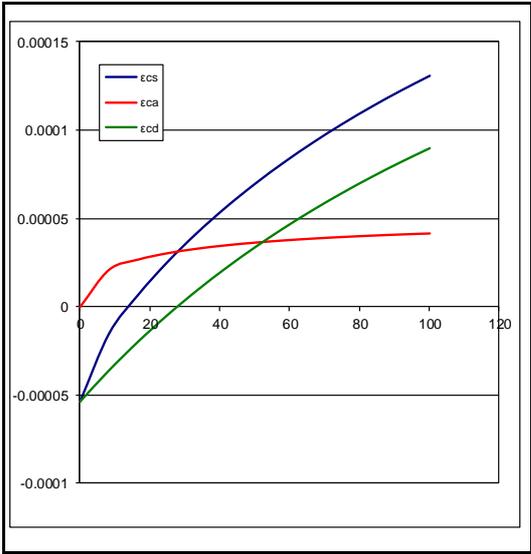
ε_{ca(t) = β_{as}(t) ε_{ca(∞)}}

β_{as}(t) = 0.864665

ε_{ca(∞) = 4.76E-05}

ε_{ca(t) = 4.12E-05}

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



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

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

7.12 Variazione termica

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

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

7.13 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.

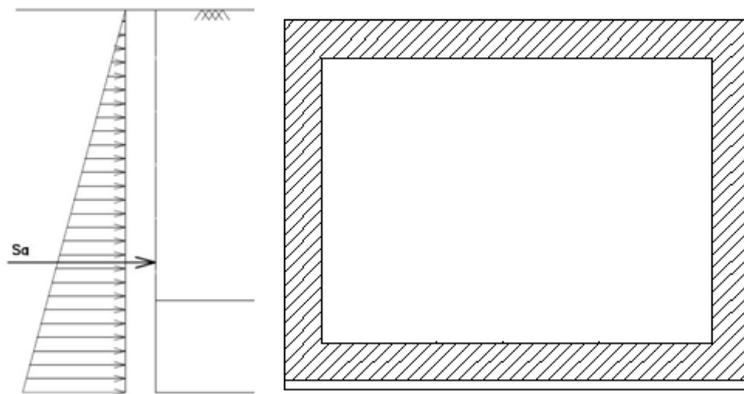


Fig. 2 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

7.14 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.

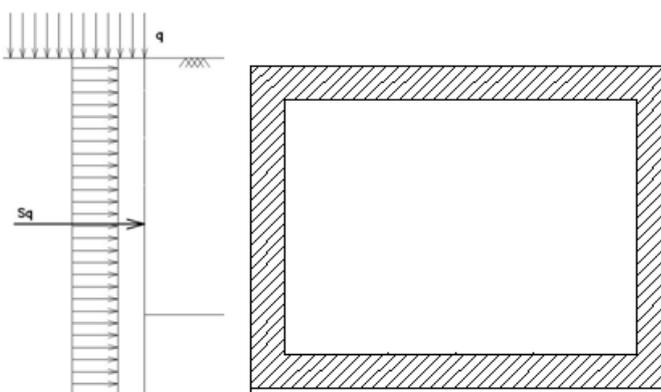


Fig. 3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

7.15 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 $H/2$.

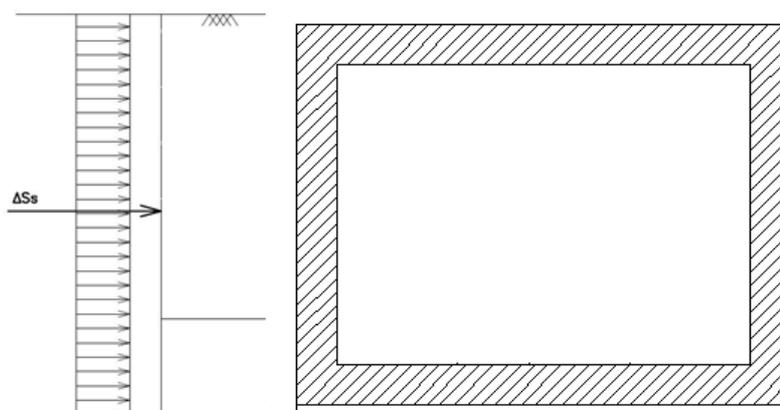


Fig. 4 – Schema per il calcolo degli effetti della sovrappinta sismica

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

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

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

9.1 Verifiche strutturali

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nell'istruzioni RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.8.3. 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-presso-flessione

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

$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta)$, 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.

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A

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. I valori nominali di riferimento sono:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

	LINEA CATANIA - PALERMO PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
	Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 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			
$q_{lim} = 0,5 \gamma_c B' N_c s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$			
fattori di capacità portante	N_c	$(N_c - 1) \cot \phi'$	
	N_q	$2(N_q + 1) \tan \phi'$	Vesic (1970)
	N_γ	$\tan^2 (45 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi'}$	Prandtl (1921) Reissner (1924)
fattori correttivi	forma		
	s_c	$1 + 0,2 k_p (B'/L')$	Meyerhof (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	$1 + 2 (D/B') \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2$ $1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \tan^2 (D/B')$	Brinch-Hansen (1970) e Vesic (1973)
	d_γ		
	inclinazione carico		
	i_c	$i_c [(1 - i_c) / (N_c \tan \phi')]$	Vesic (1970)
	i_q	$[1 - (H / (N + B' L' c' \cot \phi'))]^{m+1}$	"
	i_γ	$[1 - (H / (N + B' L' c' \cot \phi'))]^m$ $m = [2 + (B'/L')] / [1 + (B'/L')]$	"
	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	$(1 - \tan \phi')^2$	Brinch-Hansen (1970)	
g_q	$(1 - \tan \phi')^2$	"	
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

	LINEA CATANIA - PALERMO					
	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO					
Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP	COMMESSA RS2S	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO FV 0000 001	REV. A	FOGLIO 34 di 58

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

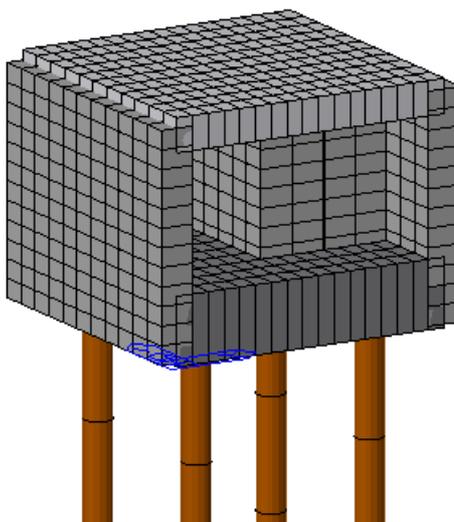
x = asse trasversale dello scatolare

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.



LINEA CATANIA - PALERMO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

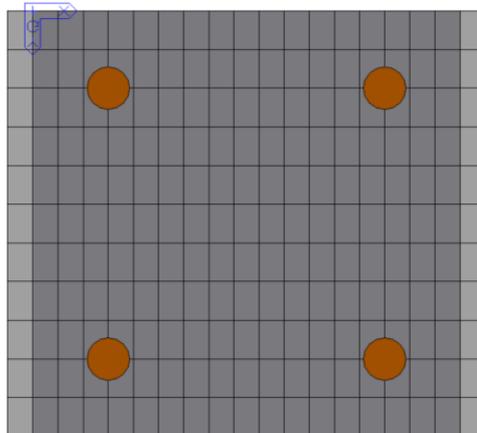
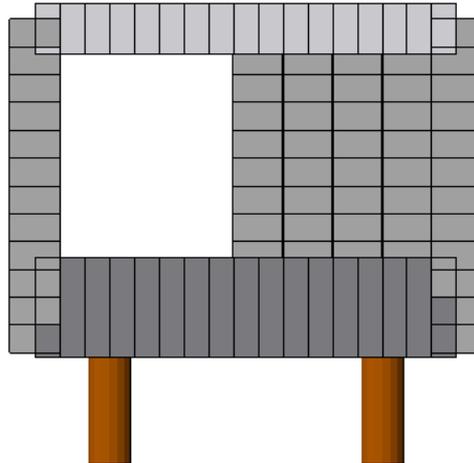
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	35 di 58

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.

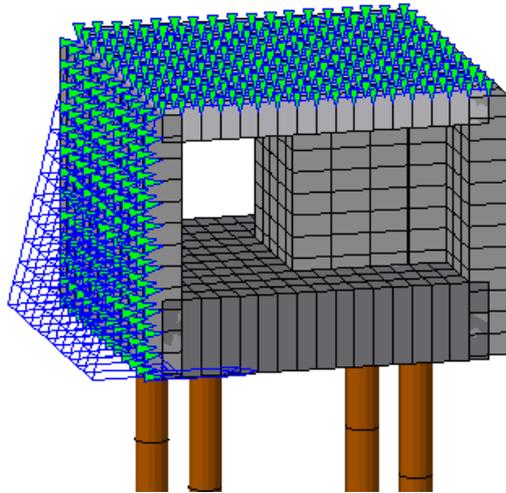
10.2 Analisi dei carichi

Geometria

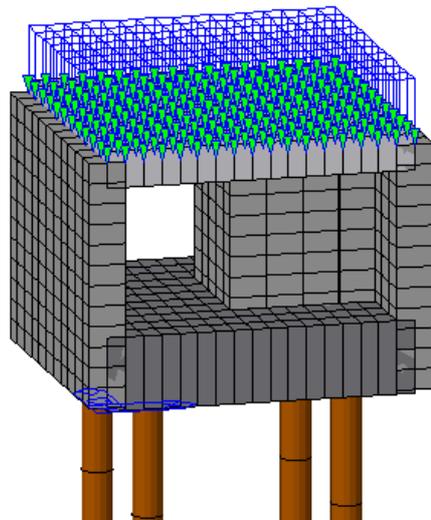


Azioni elementari applicate

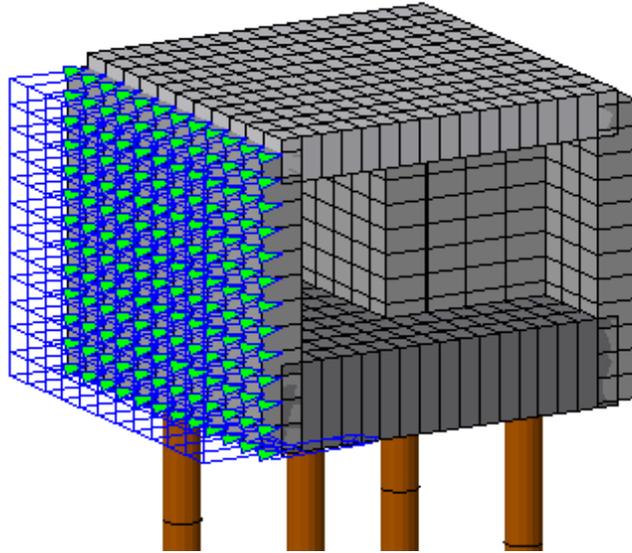
Permanenti e Spinta delle terre: 4,3 kN/m² di carico permanente e spinta delle terre variabile da 2 kN/m² a 19 kN/m² ($\gamma \cdot H \cdot K_0 + P_0$) con H = 1.6 m massimo.



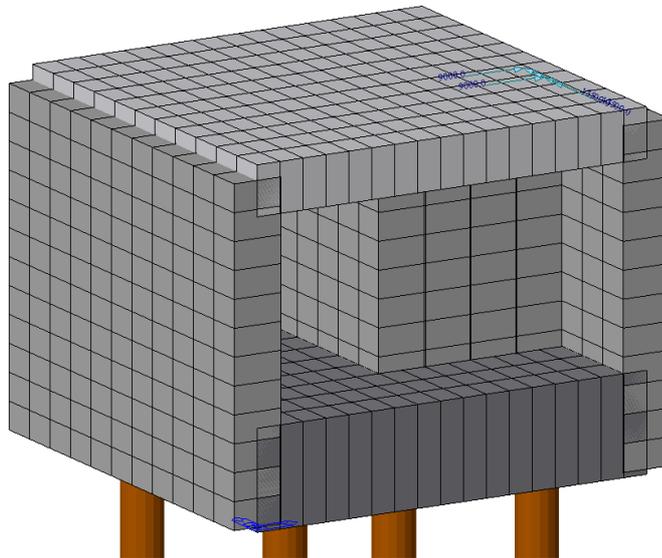
Accidentali Marciapiede 10kN/m²



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

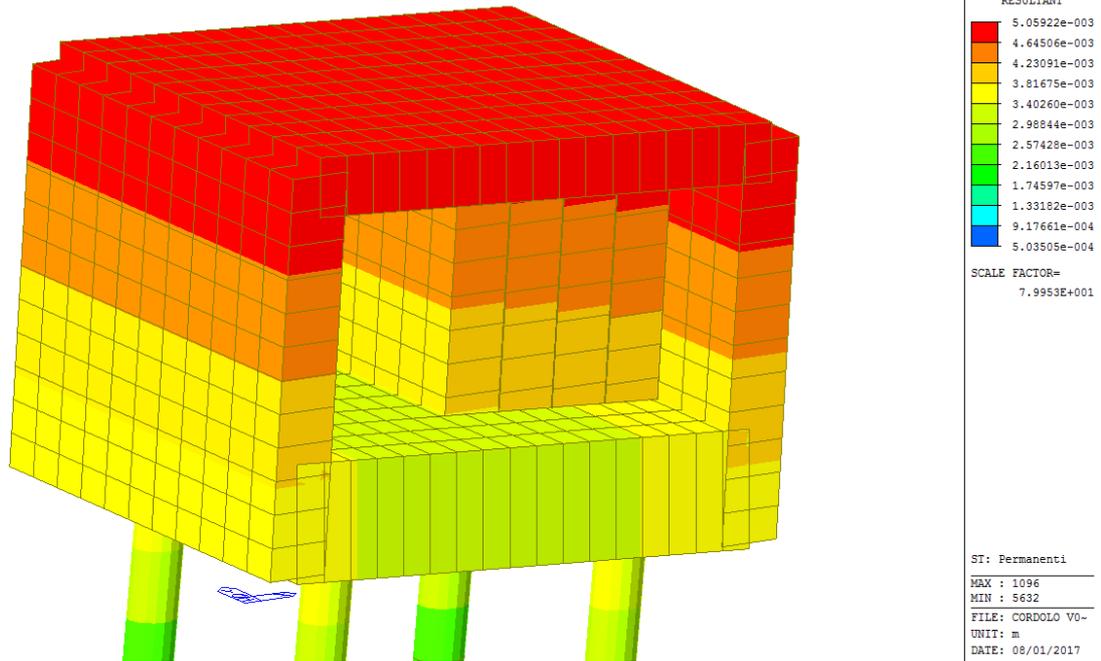


Carico puntuale dovuto al vento incidente sulla barriera.

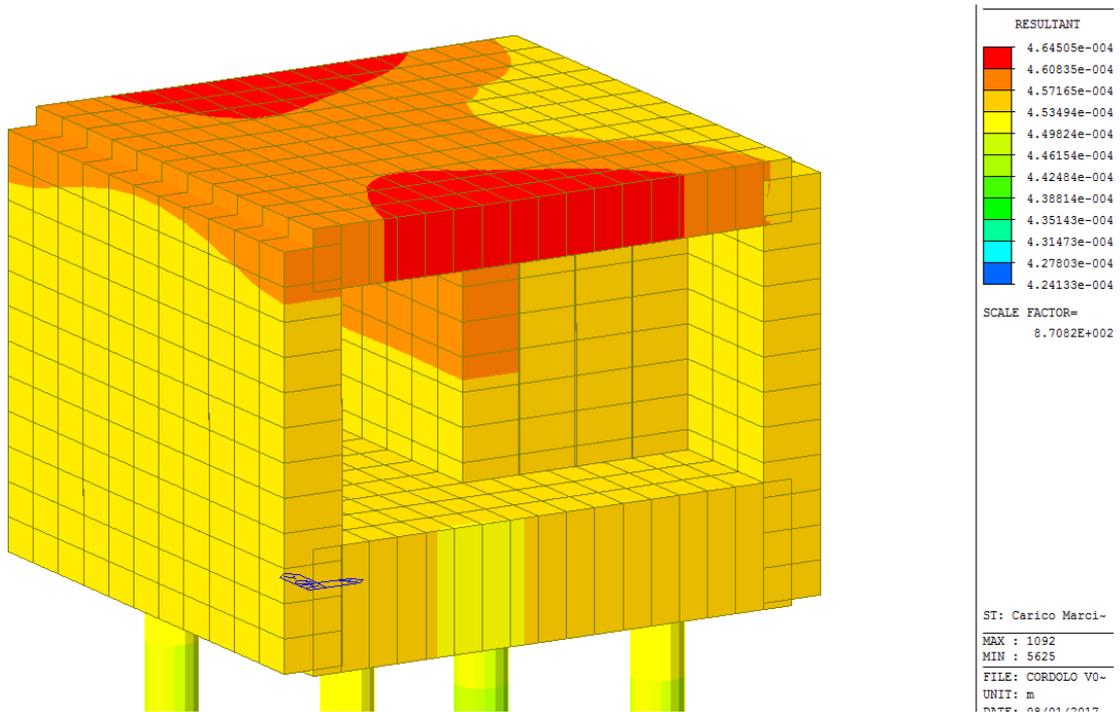


Deformate

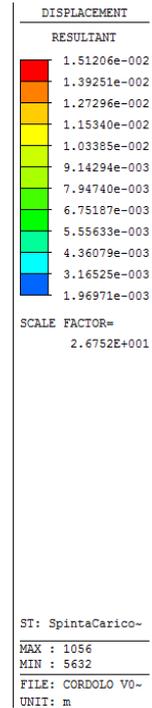
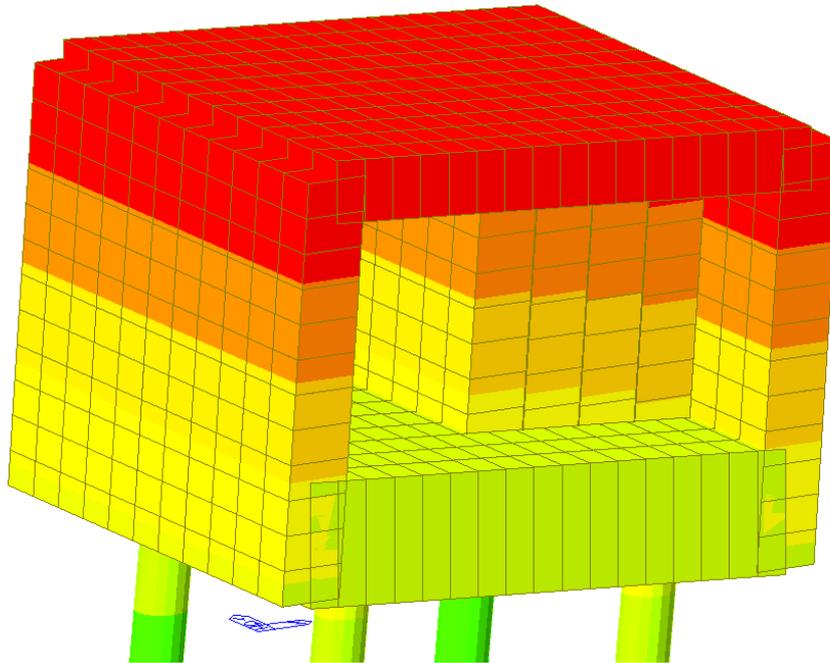
Permanenti e Spinta delle terre



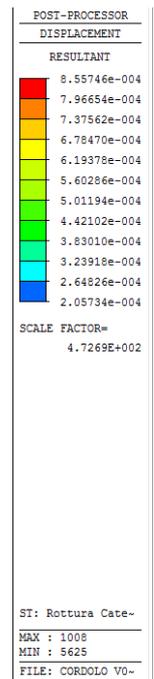
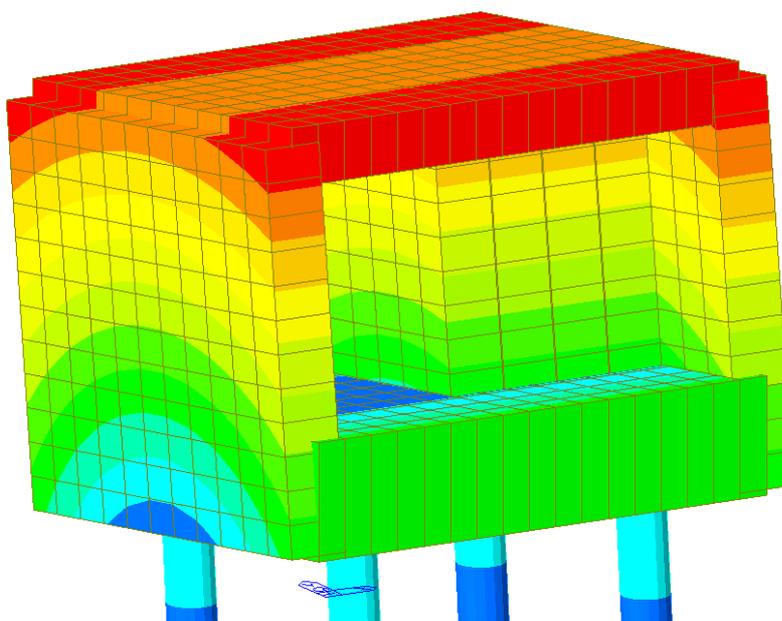
Accidentali Marciapiede



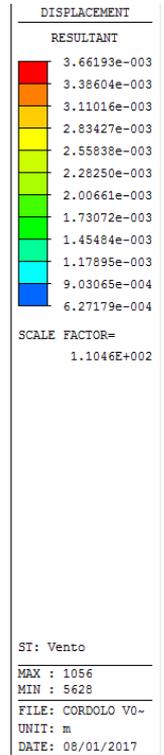
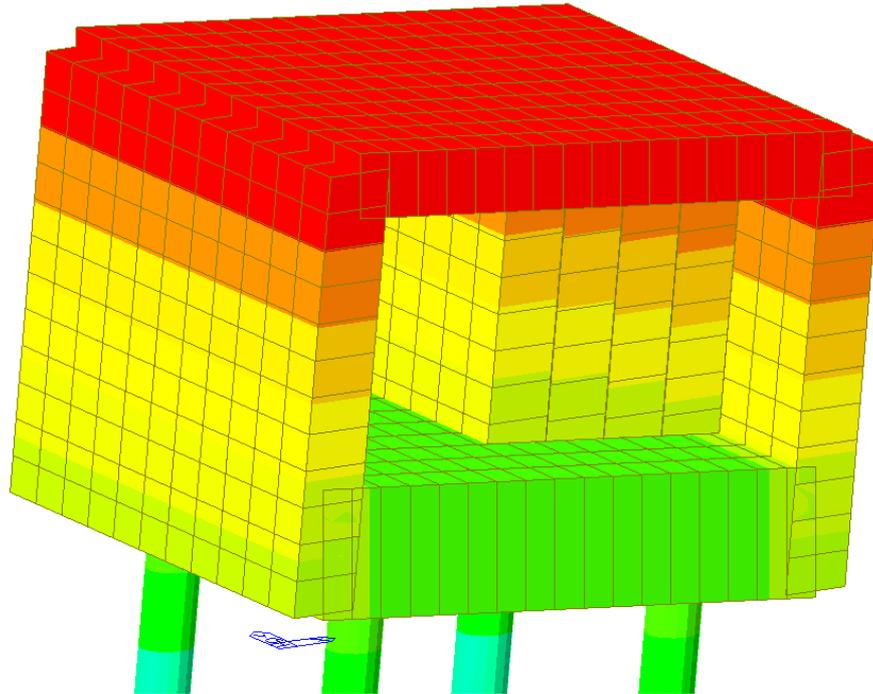
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale



Rottura Catenaria



Vento e spinta sulla barriera antirumore

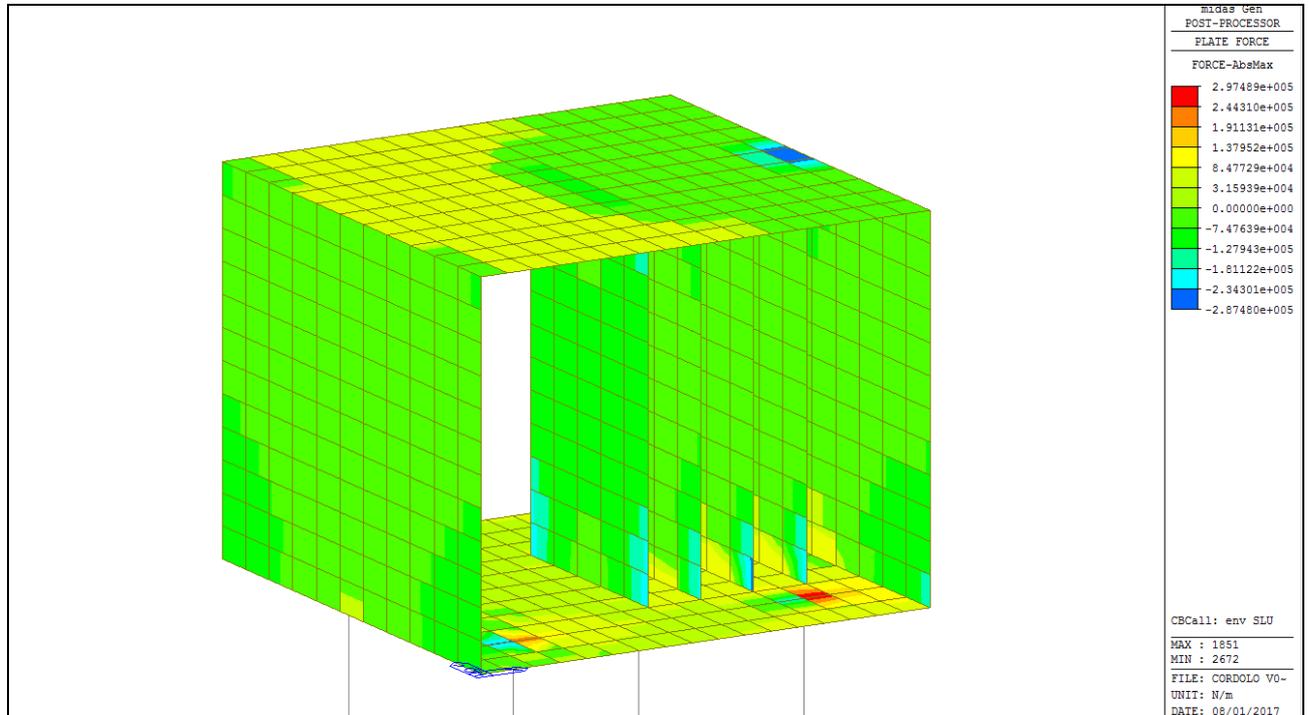


10.3 Combinazioni

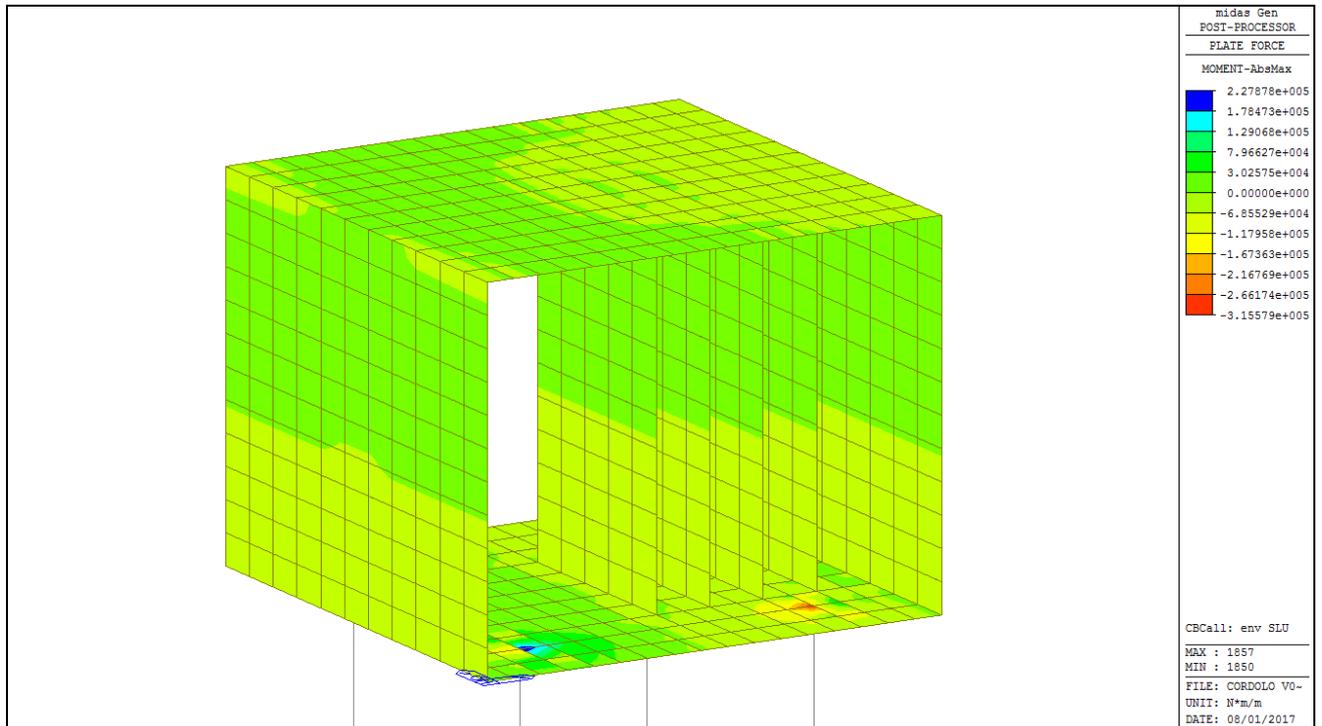
Nome	Peso Proprio (ST)	Permanenti (Pavimentazione, Palo TE e Barriera Antirumore)(ST)	Carico Marciapiedi (ST)	Sovraccarico Accidentale (ST)	Neve (ST)	Vento e spinta sulla barriera antirumore (ST)	Rottura della Catenaria (ST)	Delta T (ST)	Ritiro (ST)	Sisma X (ST)	Sisma Y (ST)
SLU01	1.3	1.3	1.5	1.05				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		
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		

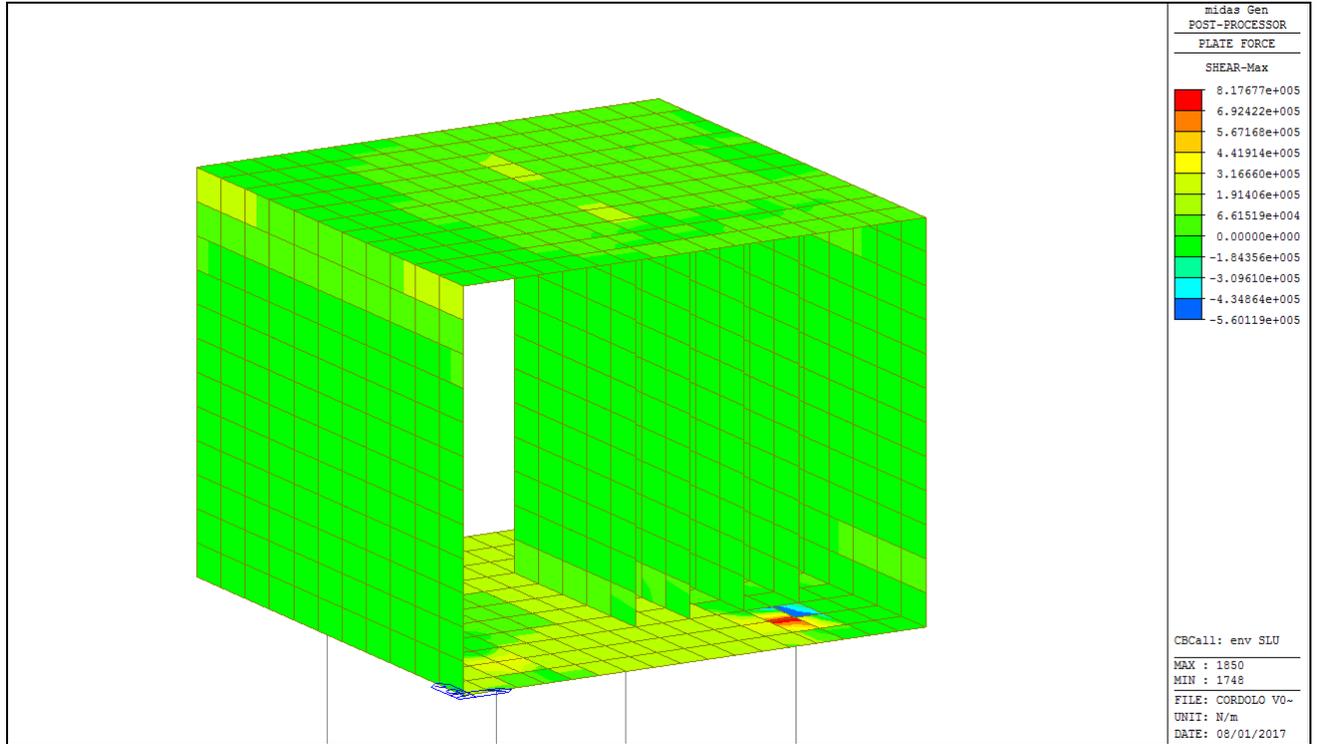
10.4 Sollecitazioni



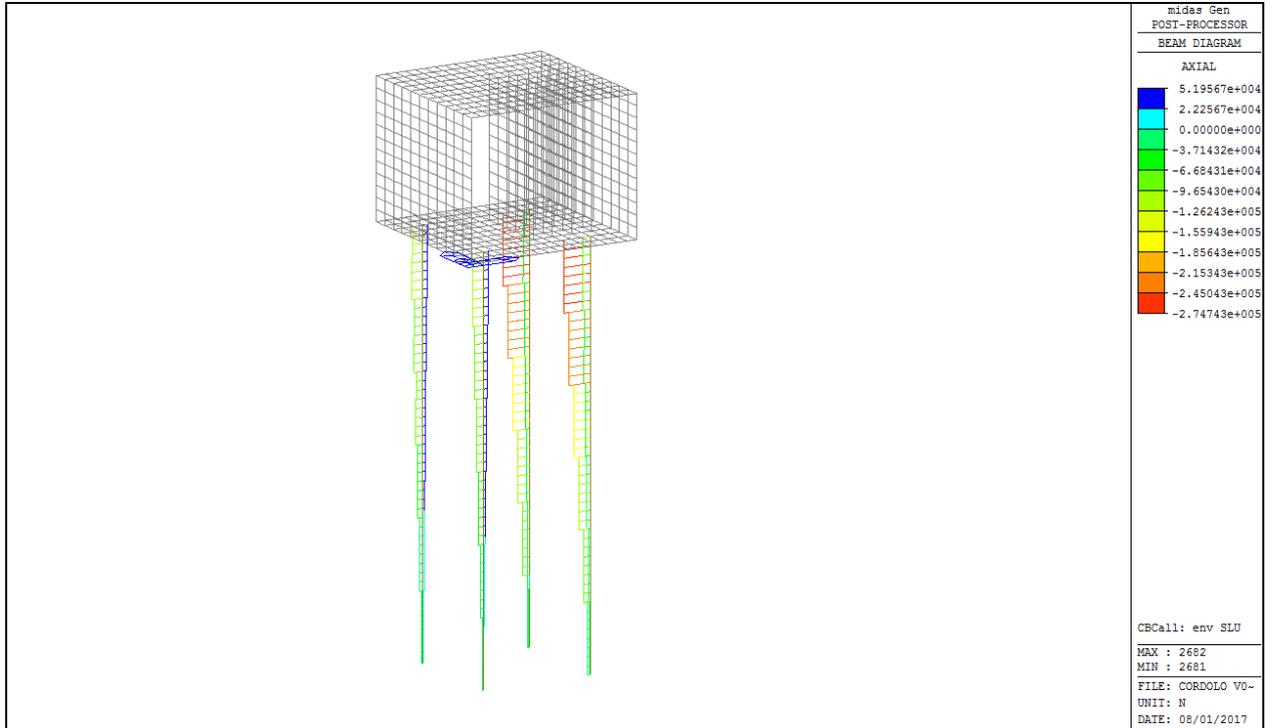
Sforzo Normale – Involuppo SLU



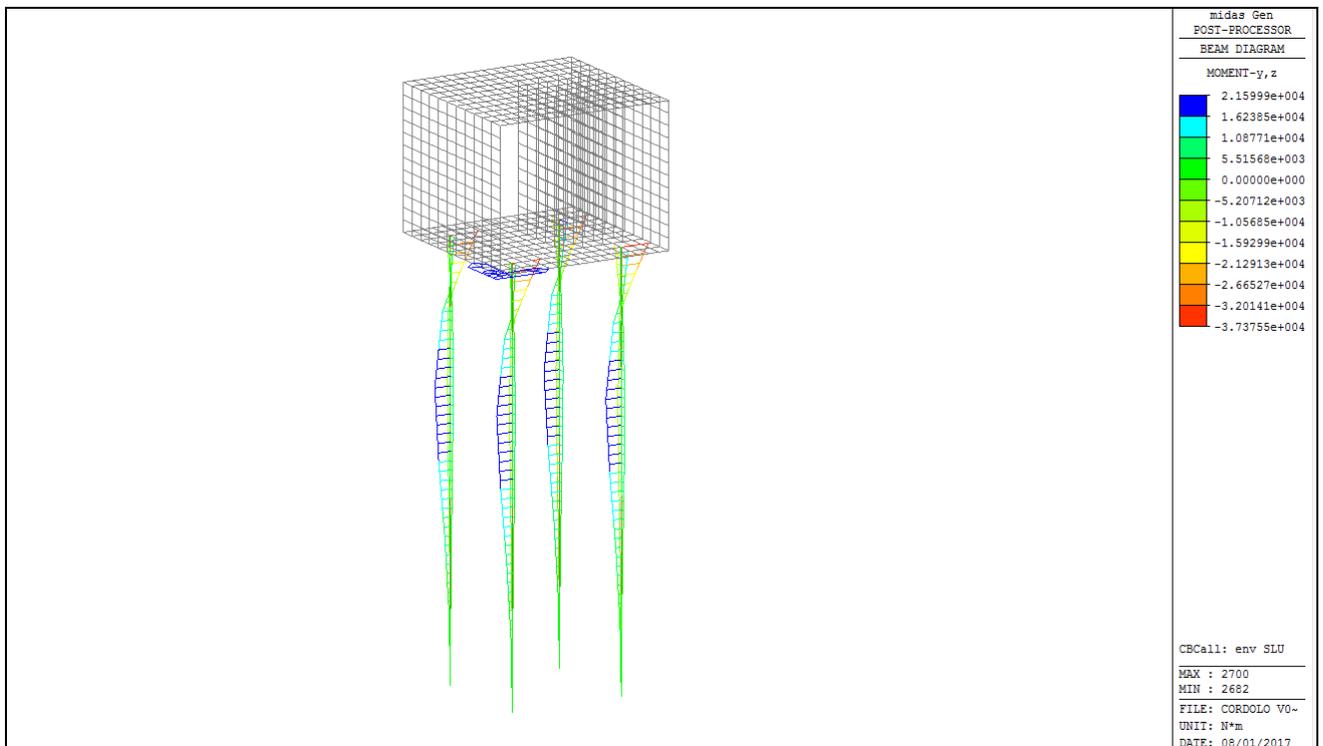
Momento flettente – Involuppo SLU



Taglio – Involuppo SLU



Sforzo Normale Micropali – Inviluppo SLU



Momento flettente Micropali – Inviluppo SLU



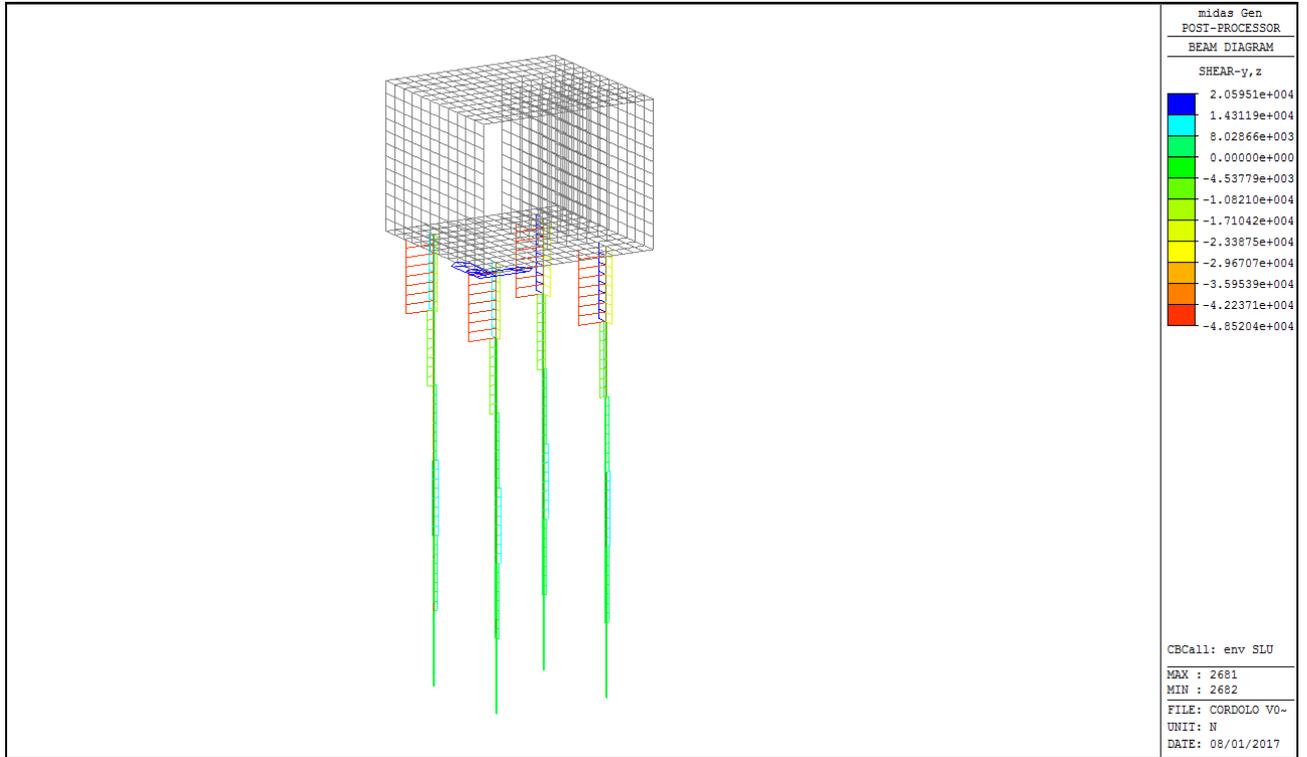
LINEA CATANIA - PALERMO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	47 di 58



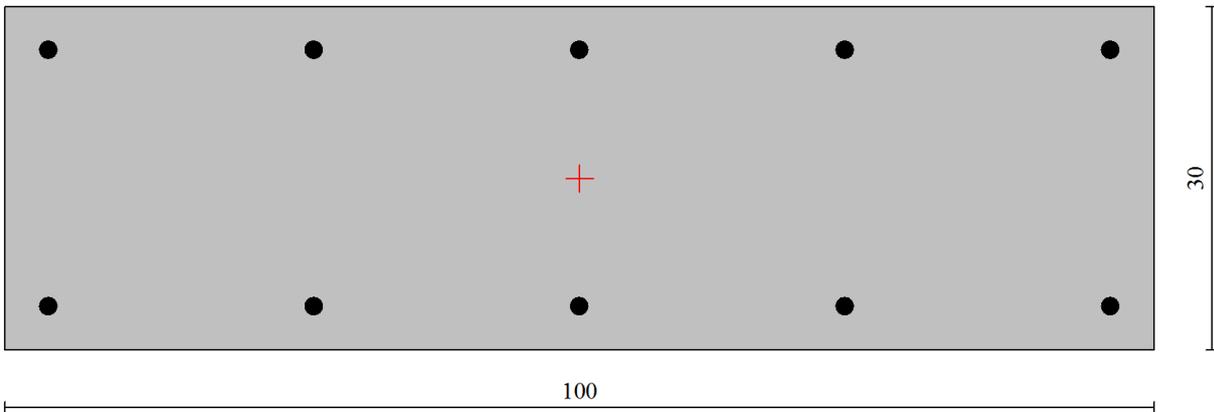
Taglio Micropali – Inviluppo SLU

10.5 Verifiche strutturali

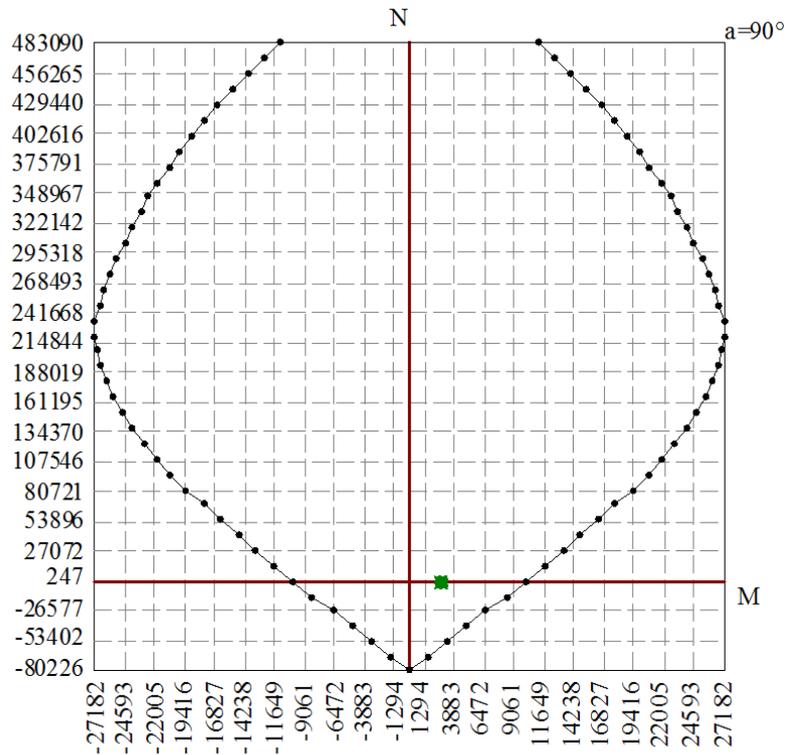
10.5.1 Verifica piedritti

Sezione: 30 x 100 cm

Armatura 1 +1 $\Phi 16$ /20



Dominio M-N



Verifica a Taglio

Verifica soddisfatta	
Verifiche taglio	
Taglio agente :	T = 2985.00 kg
Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio	
VRd = --	
Elementi con armature trasversali resistenti al taglio	
VRcd = 70327.39 kg	VRsd = 12184.37 kg

Spille $\Phi 8$ 40/20

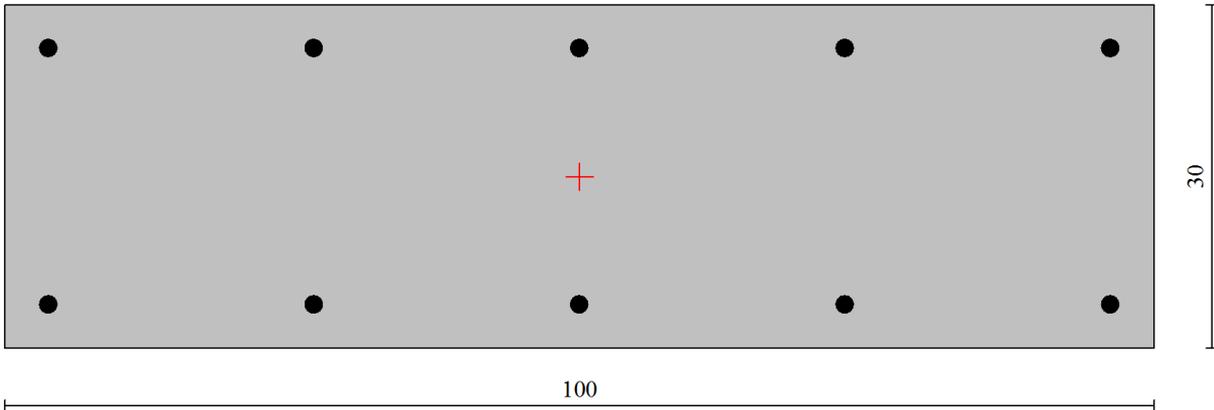
Verifica a Fessurazione

Verifica soddisfatta			
Momento prima fessurazione		My = 3579.37 kgm	
Tensione acciaio	=	-1506.38 kg/cm ²	
Tensione di trazione cls	=	-120.26 kg/cm ²	
Area efficace a trazione	=	1151.86 cm ²	
<hr/>			
Epsm (%)	=	0.0000	
Srm	=	0.000 mm	
W	=	0.000 mm	Wlim = 0.400 mm

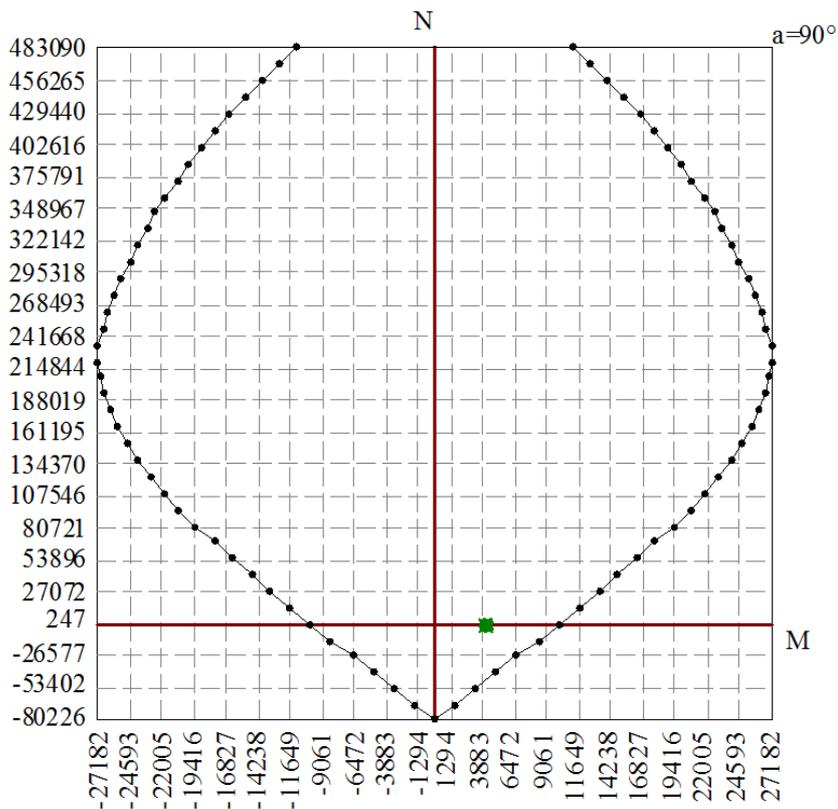
10.5.2 Verifica soletta superiore

Sezione: 30 x 100 cm

Armatura 1 +1 $\Phi 16 / 20$



Dominio M-N



Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	51 di 58

Verifica a Taglio

Verifica soddisfatta	
Verifiche taglio	
Taglio agente :	T = 5219.00 kg
Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio	
VRd =	--
Elementi con armature trasversali resistenti al taglio	
VRcd = 70327.39 kg	VRsd = 12184.37 kg

Spille $\Phi 8$ 40/20

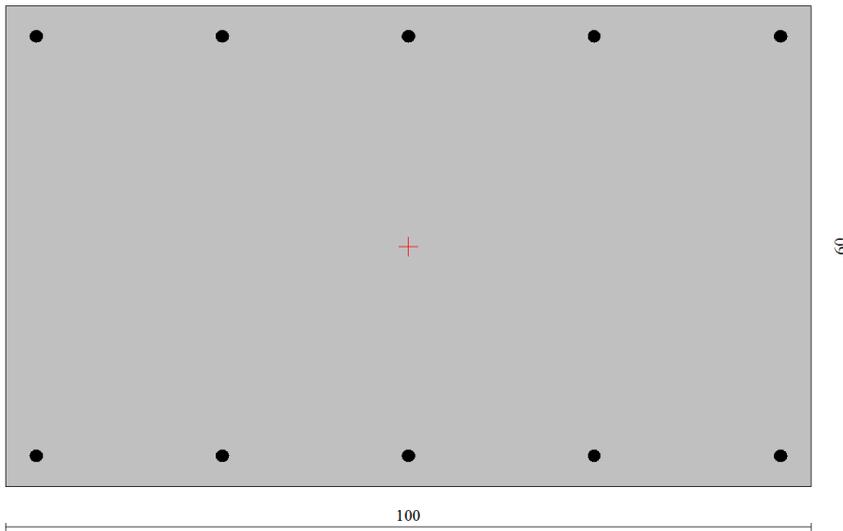
Verifica a Fessurazione

Verifica soddisfatta			
Momento prima fessurazione		My =	3579.37 kgm
Tensione acciaio	=	-1506.38 kg/cm ²	
Tensione di trazione cls	=	-120.26 kg/cm ²	
Area efficace a trazione	=	1151.86 cm ²	
Epsm (%)	=	0.0000	
Srm	=	0.000 mm	
w	=	0.000 mm	wlim = 0.400 mm

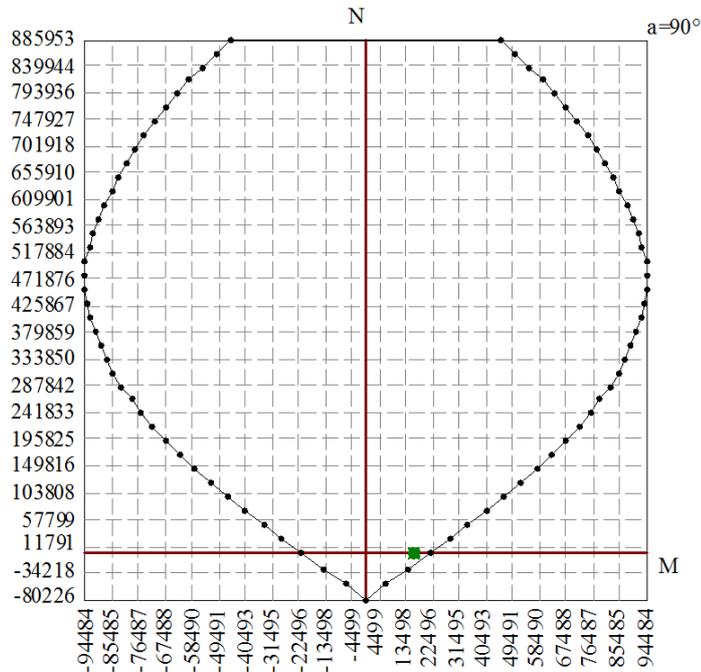
10.5.3 Verifica soletta inferiore

Sezione: 60 x 100 cm

Armatura 1 +1 $\Phi 16$ /20



Dominio M-N



Verifica a Taglio



LINEA CATANIA - PALERMO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	53 di 58

Verifica soddisfatta

Verifiche taglio

Taglio agente : $T = 27465.00 \text{ kg}$

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$VRd = -$

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

$VRcd = 148468.94 \text{ kg}$

$VRsd = 28580.63 \text{ kg}$

Spille $\Phi 8 \text{ 40/20}$

Verifica a Fessurazione

Verifica soddisfatta

Momento prima fessurazione $My = 13666.31 \text{ kgm}$

Tensione acciaio = -2585.53 kg/cm^2

Tensione di trazione cls = -186.79 kg/cm^2

Area efficace a trazione = 1580.00 cm^2

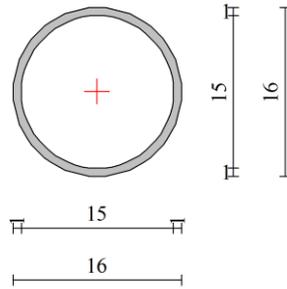
$E_{psm} (\%) = 0.0000$

$S_{rm} = 0.000 \text{ mm}$

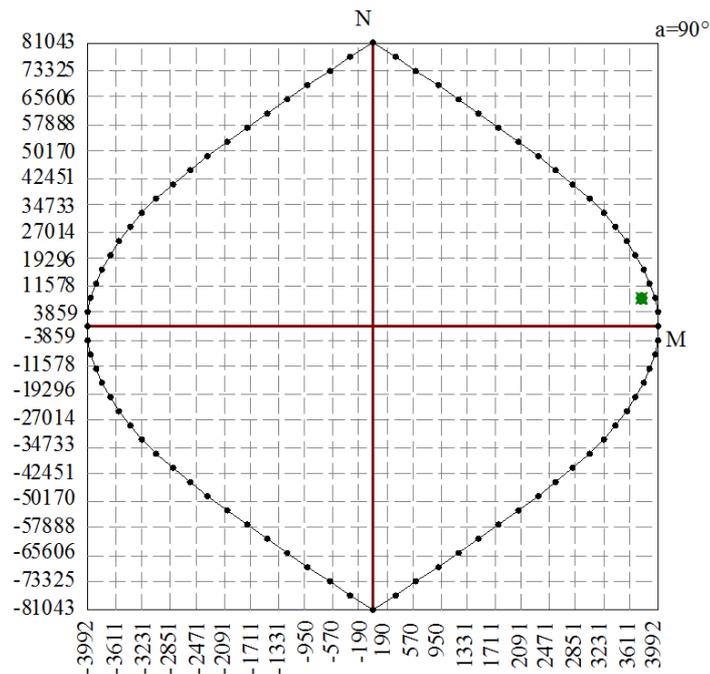
$W = 0.000 \text{ mm}$ $W_{lim} = 0.400 \text{ mm}$

10.5.4 Verifica armatura micropalo

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



Dominio M-N



10.6 Verifiche geotecniche

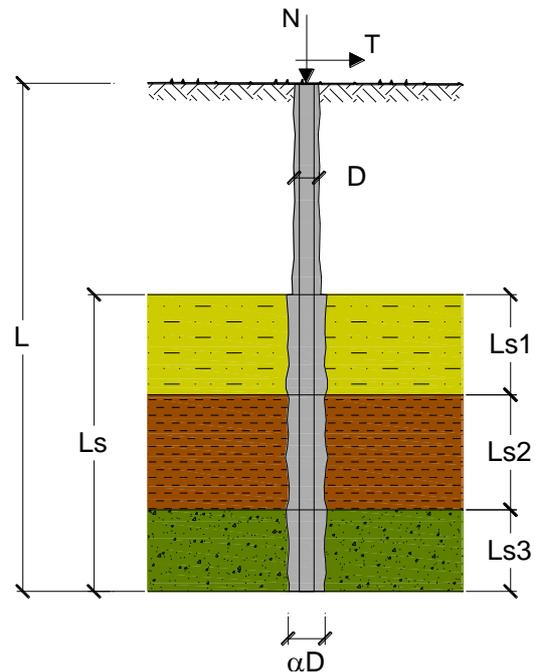
10.6.1 Verifica capacità portante micropalo

OPERA: Marciapiede Tipo 1

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	170.00	104.00	274.00
T (kN)	32.00	15.00	47.00



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		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input type="radio"/>	1.10	1.20	1.30	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	DM88	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

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	56 di 58

Caratteristiche del micropalo:

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

 Lunghezza del micropalo (L): 9.00 (m)

Armatura:

<input type="radio"/> IPE	<input type="radio"/> INP	<input type="radio"/> HEA	<input type="radio"/> HEB	<input type="radio"/> HEM	<input checked="" type="radio"/> Tubi	<input type="radio"/> 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_{im}): 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 tipo 1 - FFP

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	57 di 58

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

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

Capacità portante di punta

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

(consigliato 10-15%)

$$\% Punta = 15\%$$

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

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + Ql$$

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

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

$$Fs = 3.19$$

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. (β) ($\beta = k \cdot D_{arm}$):

$$4.04 \quad (N/mm^2)$$

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

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

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

$$\eta = 24.21$$

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):

$$M = 27.28 \quad (kN \cdot m)$$

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 275 (Fe 430)

Tensioni nel singolo micropalo

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

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

$$\sigma_{max} = 244.97 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{min} = -108.95 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 23.33 \quad (N/mm^2)$$

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

$$\sigma_{id} = 248.28 \quad (N/mm^2) \quad \text{verifica soddisfatta}$$



LINEA CATANIA - PALERMO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO GIAMPILERI - FIUMEFREDDO

Relazione di calcolo marciapiedi tipo 1 - FFP

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	00	D78CL	FV 0000 001	A	58 di 58

11 RIEPILOGO ARMATURE

Marciapiedi T1														
Scatolare	armatura principale				armatura a taglio e/o ripartitori				spilli e/o sovrapposizioni		Dimensioni cls			INCIDENZA kg/m ³
	n.	φ	peso unit.	peso totale	n.	φ	peso unit.	peso totale	%	peso totale	larghezza	altezza	Volume	
	soletta superiore	10	16	0.0078	15.68	10	12	0.0078	8.82	20	4.90	100	30	
soletta inferiore	10	16	0.0078	15.68	10	12	0.0078	8.82	20	4.90	100	60	0.60	49
pedritti	10	16	0.0078	15.68	10	12	0.0078	8.82	20	4.90	100	30	0.30	98

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

Piedritti **100 kg/mc**

Soletta superiore **100 kg/mc**

Soletta inferiore **50 kg/mc**

12 CONCLUSIONI

Con la presente relazione si è proceduto al progetto e alla verifica della tipologia di marciapiede Tipo 1. Le verifiche strutturali e geotecniche rispettano le indicazioni delle Normative tecniche di riferimento.