

FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE BASILICATA



MATERA 2019 CAPITALE EUROPEA DELLA CULTURA



COMMITTENTE



FERROVIE APPULO LUCANE
Corso Italia nr. 8
70123 Bari

STAZIONE MATERA CENTRALE

RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA ED
ADEGUAMENTO TECNOLOGICO

PROGETTO ARCHITETTONICO

BOERI
STEFANO
BOERI
ARCHITETTI

Stefano Boeri Architetti
via Gaetano Donizetti, 4
20122 Milano
t +39 0255014101
f +39 0236769185



PROGETTO STRUTTURE



SCE Project
viale Sarca, 336/f
20126 Milano
t +39 0270006530
f +39 0271091187

PROGETTO IMPIANTI



ESA Engineering
Foro Buonaparte 76
20121 Milano
t +39 0289151638
f +39 0559029994

COST ANALYSIS

Global Assistance Development S.r.l.
Via M. Quadrio 12
20154 Milano
t +39 0229005672
f +39 0265560517

emissione 16.04.2018

livello

PROGETTO ESECUTIVO

elaborato

STATO DI PROGETTO
RELAZIONE GEOTECNICA

commessa

A - MTR

scala

-

formato

A4

n. tavola

PE_S 10 101

SCE PROJECT S.r.l.
- MILANO -

RISTRUTTURAZIONE STAZIONE FERROVIARIA
NEL COMUNE MATERA

RELAZIONE GEOTECNICA

Riferimento	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	Data
L039-18/R1/UC	00	Via Alcuino, 5 – 20149 MILANO - Tel. 02/33107572 – Fax 02/33107571 – umberto.croce@geotecnicacroce.it Cod. Fisc. CRCMRT49M07B729E P. IVA 08283780156 Iscr. Albo Prof. di Milano N. A27236	16/04/2018

Sommario

Introduzione	2
Riferimento altimetrico	2
Documentazione di riferimento	2
Normative	2
Raccomandazioni e specifiche	2
Riferimenti bibliografici	3
Codici di calcolo	3
Capitolo 1 INDAGINE GEOTECNICA	4
1.1 – Dotazione indagine geotecnica	4
Capitolo 2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
2.1 – Caratteristiche litostratigrafiche	12
2.2 - Caratteristiche geotecniche dei terreni	12
2.3 – Idrologia	14
2.4 - Sismicità dell'area	14
Capitolo 3 CARATTERISTICHE SOMMARIE DEL PROGETTO	15
3.1 – Galleria artificiale	15
3.2 – Pensilina	16
3.3 – Edificio Stazione	17
3.3.1 – Fondazioni dirette superficiali	17
3.3.2 – Vano ascensore	17
3.3.3 – Scala d'emergenza	17
Capitolo 4 ANALISI FONDAZIONI DIRETTE	19
4.1 – Definizione della tipologia di fondazione da adottare per le strutture in progetto	19
4.2 - Calcolo della resistenza R_D per collasso del complesso fondazione-terreno (SLU – GEO) –	
Calcolo dei cedimenti	19
4.2.1 - Ipotesi e modalità di calcolo	19
4.2.2 - Risultati dei calcoli	20
4.3 – Indicazioni progettuali	21
Capitolo 5 PARATIA A MICROPALI AREA SCALA D'EMERGENZA	24
5.1 – Criteri e ipotesi di calcolo	24
5.2 – Risultati dei calcoli	26
Capitolo 6 INDICAZIONI ESECUTIVE	29
6.1 – Preparazione del sedime delle fondazioni dell'edificio Stazione	29
6.2 – Sbancamenti e scavi	29

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	1 di 30

Introduzione

Nel presente rapporto sono analizzati i terreni e le fondazioni interessati dalla ristrutturazione della Stazione Ferroviaria di Matera.

Allo scopo di giungere a conoscenza della condizione litostratigrafica e meccanica dei terreni di fondazione e per la classificazione sismica dell'area è stata svolta una campagna d'indagine geotecnica e geofisica consistita in n° 2 sondaggi con prove SPT in avanzamento e analisi di laboratorio.

L'indagine è stata completata con l'esecuzione di una prova geofisica tipo MASW.

Sulla scorta di quanto sopra, nel seguito sono trattati i seguenti principali argomenti:

- caratterizzazione litostratigrafica e meccanica dei terreni,
- indicazioni sull'idrologia della zona,
- classificazione sismica dell'area,
- valutazione della resistenza delle fondazioni esistenti e di quelle in progetto,
- analisi opere di sostegno fronti scavo,
- indicazioni progettuali.

Riferimento altimetrico

Il riferimento delle profondità assunto nel seguito si identifica con la +400 m s.m.m..

Documentazione di riferimento

- **a)** “*RELAZIONE GEOLOGICA E INDAGINE GEOGNOSTICA*” – doc. 179/2017 del febbraio 2018 della Apogeo S.r.l. di Altamura a firma del dott. Geol. Pietro Pepe.
- **b)** Indicazioni sulle caratteristiche strutturali e di carico dell'insediamento trasmesse dai Tecnici della Committente.

Normative

- DECRETO MINISTERO LL.PP. del 17/01/18.
- Circolare esplicativa n° 617 del 02/02/09.

Raccomandazioni e specifiche

- A.G.I. - ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA – “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle Indagini geotecniche” (1977).
- DEPARTMENT of the NAVY - NAV-FAC DM-7 – “Soil Mechanics, Foundations, and earth structures” (1971).
- A.S.T.M. D 1586-67 - “Standard Method for penetration Test and Split Barrel Sampling at Soils” (1974).

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	2 di 30

Riferimenti bibliografici

- J. E. BOWLES – “Foundation Analysis and Design” – (1982 e 1988).
- H. J. GIBBS, W. G. HOLTZ “Research on Determining the Density of Sand by Spoon Penetration Testing”. Proc. IV ICSMFE (1957).
- T. W. LAMBE; R. V. WHITMAN – “Soil Mechanics” – (1969).
- R. LANCELLOTTA – “Geotecnica” – Ed. ZANICHELLI – (1993).
- F. SCHNAID – “In Situ Testing in Geomechanics” – Taylor & Francis (2009).
- K. TERZAGHI – “Theoretical Soil Mechanics” – (1943).
- VIGGIANI C. – “Fondazioni” – (2003).

Codici di calcolo

- **c)** Fogli EXCEL sviluppati dagli scriventi collaudati e ottimizzati sulla scorta dei lavori svolti. Gli algoritmi, i parametri d’ingresso, i risultati parziali e definitivi sono riportati nelle sezioni di restituzione delle elaborazioni.
- **d)** “PARATIEPLUS 2012-VER.10.3.1.0” della CEAS di MILANO.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	3 di 30

Capitolo 1 **INDAGINE GEOTECNICA**

L'indagine è stata eseguita nel febbraio 2018 dalla APOGEO S.r.l. di Altamura (BA).

Unitamente alle prove di laboratorio ha permesso di raggiungere la necessaria conoscenza dei terreni dell'area in esame fornendo gli elementi essenziali per una completa parametrizzazione.

Nel doc rif. a) sono riportati i risultati delle indagini in situ, dell'indagine geofisica e delle prove di laboratorio sono esposti nel doc. rif. a).

1.1 – Dotazione indagine geotecnica

La dotazione dell'indagine eseguita nell'area in esame e utilizzata nel seguito è riportata nella tabella 1.1.

TABELLA 1.1 – DOTAZIONE DELL'INDAGINE IN SITU

TIPO	N°
Sondaggio geotecnico	2
Prove penetrometriche SPT	28
MASW	1

TABELLA 1.2 – DOTAZIONE DELL'INDAGINE IN LABORATORIO

TIPO	N°
Granulometria	10
Limiti di Atterberg	10
Edometrica	2

Nella tabella 1.3 e nella figura 1.1 sono riassunti i risultati più significativi delle prove penetrometriche SPT.

Nelle tabelle 1.4, 1.5 e nelle figure 1.2÷1.5 sono riassunti i risultati delle prove di laboratorio.

Nell'APPENDICE A sono riportati i risultati più significativi delle indagini.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	4 di 30

TABELLA 1.3 – RIASSUNTO RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE SPT

SONDAGGIO	PROVA	Q _{SPT} da p.c. [m]	N _{SPT} [col- pi/piede]
S1	1	-1,8	1
	2	-3,3	10
	3	-4,8	13
	4	-6,3	17
	5	-7,8	25
	6	-9,3	33
	7	-10,8	28
	8	-12,3	23
	9	-13,8	29
	10	-15,3	33
	11	-16,8	46
	12	-18,3	54
	13	-19,8	49
	14	-22,0	44
S2	1	-1,8	2
	2	-3,3	24
	3	-4,8	22
	4	-6,3	19
	5	-7,8	22
	6	-9,3	25
	7	-10,8	25
	8	-12,3	26
	9	-13,8	30
	10	-15,3	37
	11	-16,8	40
	12	-18,3	43
	13	-19,8	42
	14	-22,0	39

Q_{SPT} = quota di prova SPT;

N_{SPT} = resistenza penetrometrica SPT.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	5 di 30

FIGURA 1.1 - ANDAMENTO N_{SPT} CON LA PROFONDITÀ

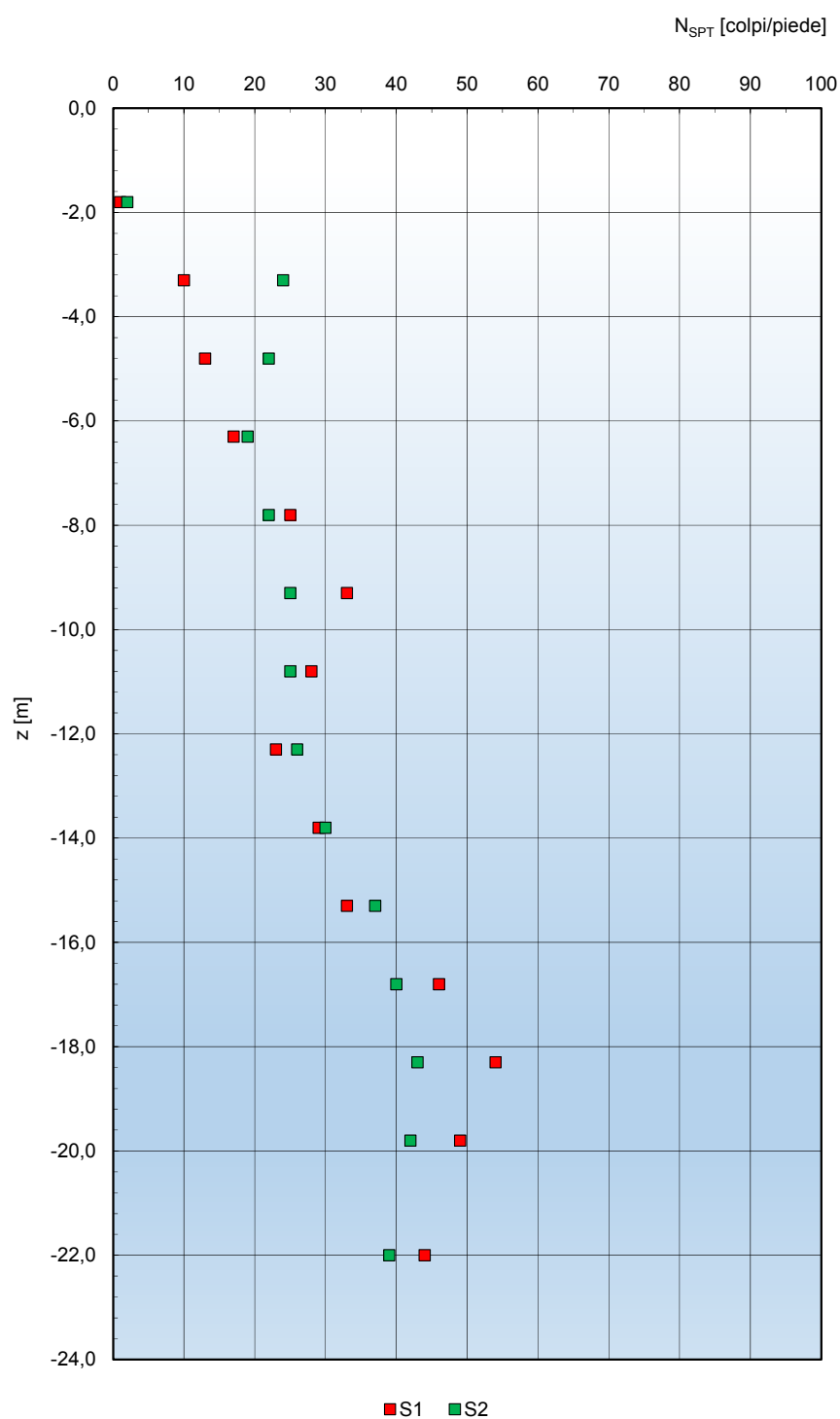


TABELLA 1.4 – RIASSUNTO PROVE DI LABORATORIO

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

Camp.	Q _{camp.}	γ	w _n	A	L	S	G	LL	LP	IP
	[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
S1/C1	-3,1	19,2	33,2	41,7	42,9	13,1	2,3	58,4	21,8	36,6
S1/C2	-6,1	18,9	34,9	39,0	46,5	14,2	0,3	58,9	21,1	37,8
S1/C11	-10,1	19,6	30,5	46,7	43,8	9,5	0,0	65,0	24,8	40,2
S1/C5	-15,1	19,7	29,3	47,9	47,1	5,0	0,0	58,7	24,4	34,3
S1/I2	-20,1	19,9	28,2	45,4	48,6	6,0	0,0	65,5	24,9	40,6
S2/C1	-3,3	20,1	27,0	45,6	47,7	6,7	0,0	59,1	22,6	36,5
S2/C3	-9,3	19,2	33,0	50,2	42,5	7,3	0,0	69,4	32,4	37,0
S2/C11	-10,3	19,6	29,7	44,5	43,9	11,6	0,0	64,1	23,5	40,6
S2/C5	-15,3	19,5	30,1	47,5	47,1	5,3	0,1	58,5	23,5	35,0
S2/I2	-20,3	20,1	26,8	38,6	48,2	13,2	0,0	51,0	19,6	31,4

TABELLA 1.5 – RIASSUNTO PROVE DI LABORATORIO

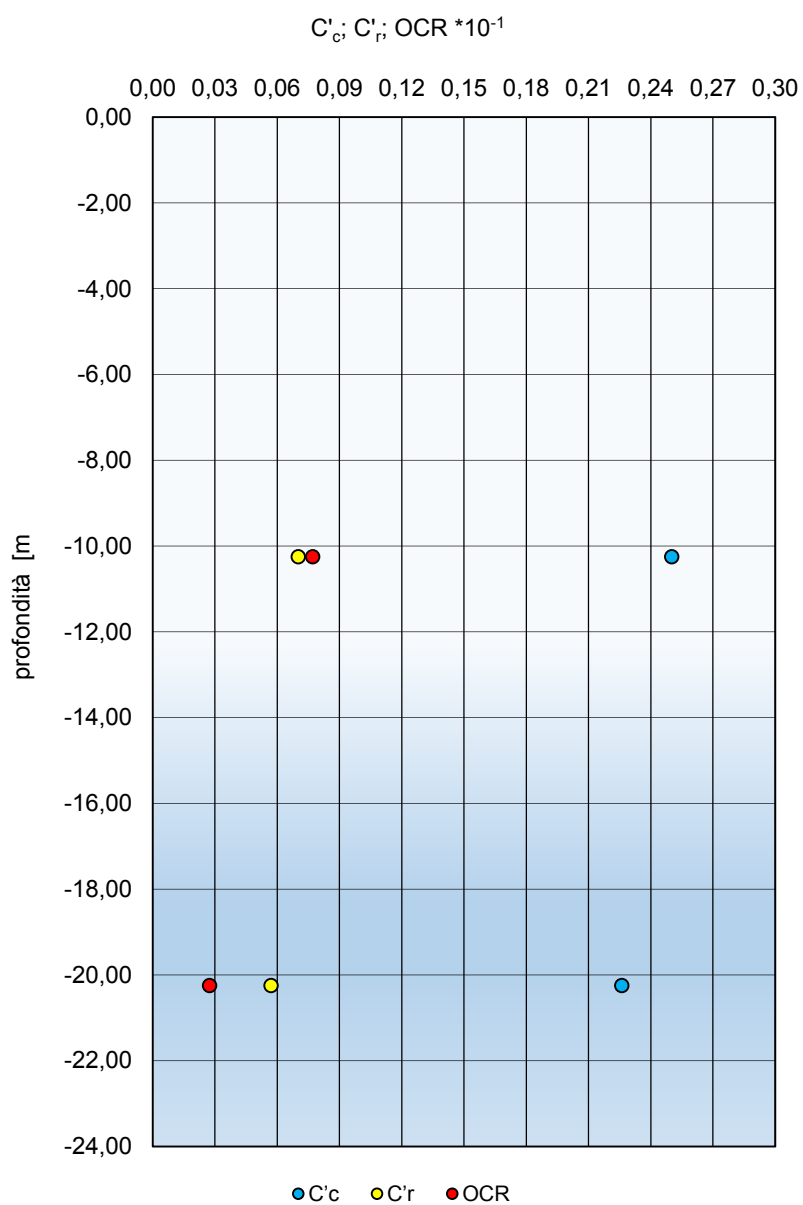
PROVE EDOMETRICHE

Sondaggio	Q _{pc}	z	Q _{camp}	σ_0	σ'_v	C' _c	C' _r	OCR
	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	/	/	/
S1	0	10,25	-10,25	1500	194,75	0,25	0,07	7,7
S2	0	20,25	-20,25	1050	384,75	0,226	0,057	2,7

Q_{camp} = quota media prelievo campione,
 γ = peso di volume,
 w_n = contenuto d'acqua,
 A&L, S, G = percentuale di fino, sabbia, ghiaia rispettivamente,
 LL, LP, IP = limite liquido, limite plastico, indice di plasticità rispettivamente,
 Q_{pc} = quota del piano campagna,
 z = profondità del campione,
 σ_0 = pressione di sovraconsolidazione;
 σ'_v = pressione geostatica,
 C'_c; C'_r = indice di compressibilità di ricomprensione edometrica,
 OCR = rapporto di sovraconsolidazione.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	7 di 30

FIGURA 1.2 – RISULTATI PROVE EDOMETRICHE



n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	8 di 30

FIGURA 1.3 – CARTA DELLA PLASTICITÀ

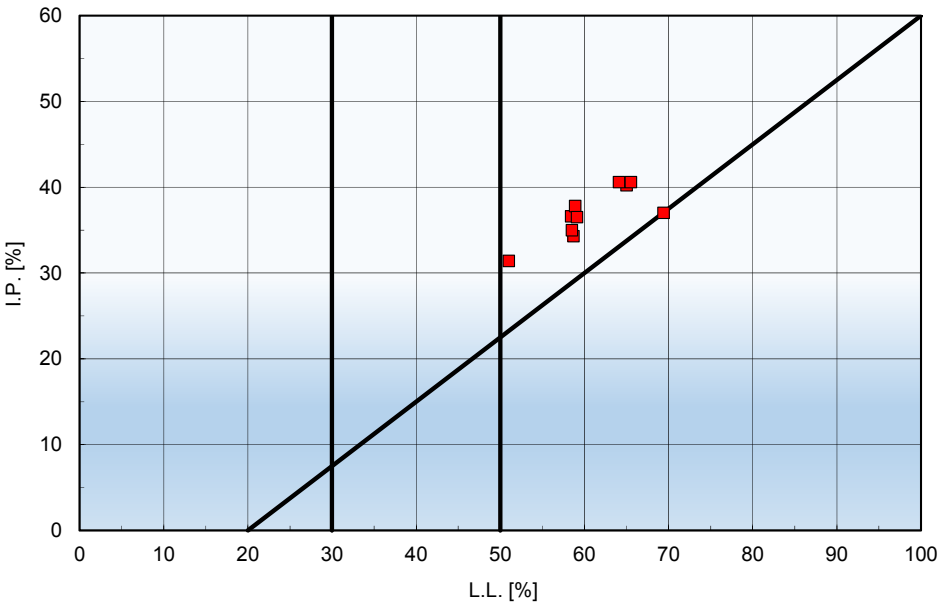


FIGURA 1.4 – ANDAMENTO CON LA PROFONDITÀ DEI LIMITI DI ATTERBERG

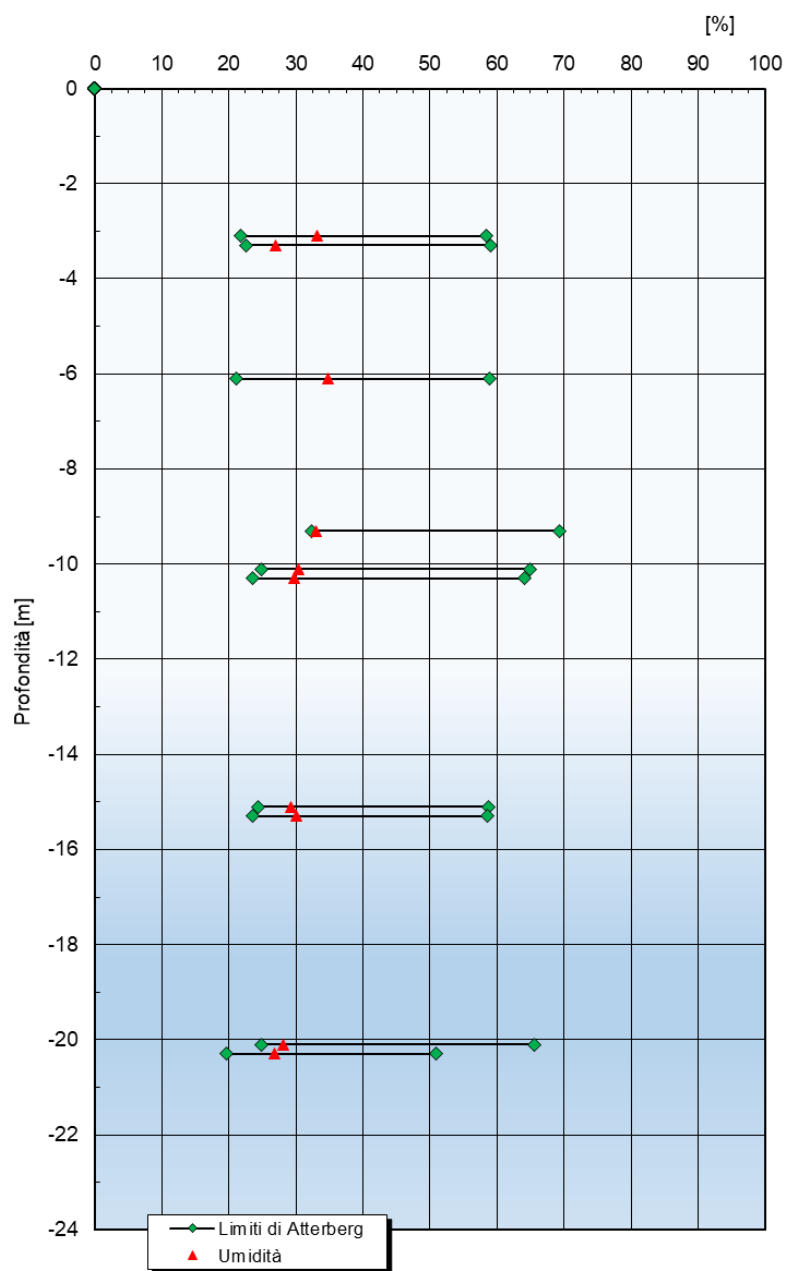
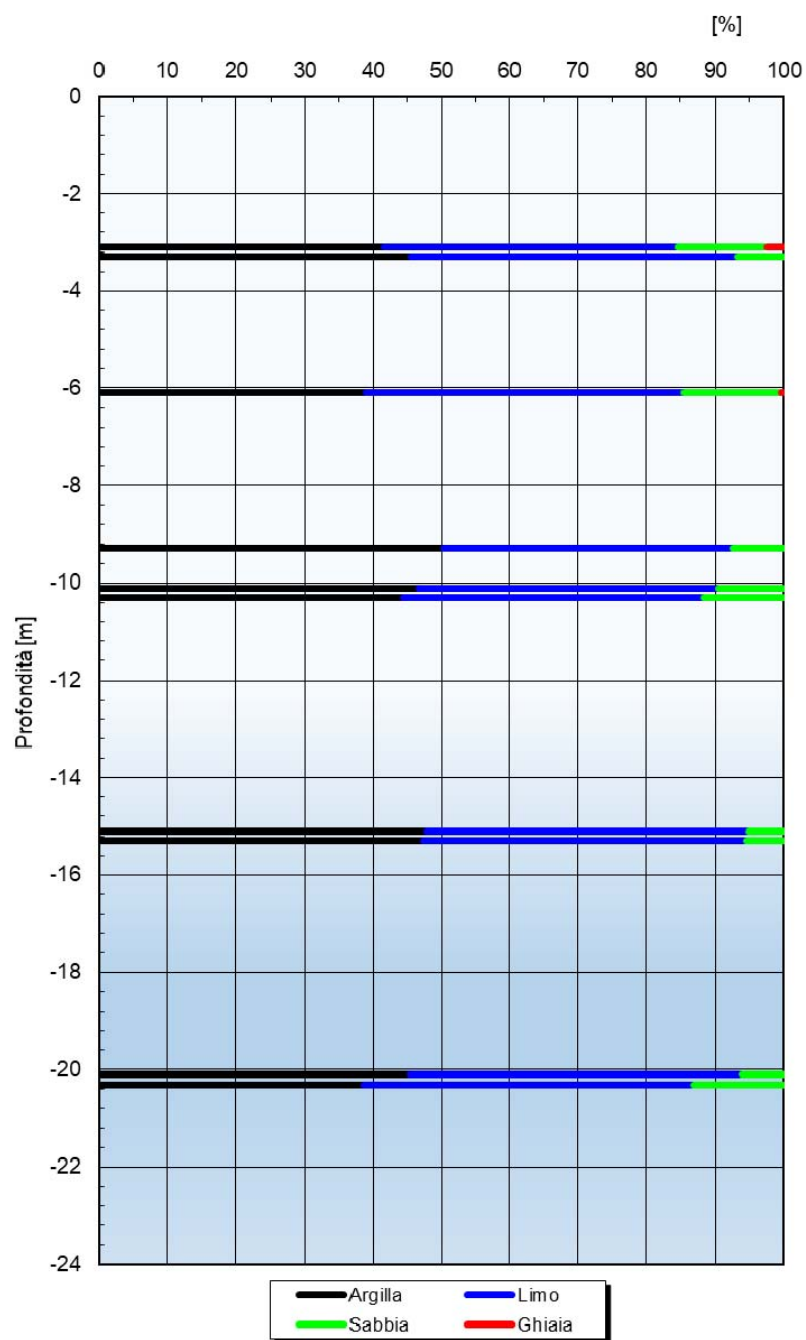


FIGURA 1.5 – LITOLOGIA DA ANALISI GRANULOMETRICHE



Capitolo 2 **CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

2.1 – Caratteristiche litostratigrafiche

I terreni dell'area in esame sono in prevalenza costituiti da una formazione in cui le frazioni limosa e argillosa sono presenti in analoghe percentuali e la sabbia è presente in tracce. A ricoprimento è stato rinvenuto uno strato di riporto di deposizione antropica di spessore metrico.

Si rimanda alla figura 1.5 e ai certificati dei sondaggi riportati nell'Appendice A per i dettagli sulla litologia dei terreni dell'area in esame.

I terreni in situ hanno associata una notevole sovraconsolidazione rilevata dall'andamento con la profondità della coesione non drenata c_u di figura B.3 (cfr. appendice B) e confermata dalle prove edometriche che pur in diminuzione con la profondità, alla -20 m circa forniscono ancora valori del rapporto OCR dell'ordine di 2-3 (cfr. figura 1.2).

Come tali, questi terreni hanno associati valori di resistenza al taglio discretamente elevati, dell'ordine dei $26 \div 28^\circ$ (cfr. figura B.4). Al contrario, l'elevata plasticità riscontrabile dalle figure 1.3 e 1.4, mortifica la rigidezza che risulta poco elevata così come si evince dall'andamento del modulo di Young e dai valori di C'_c e C'_r riportati nella figura B.1 e 1.2 rispettivamente.

Macroscopicamente sono suddivisi nei tre principali strati di seguito descritti, denominati con le lettere dalla A alla C che si differenziano per le differenti caratteristiche meccaniche dedotte per correlazione dalle resistenze N_{SPT} e dalle prove di laboratorio.

Nella descrizione seguente e nella successiva parametrizzazione dei terreni si è fatto riferimento all'Appendice B alla quale si rimanda per la disamina delle analisi che hanno portato alla redazione del modello geotecnico esposto nella tabella 2.1.

2.2 - Caratteristiche geotecniche dei terreni

Le informazioni acquisite dalla campagna d'indagine in situ sono utilizzate per la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Per la definizione dei parametri si sono utilizzate:

- le correlazioni empiriche che legano la resistenza penetrometrica N_{SPT} con le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni investigati;
- i risultati delle prove di laboratorio: classificazioni e edometriche. In particolare queste ultime hanno permesso di ottenere con buona affidabilità il modulo di Young.

I risultati ottenuti saranno mediati ed adottati nelle analisi di interazione dell'insieme strutture in elevazione+fondazione-terreno.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	12 di 30

TABELLA 2.1 – MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

STRATO	Q _L [m]	γ [kN/m ³]	N _{SPT} [l]	φ' _{calc} [gradi]	c'; c _u [kPa]	m _u [l]	C _c ; C _r [l]	OCR [l]	v [l]
A1	-3	19	2	25	0; 25	80	/	/	0,3
A2	-5	19	17	27	5; 100	220	0,30;0,07	>8	0,3
B	-13	19	27	28	10; 180	280	0,25; 0,06	7	0,3
C	/	19	45	29	25; ≥250	300	0,23; 0,05	6 - 0,45 z	0,3

Nella tabella si è indicato con:

Q_L la quota del letto dello strato,

γ il peso di volume fuori falda,

N_{SPT} la resistenza penetrometrica,

φ'_{calc} l'angolo d'attrito operativo,

c'; c_u la coesione drenata; non drenata;

C'_c; C'_r gli indici di compressibilità; ricomprensione edometrica;

OCR il rapporto di sovraconsolidazione (z = profondità da tetto strato),

m_u il gradiente del modulo di YOUNG in condizioni non drenate (curva vergine),

v rapporto di POISSON.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	13 di 30

2.3 – Idrologia

Nel corso dei lavori d'indagine non è stata rinvenuta l'acqua di falda.

Questa si ritiene presente ad una profondità tale da non influenzare in maniera apprezzabile il comportamento e la resistenza delle opere di seguito esaminate.

Pertanto nelle analisi sarà trascurata.

Pur tuttavia, considerata la bassa permeabilità dei terreni, le opere interrato saranno opportunamente impermeabilizzate e fornite di idoneo drenaggio in quanto potranno essere oggetto di accumulo delle acque superficiali nei periodi di intensa piovosità.

2.4 - Sismicità dell'area

In riferimento all'argomento in esame, dal doc. rif. a) si deduce quanto di seguito riportato nel rispetto delle disposizioni delle NTC del Decreto Ministeriale del 14/01/2008 e delle normative locali.

- **a)** Il sito in esame appartiene alla ZONA 3, con possibilità di sviluppo di terremoti di elevata intensità.
- **b)** Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore $v_{s,30}$, definito come media della velocità delle onde di taglio entro i primi 30 m dal piano di fondazione. In particolare, dal doc. rif. a) considerando i valori derivanti dalle indagini geofisiche, i terreni in esame fanno parte della **CATEGORIA DI SUOLO C.**
- **c)** I valori dei parametri utili per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sono indicati nel doc. rif. c) pari a:

$T_r = 475$ anni = tempo di ritorno.

$a_g = 0,162$ g = accelerazione orizzontale massima al sito.

$F_o = 2,52$ = valore max fattore amplificazione spettro in accelerazione orizzontale,

$T_c^* = 0,347$ s = periodo inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	14 di 30

Capitolo 3 CARATTERISTICHE SOMMARIE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la ristrutturazione della stazione ferroviaria

3.1 – Galleria artificiale

È interessata da interventi strutturali nella parte centrale per la nuova pensilina e per la nuova stazione fuori terra.

Nella figura 3.2 è riportata la sezione trasversale della galleria.

La struttura è interrata in calcestruzzo armato con fondazioni di larghezza B pari a:

$$B = 3,2 \text{ m,}$$

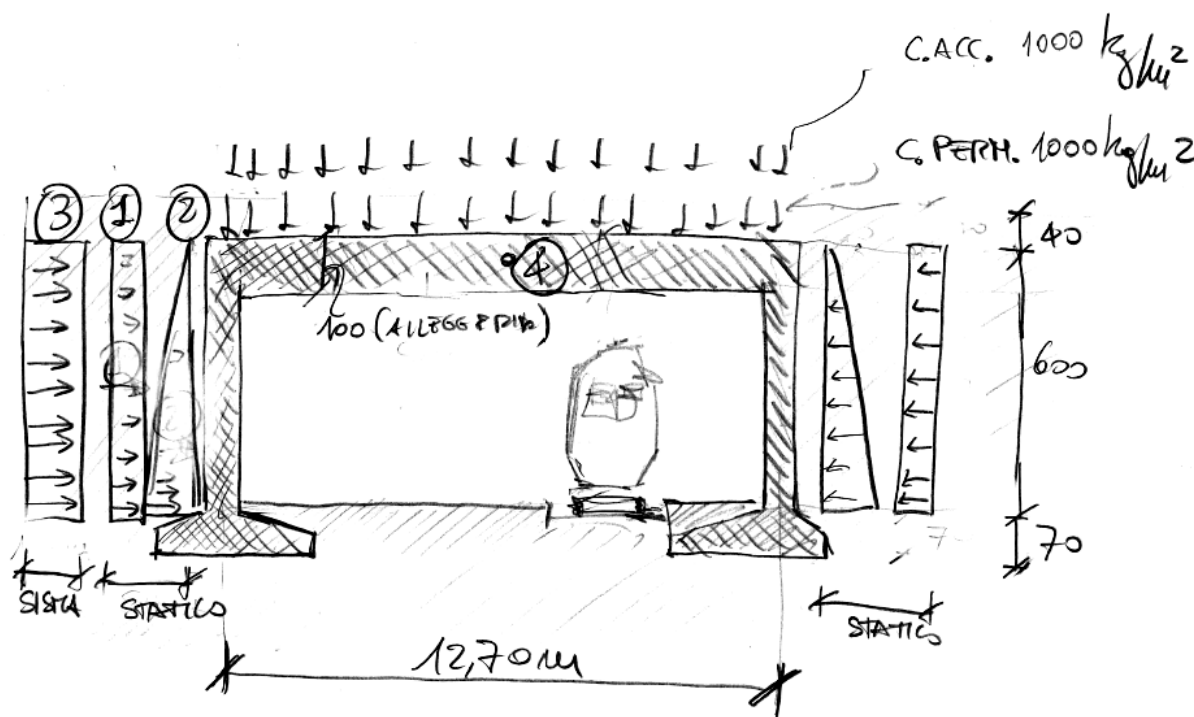
impostate alla quota Q_f pari a:

$$Q_f = -7,1 \text{ m.}$$

In condizioni statiche la pressione $q_{t,SLE}$ di contatto fondazione-terreno è pari a:

$$q_{t,SLE} \approx 150 \text{ kPa.}$$

FIGURA 3.2 – GALLERIA ARTIFICIALE
SEZIONE TRASVERSALE



n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	15 di 30

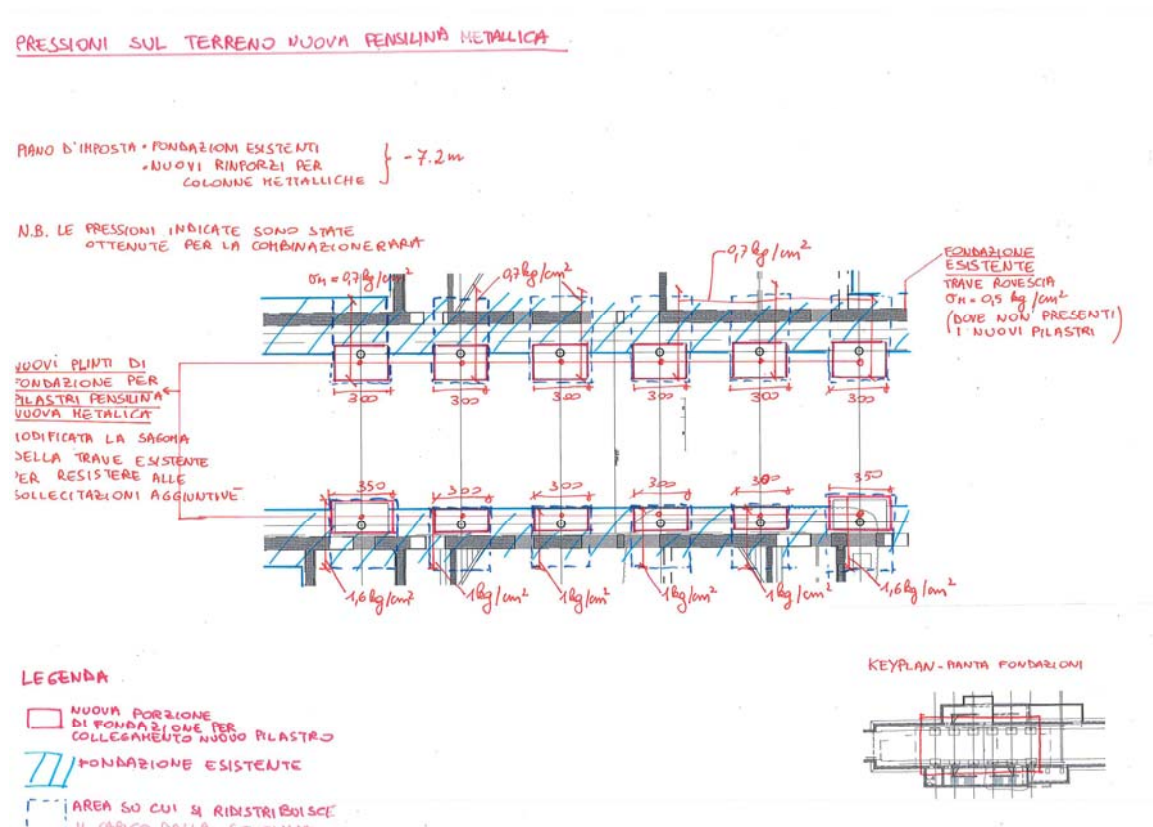
3.2 – Pensilina

La pensilina è di nuova costruzione.

Presenta una struttura in acciaio su n° 12 pilastri.

Nella figura 3.3 si riportano la pianta della fondazione delle pensiline e le relative pressioni di contatto fondazione-terreno.

FIGURA 3.3 – PENSILINA



n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	16 di 30

3.3 – Edificio Stazione

Nella figura 3.1 si riporta il layout della Stazione.

3.3.1 – Fondazioni dirette superficiali

L'ampliamento della Stazione insiste una parte su solaio in c.a. preesistente al disotto del quale è presente il piano interrato, una parte su terreno.

La quota Q_f d'imposta delle nuove fondazioni è prevista molto superficiale, pari a:

$$Q_f = -1 \text{ m.}$$

Le fondazioni ubicate in prossimità dei muri contro terra sono impostate sul terreno di riempimento a monte dei medesimi muri. La messa in opera di tale riporto dovrà rispettare specifiche tecniche rigorose di cui nel capitolo 6 e nell'Appendice D si riportano le disposizioni esecutive.

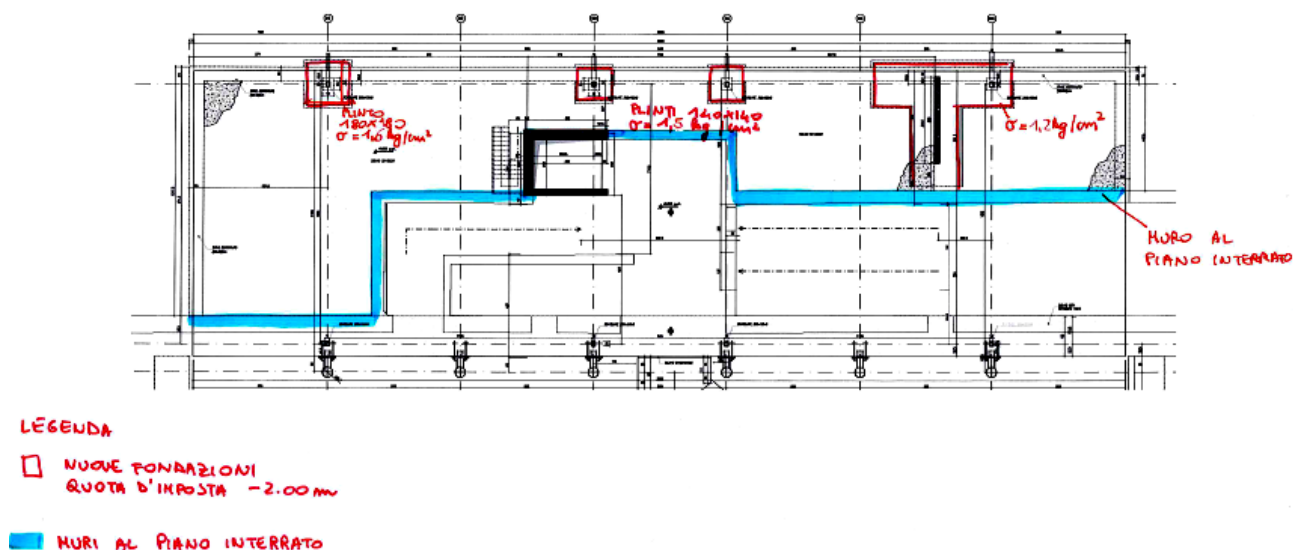
3.3.2 – Vano ascensore

Il vano ascensori (5) sarà inserito tra l'interrato preesistente e la via Aldo Moro (4).

Per la sua realizzazione è previsto uno scavo alla quota Q_s pari a:

$$Q_s = -6; -7.5 \text{ m.}$$

**FIGURA 3.4 – NUOVE STRUTTURE FUORI TERRA
PRESSIONE DI CONTATTO FONDAZIONI-TERRENO**



n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	17 di 30

3.3.3 – Scala d'emergenza

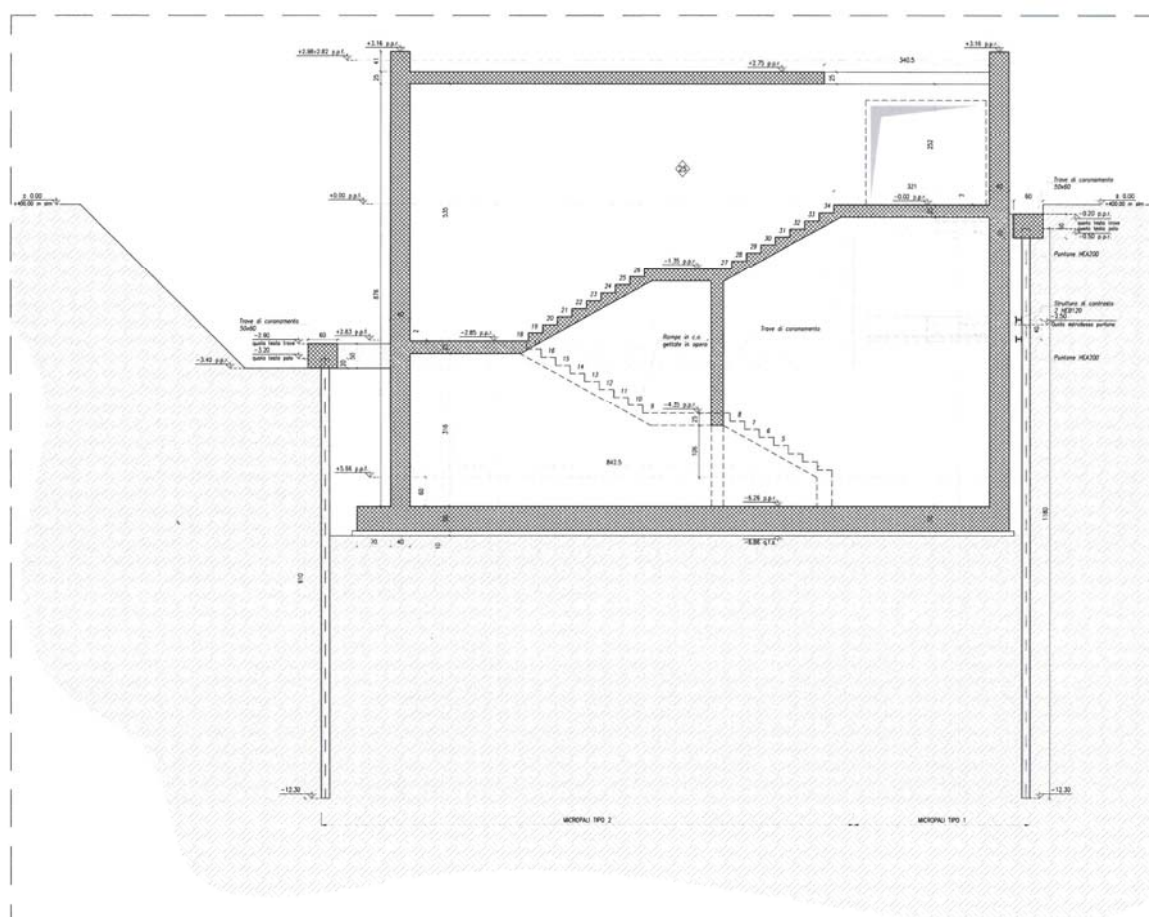
La quota del fondo scavo Q_{fs} per la realizzazione della scala d'emergenza è pari a:

$$Q_{fs} = -6,9 \text{ m.}$$

I lavori sono previsti eseguiti nelle fasi seguenti secondo quanto illustrato nella figura 3.4.

- **a)** Realizzazione della berlinese testa pali alla quota di -3,4 m in corrispondenza dei lati a-b-c ed alla ± 0 lungo il lato d-e-f.
- **b)** Avanscavo in corrispondenza dei lati a-b-c scavo con quota di fondo alla -3,4 m.
- **c)** Esecuzione della trave di coronamento, posa della saetta d'angolo.
- **d)** Scavo finale alla -6,9 m.

FIGURA 3.5 – OPERE DI CONTENIMENTO FRONTI SCAVO SCALA D'EMERGENZA



n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	18 di 30

Capitolo 4 ANALISI FONDAZIONI DIRETTE

4.1 – Definizione della tipologia di fondazione da adottare per le strutture in progetto

In considerazione delle caratteristiche strutturali e di carico, comparate con la condizione geotecnica emersa dall'indagine, si ritiene ammissibile l'adozione delle fondazioni dirette superficiali previste dal progetto per l'ampliamento della Stazione (cfr. § 3.3). Tali fondazioni dovranno essere impostate sui terreni dello strato A2 presente con il tetto alla -2 m circa.

Quote d'imposta più superficiali saranno ammissibili previa la bonifica dei terreni dello strato A1.

Delle fondazioni sopra prospettate nel seguito viene calcolata la resistenza agli SLU e valutati i cedimenti, questi ultimi finalizzati alla definizione del coefficiente di sottofondo verticale per terreno alla WINKLER utile per l'analisi interattiva fondazione-struttura in elevazione e per le verifiche SLE. Oltre alle fondazioni di cui sopra sono analizzate le fondazioni dei muri contro terra della galleria artificiale che saranno interessate da variazione di carico e quindi dovranno essere oggetto di verifiche di resistenza in condizioni statiche e con sisma.

4.2 - Calcolo della resistenza R_D per collasso del complesso fondazione-terreno (SLU – GEO) – Calcolo dei cedimenti

4.2.1 - Ipotesi e modalità di calcolo

Resistenza

Nel seguito sono analizzate fondazioni dirette aventi dimensioni comprese in un "range" all'interno del quale sono collocate le fondazioni esistenti.

I calcoli di resistenza sono condotti agli stati limiti ultimi, in condizioni statiche e dinamiche¹, secondo quanto prescritto nelle NTC.

Le fondazioni sono considerate impostate alle quote Q_f indicate nel capitolo 3.

Nei calcoli in presenza di sisma si sono adottati i valori dei parametri dello spettro corrispondenti a un valore di T_R pari a 475 anni:

$$a_g = 0,162 g,$$

$$F_0 = 2,520,$$

$$T^*_c = 0,347 s.$$

Si rimanda all'APPENDICE C per i dettagli circa le procedure adottate per il calcolo della R_d e dei cedimenti.

Cedimenti

Delle fondazioni sopra trattate viene analizzato il comportamento sotto carico.

¹ La resistenza pseudo-statica delle fondazioni nei confronti del raggiungimento del collasso del terreno subisce una riduzione per l'effetto cinematico e inerziale. Nelle analisi condotte il primo viene direttamente tenuto in conto introducendo i valori di F_0 e di a_g riportati nel §2.4. Non essendo noti a priori i valori dell'inclinazione i del carico agente sul piano di posa della fondazione, la R_c viene valutata per differenti valori di i . La R_c da assumere nelle verifiche GEO sarà pertanto definita in una successiva fase del progetto noto il valore di i .

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	19 di 30

Il calcolo dei cedimenti viene eseguito considerando il terreno a comportamento elastico lineare.

Si è adottato il modello geotecnico riportato nella tabella 2.1.

- Si è fatto riferimento alla teoria dell'elasticità.
- Il terreno è stato suddiviso in strati di spessore costante aventi caratteristiche meccaniche omogenee.
- La diffusione con la profondità della pressione trasmessa dalla platea, ipotizzata infinitamente flessibile, è stata valutata nell'ipotesi di terreno a semispazio elastico, isotropo, omogeneo alla BOUSSINESQ mediante la soluzione di STEINBRENNER.
- Il cedimento w_i dello strato i esimo è calcolato nei vari punti dell'area di carico tramite l'espressione approssimata:

$$w_i = \Delta p_i \cdot \Delta H_i / E_i$$

Δp_i = variazione tensionale indotta dall'area di carico,

ΔH_i = spessore strato i esimo,

E_i = modulo elastico dello strato i esimo,

- il cedimento totale è calcolato in corrispondenza dello spigolo (w_s), delle mezzerie dei lati (w_b , w_l), del centro (w_c) dell'area di carico mediante la sommatoria dei cedimenti dei singoli strati fino alla profondità in cui la $\Delta p_i \leq 0,15$ della pressione verticale efficace,
- il cedimento medio w_m dell'area di calcolo, è valutato come media pesata dei cedimenti di calcolo:

$$w_m = (w_s + 2 \cdot w_b + 2 \cdot w_l + 4 \cdot w_c) / 9,$$

quest'ultimo è utilizzato per il calcolo del valore medio della costante di sottofondo.

- Il calcolo viene condotto ipotizzando due differenti pressioni di contatto q_t fondazione-terreno: una corrisponde alla pressione attuale ($q_{t,SLE}$ – capitolo 3), l'altra, pari al 20% di $q_{t,SLE}$ simulare il delta carico innescato dal sisma. Nel primo caso si è considerato il terreno in condizioni drenate, nel secondo caso in condizioni non drenate.

I cedimenti calcolati forniranno il valore del coefficiente di sottofondo per terreno alla Winkler: il primo potrà essere adottato nell'analisi della fondazione sotto incrementi di carico dovuti alla ristrutturazione, il secondo in presenza di sisma.

4.2.2 - Risultati dei calcoli

Nell'APPENDICE C, alle pagine 1÷9 sono riportate le modalità, i parametri e i risultati dei calcoli di cedimento e di resistenza per collasso dell'insieme fondazione terreno.

I risultati sono riassunti nella tabella 4.1.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	20 di 30

**TABELLA 4.1 – RIASSUNTO CALCOLI DI RESISTENZA E DI
CEDIMENTO FONDAZIONI DIRETTE**

STRUTTURA	Condizione di carico	B [m]	L [m]	R _c [kPa]	q _{t,calc} [kPa]	w [cm]	k _{vm} [kN/m ³]	R _{DA1-c2} [kPa]	R _{DA2} [kPa]
GALLERIA	Statica	3,2	∞	958,8	150	1,0	14734,5	285,3	416,9
	Sisma	3,2	∞	958,8	30	0,09	35098,7	285,3	416,9
		3,0	∞	935,6	30	0,08	36310,5	279,1	406,8
		2,8	∞	912,4	30	0,08	37696,3	272,9	396,7
		2,5	∞	877,5	30	0,08	39476,7	263,7	381,5
STAZIONE	Statica	1,7	1,7	808,0	269	1,7	15417,4	247,1	351,3
		1,7	3	749,2	250	1,96	12741,7	231,6	325,7
		1,7	4	729,9	243	2,06	11799,4	226,5	317,3
		1,7	5	718,3	239	2,12	11250,3	223,5	312,3
		1,7	6	710,6	237	2,16	10955,5	221,4	309,0

B = larghezza della fondazione (B' della [4.1]),

R_c = resistenza di calcolo del complesso fondazione- terreno,

q_{t,calc} = pressione di contatto fondazione-terreno per il calcolo dei cedimenti (= R_c/3),

w = cedimento medio sotto la pressione q_{t,calc},

k_{vm} = coefficiente medio di sottofondo verticale per terreno alla WINKLER = (q_{t,calc}/w),

R_{DA1-c2} = resistenza del terreno secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2),

R_{DA2} = resistenza del terreno secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3) del D.M. del 14/01/08.

4.3 – Indicazioni progettuali

- a) La PRESSIONE DI CONTATTO FONDAZIONE-TERRENO q_t potrà essere calcolata nel rispetto della seguente espressione (MEYERHOF - 1953):

$$q_t = N/(B'_1 * B'_2) \quad [4.1]$$

dove:

$$B'_1 = B_1 - 2 * e_1,$$

$$B'_2 = B_2 - 2 * e_2,$$

$$e_1, e_2 = M_1/N, M_2/N,$$

N = risultante forze verticali in fondazione,

M₁, M₂ = coppie in fondazione.

- b) I cedimenti calcolati sono da intendere per buona parte differiti nel tempo essendo sviluppati da terreni fini. Il basso contenuto d'acqua, prossimo al limite plastico (cfr. figura 1.3) e le dimensioni contenute delle fondazioni fanno ipotizzare tempi di consolidazione non elevati, dell'ordine di 12÷15 mesi per le fondazioni di maggiore dimensione dell'edificio Stazione.
- c) Come prescritto nelle NTC occorrerà verificare che le deformazioni derivanti dai cedimenti delle fondazioni siano ammissibili con la funzionalità dell'opera in progetto (verifiche SLE). A

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	21 di 30

tale scopo si potrà fare riferimento ai risultati dell'analisi interattiva struttura-terreno condotta adottando i parametri di deformabilità indicati nella tabella 4.1.

- d) I materiali di rinterro contro le pareti verticali interrato avranno la granulometria e le modalità di compattazione indicate nel capitolo 6 e nell'Appendice D.

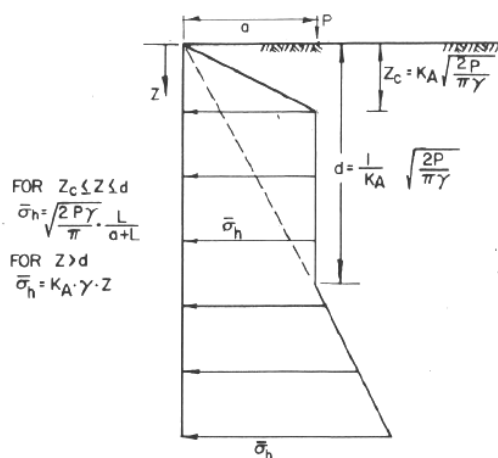
In corrispondenza del volume inferiore non agibile al rullo vibrante, lo spessore dello strato di stesura sarà pari a 0,2 m e sarà compattato con piastra vibrante.

PRESSIONE ORIZZONTALE SU PARETI VERTICALI DOVUTA AL TERRENO COMPATTATO

La compattazione prevista comporta nella parte sommitale del riporto lo sviluppo di una spinta superiore a quella attiva, funzione del peso del rullo e della sua distanza dal muro, secondo il diagramma schematico riportato nella figura a lato.

I parametri per il calcolo della spinta potranno essere i seguenti:

- peso di volume del terreno compattato:
 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;
- angolo di attrito del riporto: $\varphi = 38^\circ$;
- coefficiente di spinta attiva: $k_a = 0,24$.



$$P \text{ (ROLLER LOAD)} = \frac{\text{DEAD WT. OF ROLLER} + \text{CENTRIFUGAL FORCE}}{\text{WIDTH OF ROLLER}}$$

a : DISTANCE OF ROLLER FROM WALL

L : LENGTH OF ROLLER

- e) Per l'approvazione della condizione di stabilità delle fondazioni esistenti si potrà fare riferimento a quanto di seguito illustrato relativo alle fondazioni dirette superficiali trattate nei precedenti paragrafi. In particolare sono forniti i criteri di ammissibilità riferiti al collasso dell'insieme fondazione-terreno anche tenendo in conto gli orientamenti riportati nelle NTC.

- In primo luogo, in considerazione dei valori di R_c riportati nella tabella 4.1, noti i risultati delle analisi agli SLU, dovrà essere rispettata la condizione dettata dalle NTC:

$$E_d \leq R_c \quad [4.2].$$

- In ogni caso, al fine di valutare la condizione di stabilità delle fondazioni sotto i carichi di esercizio e prevederne il comportamento, si potrà considerare le fondazioni in buone condizioni di stabilità per valori di Φ_s superiori a $2,5 \div 3$, dove per Φ_s si intende il rapporto:

$$\Phi_s = R_c / E_{d_SLE}$$

E_{d_SLE} = pressione caratteristica di contatto fondazione-terreno.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	22 di 30

- Per valori di Φ_s compresi tra 1,5 e 2,5 le fondazioni potranno essere considerate stabili pur essendo molto sensibili in termini di cedimento a variazioni delle condizioni di sollecitazione; in altri termini, variazioni anche poco rilevanti dei carichi trasmessi al terreno, possono indurre cedimenti significativi che, essendo il terreno sollecitato in campo non lineare, sono da intendere come cedimenti irreversibili.
- Per valori di Φ_s inferiori a 1,5 infine, le fondazioni sono da ritenere instabili in quanto il terreno è sollecitato con pressioni prossime a quelle di rottura. In tal caso, senza alcuna variazione delle condizioni geotecniche e di carico, le fondazioni sotto tali pressioni subiscono cedimenti non stabilizzati, in progressione continua nel tempo.

Noti i valori delle pressioni di contatto attuale e futura di progetto e le resistenze risultanti dalle analisi, sarà agevole verificare l'ammissibilità della condizione di stabilità delle fondazioni nello stato attuale e in quello di progetto.

- f) Oltre alle verifiche di stabilità sopra trattate occorrerà verificare che le deformazioni derivanti dai cedimenti delle fondazioni prodotti dalle eventuali azioni incrementali ΔE_d siano ammissibili con la funzionalità dell'opera (verifiche SLE).

Il calcolo del cedimento delle fondazioni Δw dovuto a ΔE_d potrà essere condotto in prima analisi considerando una proporzionalità diretta tra pressioni e cedimento utilizzando quindi come costante di proporzionalità i valori k_m del coefficiente di sottofondo verticale per terreno alla WINKLER riportati nella tabella 4.1.

L'ammissibilità del cedimento Δw in corrispondenza delle varie fondazioni sarà attentamente valutata dai Responsabili del progetto in considerazione anche delle caratteristiche strutturali e dello stato di conservazione delle fondazioni e delle strutture fuori terra.

In tali valutazioni può essere utile considerare che i cedimenti calcolati sono da ritenere cautelativi.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	23 di 30

Capitolo 5 **PARATIA A MICROPALI AREA SCALA D'EMERGENZA**

Nel seguito è analizzata la paratia a micropali di sostegno dello sbancamento previsto per la realizzazione della scala d'emergenza citata nel capitolo 3.

In particolare vengono prese in esame le due sezioni di calcolo indicate nella figura 3.5.

5.1 – Criteri e ipotesi di calcolo

I calcoli sono stati condotti nel rispetto di quanto riportato nel seguito.

- Il modello geotecnico è dedotto dalla tabella 2.1, considerando il terreno in condizioni drenate considerando prudenzialmente un valore della coesione c' pari al 50% di quello indicato nella tabella 2.1.
- Il calcolo tenso-deformativo del complesso terreno-paratia è stato eseguito utilizzando il codice di calcolo doc. rif. d). Il programma utilizza il metodo degli elementi finiti associando al terreno un legame costitutivo del tipo elasto-plastico. La ricerca degli stati di equilibrio per ogni *step* di carico è ottenuta variando iterativamente la spinta sulla paratia in funzione della deformata derivante dall'asportazione del terreno e dallo stato tensionale indotto dalla eventuale presenza dei vincoli. Il programma permette quindi di conoscere lo stato di sforzo al quale è sottoposta la paratia, dal momento della realizzazione al termine dello scavo.
- Le analisi sono condotte agli stati limiti ultimi (SLU) e alle T.A. Quella agli SLU è eseguita di tipo GEO per le verifiche di stabilità e di tipo STR per i dimensionamenti strutturali. La seconda viene utilizzata per le verifiche di compatibilità con i requisiti prestazionali della paratia nei confronti delle preesistenze.

In particolare le analisi SLU sono condotte considerando l'APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 1 (A1+M1+R1) e l'APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R1) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I delle NTC. Nel primo caso (APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 1) vengono fattorizzate le azioni e considerati i valori caratteristici dei parametri del terreno; nel secondo caso (APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2) vengono essenzialmente ridotti i parametri dei terreni (tabella 6.2.II delle NTC).

I risultati delle analisi (A1+M1+R1) saranno utilizzati per le verifiche strutturali: resistenza delle sezioni della paratia ottenuta dall'involuppo delle sollecitazioni; i risultati delle analisi (A2+M2+R1) riguarderanno essenzialmente l'equilibrio della paratia garantendo che il rapporto tra la spinta passiva mobilitata e la spinta totale non sia superiore al 100%.

Nelle tabelle 5.1 e 5.2 si riportano i valori dei coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici.

Nella tabella 5.3 le combinazioni delle azioni fondamentali.

Le analisi alle T.A. consentono di verificare anche la deformazione della paratia.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	24 di 30

TABELLA 5.1 – COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI

ANALISI	PERMANENTI (γ_{G1})		PERMANENTI NON STRUTT. (γ_{G2})		VARIABILI (γ_Q)	
	Favorevole	Sfavorevole	Favorevole	Sfavorevole	Favorevole	Sfavorevole
SLU - Comb.1 (A1)	1,00	1,30	0,00	1,50	0,00	1,50
SLU - Comb.2 (A2)	1,00	1,00	0,00	1,30	0,00	1,30
SLE	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00

TABELLA 5.2 – COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

ANALISI	$tg(\phi')$	C	C_u	γ
SLU - Comb.1 (M1)	1,00	1,00	1,00	1,00
SLU - Comb.2 (M2)	1,25	1,25	1,40	1,00
SLE	1,00	1,00	1,00	1,00

TABELLA 5.3 – COMBINAZIONE DELLE AZIONI FONDAMENTALI

SLU – APPROCCIO 1 – COM 1	$1.3 P_{\text{TERRENO}} + 1.5 V_{\text{STRADALE}}$
SLU – APPROCCIO 1 – COM 2	$1.0 P_{\text{TERRENO}} + 1.3 V_{\text{STRADALE}}$
SLE	$1.0 P_{\text{TERRENO}} + 1.0 V_{\text{STRADALE}}$

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	25 di 30

5.2 – Risultati dei calcoli

Nella tabella 5.4 e nelle figure 5.6÷5.9 si riportano i risultati dei calcoli delle sezioni analizzate nella condizione provvisoriale.

TABELLA 5.4 – SINTESI DEI RISULTATI DEI CALCOLI

CONDIZIONE PROVVISORIALE (A1+M1+R1)

(Calcoli per ml di paratia)

Sezione	Q_m [m]	Q_s [m]	Q_b [m]	M_{max} [kNm]	i [m]	φ_e [mm]	s [mm]	w [cm]	Q_T [m]	T [kN]	γ_R [/]
1-1	-0,4	-6,9	-10,9	77,5	0,33	159	10	2,93	-2,5	160,1	1,4
2-2	-3,4	-6,9	-11,4	54,1	0,33	177,8	10	3,86	/	/	1,8

Q_m = quota terreno monte,

Q_s = quota fondo scavo,

Q_b = quota di base della paratia,

M_{max} = momento massimo,

i = interasse pali,

φ_e/s = diametro esterno/spessore tubo armatura,

w = spostamento orizzontale massimo,

Q_T = quota d'imposta del vincolo,

T = reazione vincolare,

γ_R = rapporto tra spinta passiva totale nella condizione GEO (A2+M2+R1) e spinta passiva mobilitata.

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	26 di 30

FIGURA 5.6 –DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE (SLU – A1+M1+R1)

SEZIONE 1-1

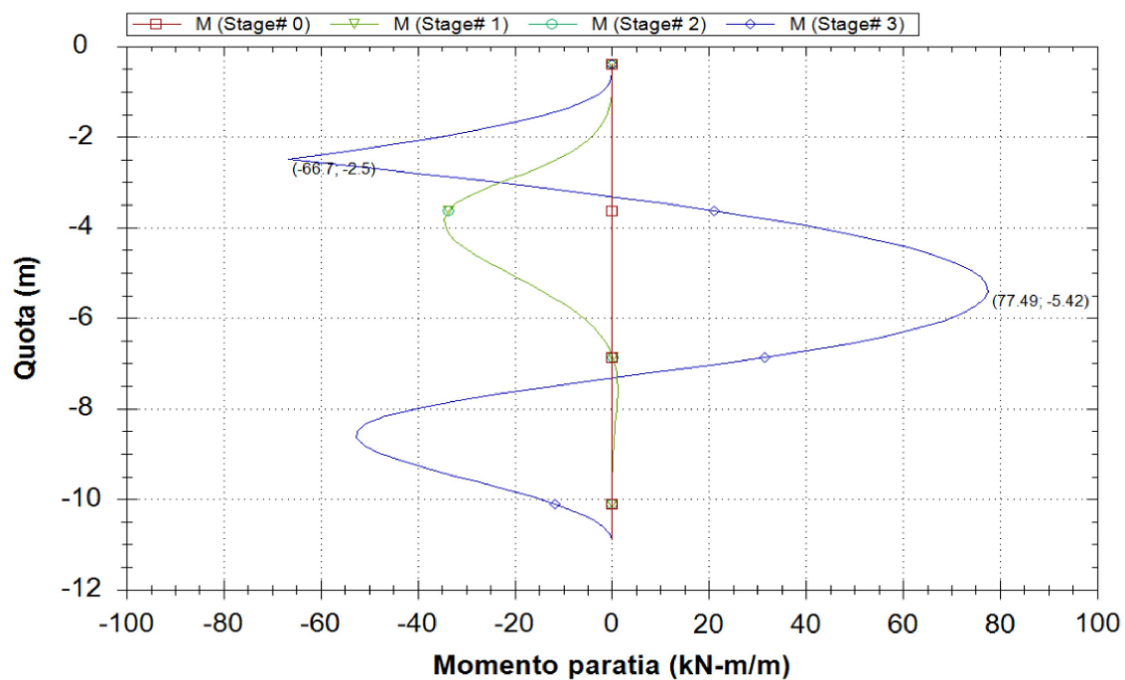
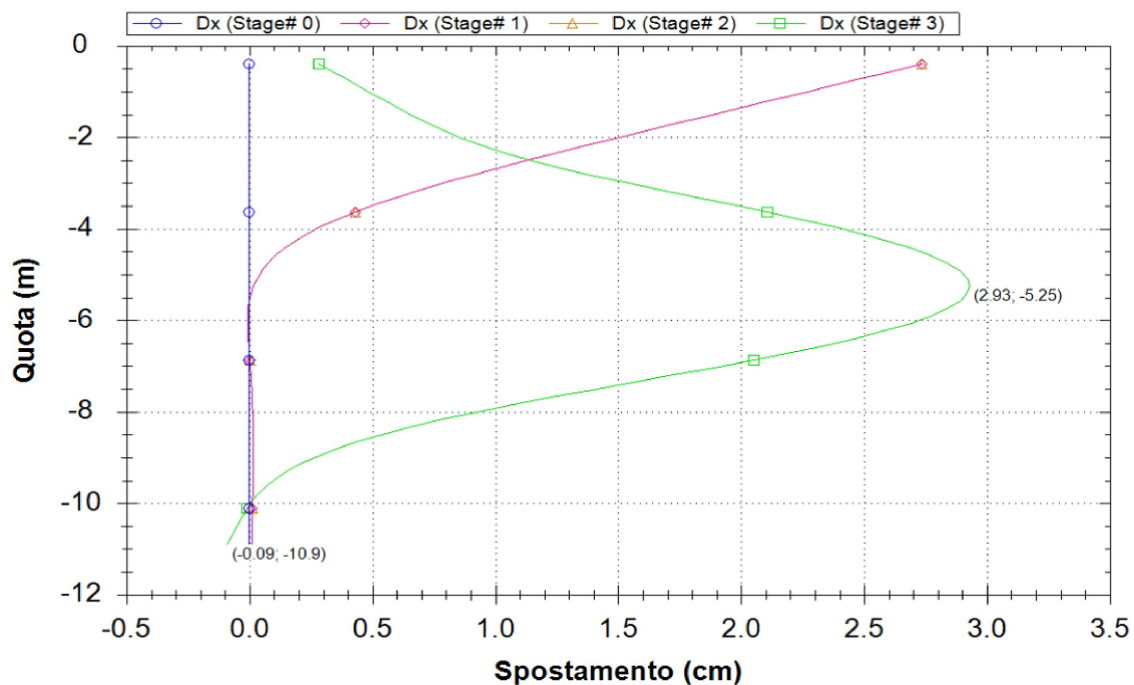


FIGURA 5.7 –DEFORMATA IN ESERCIZIO (SLE)

SEZIONE 1-1



n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	27 di 30

FIGURA 5.8 –DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE (SLU – A1+M1+R1)

SEZIONE 2-2

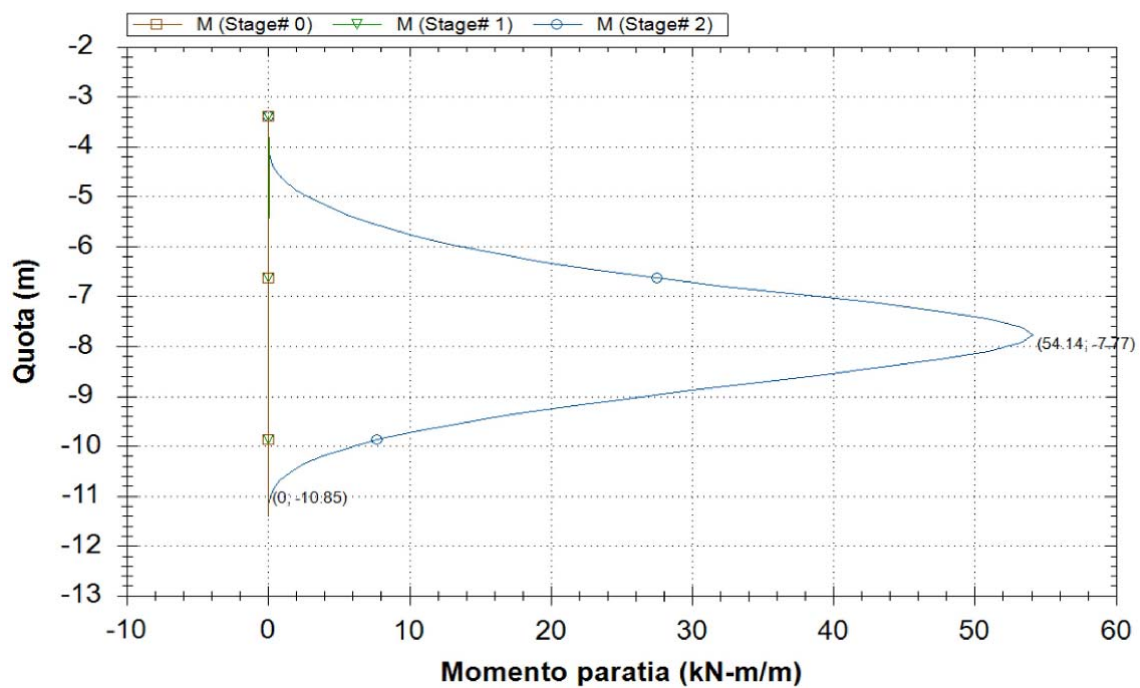
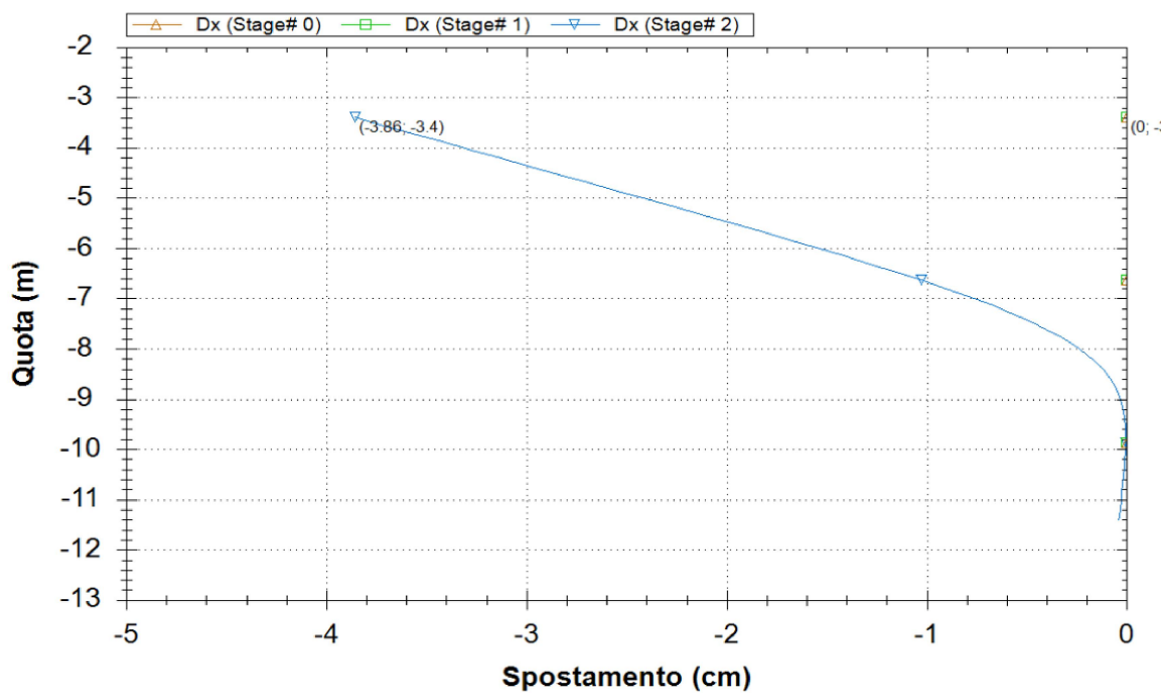


FIGURA 5.9 –DEFORMATA IN ESERCIZIO (SLE)

SEZIONE 2-2



n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	28 di 30

Capitolo 6 **INDICAZIONI ESECUTIVE**

6.1 – Preparazione del sedime delle fondazioni dell'edificio Stazione

Le fondazioni esaminate state considerate impostate alla -2 m, al tetto dello strato A2 o a quote più superficiali previa l'interposizione di inerte compattato a integrale bonifica dei terreni del litotipo A1. Non si escludono spessori di bonifica differenti che potranno essere definiti in corso d'opera; quello prescritto è da considerarsi come spessore minimo di previsione.

La bonifica dei terreni dello strato A1 e il rinterro contro le pareti dei muri sul quale saranno impostate alcune fondazioni di nuova costruzione, potranno essere eseguiti nel rispetto delle Specifiche tecniche riportate nell'Appendice D.

In ogni caso, per la preparazione del sedime delle fondazioni dirette si potrà operare secondo le fasi di seguito riportate.

- Scavo parziale fino a raggiungere la quota d'imposta $Q_{t,A2}$ della bonifica corrispondente al tetto dello strato A2.
- Visione critica dei terreni presenti alla $Q_{t,A2}$ ed eventuale approfondimento qualora alla $Q_{t,A2}$ fossero presenti materiali di origine organica, terreno umificato o altri materiali giudicati non idonei. La larghezza dell'impronta della bonifica sarà maggiore dei lati della fondazione di ΔH_B (ΔH_B = spessore bonifica).
- Stesura di inerte in strati di spessore non maggiore di 0,3 m, comunque commisurato al rullo utilizzato. L'inerte avrà le caratteristiche granulometriche riportate nell'Appendice D, unitamente alle modalità di posa ed al grado di addensamento da raggiungere.

In corrispondenza di fondazioni di ridotte dimensioni, laddove la lavorazione dell'inerte potrebbe essere particolarmente disagiata non si esclude l'adozione di calcestruzzo magro in sostituzione dell'inerte.

6.2 – Sbancamenti e scavi

La sensibile sovraconsolidazione dei terreni superficiali e l'assenza dell'acqua di falda non porranno particolari problematiche alla movimentazione dei mezzi d'opera e alla realizzazione degli scavi.

Questi potranno avere le pareti con andamento non superiore a 60° fino ad altezze massime di 3 m. Per scavi di altezza maggiore occorrerà valutarne la condizione di stabilità in relazione all'estensione delle pareti e all'altezza.

Le pareti dello scavo dovranno essere protette da telo impermeabile da stendere nei periodi di intensa piovosità al fine di inibire la corruzione dell'acqua e la conseguente erosione superficiale.

Dott. Ing. Umberto Croce

n. lavoro	Contenuto	Rev.	ING. UMBERTO CROCE	File	Data	Pagina
L039-18	Relazione	00		039-18_R1	16/04/2018	29 di 30

APPENDICE A

Stratigrafia del Sondaggio S01 da 0 a 20 metri

Committente: F.A.L. MATERA

Oggetto: Indagini geognostiche presso l' area di Matera centrale

Impresa esecutrice: Apogeo S.r.l.

Via Caduti di Nassirya 170- 70022 Altamura (BA)
Att. SOA OS20A Class. I-OS20B Class. III-B

Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE
Dott. Geol. Salvatore TANCREDI

Regione: Basilicata Comune: Matera (MT)

Località: Matera Centrale Stazione F.A.L. Quota: 400 m.s.l.m.

COORD. (UTM33 WGS84): 4502937.25 m N- 635325.03 m E

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

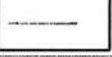
Doppio carotiere: No Rivestimento foro: NO


Diametro di perforazione: 101 mm Diametro del rivestimento provvisorio: 127 mm

Data: 30/01/2018

Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessore (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% DI CAROTAGGIO	Falda RIVESTIMENTO PROVVISORIO	S.P.T.	CAMPIONI GEOTECNICI	Pocket Kg/cm2	Scissometro								
1		1.50	Materiale di riporto: di cui i primi 0.20m dal p.c. sono composti da asfalto bituminoso, seguono 0.50m di breccia costituente il sottofondo stradale e 0.70m di breccia con argilla giallastra.	80%		SPT 1 Punta chiusa Quota di inizio = 1.5 mt <table><tr><td>AVANZ.</td><td>N. COLPI</td></tr><tr><td>15</td><td>1</td></tr><tr><td>30</td><td>0</td></tr><tr><td>45</td><td>1</td></tr></table>	AVANZ.	N. COLPI	15	1	30	0	45	1			
AVANZ.	N. COLPI																
15	1																
30	0																
45	1																
2								2.8	6.0								
3								3.8	5.0								
4																	
5		8.00	Argilla giallastra debolmente limosa , addensata, umida, presenta inclusioni nere puntiformi attribuibili a materiale organico sparse nella massa fino ad una quota di circa 4.50m. Alla quota di circa 9.00m si nota l' alternanza si materiale argilloso di colore giallo ocra e materiale argilloso di colore grigio-azzurro.	80%		SPT 2 Punta aperta Quota di inizio = 3.0 mt <table><tr><td>AVANZ.</td><td>N. COLPI</td></tr><tr><td>15</td><td>3</td></tr><tr><td>30</td><td>4</td></tr><tr><td>45</td><td>7</td></tr></table>	AVANZ.	N. COLPI	15	3	30	4	45	7	S1, C1 da 3.00m a 3.50m	3.8	4.0
AVANZ.	N. COLPI																
15	3																
30	4																
45	7																
6								2.8	4.5								
7			I campioni riferibili alla quota compresa tra 3.50m e 4.00m, e 6.50m e 7.00m appaiono notevolmente disturbati dalla presenza di H2O dovuta alle normali manovre di carotaggio.			SPT 3 Punta aperta Quota di inizio = 4.5 mt <table><tr><td>AVANZ.</td><td>N. COLPI</td></tr><tr><td>15</td><td>4</td></tr><tr><td>30</td><td>5</td></tr><tr><td>45</td><td>8</td></tr></table>	AVANZ.	N. COLPI	15	4	30	5	45	8	S1, C2 da 6.00m a 6.50m	3.5	4.0
AVANZ.	N. COLPI																
15	4																
30	5																
45	8																
8								3.8	5.5								
9								3.8	3.5								
10								3.8	3.0								
11								4.7	6.0								
12								4.7	5.0								
13								4.7	5.2								
14																	
15		10.50	Argilla grigio-azzurro: umida, molto addensata, plastica	90%	Assente	SPT 4 Punta aperta Quota di inizio = 6.0 mt <table><tr><td>AVANZ.</td><td>N. COLPI</td></tr><tr><td>15</td><td>4</td></tr><tr><td>30</td><td>7</td></tr><tr><td>45</td><td>10</td></tr></table>	AVANZ.	N. COLPI	15	4	30	7	45	10	S1, C3 da 9.00m a 9.50m	4.2	6.5
AVANZ.	N. COLPI																
15	4																
30	7																
45	10																
16								5.0	6.0								
17								4.2	6.0								
18								3.5	7.5								
19								4.2	6.0								
20								5.0	5.0								
21								4.5	6.0								
22								5.0	6.0								
23								4.5	7.0								
24								5.0	7.0								
25								4.7	7.0								
26								5.3	6.0								
27								3.8	6.5								
28								4.3	6.0								
29								5.0	6.5								
30								5.0	6.5								
31								4.5	4.0								
32								4.5	5.5								
33								4.7	6.5								
34								4.5	6.2								

Stratigrafia del Sondaggio S01 da 20 a 25 metri

Committente: F.A.L. MATERA			Regione: Basilicata Comune: Matera (MT)		
Oggetto: Indagini geognostiche presso l' area di Matera centrale			Località: Matera Centrale Stazione F.A.L. Quota: 400 m.s.l.m.		
Impresa esecutrice: Apogeo S.r.l.			COORD. (UTM33 WGS84): 4502937.25 m N- 635325.03 m E		
 Via Caduti di Nassirya 170- 70022 Altamura (BA) Att. SOA OS20A Class. I-OS20B Class. III-B			Metodo di perforazione: Carotaggio continuo		
Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE Dott. Geol. Salvatore TANCREDI			Doppio carotiere: No Rivestimento foro: NO		
			Diametro di perforazione: 101 mm Diametro del rivestimento provvisorio: 127 mm		
			Data: 30/01/2018		

Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% DI CAROTAGGIO Falsa	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	S.P.T.	CAMPIONI GEOTECNICI	Pocket Kg/cm2	Scissometro Kg/cm2								
21						SPT 9 Punta aperta Quota di inizio = 13,5 mt <table border="1"> <tr><th>AVANZ.</th><th>N. COLPI</th></tr> <tr><td>15</td><td>5</td></tr> <tr><td>30</td><td>13</td></tr> <tr><td>45</td><td>16</td></tr> </table>	AVANZ.	N. COLPI	15	5	30	13	45	16	C.I.	3.5	5.0
AVANZ.	N. COLPI																
15	5																
30	13																
45	16																
22						<table border="1"> <tr><th>AVANZ.</th><th>N. COLPI</th></tr> <tr><td>15</td><td>5</td></tr> <tr><td>30</td><td>13</td></tr> <tr><td>45</td><td>16</td></tr> </table>	AVANZ.	N. COLPI	15	5	30	13	45	16		3.0	5.5
AVANZ.	N. COLPI																
15	5																
30	13																
45	16																
23		5.00	<i>Argilla grigio-azzurro:</i> umida, mediamente addensata, plastica	90%	Assente	SPT 10 Punta aperta Quota di inizio = 15,0 mt <table border="1"> <tr><th>AVANZ.</th><th>N. COLPI</th></tr> <tr><td>15</td><td>8</td></tr> <tr><td>30</td><td>15</td></tr> <tr><td>45</td><td>18</td></tr> </table>	AVANZ.	N. COLPI	15	8	30	15	45	18	 S1, C7 da 22,00m a 22,50m	2.0	5.0
AVANZ.	N. COLPI																
15	8																
30	15																
45	18																
24						<table border="1"> <tr><th>AVANZ.</th><th>N. COLPI</th></tr> <tr><td>15</td><td>8</td></tr> <tr><td>30</td><td>15</td></tr> <tr><td>45</td><td>18</td></tr> </table>	AVANZ.	N. COLPI	15	8	30	15	45	18		2.5	6.0
AVANZ.	N. COLPI																
15	8																
30	15																
45	18																
25						SPT 11 Punta aperta Quota di inizio = 16,5 mt <table border="1"> <tr><th>AVANZ.</th><th>N. COLPI</th></tr> <tr><td>15</td><td>10</td></tr> <tr><td>30</td><td>17</td></tr> <tr><td>45</td><td>20</td></tr> </table>	AVANZ.	N. COLPI	15	10	30	17	45	20		3.0	4.5
AVANZ.	N. COLPI																
15	10																
30	17																
45	20																
			FONDO DEL FORO 25 METRI			SPT 12 Punta aperta Quota di inizio = 18,0 mt <table border="1"> <tr><th>AVANZ.</th><th>N. COLPI</th></tr> <tr><td>15</td><td>12</td></tr> <tr><td>30</td><td>20</td></tr> <tr><td>45</td><td>24</td></tr> </table>	AVANZ.	N. COLPI	15	12	30	20	45	24		2.5	4.5
AVANZ.	N. COLPI																
15	12																
30	20																
45	24																
						SPT 13 Punta aperta Quota di inizio = 19,5 mt <table border="1"> <tr><th>AVANZ.</th><th>N. COLPI</th></tr> <tr><td>15</td><td>12</td></tr> <tr><td>30</td><td>20</td></tr> <tr><td>45</td><td>20</td></tr> </table>	AVANZ.	N. COLPI	15	12	30	20	45	20		3.5	5.0
AVANZ.	N. COLPI																
15	12																
30	20																
45	20																
						SPT 14 Punta aperta Quota di inizio = 22,0 mt <table border="1"> <tr><th>AVANZ.</th><th>N. COLPI</th></tr> <tr><td>15</td><td>13</td></tr> <tr><td>30</td><td>20</td></tr> <tr><td>45</td><td>24</td></tr> </table>	AVANZ.	N. COLPI	15	13	30	20	45	24		4.0	6.5
AVANZ.	N. COLPI																
15	13																
30	20																
45	24																

Stratigrafia del Sondaggio S02 da 0 a 20 metri

Committente: F.A.L. MATERA

Oggetto: Indagini geognostiche presso l' area di Matera centrale

Impresa esecutrice: Apogeo S.r.l.

Via Caduti di Nassirya 170- 70022 Altamura (BA)

Ail. SOA OS20A Class. I-OS20B Class. III-B

Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE
Dott. Geol. Salvatore TANCREDI

Regione: Basilicata Comune: Matera (MT)

Località: Matera Centrale Stazione F.A.L. Quota: 400 m.s.l.m.

COORD. (UTM33 WGS84): 4502959.00 m N- 635373.00 m E

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

Doppio carotiere: No Rivestimento foro: NO

Diametro di perforazione: 101 mm Diametro del rivestimento provvisorio: 127 mm

Data: 31/01/2018

Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% DI CAROTAGGIO	Falda	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	S.P.T.	CAMPIONI GEOTECNICI	Pocket Kg/cm2	Scissometro Kg/cm2
1		1.50	Materiale di riporto: di cui i primi 0.20m dal p.c. sono composti da asfalto bituminoso, seguono 0.50m di breccia costituente il sottofondo stradale e 0.70m di breccia con argilla giallastra.	80%			SPT 1 Punta chiusa Quota di inizio = 1.5 mt AVANZ. N. COLPI 15 1 30 1 45 1			
2		1.50	Argilla grigio-azzurro: umida, mediamente addensata, alla quota di 2.70 m si nota la presenza di lenti di argilla giallo ocra.	90%					1.8	3.0
3									3.0	4.0
4							SPT 2 Punta aperta Quota di inizio = 3.0 mt AVANZ. N. COLPI 15 6 30 10 45 14	S2. C1 da 3.00m a 3.50m	2.5	4.0
5									2.0	3.5
6									2.5	3.0
7		8.20	Argilla giallastra debolmente limosa: molto umida, mediamente addensata, con rada presenza di intercalazioni nere puntiformi attribuibili a materiale organico, disperse in tutto l' ammasso.	90%			SPT 3 Punta aperta Quota di inizio = 4.5 mt AVANZ. N. COLPI 15 6 30 10 45 12	S2. C2 da 6.00m a 6.50m	2.0	3.5
8									2.5	3.5
9							SPT 4 Punta aperta Quota di inizio = 6.0 mt AVANZ. N. COLPI 15 7 30 9 45 10	S2. C3 da 9.00m a 9.50m	2.5	3.0
10									2.0	3.5
11									2.5	3.0
12							SPT 5 Punta aperta Quota di inizio = 7.5 mt AVANZ. N. COLPI 15 7 30 10 45 12	S2. C4 da 12.00m a 12.50m	3.0	4.5
13									3.0	4.0
14							SPT 6 Punta aperta Quota di inizio = 9.0 mt AVANZ. N. COLPI 15 7 30 11 45 14	S2. C5 da 15.00m a 15.50m	3.0	5.0
15									3.0	4.5
16		8.80	Argilla grigio-azzurro: umida, mediamente addensata, plastica, si nota la presenza di intercalazioni di argilla color giallo ocra.	90%			SPT 7 Punta aperta Quota di inizio = 10.5 m AVANZ. N. COLPI 15 8 30 11 45 14	S2. C6 da 18.00m a 18.50m	2.5	3.5
17									2.5	4.0
18							SPT 8 Punta aperta Quota di inizio = 12.0 m AVANZ. N. COLPI 15 8 30 11 45 15		2.0	4.0
19									2.5	4.0
20									3.0	4.0

Stratigrafia del Sondaggio S02 da 20 a 25 metri

Committente: F.A.L. MATERA			Regione: Basilicata Comune: Matera (MT)		
Oggetto: Indagini geognostiche presso l' area di Matera centrale			Località: Matera Centrale Stazione F.A.L. Quota: 400 m.s.l.m.		
Impresa esecutrice: Apogeo S.r.l.			COORD. (UTM33 WGS84): 4502959,00 m N- 635373,00 m E		
Via Caduti di Nassirya 170- 70022 Altamura (BA) Att. SOA OS20A Class. I-OS20B Class. III-B			Metodo di perforazione: Carotaggio continuo		
Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE Dott. Geol. Salvatore TANCREDI			Doppio carotiere: No Rivestimento foro: NO		
			Data: 31/01/2018		

Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% DI CAROTAGGIO	Falda	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	S.P.T.	CAMPIONI GEOTECNICI	Pocket Kg/cm2	Scissometro Kg/cm2
21		5.00	<i>Argilla grigio-azzurro</i> : umida, mediamente addensata, plastica.	90%	Assente		SPT 9 Punta aperta Quota di inizio = 13,5 mt	C.I.	3.5	4.0
22							AVANZ. N. COLPI	3.0	4.5	
							15 9	3.0	4.0	
							30 13	3.0	4.0	
							45 17	3.0	4.5	
23							SPT 10 Punta aperta Quota di inizio = 15,0 mt	S2, C7 da 22,00m a 22,50m	3.0	5.0
24							AVANZ. N. COLPI		2.5	4.5
							15 10		3.0	4.5
							30 17		3.5	5.0
							45 20		3.0	5.5
25	FONDO DEL FORO 25 METRI						SPT 11 Punta aperta Quota di inizio = 16,5 mt			
							AVANZ. N. COLPI			
							15 10			
							30 17			
							45 23			
							SPT 12 Punta aperta Quota di inizio = 18,0 mt			
							AVANZ. N. COLPI			
							15 10			
							30 17			
							45 26			
							SPT 13 Punta aperta Quota di inizio = 19,5 mt			
							AVANZ. N. COLPI			
							15 11			
							30 17			
							45 25			
							SPT 14 Punta aperta Quota di inizio = 22,0 mt			
							AVANZ. N. COLPI			
							15 12			
							30 18			
							45 21			

APPENDICE B

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Le caratteristiche meccaniche dei terreni sono dedotte dal complesso delle determinazioni eseguite in sito ed in laboratorio, direttamente o tramite correlazioni.

Sono nel seguito riportate le procedure utilizzate allo scopo.

RIGIDEZZA

Per la definizione dei parametri di rigidezza si sono adottate due metodologie utilizzando i risultati delle prove edometriche e le correlazioni empiriche utilizzando le resistenze N_{SPT} .

La prima ha permesso di ottenere con buona affidabilità i valori dei coefficienti di compressibilità di primo carico e di ricarico C'_c , C'_r e il rapporto di sovraconsolidazione OCR quest'ultimo ricavato calcolando la pressione di sovraconsolidazione con il metodo di Casagrande.

Dalle resistenze N_{SPT} e dalle prove di classificazione si sono ricavati i valori del modulo di Young E_u non drenato e del collegato gradiente m_u adottando le correlazioni di Bowles e Viggiani mediate.

Nelle figure B.1 si riporta l'andamento con la profondità di C'_c , C'_r OCR.

Nella figura B.2 l'andamento con la profondità di E_u e m_u .

I valori di E_u sopra riportati sono relativi ai terreni sollecitati in condizioni di sforzi totali.

La relazione tra E_u ed il modulo di Young E' in condizioni drenate si ricava dall'espressione:

$$E' = E_u \cdot [2 \cdot (1 + \nu_d)] / [2 \cdot (1 + \nu_u)].$$

adottando ν_d e ν_u = rapporto di Poisson in condizioni drenate e non drenate pari rispettivamente a 0,3 e 0,5 risulta:

$$E' = 0,87 E_u$$

Il valore di E' ovvero di m' sarà utilizzato per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni SLE; in condizioni sismiche si adotterà il valore di E_u e di m_u .

FIGURA B.1 - ANDAMENTO C'_c ; C'_r ; OCR CON LA PROFONDITÀ

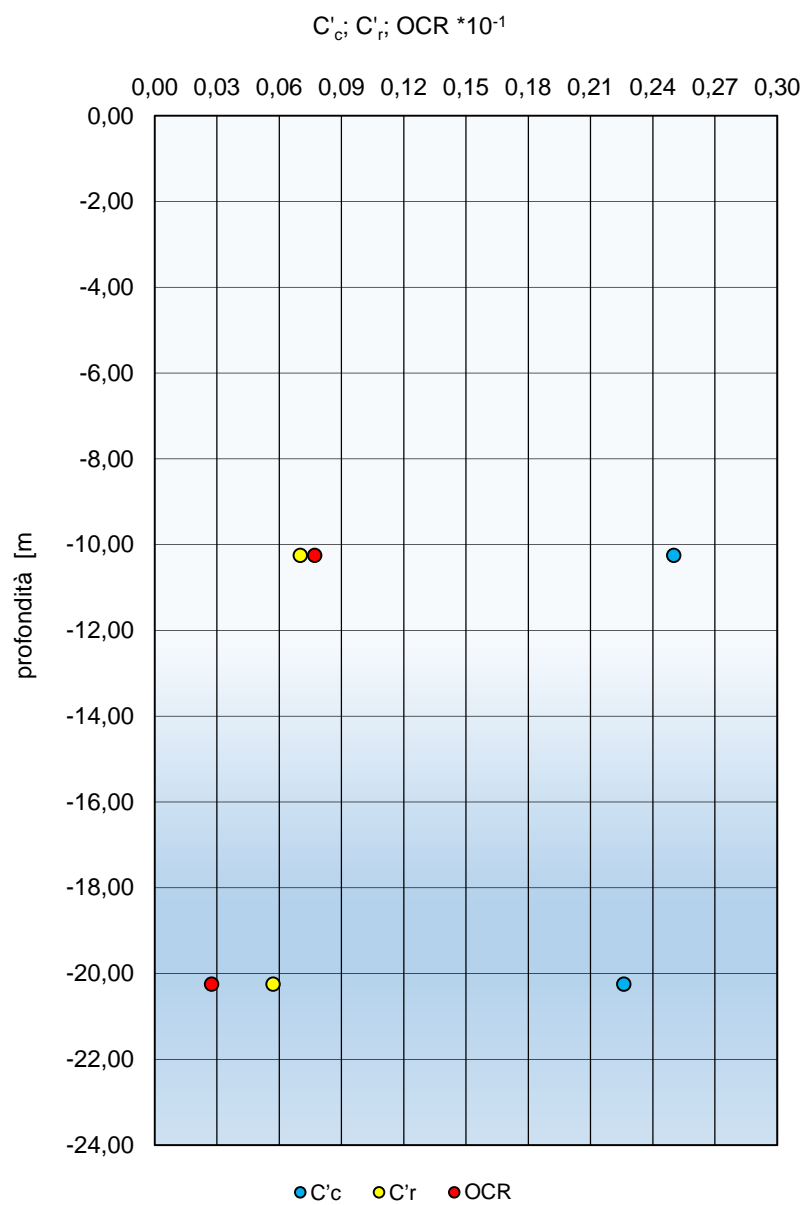
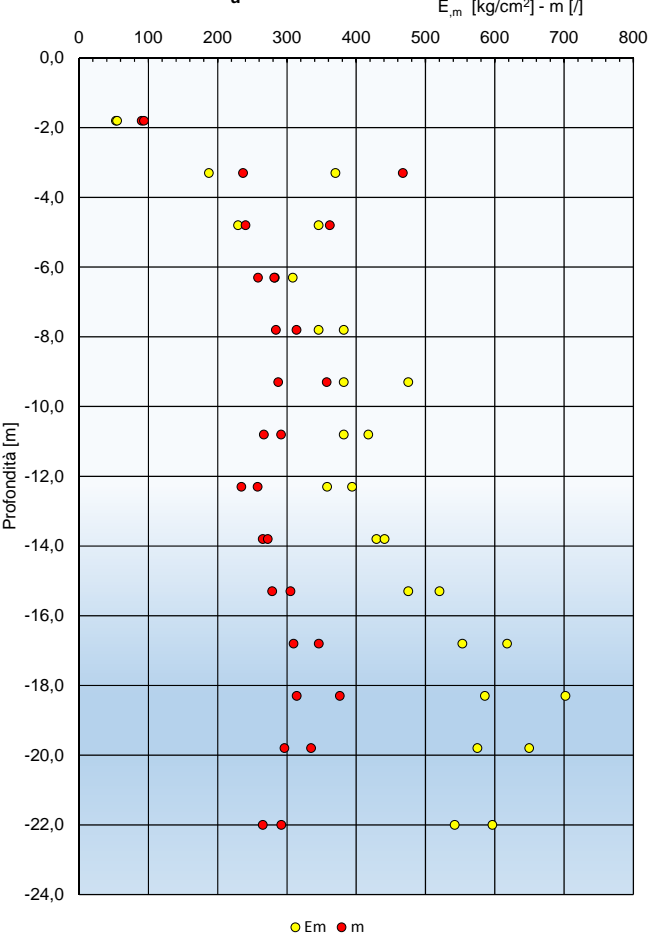


FIGURA B.2 - ANDAMENTO DEL MODULO DI YOUNG E_u E DEL GRADIENTE m_u CON LA PROFONDITÀ

Indice Plastico	z [m]	NSPT [colpi/30]	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E_m [MPa]
Medio	-1,8	1,0	5,0	6,6	5,3
Alto	-3,3	10,0	/	18,7	18,7
Alto	-4,8	13,0	/	22,9	22,9
Alto	-6,3	17,0	/	28,3	28,3
Alto	-7,8	25,0	/	38,2	38,2
Alto	-9,3	33,0	/	47,5	47,5
Alto	-10,8	28,0	/	41,7	41,7
Alto	-12,3	23,0	/	35,8	35,8
Alto	-13,8	29,0	/	42,9	42,9
Alto	-15,3	33,0	/	47,5	47,5
Alto	-16,8	46,0	/	61,8	61,8
Alto	-18,3	54,0	/	70,2	70,2
Alto	-19,8	49,0	/	64,9	64,9
Alto	-22,0	44,0	/	59,6	59,6
Alto	-1,8	2,0	/	5,5	5,5
Alto	-3,3	24,0	/	37,0	37,0
Alto	-4,8	22,0	/	34,5	34,5
Alto	-6,3	19,0	/	30,8	30,8
Alto	-7,8	22,0	/	34,5	34,5
Alto	-9,3	25,0	/	38,2	38,2
Alto	-10,8	25,0	/	38,2	38,2
Alto	-12,3	26,0	/	39,4	39,4
Alto	-13,8	30,0	/	44,1	44,1
Alto	-15,3	37,0	/	52,0	52,0
Alto	-16,8	40,0	/	55,3	55,3
Alto	-18,3	43,0	/	58,6	58,6
Alto	-19,8	42,0	/	57,5	57,5
Alto	-22,0	39,0	/	54,2	54,2

E1 (Bowles - IP basso, medio, alto)
E2 (Viggiani con OCR da Andersen -IP basso, medio, alto)



RESISTENZA AL TAGLIO

La caratterizzazione dei parametri di resistenza al taglio non drenata c_u dei terreni coesivi viene assunta pari al valore medio del range di variazione della coesione c_u ricavata tramite correlazione dai valori della N_{SPT} .

Nella figura B.3 si riporta l'andamento con la profondità della c_u ricavato tramite le correlazioni citate nella tabella a lato.

La resistenza in termini di pressioni efficaci, rappresentata dalla coppia $c' - \phi'$, si deduce dalla correlazione che utilizza l'indice plastico I_p ¹ i cui valori sono riportati nella tabella 1.4 e nelle collegate figure 1.3, 1.4.

Nella figura B.4 si riporta l'andamento con la profondità di ϕ' così valutato.

¹ Abaco di Terzaghi.

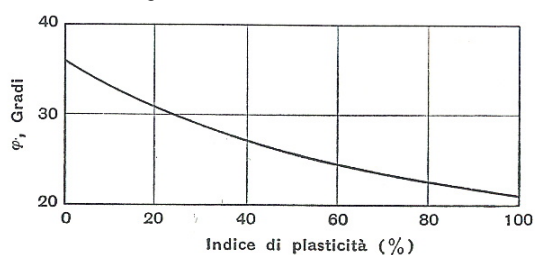


FIGURA B.3 - ANDAMENTO COESIONE TOTALE c_u CON LA PROFONDITÀ

Indice Plastico	z [m]	N _{SPT} [colpi/30]	cu1 [kPa]	cu2 [kPa]	cu3 [kPa]	cu4 [kPa]	cu5 [kPa]	cu6 [kPa]	c _{u,m} [kPa]
Medio	-1,8	1,0	6,7	7,4	12,5	2,5	4,4	29,0	13,2
Alto	-3,3	10,0	/	125,0	/	50,0	35,0	152,2	93,6
Alto	-4,8	13,0	/	162,5	/	65,0	45,5	183,8	114,7
Alto	-6,3	17,0	/	212,5	/	85,0	59,5	223,0	141,3
Alto	-7,8	25,0	/	312,5	/	125,0	87,5	294,4	190,9
Alto	-9,3	33,0	/	412,5	/	165,0	115,5	359,5	237,5
Alto	-10,8	28,0	/	350,0	/	140,0	98,0	319,4	208,7
Alto	-12,3	23,0	/	287,5	/	115,0	80,5	277,2	178,9
Alto	-13,8	29,0	/	362,5	/	145,0	101,5	327,6	214,5
Alto	-15,3	33,0	/	412,5	/	165,0	115,5	359,5	237,5
Alto	-16,8	46,0	/	575,0	/	230,0	161,0	456,7	308,8
Alto	-18,3	54,0	/	675,0	/	270,0	189,0	512,5	350,8
Alto	-19,8	49,0	/	612,5	/	245,0	171,5	477,9	324,7
Alto	-22,0	44,0	/	550,0	/	220,0	154,0	442,3	298,1
Alto	-1,8	2,0	/	25,0	/	10,0	7,0	47,8	27,4
Alto	-3,3	24,0	/	300,0	/	120,0	84,0	285,9	184,9
Alto	-4,8	22,0	/	275,0	/	110,0	77,0	268,5	172,7
Alto	-6,3	19,0	/	237,5	/	95,0	66,5	241,6	154,1
Alto	-7,8	22,0	/	275,0	/	110,0	77,0	268,5	172,7
Alto	-9,3	25,0	/	312,5	/	125,0	87,5	294,4	190,9
Alto	-10,8	25,0	/	312,5	/	125,0	87,5	294,4	190,9
Alto	-12,3	26,0	/	325,0	/	130,0	91,0	302,8	196,9
Alto	-13,8	30,0	/	375,0	/	150,0	105,0	335,7	220,3
Alto	-15,3	37,0	/	462,5	/	185,0	129,5	390,4	259,9
Alto	-16,8	40,0	/	500,0	/	200,0	140,0	412,9	276,5
Alto	-18,3	43,0	/	537,5	/	215,0	150,5	435,0	292,8
Alto	-19,8	42,0	/	525,0	/	210,0	147,0	427,7	287,3
Alto	-22,0	39,0	/	487,5	/	195,0	136,5	405,5	271,0

c_{u1} (Terzaghi - Argilla - IP medio)
c_{u2} (DM-7 - IP basso, medio, alto)
c_{u3} (Sanglerat - IP basso, medio)
c_{u4} (Shioi Fukui - IP medio, alto)
c_{u5} (Stroud et al. - IP basso, medio, alto)
c_{u6} (Hara - IP n.s.)

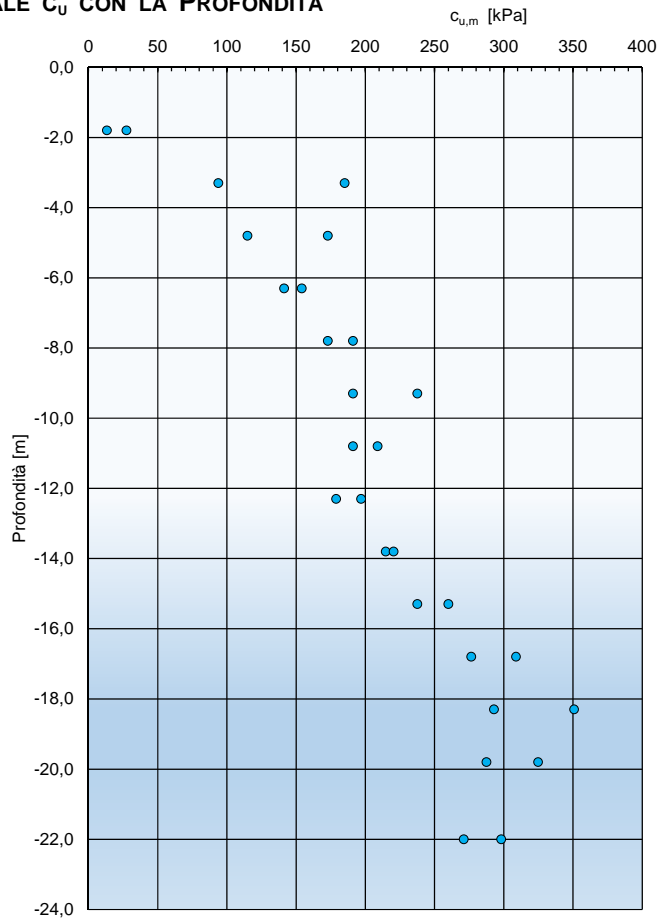
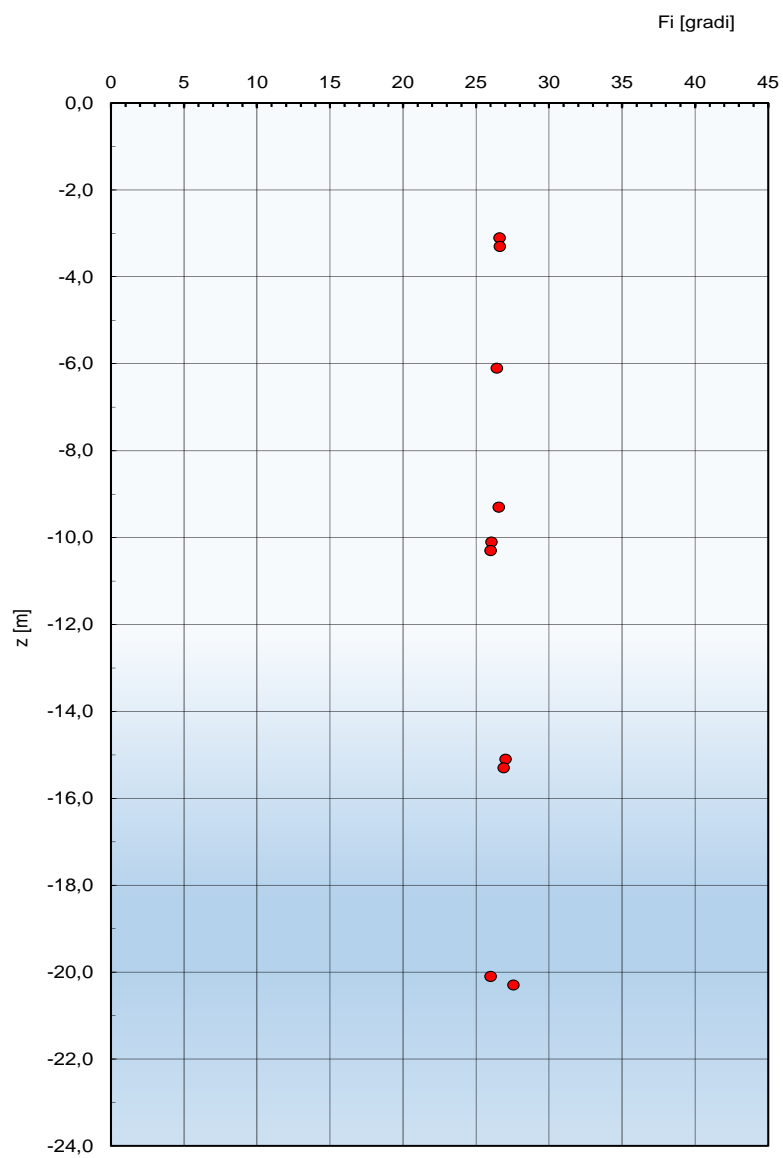


FIGURA B.4 - ANDAMENTO ANGOLO D'ATTRITO ϕ' CON LA PROFONDITÀ



MODELLO GEOTECNICO

Nella tabella B.1 si riporta il modello geotecnico di sintesi dedotti dalle analisi di cui sopra.

TABELLA B.1 – MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

STRATO	Q_L [m]	γ [kN/m ³]	N_{SPT} [/]	φ'_{calc} [gradi]	$c'; c_u$ [kPa]	m_u [/]	$C_c; C_r$ [/]	OCR [/]	ν [/]
A1	-3	19	2	25	0; 25	80	/	/	0,3
A2	-5	19	17	27	5; 100	220	0,30;0,07	>8	0,3
B	-13	19	27	28	10; 180	280	0,25; 0,06	7	0,3
C	/	19	45	29	25; ≥ 250	300	0,23; 0,05	6 - 0,45 z	0,3

Nella tabella si è indicato con:

Q_L la quota del letto dello strato,

γ il peso di volume fuori falda,

φ'_{calc} l'angolo d'attrito operativo,

$C'_c; C'_r$ gli indici di compressibilità, ricompressione edometrica;

OCR il rapporto di sovraconsolidazione (z = profondità da tetto strato),

m_u il gradiente del modulo di YOUNG in condizioni non drenate (curva vergine); il modulo di YOUNG E_{UL-RL} di scarico e ricarico è pari a $\alpha^* E_{vc}$; α per i terreni in esame α assume il valore pari a 2,5,

ν rapporto di POISSON.

APPENDICE C

ANALISI FONDAZIONI DIRETTE
MODALITA' DI CALCOLO DELLA RESISTENZA
CONDIZIONE STATICA

La resistenza di calcolo R_c del complesso fondazione-terreno viene calcolata utilizzando l'espressione BRINCH-HANSEN (1970):

$$R_c = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma'_i \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma \cdot r_\gamma \quad [1]$$

dove:

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante funzione dell'angolo di resistenza al taglio;

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi',$$

$$N_q = \tan^2(45^\circ + \varphi'/2) \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi'},$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi',$$

φ' = angolo di resistenza al taglio efficace,

c = coesione,

s = fattori di forma della fondazione,

i = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico,

b = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione α_{pf} alla base della fondazione,

g = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione α_{pc} del piano campagna,

d = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa,

$r_\gamma = 1 - 0,25 \cdot \log(B/2)$ = fattore di riduzione della R_c in funzione di B ,

γ'_i = peso di volume efficace del terreno al disotto della fondazione,

$$B' = B - 2 \cdot e,$$

B = lato minore della fondazione,

e = eccentricità del carico,

$$q' = \gamma'_s \cdot D_f = \text{sovraccarico a lato della fondazione},$$

D_f = immorsamento della fondazione,

γ'_s = peso di volume efficace del terreno al disopra della fondazione.

Per tenere in conto la dipendenza dell'angolo di resistenza al taglio dal livello tensionale il programma, su richiesta, considera quanto proposto da BOLTON (1986) secondo cui il valore dell'angolo d'attrito massimo (valore massimo φ'_p di picco) ed il valore ultimo (φ'_{cv} , valore minimo a volume costante) sono legati dall'espressione:

$$\varphi'_p - \varphi'_{cv} = m \cdot [D_r \cdot (10 - \ln p_f) - 1]$$

dove:

D_r = densità relativa,

$$p'_f = \text{pressione media efficace a rottura} = (p_{lim} + 3 \cdot q') \cdot (1 - \sin \varphi') / 4 \quad (\text{DE BEER} - 1964).$$

Il calcolo della p_{lim} viene condotto iterativamente utilizzando il valore di φ'_{cv} fino a convergenza (φ'_3).

Nell'analisi agli S.L.E., la pressione di contatto fondazione-terreno p_{t_calc} , utilizzata per il calcolo del cedimento della fondazione, viene valutata introducendo il coefficiente F_s :

$$p_{t_calc} = R_c / F_s$$

Nel calcolo agli stati limiti ultimi (S.L.U.), la verifica per collasso dovuto al raggiungimento del carico limite dell'insieme fondazione-terreno deve soddisfare la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d e R_d sono rispettivamente i valori di progetto dell'azione e della resistenza.

La R_d viene calcolata secondo il D.M. del 14/01/08:

Approccio 1 - Combinazione 1: $R_d = R_{c1}(\varphi, c)$

Approccio 1 - Combinazione 2: $R_d = 1/\gamma_{R2} * R_{c2}(\varphi_R, c_R)$

Approccio 2: $R_d = 1/\gamma_{R3} * R_{c1}(\varphi, c)$

Per $R_{c1}(\varphi, c)$ si è indicata la resistenza di calcolo più sopra trattata, per $R_{c2}(\varphi_R, c_R)$ la resistenza di calcolo valutata adottando i valori di φ e c ridotti secondo l'espressione:

$$\varphi_R = \arctan[\tan(\varphi)/\gamma_{M2}]$$

$$c_R = c/\gamma_{M2}$$

Sopra si è indicato con:

γ_{R2} = coefficiente parziale pari a 1,8 (tabella 6.4.I - D.M. 14/01/08),

γ_{R3} = coefficiente parziale pari a 2,3 (tabella 6.4.I - D.M. 14/01/08),

γ_{M2} = coefficiente parziale pari a 1,25 e 1,4 rispettivamente per terreno in condizione drenata e non drenata (tabella 6.2.II - D.M. 14/01/08).

CONDIZIONE CON SISMA (ANALISI PSEUDO-STATICA)

In condizione sismica, nell'analisi pseudo-statica la resistenza R_c subisce una riduzione per l'effetto inerziale e cinematico.

La variazione viene portata in conto impiegando coefficienti correttivi come di seguito esposto.

. L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti i dell'espressione [1] in funzione del coefficiente sismico K_{hi} che influenza l'inclinazione del carico agente sul piano di posa della fondazione rispetto alla verticale.

. L'effetto cinematico modifica il solo fattore N_γ ad opera del coefficiente correttivo $e_{\gamma k}$.

Il coefficiente correttivo $e_{\gamma k}$ viene calcolato tramite il Metodo delle Caratteristiche secondo il quale risulta pari a:

$$e_{\gamma k} = [1 - K_{hk}/\tan(\varphi)]^{0,45}.$$

Il valore del coefficiente di accelerazione sismico orizzontale del terreno K_{hk} è valutato con l'espressione:

$$K_{hk} = \beta_s * a_{max}/g$$

β_s = coefficiente di riduzione della accelerazione a_{max} attesa al sito e assume i valori riportati nella tabella 7.11.1 in funzione di a_g e della categoria di sottosuolo,

a_g [g] = accelerazione orizzontale massima del terreno in funzione del tempo di ritorno T_R ,

g = accelerazione di gravità.

L'accelerazione a_{max} attesa al sito è valutata tramite l'espressione:

$$a_{max} = S_s * S_T * a_g$$

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica funzione di F_0 , di a_g e della categoria di sottosuolo,

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

S_T = coeff. d'amplificazione topografica funzione della categoria topografica (cfr. tab. 3.2.VI delle NTC).
Oltre a quanto sopra la R_c viene valutata considerando la riduzione del peso di volume γ che in condizioni pseudo-statiche può essere assunto pari a:

$$\gamma^* = \alpha_\gamma * \gamma$$

$$\alpha_\gamma = [(1-K_v)^2 + K_h^2]^{0,5}$$

$$K_v = 0,5 K_h,$$

K_{hk} = già definito sopra.

Sulla base di quanto sopra, il calcolo di R_c viene eseguito facendo riferimento ai valori di T_R prefissati e dell'accelerazione a_g dedotta dalla classificazione sismica. Non essendo nota a priori l'inclinazione del carico agente sul piano di posa della fondazione, la R_c viene valutata per differenti valori di i . La R_c da assumere nelle verifiche GEO sarà quindi definita in una successiva fase del progetto, noto il valore di i .

MODALITA' DI CALCOLO DEI CEDIMENTI

Metodo di BURLAND e BURBIDGE (1984)

Il calcolo del cedimento $w_{B\&B}$ di una fondazione diretta viene condotto secondo BURLAND e BURBIDGE utilizzando la seguente espressione:

$$w_{B\&B} = f_s * f_H * f_t * [\sigma'_{v0} * B^{1,7} * I_c / 3 + (p_{t_calc} - \sigma'_{v0}) * B^{1,7} * I_c] \quad [mm]$$

p_{t_calc} = pressione verticale di contatto fondazione-terreno [kPa],

σ'_{v0} = tensione verticale efficace agente alla Q_f [kPa],

B' = minima dimensione dell'area reagente della fondazione [m],

I_c = indice di compressibilità funzione della N_{spT} ,

f_s, f_H, f_t = fattori correttivi funzione della forma della fondazione, dello spessore dello strato compressibile e della componente viscosa dei cedimenti.

Metodo del semispazio elastico (BOWLES -1982)

Il calcolo del cedimento w_B di una fondazione diretta è condotto utilizzando la seguente espressione

$$w_B = (p_{t_calc} - \sigma_0) * B' * I_w * I_F * (1-v^2) / E_s + \sigma_0 * B' * I_w * I_F * (1-v^2) / (\alpha * E_s)$$

p_{t_calc} = pressione verticale di contatto fondazione-terreno [kPa],

σ_0 = pressione di sovraconsolidazione,

B' = minima dimensione dell'area reagente della fondazione,

I_w = coefficiente d'influenza per fondazione "rigida", funzione di B', L' (BOWLES - 1982),

I_F = coefficiente d'influenza secondo FOX (1948) funzione del rapporto D, B', L' ,

D = profondità d'impasto della fondazione rispetto al piano campagna originario Q_{pc} ,

v = coefficiente di Poisson,

$E_s = m * (\sigma'_h / 100)^n * 100$ = modulo di elasticità del terreno [kPa],

m = gradiente del modulo E_s ,

n = esponente del modulo,

σ'_h = pressione orizzontale efficace in esercizio alla profondità $= \sigma'_v * k_0$,

σ'_v = pressione verticale efficace in esercizio alla profondità $\alpha * B' / 2$ da Q_f ,

k_0 = coefficiente di pressione a riposo $= (1 - \sin \phi)$.

nastriformi**DATI DI INPUT****Geotecnica**

Strato n°	φ [gradi]	c [kPa]	D_r [%]	γ_i [kN/m ³]	N_{SPT} [l]	m [l]	Q_i [m]
1	27,0	5,0	0,0	19,0	17	190,0	5,0
2	28,0	10,0	0,0	19,0	27	244,0	13,0
3	29,0	25,0	0,0	19,0	45	260,0	30,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
γ_s	19,0	Quota livello acqua sotterranea [m]					
n	0,50						
v	0,30						
Q_w	20,0						

Geometrie**FONDAZIONI NASTRIFORMI**

Calcolo n°	B [m]	L [m]	Q_{pc} [m]	Q_{pci} [m]	Q_f [m]	α_{pf} [gradi]	α_{pc} [gradi]
1	3,20	32,00	0,0	6,4	7,1	0,0	0,0
2	3,00	32,00	0,0	6,4	7,1	0,0	0,0
3	2,80	32,00	0,0	6,4	7,1	0,0	0,0
4	2,50	32,00	0,0	6,4	7,1	0,0	0,0
5	2,50	32,00	0,0	6,4	7,1	0,0	0,0

Carichi

Calcolo n°	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1	1,0	0,0	0,0
2	1,0	0,0	0,0
3	1,0	0,0	0,0
4	1,0	0,0	0,0
5	1,0	0,0	0,0

Generali

Spess. strato deformabile [m]:	30,0
Tipo di carico:	statico
Tempo [anni]	50,0
Cedimento ammiss. w_{amm} [cm]:	3,0
Terreno:	S in falda
Coefficiente F_s :	3,0
α (cfr. sotto):	2,5
E_{OCR}/E_{NC} (E = modulo di Young)	5,0

NB. Il singolo parametro geotecnico P introdotto nei calcoli (φ , m, N_{SPT} , D_r) rappresenta il valore medio ponderale dei parametri dei singoli strati, entro lo spessore $\alpha \cdot B$ di terreno significativamente interessato dalla fondazione, calcolato utilizzando l'espressione generica:

$$P = (\sum_i P_i \cdot \Delta H_i) / (\alpha \cdot B)$$

P_i = generico parametro relativo allo strato iesimo,

ΔH_i = spessore terreno con associato il parametro P_i .

a_g [g]:	0,162
F_0 :	2,52
T^*_c :	0,347
Tipo suolo:	B
Categoria topografia T:	T1

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA IN CONDIZIONI STATICHE**Parametri**

B	φ_1	φ_2	φ_3	c	γ_i
[m]	[gradi]	[gradi]	[gradi]	[kPa]	[kN/m ³]
3,20	28,0	28,0	28,0	10,0	19,0
3,00	28,0	28,0	28,0	10,0	19,0
2,80	28,0	28,0	28,0	10,0	19,0
2,50	28,0	28,0	28,0	10,0	19,0
2,50	28,0	28,0	28,0	10,0	19,0

Il calcolo è eseguito senza decurtazione di Fi secondo BOLTON

Coefficienti

Calcolo n°	1	2	3	4	5
N_c	25,80	25,80	25,80	25,80	25,80
s_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
d_c	1,07	1,07	1,08	1,09	1,09
i_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
b_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
g_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
γ_i'	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
N_γ	16,72	16,72	16,72	16,72	16,72
s_γ	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97
i_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
b_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
g_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
q'	13,30	13,30	13,30	13,30	13,30
N_q	14,72	14,72	14,72	14,72	14,72
s_q	1,05	1,05	1,05	1,04	1,04
d_q	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08
i_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
b_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
g_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
r_γ	0,95	0,96	0,96	0,98	0,98

$s_c = 1 + N_q / N_c * B' / L$ (ISOL.); $s_c = 1$ (NASTR.)

$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c * \tan \varphi)$

$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c * \tan \varphi)$

$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c * \tan \alpha_{pc})$

$s_\gamma = 1 - 0,4 * B / L$

$i_\gamma = [1 - (T / (N + B' * L * c / \tan \varphi))]^{(m+1)}$

$b_\gamma = (1 - \alpha_{pf} * \tan \varphi)^2$

$g_\gamma = (1 - \tan \alpha_{pc})^2$

$s_q = 1 + B / L * \tan \varphi$

$d_q = 1 + 2 * \tan \varphi * (1 - \sin \varphi)^2 * \tan^{-1}(D/B)$ per ^(*) $D/B \geq 1$

$i_q = [1 - T / (N + B' * L * c / \tan \varphi)]^m$ $m = (2 + B' * L) / (1 + B' / L)$

$b_q = (1 - \alpha_{pf} * \tan \varphi)^2$

$g_q = (1 - \tan \alpha_{pc})^2$

^(*) $d_q = 1 + 2 * D / B * \tan \varphi * (1 - \sin \varphi)^2$ ($D/B < 1$)

Risultati

			S.L.U.		
			A1-c1	A1-c2	A2
Calcolo n°	R_{c1}	R_{c2}	R_D	R_D	R_D
	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	958,8	513,6	958,8	285,3	416,9
2	935,6	502,4	935,6	279,1	406,8
3	912,4	491,2	912,4	272,9	396,7
4	877,5	474,6	877,5	263,7	381,5
5	877,5	474,6	877,5	263,7	381,5

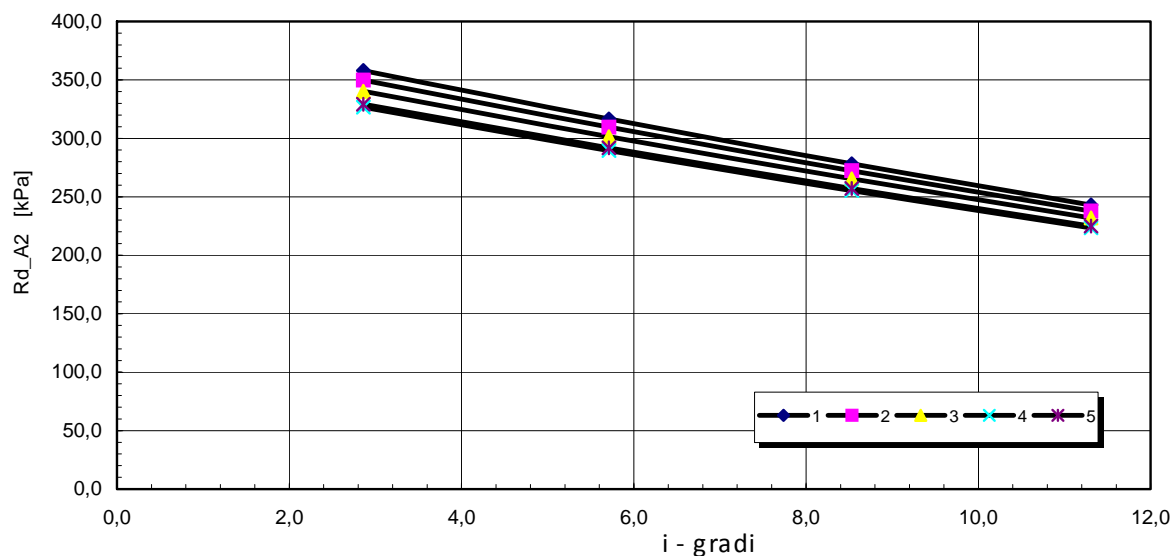
A1-c1 = Appr. 1 Comb. 1

A1-c2 = Appr. 1 Comb. 2

A2 = Appr. 2

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA IN PRESENZA DI SISMA

Calcolo n.	i	i_q	i_γ	$e_{\gamma k}$	R_c	$R_{D_A1.C1}$	$R_{D_A1.C2}$	R_{D_A2}
	gradi	[/]	[/]	[/]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	2,86	0,91	0,87	0,96	823,2	823,2	274,6	357,9
	5,71	0,83	0,75	0,96	728,3	728,3	274,6	316,6
	8,53	0,75	0,64	0,96	640,2	640,2	274,5	278,3
	11,31	0,67	0,54	0,96	558,8	558,8	274,5	243,0
2	2,86	0,91	0,87	0,96	804,4	804,4	268,8	349,7
	5,71	0,83	0,75	0,96	712,0	712,0	268,8	309,6
	8,53	0,75	0,64	0,96	626,3	626,3	268,8	272,3
	11,31	0,67	0,54	0,96	547,0	547,0	268,8	237,8
3	2,86	0,91	0,87	0,96	782,9	782,9	263,1	340,4
	5,71	0,83	0,75	0,96	693,5	693,5	263,1	301,5
	8,53	0,75	0,64	0,96	610,4	610,4	263,1	265,4
	11,31	0,67	0,54	0,96	533,6	533,6	263,1	232,0
4	2,86	0,91	0,87	0,96	751,1	751,1	254,6	326,6
	5,71	0,83	0,75	0,96	666,1	666,1	254,6	289,6
	8,53	0,75	0,64	0,96	587,0	587,0	254,6	255,2
	11,31	0,67	0,54	0,96	513,7	513,7	254,6	223,4
5	2,86	0,91	0,87	0,96	757,3	757,3	254,6	329,3
	5,71	0,83	0,75	0,96	671,4	671,4	254,6	291,9
	8,53	0,75	0,64	0,96	591,6	591,6	254,6	257,2
	11,31	0,67	0,54	0,96	517,6	517,6	254,6	225,1
$S_s = 1,20$		$S_T = 1,00$		$a_{max}[m/s^2] = 1,91$		$\beta_s = 0,24$		
$K_h = 0,05$		$K_v = 0,02$		$\alpha_\gamma = 0,98$				



plinti**DATI DI INPUT****Geotecnica**

Strato n°	φ [gradi]	c [kPa]	D_r [%]	γ_i [kN/m ³]	N_{SPT} [l]	m [l]	Q_i [m]
1	27,0	5,0	0,0	19,0	17	190,0	5,0
2	28,0	10,0	0,0	19,0	27	244,0	13,0
3	29,0	25,0	0,0	19,0	45	260,0	30,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
γ_s	19,0	Quota livello acqua sotterranea [m]					
n	0,50						
v	0,30						
Q_w	30,0						

Geometrie**FONDAZIONI ISOLATE**

Calcolo n°	B [m]	L [m]	Q_{pc} [m]	Q_{pci} [m]	Q_f [m]	α_{pf} [gradi]	α_{pc} [gradi]
1	1,70	1,70	0,0	0,5	1,5	0,0	0,0
2	1,70	3,00	0,0	0,5	1,5	0,0	0,0
3	1,70	4,00	0,0	0,5	1,5	0,0	0,0
4	1,70	5,00	0,0	0,5	1,5	0,0	0,0
5	1,70	6,00	0,0	0,5	1,5	0,0	0,0

Carichi

Calcolo n°	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1	1,0	0,0	0,0
2	1,0	0,0	0,0
3	1,0	0,0	0,0
4	1,0	0,0	0,0
5	1,0	0,0	0,0

Generali

Spess. strato deformabile [m]:	30,0
Tipo di carico:	statico
Tempo [anni]	50,0
Cedimento ammiss. w_{amm} [cm]:	3,0
Terreno:	S in falda
Coefficiente F_s :	3,0
α (cfr. sotto):	2,0
E_{OCR}/E_{NC} (E = modulo di Young)	5,0

NB. Il singolo parametro geotecnico P introdotto nei calcoli (φ , m, N_{SPT} , D_r) rappresenta il valore medio ponderale dei parametri dei singoli strati, entro lo spessore $\alpha \cdot B$ di terreno significativamente interessato dalla fondazione, calcolato utilizzando l'espressione generica:

$$P = (\sum_i P_i \cdot \Delta H_i) / (\alpha \cdot B)$$

P_i = generico parametro relativo allo strato iesimo,

ΔH_i = spessore terreno con associato il parametro P_i .

a_g [g]:	0,162
F_0 :	2,52
T^*_c :	0,347
Tipo suolo:	B
Categoria topografia T:	T1

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA IN CONDIZIONI STATICHE**Parametri**

B	φ_1	φ_2	φ_3	c	γ_i
[m]	[gradi]	[gradi]	[gradi]	[kPa]	[kN/m ³]
1,70	27,0	27,0	27,0	5,0	19,0
1,70	27,0	27,0	27,0	5,0	19,0
1,70	27,0	27,0	27,0	5,0	19,0
1,70	27,0	27,0	27,0	5,0	19,0
1,70	27,0	27,0	27,0	5,0	19,0

Il calcolo è eseguito senza decurtazione di Fi secondo BOLTON

Coefficienti

Calcolo n°	1	2	3	4	5
N_c	23,94	23,94	23,94	23,94	23,94
s_c	1,55	1,31	1,23	1,19	1,16
d_c	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
i_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
b_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
g_c	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
γ_i'	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
N_γ	14,47	14,47	14,47	14,47	14,47
s_γ	0,60	0,77	0,83	0,86	0,89
i_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
b_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
g_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
q'	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
N_q	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20
s_q	1,51	1,29	1,22	1,17	1,14
d_q	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
i_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
b_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
g_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
r_γ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

$s_c = 1 + N_q / N_c * B' / L$ (ISOL.); $s_c = 1$ (NASTR.)

$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c * \tan \varphi)$

$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c * \tan \varphi)$

$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c * \tan \alpha_{pc})$

$s_\gamma = 1 - 0,4 * B / L$

$i_\gamma = [1 - (T / (N + B' * L * c / \tan \varphi))]^{(m+1)}$

$b_\gamma = (1 - \alpha_{pf} * \tan \varphi)^2$

$g_\gamma = (1 - \tan \alpha_{pc})^2$

$s_q = 1 + B / L * \tan \varphi$

$d_q = 1 + 2 * \tan \varphi * (1 - \sin \varphi)^2 * \tan^{-1}(D/B)$ per ^(*) $D/B \geq 1$

$i_q = [1 - T / (N + B' * L * c / \tan \varphi)]^m$ $m = (2 + B' * L) / (1 + B' / L)$

$b_q = (1 - \alpha_{pf} * \tan \varphi)^2$

$g_q = (1 - \tan \alpha_{pc})^2$

^(*) $d_q = 1 + 2 * D / B * \tan \varphi * (1 - \sin \varphi)^2$ ($D/B < 1$)

Risultati

			S.L.U.		
			A1-c1	A1-c2	A2
Calcolo n°	R_{c1}	R_{c2}	R_D	R_D	R_D
	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	808,0	444,8	808,0	247,1	351,3
2	749,2	416,8	749,2	231,6	325,7
3	729,9	407,7	729,9	226,5	317,3
4	718,3	402,2	718,3	223,5	312,3
5	710,6	398,6	710,6	221,4	309,0

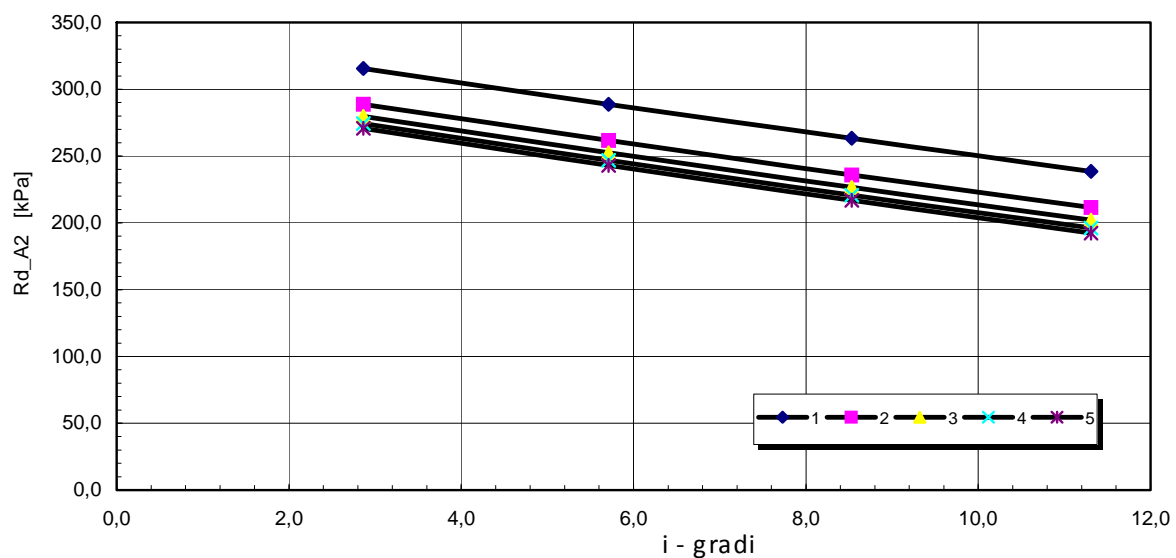
A1-c1 = Appr. 1 Comb. 1

A1-c2 = Appr. 1 Comb. 2

A2 = Appr. 2

RISULTATI DEI CALCOLI DI PORTATA IN PRESENZA DI SISMA

Calcolo n.	i	i_q	i_γ	$e_{\gamma k}$	R_c	$R_{D_A1.C1}$	$R_{D_A1.C2}$	R_{D_A2}
	gradi	[/]	[/]	[/]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	2,86	0,93	0,88	0,96	725,6	725,6	240,5	315,5
	5,71	0,86	0,78	0,96	664,4	664,4	240,0	288,8
	8,53	0,79	0,68	0,96	605,4	605,4	239,4	263,2
	11,31	0,72	0,59	0,96	548,8	548,8	238,8	238,6
2	2,86	0,92	0,88	0,96	663,9	663,9	224,8	288,7
	5,71	0,85	0,77	0,96	601,7	601,7	224,4	261,6
	8,53	0,77	0,66	0,96	542,5	542,5	224,1	235,9
	11,31	0,70	0,57	0,96	486,3	486,3	223,7	211,4
3	2,86	0,92	0,88	0,96	643,3	643,3	219,6	279,7
	5,71	0,84	0,76	0,96	580,5	580,5	219,3	252,4
	8,53	0,77	0,66	0,96	521,0	521,0	219,1	226,5
	11,31	0,70	0,56	0,96	464,7	464,7	218,8	202,1
4	2,86	0,92	0,87	0,96	630,9	630,9	216,5	274,3
	5,71	0,84	0,76	0,96	567,5	567,5	216,3	246,7
	8,53	0,76	0,65	0,96	507,7	507,7	216,1	220,7
	11,31	0,69	0,56	0,96	451,4	451,4	215,9	196,3
5	2,86	0,92	0,87	0,96	622,5	622,5	214,5	270,6
	5,71	0,84	0,76	0,96	558,7	558,7	214,3	242,9
	8,53	0,76	0,65	0,96	498,7	498,7	214,1	216,8
	11,31	0,68	0,55	0,96	442,3	442,3	213,9	192,3
$S_s = 1,20$		$S_T = 1,00$		$a_{max}[m/s^2] = 1,91$		$\beta_s = 0,24$		
$K_h = 0,05$		$K_v = 0,02$		$\alpha_\gamma = 0,98$				



SEZIONE 1**DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETÀ MECCANICHE****Acciaio**

Name	Strength Fy	Fu	Elastic E	Density g
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m ³)
Fe510	355.2	509.7	206000.2	77.0046

Calcestruzzo

Name	Strength Fc'	Elastic E	Density g	Tension Strength Ft
	(MPa)	(MPa)	(kN/m ³)	(MPa)
C25/30	24.8	31475.7	25.0029	10

STEEL=acciaio

Name=nome materiale

strength fy=fyk=res caratteristica acciaio

Fu=fuk=resistenza ultima

Elastic E=modulo elastico

Density g=peso specifico

CONCRETE=calcestruzzo

Name=nome materiale

f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls

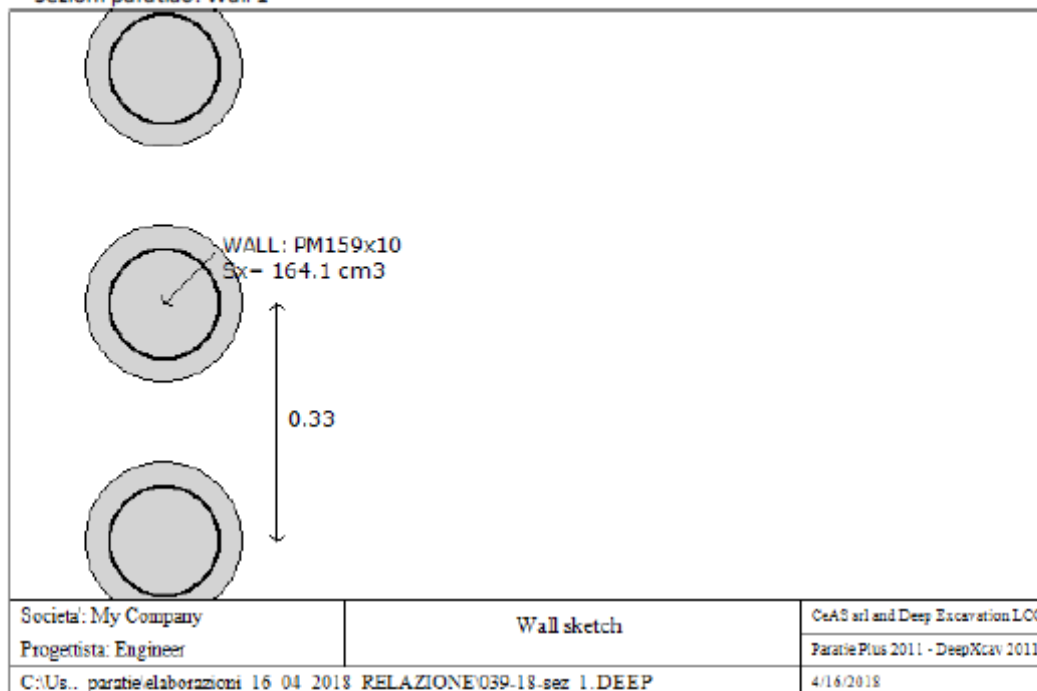
Elastic E=modulo elastico

Density g=peso specifico

Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica

DATI PARATIE

Sezioni paratia0: Wall 1



Tipo paratia: Pali tangenti

Dimensione fuori piano paratia: 0.33 Spessore paratia = 0.22

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 0.33 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di
 fy profilati in acciaio = 355.2 Eacciaio = 206000.2

Proprietà paratie di pali tangenti

Tabella: proprietà pali collegati

Sectio	W	A	D	tw or	bf	tf	k	box	Wel.x	rX	Iyy	Wel.y	rY	rT	Cw	fy
	(kN/m)	(cm2)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm4)	(cm3)	(cm)	(cm4)	(cm3)	(cm)	(cm)	(cm6)	(MPa)
PM15	0.4	46.81	15.9	1	15.9	1	1	1305	164.1	5.28	1305	164.1	5.28	5.28	1	355.2

DATI GENERALI PARATIA

Hor wall spacing=interasse tra pannelli

passive width below exc=larghezza di riferimento per calcolo zona passiva per analisi classica

concrete f'c=fck=res cilindrica caratteristica cls

Rebar fy=fyk=res caratteristica acciaio armature

Econc=modulo elastico cls

Concrete tension fct=fctk=resistenza caratteristica a trazione cls

Steel members fy=fyk=res caratteristica acciaio

Esteel=modulo elastico acciaio

DATI TABELLATI (si omette la spiegazione dei parametri già descritti in precedenza)

Secant pile wall (pali allineati e sovrapposti), Tangent pile wall=pali allineati (Berlinesi, micropali), soldier pile (pali in acciaio con collegamento in cls), soldier pile and timber lagging (pali in acciaio con collegamento con elementi in legno)

W=peso per unità di lunghezza

A=area

D=diametro

tw o tp=spessore dell'anima (sezione a I) o del tubo (sezione circolare)

bf=larghezza della sezione

tf=spessore dell'ala

k=altezza flangia + altezza raccordo

box=inerzia rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

Sxx=modulo di resistenza rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

rx=raggio giratore d'inerzia lungo x

Iyy=inerzia rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

Syy=modulo di resistenza rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

ry=raggio giratore d'inerzia lungo y

Cw=costante di ingobbamento

fy=fyk

DATI TERRENO

Name	g tot (kN/m3)	g dry (kN/m3)	Frict (deg)	C' (kPa)	Su (kPa)	FRp (deg)	FRcv (deg)	Eload (kPa)	Eur (kPa)	kAp NL	kPp NL	kAcv NL	kPcv NL	Vary	Spring Model	Color
primo	19	19	26	2	N/A	N/A	N/A	19000	38000	0.39	2.56	N/A	N/A	True	EXP	
secondo	19	19	27	5	N/A	N/A	N/A	24400	48800	0.38	2.66	N/A	N/A	True	EXP	
terzo	19	19	28	12	N/A	N/A	N/A	26000	52000	0.36	2.77	N/A	N/A	True	EXP	

Name	Poisson ν	Min Ka (clays)	Min sh (clays)	ko,NC	nOCR	aH.EXP (0 to 1)	aV.EXP (0 to 1)	qSkin (kPa)	qNails (kPa)	kS.nails (kN/m3)	PL (MPa)
primo	0.35	-	-	0.562	0.5	1	0	100	60	3143.04	-
secondo	0.35	-	-	0.546	0.8	1	0	100	0	0	-
terzo	0.35	-	-	0.531	0.8	1	0	200	0	0	-

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Eur=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Evc=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidezza molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

KO=coefficiente di spinta a riposo

Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
-0.4	primo	1	0.56
-5	secondo	1	0.55
-13	terzo	1	0.53

CARICHI DI SUPERFICIE

Di seguito si riportano i carichi di superficie. Il carico di superficie rappresenta un carico di pressione parziale o lungo quanto le superfici di monte/valle uniforme o trapezoidale.

Sovraccarico 0: $X1 = -3.5$, $X2 = -0.5$

Sovraccarico variabile

Stage No	Active	X1	Z1	qX1	qZ1	X2	Z2	qX2	qZ2
	SI/No	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)
0	SI	-3.5	-0.4	0	20	-0.5	-0.4	0	20
1	SI	-3.5	-0.4	0	20	-0.5	-0.4	0	20
2	SI	-3.5	-0.4	0	20	-0.5	-0.4	0	20
3	SI	-3.5	-0.4	0	20	-0.5	-0.4	0	20

LEGENDA

Stage No=fase di scavo

Active=stato carico (Yes=attivo)

X1=coordinata X primo estremo carico

Z1=coordinata Z primo estremo carico

qX1=valore carico in direz orizzontale primo estremo

TABELLA RISULTATI PARATIA

Wall 1 Stage: 0

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/)	(kN-m/)	(kN/m)	(kN/m)
0	-0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
2	-0.72	9.684	9.684	9.684	9.684	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
4	-1.05	14.524	14.524	14.524	14.524	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
6	-1.37	17.533	17.533	17.533	17.533	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
8	-1.7	20.143	20.143	20.143	20.143	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
10	-2.02	22.724	22.724	22.724	22.724	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
12	-2.34	25.378	25.378	25.378	25.378	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
14	-2.66	28.079	28.079	28.079	28.079	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
16	-2.99	30.933	30.933	30.933	30.933	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
18	-3.31	33.882	33.882	33.882	33.882	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
20	-3.63	36.913	36.913	36.913	36.913	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
22	-3.96	40.016	40.016	40.016	40.016	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
24	-4.28	43.178	43.178	43.178	43.178	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
26	-4.61	46.39	46.39	46.39	46.39	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
28	-4.93	49.643	49.643	49.643	49.643	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
30	-5.25	51.454	51.454	51.454	51.454	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
32	-5.58	54.67	54.67	54.67	54.67	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
34	-5.9	57.909	57.909	57.909	57.909	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
36	-6.23	61.167	61.167	61.167	61.167	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
38	-6.55	64.44	64.44	64.44	64.44	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
40	-6.87	67.727	67.727	67.727	67.727	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
42	-7.2	71.024	71.024	71.024	71.024	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
44	-7.52	74.33	74.33	74.33	74.33	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
46	-7.85	77.643	77.643	77.643	77.643	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
48	-8.17	80.963	80.963	80.963	80.963	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
50	-8.49	84.288	84.288	84.288	84.288	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
52	-8.82	87.618	87.618	87.618	87.618	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
54	-9.14	90.951	90.951	90.951	90.951	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
56	-9.47	94.288	94.288	94.288	94.288	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
58	-9.79	97.628	97.628	97.628	97.628	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
60	-10.11	100.97	100.97	100.97	100.97	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
62	-10.44	104.31	104.31	104.31	104.31	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
64	-10.76	107.66	107.66	107.66	107.66	0	0	0	0	0	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7

Wall 1 Stage: 1

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/)	(kN-m/)	(kN/m)	(kN/m)
0	-0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.92	227.93	227.93	1763.7	1763.7
2	-0.72	0.07	0	0.07	0	0	0	0	0	0	2.66	227.93	227.93	1763.7	1763.7
4	-1.05	2.966	0	2.966	0	0	0	0	0.06	0.33	2.39	227.93	227.93	1763.7	1763.7
6	-1.37	6.228	0	6.228	0	0	0	0	0.53	1.95	2.13	227.93	227.93	1763.7	1763.7
8	-1.7	9.06	0	9.06	0	0	0	0	1.85	4.89	1.86	227.93	227.93	1763.7	1763.7
10	-2.02	11.639	0	11.639	0	0	0	0	4.4	8.98	1.6	227.93	227.93	1763.7	1763.7
12	-2.34	14.081	0	14.081	0	0	0	0	8.54	14.13	1.34	227.93	227.93	1763.7	1763.7
14	-2.66	16.353	0	16.353	0	0	0	0	14.47	20.19	1.1	227.93	227.93	1763.7	1763.7
16	-2.99	18.662	23.222	18.662	23.222	0	0	0	22.3	24.71	0.86	227.93	227.93	1763.7	1763.7

18	-3.31	20.931	44.817	20.931	44.817	0	0	0	29.51	20.75	0.65	227.93	227.93	1763.7	1763.7
20	-3.63	23.172	48.156	23.172	48.156	0	0	0	33.66	9.89	0.46	227.93	227.93	1763.7	1763.7
22	-3.96	25.291	45.569	25.291	45.569	0	0	0	34.39	-0.11	0.31	227.93	227.93	1763.7	1763.7
24	-4.28	27.156	44.016	27.156	44.016	0	0	0	32.34	-8.26	0.2	227.93	227.93	1763.7	1763.7
26	-4.61	32.468	41.047	32.468	41.047	0	0	0	28.02	-14.87	0.11	227.93	227.93	1763.7	1763.7
28	-4.93	42.45	39.512	42.45	39.512	0	0	0	22.54	-17.17	0.05	227.93	227.93	1763.7	1763.7
30	-5.25	48.082	47.247	48.082	47.247	0	0	0	17.05	-17.31	0.02	227.93	227.93	1763.7	1763.7
32	-5.58	54.668	48.222	54.668	48.222	0	0	0	11.64	-16.26	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
34	-5.9	58.651	50.646	58.651	50.646	0	0	0	7.07	-13.32	-0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
36	-6.23	61.951	54.007	61.951	54.007	0	0	0	3.58	-9.92	-0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
38	-6.55	64.87	57.893	64.87	57.893	0	0	0	1.16	-6.66	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
40	-6.87	67.565	61.997	67.565	61.997	0	0	0	-0.31	-3.86	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
42	-7.2	69.834	66.108	69.834	66.108	0	0	0	-1.02	-1.71	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
44	-7.52	72.272	70.108	72.272	70.108	0	0	0	-1.22	-0.32	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
46	-7.85	74.942	73.947	74.942	73.947	0	0	0	-1.12	0.46	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
48	-8.17	77.842	77.623	77.842	77.623	0	0	0	-0.89	0.79	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
50	-8.49	80.934	81.161	80.934	81.161	0	0	0	-0.62	0.83	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
52	-8.82	84.17	84.597	84.17	84.597	0	0	0	-0.38	0.7	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
54	-9.14	87.5	87.965	87.5	87.965	0	0	0	-0.2	0.52	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
56	-9.47	90.887	91.295	90.887	91.295	0	0	0	-0.08	0.32	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
58	-9.79	94.301	94.606	94.301	94.606	0	0	0	-0.01	0.16	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
60	-10.11	97.727	97.911	97.727	97.911	0	0	0	0.01	0.05	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
62	-10.44	101.16	101.21	101.16	101.21	0	0	0	0.01	-0.02	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
64	-10.76	104.59	104.51	104.59	104.51	0	0	0	0	-0.03	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7

Wall 1 Stage: 2

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/)	(kN-m/)	(kN/m)	(kN/m)
0	-0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.92	227.93	227.93	1763.7	1763.7
2	-0.72	0.07	0	0.07	0	0	0	0	0	0	2.66	227.93	227.93	1763.7	1763.7
4	-1.05	2.966	0	2.966	0	0	0	0	0.06	0.33	2.39	227.93	227.93	1763.7	1763.7
6	-1.37	6.228	0	6.228	0	0	0	0	0.53	1.95	2.13	227.93	227.93	1763.7	1763.7
8	-1.7	9.06	0	9.06	0	0	0	0	1.85	4.89	1.86	227.93	227.93	1763.7	1763.7
10	-2.02	11.639	0	11.639	0	0	0	0	4.4	8.98	1.6	227.93	227.93	1763.7	1763.7
12	-2.34	14.081	0	14.081	0	0	0	0	8.54	14.13	1.34	227.93	227.93	1763.7	1763.7
14	-2.66	16.353	0	16.353	0	0	0	0	14.47	20.18	1.1	227.93	227.93	1763.7	1763.7
16	-2.99	18.662	23.222	18.662	23.222	0	0	0	22.3	24.71	0.86	227.93	227.93	1763.7	1763.7
18	-3.31	20.931	44.817	20.931	44.817	0	0	0	29.51	20.75	0.65	227.93	227.93	1763.7	1763.7
20	-3.63	23.172	48.155	23.172	48.155	0	0	0	33.66	9.89	0.46	227.93	227.93	1763.7	1763.7
22	-3.96	25.291	45.569	25.291	45.569	0	0	0	34.39	-0.11	0.31	227.93	227.93	1763.7	1763.7
24	-4.28	27.157	44.016	27.157	44.016	0	0	0	32.34	-8.26	0.2	227.93	227.93	1763.7	1763.7
26	-4.61	32.469	41.047	32.469	41.047	0	0	0	28.02	-14.87	0.11	227.93	227.93	1763.7	1763.7
28	-4.93	42.45	39.511	42.45	39.511	0	0	0	22.54	-17.17	0.05	227.93	227.93	1763.7	1763.7
30	-5.25	48.083	47.246	48.083	47.246	0	0	0	17.05	-17.31	0.02	227.93	227.93	1763.7	1763.7
32	-5.58	54.669	48.221	54.669	48.221	0	0	0	11.64	-16.26	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
34	-5.9	58.653	50.645	58.653	50.645	0	0	0	7.07	-13.32	-0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
36	-6.23	61.952	54.006	61.952	54.006	0	0	0	3.58	-9.92	-0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
38	-6.55	64.871	57.892	64.871	57.892	0	0	0	1.16	-6.66	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
40	-6.87	67.566	61.996	67.566	61.996	0	0	0	-0.31	-3.86	0	227.93	227.93	1763.7	1763.7
42	-7.2	69.834	66.108	69.834	66.108	0	0	0	-1.02	-1.71	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
44	-7.52	72.272	70.108	72.272	70.108	0	0	0	-1.22	-0.32	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
46	-7.85	74.942	73.947	74.942	73.947	0	0	0	-1.12	0.46	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7

48	-8.17	77.842	77.623	77.842	77.623	0	0	0	-0.89	0.79	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
50	-8.49	80.934	81.161	80.934	81.161	0	0	0	-0.62	0.83	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
52	-8.82	84.17	84.597	84.17	84.597	0	0	0	-0.38	0.7	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
54	-9.14	87.5	87.965	87.5	87.965	0	0	0	-0.2	0.52	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
56	-9.47	90.887	91.295	90.887	91.295	0	0	0	-0.08	0.32	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
58	-9.79	94.301	94.606	94.301	94.606	0	0	0	-0.01	0.16	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
60	-10.11	97.727	97.911	97.727	97.911	0	0	0	0.01	0.05	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
62	-10.44	101.16	101.21	101.16	101.21	0	0	0	0.01	-0.02	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
64	-10.76	104.59	104.51	104.59	104.51	0	0	0	0	-0.03	0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7

Wall 1 Stage: 3

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/)	(kN-m/)	(kN/m)	(kN/m)
0	-0.4	1.03	0	1.03	0	0	0	0	0	0.11	0.48	227.93	227.93	1763.7	1763.7
2	-0.72	16.78	0	16.78	0	0	0	0	0.14	0.74	0.57	227.93	227.93	1763.7	1763.7
4	-1.05	32.399	0	32.399	0	0	0	0	2.51	10.38	0.66	227.93	227.93	1763.7	1763.7
6	-1.37	34.262	0	34.262	0	0	0	0	9.25	24.41	0.75	227.93	227.93	1763.7	1763.7
8	-1.7	32.341	0	32.341	0	0	0	0	20.65	38.71	0.85	227.93	227.93	1763.7	1763.7
10	-2.02	28.475	0	28.475	0	0	0	0	36.44	51.95	0.97	227.93	227.93	1763.7	1763.7
12	-2.34	21.647	0	21.647	0	0	0	0	56.1	63.45	1.13	227.93	227.93	1763.7	1763.7
14	-2.66	16.353	0	16.353	0	0	0	0	52.27	-89.06	1.33	227.93	227.93	1763.7	1763.7
16	-2.99	18.662	0	18.662	0	0	0	0	25.13	-81.93	1.6	227.93	227.93	1763.7	1763.7
18	-3.31	20.931	0	20.931	0	0	0	0	0.53	-73.83	1.88	227.93	227.93	1763.7	1763.7
20	-3.63	23.172	0	23.172	0	0	0	0	-21.21	-64.78	2.17	227.93	227.93	1763.7	1763.7
22	-3.96	25.291	0	25.291	0	0	0	0	-39.79	-54.79	2.44	227.93	227.93	1763.7	1763.7
24	-4.28	27.156	0	27.156	0	0	0	0	-54.92	-43.94	2.66	227.93	227.93	1763.7	1763.7
26	-4.61	29.05	0	29.05	0	0	0	0	-66.35	-32.31	2.84	227.93	227.93	1763.7	1763.7
28	-4.93	30.967	0	30.967	0	0	0	0	-73.81	-19.87	2.95	227.93	227.93	1763.7	1763.7
30	-5.25	28.071	0	28.071	0	0	0	0	-77.21	-7.63	2.98	227.93	227.93	1763.7	1763.7
32	-5.58	29.945	0	29.945	0	0	0	0	-76.77	4.39	2.94	227.93	227.93	1763.7	1763.7
34	-5.9	31.834	0	31.834	0	0	0	0	-72.26	17.2	2.83	227.93	227.93	1763.7	1763.7
36	-6.23	33.735	0	33.735	0	0	0	0	-63.39	30.81	2.64	227.93	227.93	1763.7	1763.7
38	-6.55	35.647	0	35.647	0	0	0	0	-49.93	45.22	2.39	227.93	227.93	1763.7	1763.7
40	-6.87	37.568	0	37.568	0	0	0	0	-31.59	60.43	2.09	227.93	227.93	1763.7	1763.7
42	-7.2	39.497	39.945	39.497	39.945	0	0	0	-9.11	70.43	1.76	227.93	227.93	1763.7	1763.7
44	-7.52	41.434	62.544	41.434	62.544	0	0	0	13.31	68.06	1.42	227.93	227.93	1763.7	1763.7
46	-7.85	43.378	85.143	43.378	85.143	0	0	0	32.85	57	1.1	227.93	227.93	1763.7	1763.7
48	-8.17	45.327	107.74	45.327	107.74	0	0	0	46.69	37.23	0.81	227.93	227.93	1763.7	1763.7
50	-8.49	47.282	100.92	47.282	100.92	0	0	0	52.5	11.77	0.56	227.93	227.93	1763.7	1763.7
52	-8.82	50.784	94.814	50.784	94.814	0	0	0	50.97	-9.9	0.36	227.93	227.93	1763.7	1763.7
54	-9.14	67.09	91.227	67.09	91.227	0	0	0	43.62	-26.22	0.21	227.93	227.93	1763.7	1763.7
56	-9.47	80.566	85.155	80.566	85.155	0	0	0	33.01	-34.18	0.11	227.93	227.93	1763.7	1763.7
58	-9.79	91.397	81.929	91.397	81.929	0	0	0	21.73	-34.51	0.04	227.93	227.93	1763.7	1763.7
60	-10.11	100.28	80.691	100.28	80.691	0	0	0	11.7	-29.37	-0.01	227.93	227.93	1763.7	1763.7
62	-10.44	106.19	80.475	106.19	80.475	0	0	0	4.3	-20.42	-0.05	227.93	227.93	1763.7	1763.7
64	-10.76	111.56	80.572	111.56	80.572	0	0	0	0.41	-9.03	-0.08	227.93	227.93	1763.7	1763.7

LEGENDA

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

q=pressioni dovute al sovraccarico

U L=pressione acqua a sx paratia

U R=pressione acqua a dx paratia

M=momento flettente (per metro)

V=taglio (per metro)

dx=spostamento orizzontale

McapL=Momento ultimo lato sx

McapR=Momento ultimo lato dx

VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx

VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

REAZIONI VINCOLI (TIRANTI, PUNTONI, SOLETTE, SBADACCHI)

Vincolo 0

Stage No	R
	(kN)
0	0
1	0
2	0
3	160.134

Stabilità' del piede

FS infissione per fase

	FS minimo al	FS Passivo	FS Rotazione	FS Lunghezza	FS Pass. mobilitato	FS Forza attiva / attiva teorica
Fase 0	6.951	7.433	6.951	65.625	5.051	1.406
Fase 1	2.734	N/A	3.373	2.735	3.396	1.287
Fase 2	5.543	N/A	5.543	11.332	3.396	1.287
Fase 3	1.677	N/A	1.786	1.677	1.435	1.237

Legenda: FS infissione paratia

FS minimo= il più piccolo dei fattori F1 - F5

Analisi all'Equilibrio Limite (i seguenti Fattori di Sicurezza potrebbero non essere applicabili in tutte le fasi):

FS Passiva (FS1): FS calcolato sulla base dell'equilibrio in direzione orizzontale, FS1 = Forza Resistente/Forza Agente

FS Rotazione (FS2): FS calcolato sulla base dell'equilibrio alla rotazione, FS2 = Momento Resistente / Momento Agente

FS Lunghezza (da FS1, FS2): il software determina la massima infissione LFS1 richiesta imponendo un FS1, FS2 = 1.

Successivamente, FS Lunghezza = Lunghezza di infissione corrente/LFS1.

Analisi Non Lineare:

FS4 Passiva / Vera: Fattore di Sicurezza legato al rapporto Spinta Passiva mobilitabile / Spinta Vera

FS5 Vera / Attiva: Fattore di Sicurezza legato al rapporto Spinta Vera / Spinta Attiva mobilitabile

SEZIONE 2**DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETA MECCANICHE****Acciaio**

Name	Strength Fy	Fu	Elastic E	Density g
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m3)
Fe510	355.2	509.7	206000.2	77.0046

Calcestruzzo

Name	Strength Fc'	Elastic E	Density g	Tension Strength Ft
	(MPa)	(MPa)	(kN/m3)	(MPa)
C25/30	24.8	31475.7	25.0029	10

STEEL=acciaio

Name=nome materiale

strength fy=fyk=res caratteristica acciaio

Fu=fuk=resistenza ultima

Elastic E=modulo elastico

Density g=peso specifico

CONCRETE=calcestruzzo

Name=nome materiale

f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls

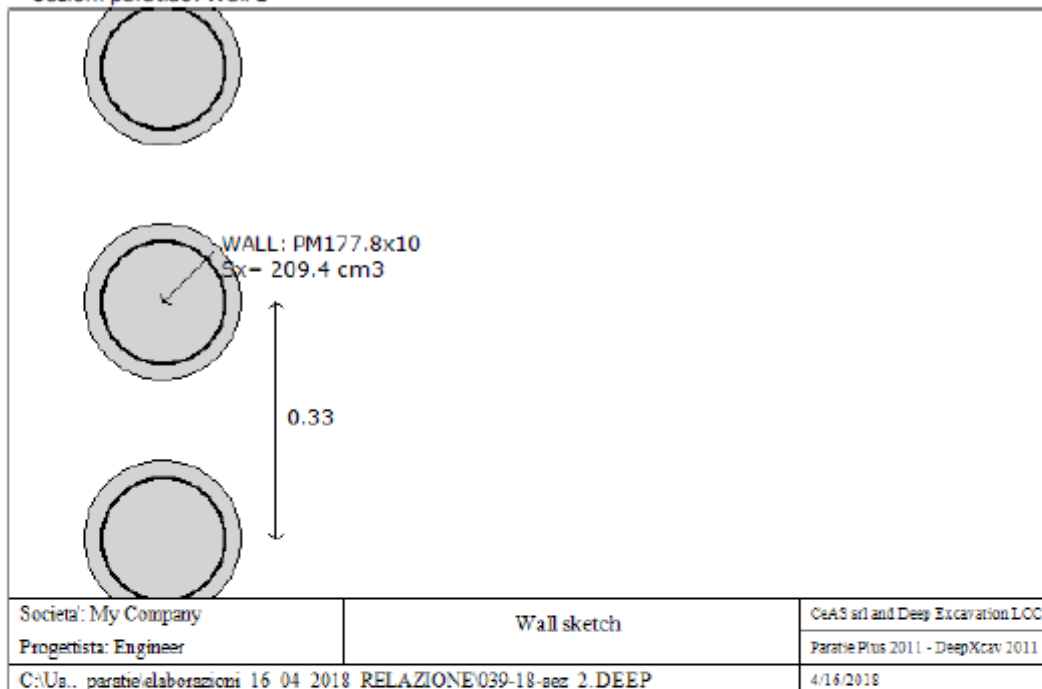
Elastic E=modulo elastico

Density g=peso specifico

Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica

DATI PARATIE

Sezioni paratia0: Wall 1



Tipo paratia: Pali tangenti

Dimensione fuori piano paratia: 0.33 Spessore paratia = 0.22

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 0.33 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di

fy profilati in acciaio = 355.2 Eacciaio = 206000.2

Proprieta' paratie di pali tangenti

Tabella: proprieta' pali collegati

Seccio	W	A	D	tw or	bf	tf	k	box	Wel,x	rX	Iyy	Wel,y	rY	rT	Cw	fy
	(kN/m)	(cm2)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm4)	(cm3)	(cm)	(cm4)	(cm3)	(cm)	(cm)	(cm6)	(MPa)
PM17	0.4	52.72	17.8	1	17.78	1	1	1862	209.4	5.94	1862	209.4	5.94	5.94	1	355.2

DATI GENERALI PARATIA

Hor wall spacing=interasse tra pannelli

passive width below exc=larghezza di riferimento per calcolo zona passiva per analisi classica

concrete f'c=fck=res cilindrica caratteristica cls

Rebar fy=fyk=res caratteristica acciaio armature

Econc=modulo elastico cls

Concrete tension fct=fctk=resistenza caratteristica a trazione cls

Steel members fy=fyk=res caratteristica acciaio

Esteel=modulo elastico acciaio

DATI TABELLATI (si omette la spiegazione dei parametri già descritti in precedenza)

Secant pile wall (pali allineati e sovrapposti), Tangent pile wall=pali allineati (Berlinesi, micropali), soldier pile (pali in acciaio con collegamento in cls), soldier pile and timber lagging (pali in acciaio con collegamento con elementi in legno)

W=peso per unità di lunghezza

A=area

D=diametro

tw o tp=spessore dell'anima (sezione a I) o del tubo (sezione circolare)

bf=larghezza della sezione

tf=spessore dell'ala

k=altezza flangia + altezza raccordo

box=inerzia rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

Sxx=modulo di resistenza rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

rx=raggio giratore d'inerzia lungo x

Iyy=inerzia rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

Syy=modulo di resistenza rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

ry=raggio giratore d'inerzia lungo y

Cw=costante di ingobbamento

fy=fyk

DATI TERRENO

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	NL	NL	NL	NL		Model	
primo	19	19	26	2	N/A	N/A	N/A	19000	38000	0.39	2.56	N/A	N/A	True	EXP	
secondo	19	19	27	5	N/A	N/A	N/A	24400	48800	0.38	2.66	N/A	N/A	True	EXP	
terzo	19	19	28	12	N/A	N/A	N/A	26000	52000	0.36	2.77	N/A	N/A	True	EXP	

Name	Poisson	Min Ka	Min sh	ko.NC	nOCR	aH.EXP	aV.EXP	qSkin	qNails	kS.nails	PL
	v	(clays)	(clays)	-	-	(0 to 1)	(0 to 1)	(kPa)	(kPa)	(kN/m ³)	(MPa)
primo	0.35	-	-	0.562	0.5	1	0	100	60	3143.04	-
secondo	0.35	-	-	0.546	0.8	1	0	100	0	0	-
terzo	0.35	-	-	0.531	0.8	1	0	200	0	0	-

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (UN, EXP, SIMC)

UN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

K0=coefficiente di spinta a riposo

Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	primo	1	0.56
-5	secondo	1	0.55
-13	terzo	1	0.53

CARICHI DI SUPERFICIE

Di seguito si riportano i carichi di superficie. Il carico di superficie rappresenta un carico di pressione parziale o lungo quanto le superfici di monte/valle uniforme o trapezoidale.

Sovraccarico 0: $X1 = 9.25$, $X2 = 12.25$

Sovraccarico variabile

Stage No	Active	X1	Z1	qX1	qZ1	X2	Z2	qX2	qZ2
	SI/No	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)
0	No	9.25	0	0	20	12.25	0	0	20
1	SI	9.25	0	0	20	12.25	0	0	20
2	SI	9.25	0	0	20	12.25	0	0	20

LEGENDA

Stage No=fase di scavo

Active=stato carico (Yes=attivo)

X1=coordinata X primo estremo carico

Z1=coordinata Z primo estremo carico

TABELLA RISULTATI PARATIA

Wall 1 Stage: 0

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/)	(kN-m/)	(kN/m)	(kN/m)
0	-3.4	36.305	36.305	36.305	36.305	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
2	-3.72	39.765	39.765	39.765	39.765	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
4	-4.05	43.225	43.225	43.225	43.225	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
6	-4.37	46.684	46.684	46.684	46.684	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
8	-4.7	50.144	50.144	50.144	50.144	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
10	-5.02	52.077	52.077	52.077	52.077	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
12	-5.34	55.439	55.439	55.439	55.439	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
14	-5.67	58.8	58.8	58.8	58.8	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
16	-5.99	62.161	62.161	62.161	62.161	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
18	-6.32	65.522	65.522	65.522	65.522	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
20	-6.64	68.883	68.883	68.883	68.883	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
22	-6.96	72.245	72.245	72.245	72.245	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
24	-7.29	75.606	75.606	75.606	75.606	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
26	-7.61	78.967	78.967	78.967	78.967	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
28	-7.94	82.328	82.328	82.328	82.328	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
30	-8.26	85.689	85.689	85.689	85.689	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
32	-8.58	89.05	89.05	89.05	89.05	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
34	-8.91	92.412	92.412	92.412	92.412	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
36	-9.23	95.773	95.773	95.773	95.773	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
38	-9.56	99.134	99.134	99.134	99.134	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
40	-9.88	102.5	102.5	102.5	102.5	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
42	-10.2	105.86	105.86	105.86	105.86	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
44	-10.53	109.22	109.22	109.22	109.22	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
46	-10.85	112.58	112.58	112.58	112.58	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
48	-11.18	115.94	115.94	115.94	115.94	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
50	-11.4	118.26	118.26	118.26	118.26	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24

Wall 1 Stage: 1

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/)	(kN-m/)	(kN/m)	(kN/m)
0	-3.4	0	1.492	0	1.492	0	0	0	0	-0.16	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
2	-3.72	11.873	11.693	11.873	11.693	0	0	0	-0.05	-0.13	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
4	-4.05	17.428	17.275	17.428	17.275	0	0	0	-0.07	-0.05	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
6	-4.37	22.127	22.056	22.127	22.056	0	0	0	-0.07	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
8	-4.7	26.44	26.473	26.44	26.473	0	0	0	-0.07	0.02	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
10	-5.02	41.661	41.554	41.661	41.554	0	0	0	-0.07	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
12	-5.34	45.408	45.368	45.408	45.368	0	0	0	-0.06	0.03	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
14	-5.67	49.085	49.088	49.085	49.088	0	0	0	-0.04	0.05	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
16	-5.99	52.716	52.74	52.716	52.74	0	0	0	-0.03	0.04	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
18	-6.32	56.314	56.342	56.314	56.342	0	0	0	-0.02	0.03	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
20	-6.64	59.886	59.905	59.886	59.905	0	0	0	-0.01	0.02	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
22	-6.96	63.438	63.439	63.438	63.439	0	0	0	-0.01	0.01	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
24	-7.29	66.974	66.988	66.974	66.988	0	0	0	0	0.01	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
26	-7.61	70.495	70.513	70.495	70.513	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
28	-7.94	74.006	73.99	74.006	73.99	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
30	-8.26	77.507	77.507	77.507	77.507	0	0	0	0	0.01	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24

32	-8.58	81.001	81.027	81.001	81.027	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
34	-8.91	84.487	84.49	84.487	84.49	0	0	0	0	-0.01	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
36	-9.23	87.969	87.951	87.969	87.951	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
38	-9.56	91.447	91.452	91.447	91.452	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
40	-9.88	94.921	94.925	94.921	94.925	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
42	-10.2	98.394	98.357	98.394	98.357	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
44	-10.53	101.87	101.88	101.87	101.88	0	0	0	0	0.01	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
46	-10.85	105.33	105.39	105.33	105.39	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
48	-11.18	108.8	108.76	108.8	108.76	0	0	0	0	-0.01	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
50	-11.4	111.19	111.18	111.19	111.18	0	0	0	0	0	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24

Wall 1 Stage: 2

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/)	(kN-m/)	(kN/m)	(kN/m)
0	-3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.87	288.98	288.98	1986.24	1986.24
2	-3.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.58	288.98	288.98	1986.24	1986.24
4	-4.05	0	1.964	0	1.964	0	0	0	-0.03	-0.19	-3.28	288.98	288.98	1986.24	1986.24
6	-4.37	0	4.118	0	4.118	0	0	0	-0.33	-1.24	-2.99	288.98	288.98	1986.24	1986.24
8	-4.7	0	6.29	0	6.29	0	0	0	-1.19	-3.2	-2.7	288.98	288.98	1986.24	1986.24
10	-5.02	0	4.645	0	4.645	0	0	0	-2.91	-6.08	-2.41	288.98	288.98	1986.24	1986.24
12	-5.34	0	6.771	0	6.771	0	0	0	-5.39	-8.26	-2.12	288.98	288.98	1986.24	1986.24
14	-5.67	0	8.918	0	8.918	0	0	0	-8.8	-11.34	-1.83	288.98	288.98	1986.24	1986.24
16	-5.99	0	11.083	0	11.083	0	0	0	-13.42	-15.33	-1.56	288.98	288.98	1986.24	1986.24
18	-6.32	0	13.264	0	13.264	0	0	0	-19.56	-20.22	-1.29	288.98	288.98	1986.24	1986.24
20	-6.64	0	15.459	0	15.459	0	0	0	-27.51	-26.04	-1.03	288.98	288.98	1986.24	1986.24
22	-6.96	23.624	17.665	23.624	17.665	0	0	0	-37.56	-32.78	-0.79	288.98	288.98	1986.24	1986.24
24	-7.29	46.223	19.954	46.223	19.954	0	0	0	-47.23	-28.13	-0.58	288.98	288.98	1986.24	1986.24
26	-7.61	68.821	22.243	68.821	22.243	0	0	0	-53.31	-14.93	-0.4	288.98	288.98	1986.24	1986.24
28	-7.94	81.709	38.944	81.709	38.944	0	0	0	-53.27	5.37	-0.26	288.98	288.98	1986.24	1986.24
30	-8.26	76.151	54.944	76.151	54.944	0	0	0	-47.54	20.98	-0.16	288.98	288.98	1986.24	1986.24
32	-8.58	73.426	68.147	73.426	68.147	0	0	0	-38.87	28.08	-0.08	288.98	288.98	1986.24	1986.24
34	-8.91	73.117	78.209	73.117	78.209	0	0	0	-29.43	29.07	-0.04	288.98	288.98	1986.24	1986.24
36	-9.23	74.696	85.511	74.696	85.511	0	0	0	-20.65	26.22	-0.01	288.98	288.98	1986.24	1986.24
38	-9.56	77.651	90.706	77.651	90.706	0	0	0	-13.31	21.36	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
40	-9.88	81.535	94.38	81.535	94.38	0	0	0	-7.73	15.83	0	288.98	288.98	1986.24	1986.24
42	-10.2	85.987	97.083	85.987	97.083	0	0	0	-3.89	10.57	-0.01	288.98	288.98	1986.24	1986.24
44	-10.53	90.744	99.364	90.744	99.364	0	0	0	-1.56	6.15	-0.02	288.98	288.98	1986.24	1986.24
46	-10.85	95.637	101.39	95.637	101.39	0	0	0	-0.4	2.81	-0.02	288.98	288.98	1986.24	1986.24
48	-11.18	100.58	103.17	100.58	103.17	0	0	0	-0.03	0.72	-0.03	288.98	288.98	1986.24	1986.24
50	-11.4	104	104.46	104	104.46	0	0	0	0	0.02	-0.04	288.98	288.98	1986.24	1986.24

LEGENDA

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

q=pressioni dovute al sovraccarico

U L=pressione acqua a sx paratia

dx=spostamento orizzontale

McapL=Momento ultimo lato sx

McapR=Momento ultimo lato dx

VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx

VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

Stabilita' del piede

FS infissione per fase

	FS minimo al	FS Passivo	FS Rotazione	FS Lunghezza	FS Pass. mobilitato	FS Forza attiva / attiva teorica
Fase 0	7.755	7.767	7.755	50	5.27	1.47
Fase 1	8.366	N/A	8.366	50	3.712	2.49
Fase 2	1.485	N/A	1.643	1.485	1.759	1.501

Legenda: FS infissione paratia

FS minimo= il più piccolo dei fattori F1 - F5

Analisi all'Equilibrio Limite (i seguenti Fattori di Sicurezza potrebbero non essere applicabili in tutte le fasi):

FS Passiva (FS1): FS calcolato sulla base dell'equilibrio in direzione orizzontale, FS1 = Forza Resistente/Forza Agente

FS Rotazione (FS2): FS calcolato sulla base dell'equilibrio alla rotazione, FS2 = Momento Resistente / Momento Agente

FS Lunghezza (da FS1, FS2): il software determina la massima infissione LFS1 richiesta imponendo un FS1, FS2 = 1.

Successivamente, FS Lunghezza = Lunghezza di infissione corrente/LFS1.

Analisi Non Lineare:

FS4 Passiva / Vera: Fattore di Sicurezza legato al rapporto Spinta Passiva mobilitabile / Spinta Vera

FS5 Vera / Attiva: Fattore di Sicurezza legato al rapporto Spinta Vera / Spinta Attiva mobilitabile

APPENDICE D

Nel seguito sono fornite le linee guida per la realizzazione dei riporti strutturali da eseguire nell'ambito dei lavori di ristrutturazione ed ampliamento della Stazione di Matera.

Le lavorazioni trattate hanno differenti applicazioni; saranno dedicate principalmente per riempi-menti a monte di muri di sostegno e per la bonifica dei terreni di sedime delle fondazioni di nuova costruzione.

Nelle presenti note sono trattate: la preparazione del piano di posa, la tipologia e scelta dei mate-riali, le disposizioni per la relativa stesura, i controlli preliminari alla produzione propedeutici alla messa a punto delle operazioni esecutive e i controlli di qualità in corso d'opera.

Saranno ammesse operazioni o condizioni differenti da quelle descritte nel seguito, dettate da dif-ficoltà o esigenze esecutive che insorgessero nel corso dei lavori, attualmente non previste. Que-ste saranno sottoposte per approvazione ai responsabili del procedimento previa parere degli scri-venti.

Raccomandazioni e standard

- **c)** Norme A.S.T.M. - D1557 - 78; C.N.R. 8.
- **d)** Norme A.S.T.M. - D422; C.N.R. 23.
- **e)** Norma S.N.V. 70317.
- **f)** A.S.T.M. D1556-82; C.N.R. 22.

Capitolo 1 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEL RIPORTO STRUTTURALE

L'inerte che costituirà il riporto non sarà posato sul terreno naturale prima che questo sia opportunamente regolarizzato e approvato.

Le note seguenti forniscono gli elementi per tale approvazione.

- Il piano di posa del riporto dovrà essere approvato secondo quanto al riguardo è esposto nel capitolo 6.
- Si dovrà verificare che il piano dello scavo si presenti con la morfologia prevista dal piano scavi in particolare laddove sono previste le sagomature a gradoni. Qui il terreno non dovrà mostrare evidenza di franamenti o di eccessivo rigonfiamento; nel caso si dovrà procedere alla risagomatura delle alzate dei gradoni, diminuendone l'inclinazione che non dovrà comunque essere superiore all'80%.
- Procedere alla regolarizzazione dei terreni mediante alcune passate (5÷6) di sola andata di rullo vibrante del peso dell'ordine dei 100 kN, procedente ad una velocità non superiore a 1,5 km/h.

Capitolo 2 TIPOLOGIA E SCELTA DEI MATERIALI, LORO CARATTERISTICHE, MODALITÀ' DI STESURA

2.1 – Tipologia dei materiali

Il materiale da utilizzare per il riporto strutturale sarà costituito da inerte di fornitura esterna da sottoporre ad approvazione. Non si esclude l'utilizzo del terreno di risulta dagli scavi eseguiti nell'area in esame limitatamente a quello asportato al disotto del ricoprimento superficiale (strato A del doc. rif. b)).

Nella figura 2.1 si riporta il fuso granulometrico da rispettare per la fornitura dell'inerte.

2.2 - Disposizioni esecutive per la stesura dell'inerte su superfici libere, ampie e facilmente accessibili

- L'inerte da utilizzare per il riporto dovrà essere sottoposto ai controlli esposti nel paragrafo 3.2 che ne verifichino il rispetto dei criteri di accettazione riportati nel paragrafo 3.3.
- La stesura dell'inerte deve essere preceduta dalla preparazione del terreno di sedime secondo quanto riportate nel capitolo 1. Sarà eseguita in strati di spessore proporzionato alle caratteristiche del mezzo costipante usato. Comunque ogni strato non deve avere uno spessore finito superiore a 0,3 m. Ogni strato deve avere la pendenza necessaria per permettere un rapido smaltimento delle acque piovane.
- La compattazione deve essere eseguita con mezzi giudicati idonei dalla D.LL.. Al riguardo si consiglia l'utilizzo di rulli compressori vibranti del peso non inferiore a 100 kN procedenti ad una velocità non superiore a 1,5 km/h. La compattazione deve essere eseguita partendo dai bordi dell'area da compattare verso il centro, compiendo un sufficiente numero di passate che in ogni caso non deve essere inferiore a 6.
- Il contenuto d'acqua del materiale impiegato deve essere più prossimo possibile all'umidità "Ottima" indicata dalla prova di compattazione "PROCTOR MODIFICATO" compresa nelle prove di qualificazione indicate nel paragrafo 3.1. Ciò faciliterà notevolmente il raggiungimento della densità di progetto.

L'umidità sarà pertanto corretta, se necessario, mediante inumidimento con acqua erogata con adatto spruzzatore o mediante essiccamento od altri trattamenti. Il Tecnico presente nel corso dei lavori preposto ai controlli, potrà sovrintendere a tali operazioni anche con misure speditive con umidmetro portatile.

- L'impiego di mezzi costipanti, in ogni caso e a prescindere dalle disposizioni e imprevisti occorsi nel corso dei lavori, deve conferire ai singoli strati di materiale un grado di costipamento uguale o superiore a quanto indicato nel paragrafo 3.3.

2.3 – Stesura inerte in superfici anguste

Per superfici anguste si intendono piani di lavorazioni in cui non è possibile utilizzare rulli vibranti del peso superiore a 80 kN, quali ad esempio il riempimento a monte di muri di sostegno.

In corrispondenza di tali aree la vibrocompattazione sarà eseguita con piastra vibrante pesante operante con spessori di stesura non maggiori di 20 cm.

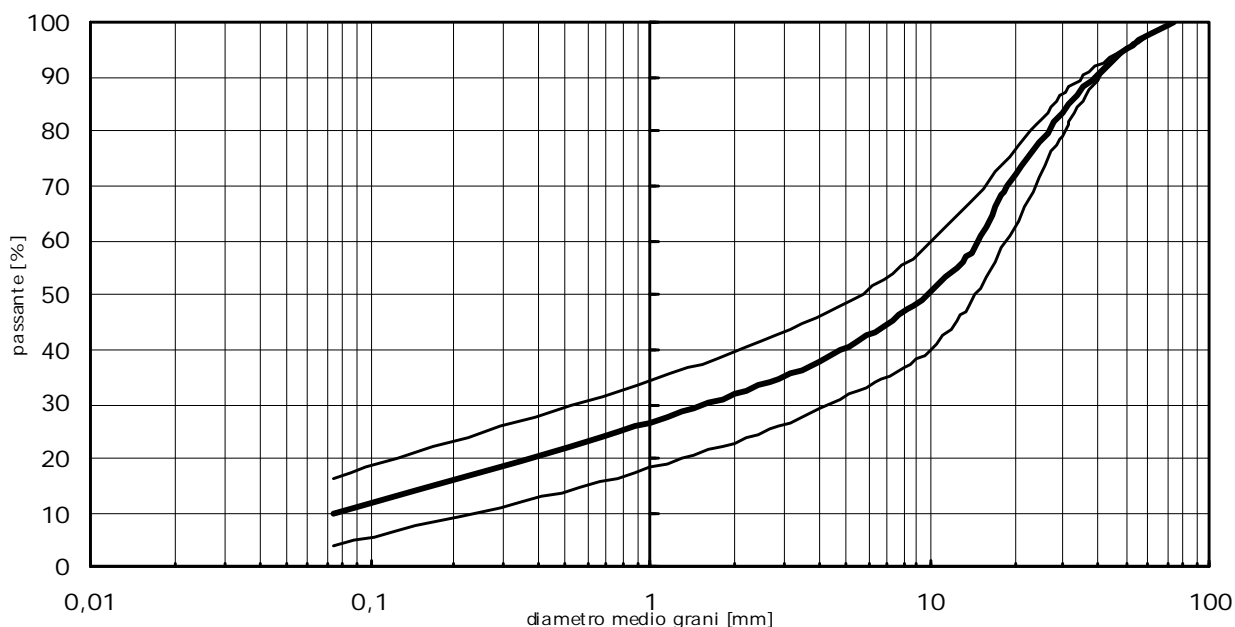
Laddove con tale procedura risultasse non raggiungibile il rispetto dei criteri di ammissibilità riportati nel capitolo 3, ovvero i valori di M_d ammessi per il riporto in area libera, si dovrà additivare l'inerte con cemento con un contenuto pari al 2,5% in peso.

La presenza del legante, associata alla vibrocompattazione eseguita con piastra vibrante garantirà il raggiungimento delle soglie di rigidezza riportate nel capitolo 3.

Prove preliminari di compattazione eseguite in area libera con tali modalità permetteranno la messa a punto delle procedure operative e il tenore ottimale del contenuto di cemento.

Nel corso di tali prove e durante la stesa si dovrà utilizzare il medesimo inerte approvato in sede di qualificazione (cfr. §3.1 seguente) con contenuto d'acqua corrispondente all'Ottimo di Proctor modificato.

**FIGURA 2.1 – FUSO GRANULOMETRICO INERTE
PER RIPORTO STRUTTURALE**



Capitolo 3 **CONTROLLI**

3.1 - Controlli preliminari alla produzione propedeutici alla messa a punto delle operazioni esecutive - Poligono di prova

Per la approvazione definitiva dell'utilizzo del materiale proposto in 2.1 si dovrà condurre in apposita area a lato delle aree in lavorazione, una prova di stesura.

Questa sarà preceduta dalla qualificazione del materiale proposto che consisterà nell'esecuzione in laboratorio delle analisi seguenti:

- **a)** prova compattazione PROCTOR MODIFICATO (doc. rif. c)),
- **b)** analisi granulometrica per setacciatura (doc. rif. d)).

Le prove sopra indicate serviranno a rilevare le caratteristiche granulometriche del terreno utilizzato e ad indicare il grado di umidità ottimale in corrispondenza del quale nelle operazioni di compattazione è richiesta la minore energia.

Il numero delle prove sarà funzione dell'omogeneità del materiale. Non sarà inferiore a 3.

La prova di stesura consisterà nella posa e nella successiva vibrocompattazione in un'area di $15 \times 15 \text{ m}^2$ di n° 3 strati di spessore finito di 0,3 m, del materiale proposto.

Le operazioni saranno eseguite nel rispetto di quanto indicato nel paragrafo 2.2, apportando le eventuali modifiche proposte dagli operatori in relazione all'andamento dei lavori.

Il materiale depositato, sottoposto a prova di carico su piastra da condurre nel rispetto del doc. rif. e), dovrà soddisfare il seguente criterio d'accettazione:

$$E_{v2}/E_{v1} \leq 2,$$

dove E_{v1} e E_{v2} rispettivamente il modulo di primo carico e di ricarico secanti le curve pressione-spostamento nel range di pressione σ_i : 150÷250 kPa, calcolati tramite l'espressione.

$$E = \Delta\sigma/\Delta w * D.$$

Nel caso in cui le condizioni sopra esposte non risultassero soddisfatte si dovranno variare opportunamente le modalità di posa o il materiale.

Le modalità esecutive adottate nel poligono di prova a criteri soddisfatti costituiranno le linee guida da seguire per la produzione del rilevato.

Tali linee saranno depositate presso il cantiere e, accanto alle presenti specifiche, costituiranno le modalità esecutive di riferimento da seguire per i lavori.

3.2 – Controlli in corso d'opera

Nel corso della stesura dei materiali e a fine lavori saranno eseguite le seguenti prove di controllo:

- a) analisi granulometrica (cfr. doc. rif. d),
- b) prova di carico su piastra (cfr. doc. rif. e).

Le prove in 3.2-a) saranno eseguite a campioni sul materiale da utilizzare. Il numero e la frequenza delle prove dipenderà dall'omogeneità granulometrica e sarà definita dalla D.LL..

Nelle prime fasi di lavoro le prove in 3.2-b) saranno eseguite nel numero di almeno n° 2 prove/1000 m² su ogni strato di materiale steso.

Successivamente, sulla scorta dei risultati ottenuti, il numero di prove di controllo potrà essere diminuito in accordo con la D.LL..

3.3 - Criteri per l'accettazione dei materiali e dei lavori di campagna

L'accettazione dei materiali ovvero dei lavori di stesura degli inerti sarà a discrezione e competenza della D.LL..

I criteri per l'accettazione che si propongono potranno essere i seguenti:

- a) caratteristiche granulometriche: cfr. 3.1 – b) con approssimazione del ± 10 del passante nel rispetto del fuso granulometrico di figura 2.1,
- b) Modulo di deformazione cfr. tabella 3.1 e:

$$M_{d2}/M_{d1} \leq 2.$$

- c) Non si esclude di sostituire localmente la prova su piastra con altra prova di controllo. Questa potrà consistere nella prova di densità con il metodo del volumometro a sabbia da eseguire secondo i docc. rif. f).

Il valore della densità di riferimento per l'approvazione sarà definito nel dettaglio dopo idonee prove correlative con le prove su piastra.

TABELLA 3.1 – OBIETTIVI VIBROCOMPATTAZIONE

q_{es} [kPa]	M_{d1}' [MPa]	M_{d1}'' [MPa]
≤ 50	50	70
> 50	70	90

q_{es} = pressione sovraccarico al top del riporto;

$M_{d,1}'$ = modulo di deformazione dei primi due strati di riporto;

$M_{d,2}'$ = modulo di deformazione degli strati dal terzo al top.



DOTT. ING. UMBERTO CROCE