

PROVINCIA DI MODENA

Area Lavori Pubblici

Direttore Ing. Alessandro Manni

Servizio Lavori speciali Opere Pubbliche

telefono 059 209 623 fax 059 343 706

viale Jacopo Barozzi 340, 41124 Modena c.f. e p.i. 01375710363

centralino 059 209 111 www.provincia.modena.it provinciadi.modena@cert.provincia.modena.it

Servizio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 - Registrazione N. 3256 -A-

S.P. n° 26 "DI SAMONE"

LAVORI PER LA RICOSTRUZIONE DEL CORPO STRADALE

IN FRANA AL KM 17+000 AL BIVIO CON LA S.P. 623R

IN COMUNE DI GUIGLIA

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RIFERIMENTO ELABORATO

PE003

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

PROT. n° 32983

CL. 11.1502

DEL 07072016

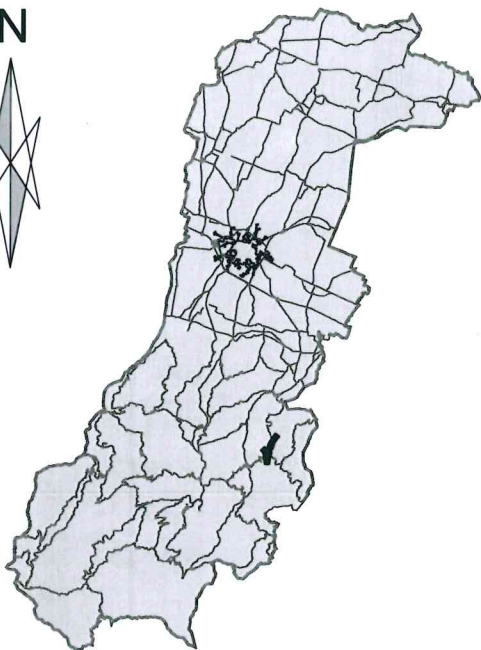
FASC. 85 SUB

A.D.

SCALA

DATA Marzo 2016

revisione	data	descrizione	redatto	controllato	approvato



ubicazione intervento

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Luca Rossi

PROGETTISTA

Dott. Antonio Gatti

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE

Geom. Lorenzo Lorenzi

DISEGNATORE

Geom. Fabio Rossi

CONSULENTE GEOLOGICO

Dott. Antonio Gatti

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Antonio Gatti



INDICE GENERALE

1. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO	1
a) Indagini geognostiche	1
a1) I dati ottenuti	1
a2) Interpretazione dei sondaggi geognostici	2
a3) I sondaggi geognostici	3
b) Sezioni litotecniche	46
2. RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICO	53
a) Premessa	53
b) Determinazione delle spinte sulle strutture	53
c) Calcolo della spinta attiva in condizioni sismiche	54
d) Dimensionamento della fondazione: ancoraggio in doppia fune spiroidale in acciaio	57
3. CONCLUSIONI	62

1. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO

a) Indagini geognostiche

a1) I dati ottenuti

Le indagini geognostiche sono state eseguite dalla ditta Prove penetrometriche s.r.l. (Castelnuovo Rangone, Modena). Nel seguito si descrivono nel dettaglio le modalità esecutive relative ai carotaggi stratigrafici:

- 3 sondaggi a carotaggio continuo, per un totale di 30.00 m di perforazione (BIVOSAMONE_01-02-03);

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite le seguenti attività:

- descrizione delle litologie riportata nella stratigrafia;
- descrizione del colore del terreno;
- descrizione dello stato di addensamento o del grado di consistenza ;
- prove SPT (Standard Penetration Test) in foro;
- valori di pocket penetrometro e di scissometro tascabile;
- fotografie delle carote depositate in cassetta.

Per l'ubicazione dei sondaggi stratigrafici si veda la planimetria (fig. 4.1), mentre le schede dei sondaggi e le immagini fotografiche delle carote sono riportate di seguito nella presente relazione.

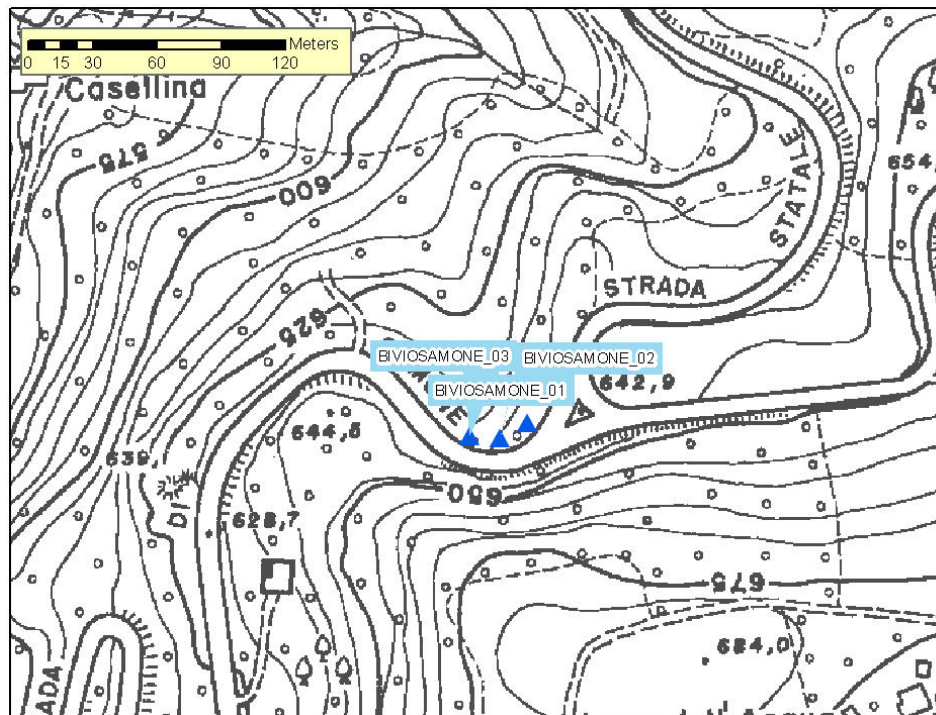


Figura 1.1: Ubicazione dei sondaggi geognostici

a2) Interpretazione dei sondaggi geognostici

Sulla base delle indicazioni emerse dalle stratigrafie, si è provveduto ad individuare unità geologico-tecniche omogenee e significative, funzionali alla progettazione delle opere. Si è attribuito quindi la maggior importanza ai caratteri strettamente fisico-meccanici del materiale rispetto a quelli più strettamente litologici.

Le unità geologico-tecniche ricavate dalle informazioni di cui sopra vengono descritte di seguito:

Unità D – Coltre detritica e/o Substrato Alterato

E' costituita dal materiale della pavimentazione stradale, dal materiale di costituzione del rilevato stradale e da materiale detritico eterogeneo per uno spessore complessivo di circa 3.50-4.50 metri dal piano topografico al momento del rilievo nella zona in frana, a valle della carreggiata stradale. Tale unità, molto eterogenea, è riconoscibile dalla presenza di alternanze di livelli con una abbondante matrice marnoso-limosa e altri con clasti eterometrici ed eterogenei. La consistenza del materiale è medio-bassa e il comportamento è plastico. Le prove SPT forniscono un valore medio di $N_{SPT} = 17$.

Unità S – Substrato

Il substrato è costituito da marne e argilliti molto compatte di colore grigio. Lo spessore indagato dell'Unità S è di circa 5.50-6.50 m. La consistenza del materiale è alta e le prove SPT forniscono un valore medio di $N_{SPT} = 54$ senza considerare le prove che sono andate a rifiuto.

La distinzione tra unità D1 e S, risulta di fondamentale importanza nell'area, poiché segna con tutta probabilità il passaggio tra il cedimento che si è verificato in strada e la porzione stabile.

Le elaborazioni di tali prove è stata eseguita con l'ausilio del programma di calcolo "Dynamic Probing 2012 - rel. 379" della ditta GEOSTRU.

Le elaborazioni, frutto di correlazioni, sono riportate negli elaborati illustrati nella presente relazione. Si ricorda che la discretizzazione del sottosuolo è stata effettuata attraverso l'elaborazione di un'informazione puntuale ricavata nel periodo di studio; di conseguenza si raccomanda che, in occasione degli scavi e degli sbancamenti per la realizzazione dell'opera in progetto si dovranno verificare le rispondenze dei caratteri geometrici e meccanici del modello di seguito rappresentato.

La scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici, in coerenza con gli Eurocodici, deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato. Nella scelta dei valori caratteristici è necessario tener conto, come già esposto, della specifica verifica e delle condizioni costruttive che ad essa corrispondono. Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è

dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.

A tal proposito, dal punto di vista dei parametri di resistenza al taglio (esclusivamente c' e ϕ') nella situazione specifica, si è deciso di distinguere quelli propri del movimento franoso da quelli formazionali. Si ritiene pertanto corretto, anche secondo le indicazioni dell'EC7 e NTC08, adottare parametri caratteristici propri dello stato residuo (ovvero valori caratterizzati dal raggiungimento di uno sforzo di taglio costante e dall'assenza di deformazioni verticali e quindi con resistenze a volume costante).

I parametri dello stato residuo del terreno sono proprietà intrinseche del terreno stesso; questo significa che (a differenza di quelli di picco) non dipendono dalla storia tensionale del deposito ma unicamente dalle caratteristiche granulometriche, mineralogiche e di plasticità del terreno.

In virtù delle considerazioni sopra esposte risulta che i parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sul versante sono i seguenti:

Unità litotecnica	Nspt medio	Gamma (kN/m ³)	Gamma_sat (kN/m ³)	Fi' medio (°)	Fi' caratteristico (°)	C' medio (kPa)	C' caratteristico (kPa)	Cu medio (kPa)	Cu caratteristico (kPa)
coltre detritica e/o substrato alterato (CD)	17	19,00	21,00	18,00	16,00	12,00	10,00	120,00	100,00
substrato (S)	54	20,00	22,00	29,00	27,00	34,00	30,00	340,00	300,00

a3) I sondaggi geognostici

Di seguito sono riportate le stratigrafie e le foto delle cassette dei sondaggi geognostici eseguiti.

	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: provepenetrometriche@alice.it www.provepenetrometriche.com	36.00
<u>SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1</u>		Pagina 1/5
RAPPORTO DI PROVA N. R05267 Committente: Amministrazione Provinciale di Modena Località: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623 Cantiere: -3.90 m da piano asfalto lato fibre ottiche (incrocio) Data prova: 23/03/15 Data emissione rapporto di prova: 31/03/15		
Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica Ellettari EK200S (anno di fabbrica: 2001 - matr. n. 2301) montata su sottocarro cingolato semovente con pattini in acciaio, carreggiata pari a 1300 mm e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di motore diesel VM mod. D706LT da 117 CV a 2.600 g/min, insonorizzato a 85 db. L'antenna, di lunghezza massima 4.500 mm, è caratterizzata da un tiro di 5.000 kg, spinta 3.000 kg, corsa 3.500 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 5 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 500 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MC 0080-2 ed una pompa acqua Imovilli P93. Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro ϕ 101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro ϕ 127 mm per 2.7 m totali in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio. Nel corso del sondaggio sono state eseguite n. 4 prove Standard Penetration Test (S.P.T.) alla profondità di 2.30 m, 5.20 m, 7.00 m, 10 m, utilizzando un dispositivo di guida e sganciamento automatico tipo "Martino Nenzi" (massa sistema di battuta: 4,20 kg), attrezzato con un maglio avente massa pari a 63,50 Kg; a tale attrezzatura è avvitata una batteria di aste aventi diametro ϕ 50,46 mm e massa lineare 7 kg/m, alla quale è avvitata sul fondo una punta conica (<u>punta chiusa</u>), dello stesso diametro, per la penetrazione nel terreno, avente area di base pari a 20 cm² ed angolo di 60°. La profondità di giunzione della prima asta è pari a 0,80 m. I risultati della prova, per avanzamenti di 15 cm, sono riportati a pagina 3/5 del presente certificato. Dove possibile sono stati effettuati alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 3/5.		
IL RESPONSABILE DI SITO Dott. Geol.  Guerzoni		

	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: provepenetrometriche@alice.it www.provepenetrometriche.com	36.00
<u>SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1</u>		Pagina 2/5
RAPPORTO DI PROVA N. R05267 Committente: Amministrazione Provinciale di Modena Località: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623 Cantiere: -3.90 m da piano asfalto lato fibre ottiche (incrocio) Data prova: 23/03/15 Data emissione rapporto di prova: 31/03/15		
Procedure di campionamento Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pag. 5/5) e consegnate alla Committenza.		
Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.		
Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento: - AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".		
Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure Non si sono riscontrate anomalie nelle misure e nella perforazione. Incertezza associata alle prove SPT: 20%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%. Software di elaborazione: "Stratigrafie" ver. 10.1.9 realizzato dalla società SGeo di Roma.		
		IL RESPONSABILE DI SITO Dott. Geol.  Guerzoni



41051 Castelnovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/16-02-2012 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Committente: Provincia di Modena	Sondaggio: 1
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623	Data: 23/03/15
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:50

STRATIGRAFIA - 1

Pagina 3/5

o mm	metri RA	LITOLOGIA	prof m	Specis m	DESCRIZIONE	RP	Standard Penetration Test			DATI TECNICI
							m	S.P.T.	Pi	
					Asfalto e terreno di riporto costituito da ghiaia, grigio.					RAPPORTO DI PROVA N. R05267 del 31/03/2015 Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Elettari EK200S attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm. Diametro rivestimento: 127 mm per 2.70 m totali. Il Responsabile di Sito: Dott. Geol. Emilio Guerzoni Aiuto-responsabile di sito: Sig. Abdellah Essahri
1			1,3	1,3						
			1,6	0,3	Limo, nocciola, poco consistente, saturo.					
2					Marna, nocciola, con alterazioni, molto consistente, saturo.	245				
			2,3	0,7						
3					Marna, debolmente fessurata, nocciola con patine nerastre dovute ad alterazione, molto consistente, saturo, con livelletti sabbiosi.	245 441	2,3	5-11-22	C	
						>441				
4						>441				
			4,5	2,2		>441				
5					Marne di Antognola, grigio azzurrognole, da molto consistenti a compatte, sature. Verso 7.30 m diventa asciutta, fratturata, con livelli sabbiosi debolmente cementati.	>441				
						>441				
6										
7							7,0	28-50/9cm	C	
8										
9										
10										
101	10		10,0	5,6			10,0	67-50/40cm	C	

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico



41051 Castelnovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/16-02-2012 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Committente: Provincia di Modena	Sondaggio: 1
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623	Data: 23/03/15
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

LEGENDA STRATIGRAFIA

Pagina 4/5

ø mm		metri batt.		R v	A	LITOLOGIA	prof. m		Spess m		DESCRIZIONE				RP	Standard Penetration Test			DATI TECNICI		
															m	S.P.T.	Pi				
1	2	3	4			5	6	7	8				9	10	11	12	13				

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Profondità dell'acqua
- 5) Simbolo litologico
- 6) Profondità della base dello strato (m)
- 7) Spessore dello strato (m)
- 8) Descrizione della litologia dello strato
- 9) Resistenza alla punta (kPa)
- 10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 13) Dati tecnici

PROVE PENETROMETRICHE S.r.l.
Elaborazione Dati
Il Tecnico



41051 Castelnuevo Rangone (MO)
Via per Modena, 6
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/16-02-2012 - Art. 59 DPR 390/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Committente: Provincia di Modena	Sondaggio: 1
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623	Data: 23/03/15
Fotografie - Pagina 1/1	Pagina 5/5



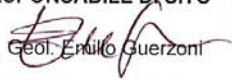
Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico

	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: provepenetrometriche@alice.it www.provepenetrometriche.com	36.00
<u>SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 2</u>		Pagina 1/5
RAPPORTO DI PROVA N. R05266		
Committente: Amministrazione Provinciale di Modena Località: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623 Cantiere: centro frana, -3.50 m da asfalto Data prova: dal 23/03/15 al 24/03/15 Data emissione rapporto di prova: 31/03/15		
Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica Ellettari EK200S (anno di fabbrica: 2001 - matr. n. 2301) montata su sottocarro cingolato semovente con pattini in acciaio, carreggiata pari a 1300 mm e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di motore diesel VM mod. D706LT da 117 CV a 2.600 g/min, insonorizzato a 85 db. L'antenna, di lunghezza massima 4.500 mm, è caratterizzata da un tiro di 5.000 kg, spinta 3.000 kg, corsa 3.500 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 5 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 500 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MC 0080-2 ed una pompa acqua Imovilli P93. Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro ϕ 101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro ϕ 127 mm per 3.7 m totali in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio. Nel corso del sondaggio sono state eseguite n. 5 prove Standard Penetration Test (S.P.T.) alla profondità di 1.50 m, 3.0 m, 4.60 m, 6.7 m, 9.10 m utilizzando un dispositivo di guida e sganciamento automatico tipo "Martino Nenzi" (massa sistema di battuta: 4,20 kg), attrezzato con un maglio avente massa pari a 63,50 Kg; a tale attrezzatura è avvitata una batteria di aste aventi diametro ϕ 50,46 mm e massa lineare 7 kg/m, alla quale è avvitata sul fondo una punta conica (<u>punta chiusa</u>), dello stesso diametro, per la penetrazione nel terreno, avente area di base pari a 20 cm² ed angolo di 60°. La profondità di giunzione della prima asta è pari a 0,80 m. I risultati della prova, per avanzamenti di 15 cm, sono riportati a pagina 3/5 del presente certificato. Dove possibile sono stati effettuati alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 3/5.		
IL RESPONSABILE DI SITO Dott. Geol.  Guerzoni		

	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: provepenetrometriche@alice.it www.provepenetrometriche.com	36.00
<u>SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 2</u>		Pagina 2/5
RAPPORTO DI PROVA N. R05266 Committente: Amministrazione Provinciale di Modena Località: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623 Cantiere: centro frana, -3.50 m da asfalto Data prova: dal 23/03/15 al 24/03/15 Data emissione rapporto di prova: 31/03/15		
Procedure di campionamento Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pag. 5/5) e consegnate alla Committenza.		
Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.		
Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento: - AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".		
Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure Non si sono riscontrate anomalie nelle misure e nella perforazione. Incertezza associata alle prove SPT: 20%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%. Software di elaborazione: "Stratigrafie" ver. 10.1.9 realizzato dalla società SGeo di Roma.		
		IL RESPONSABILE DI SITO Dott. Geol. 



41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/16-02-2012 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Committente: Provincia di Modena	Sondaggio: 2
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623	Data: dal 23/03/15 al 24/03/15
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:50

STRATIGRAFIA - 2

Pagina 3/5

o mm	metri bott.	R v	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test	Pi	DATI TECNICI
								m	S.P.T.		
						Terreno di riporto costituito da ghiaia in matrice limo sabbiosa, grigio.					RAPPORTO DI PROVA N. R05266 del 31/03/2015
				1,3	1,3						Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Ellettari EK200S attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.
						Detrito argilloso limoso, nocciola giallastro con sfumature grigie, da debolmente a moderatamente consistente, saturo, con clasti eterometrici ed eterogenei.	25	1,5	2-3-4	C	Diametro rivestimento: 127 mm per 3.7 m totali.
							49				Il Responsabile di Sito: Dott. Geol. Emilio Guerzoni
							118	39			Aiuto-responsabile di sito: Sig. Abdellah Essahri
							49				
							69				
							69	25	3,0	4-7-11	C
				3,1	1,8	Facies di passaggio con le marne di Antognola, con venature da grigio a giallo.	392				
				3,5	0,4		441	>88			
						Facies di passaggio con le marne di Antognola, con venature da grigio a giallo, con numerosi clasti litoidi arenacei, consistente, saturo.	392	>88			
				4,0	0,5		363	>88			
						Marne di Antognola, grigio azzurrognole, molto consistenti, umide. Sono presenti venature rosso mattone, calcinoli. Aumenta la consistenza e diminuisce l'umidità verso il basso (7/8 m).	363	>88			
							412	4,6	8-10-14	C	
							413				
							441				
							>441				
							245	6,7	7-12-21	C	
							245				
							>441				
							392				
							>441				
							>441				
							>441				
							>441				
							>441				
							>441	9,1	12-26-41	C	
101	10			10,0	6,0						

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico



41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 5
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/16-02-2012 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Committente: Provincia di Modena	Sondaggio: 2
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623	Data: dal 23/03/15 al 24/03/15
Fotografie - Pagina 1/1	Pagina 5/5



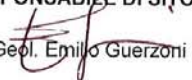
Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

PROVE PENETROMETRICHE SPT
Elaborazione Dati
Il Tecnico

	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: provepenetrometriche@alice.it www.provepenetrometriche.com	36.00
<u>SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 3</u>		Pagina 1/5
RAPPORTO DI PROVA N. R05268 Committente: Amministrazione Provinciale di Modena Località: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623 Cantiere: frana Data prova: 24/03/15 Data emissione rapporto di prova: 31/03/15		
Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica Ellettari EK200S (anno di fabbrica: 2001 - matr. n. 2301) montata su sottocarro cingolato semovente con pattini in acciaio, carreggiata pari a 1300 mm e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di motore diesel VM mod. D706LT da 117 CV a 2.600 g/min, insonorizzato a 85 db. L'antenna, di lunghezza massima 4.500 mm, è caratterizzata da un tiro di 5.000 kg, spinta 3.000 kg, corsa 3.500 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 5 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 500 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MC 0080-2 ed una pompa acqua Imovilli P93. Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro ϕ 101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro ϕ 127 mm per 2.7 m totali in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio. Nel corso del sondaggio sono state eseguite n. 5 prove Standard Penetration Test (S.P.T.) alla profondità di 1.40 m, 3.0 m, 5.10 m, 8.20 m, 10 m utilizzando un dispositivo di guida e sganciamento automatico tipo "Martino Nenzi" (massa sistema di battuta: 4,20 kg), attrezzato con un maglio avente massa pari a 63,50 Kg; a tale attrezzatura è avvitata una batteria di aste aventi diametro ϕ 50,46 mm e massa lineare 7 kg/m, alla quale è avvitata sul fondo una punta conica (<u>punta chiusa</u>), dello stesso diametro, per la penetrazione nel terreno, avente area di base pari a 20 cm² ed angolo di 60°. La profondità di giunzione della prima asta è pari a 0,80 m. I risultati della prova, per avanzamenti di 15 cm, sono riportati a pagina 3/5 del presente certificato. Dove possibile sono stati effettuati alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 3/5.		
IL RESPONSABILE DI SITO Dott. Geol.  Emilio Guerzoni		

	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: provepenetrometriche@alice.it www.provepenetrometriche.com	36.00
<u>SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 3</u>		Pagina 2/5
RAPPORTO DI PROVA N. R05268 Committente: Amministrazione Provinciale di Modena Località: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623 Cantiere: frana Data prova: 24/03/15 Data emissione rapporto di prova: 31/03/15		
Procedure di campionamento Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pag. 5/5) e consegnate alla Committenza.		
Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.		
Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento: - AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".		
Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure Non si sono riscontrate anomalie nelle misure e nella perforazione. Incertezza associata alle prove SPT: 20%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%. Software di elaborazione: "Stratigrafie" ver. 10.1.9 realizzato dalla società SGeo di Roma.		
		IL RESPONSABILE DI SITO Dott. Geol.  Guerzoni



41051 Castelnovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/16-02-2012 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Committente: Provincia di Modena	Sondaggio: 3
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623	Data: 24/03/15
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:50			STRATIGRAFIA - 3				Pagina 3/5					
o mm	metri tot	R V	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			DATI TECNICI
									m	S.P.T.	Pi	
						Terreno di riporto costituito da ghiaia, grigia, sciolta.						RAPPORTO DI PROVA N. R05268 del 31/03/2015 Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Elettrici EK200S attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm. Diametro rivestimento: 127 mm per 2.70 m totali. Il Responsabile di Sito: Dott. Geol. Emilio Guerzoni Aiuto-responsabile di sito: Sig. Abdellah Essahri
1				1,2	1,2							
						Detrito argilloso limoso, nocciola rossastro, poco consistente, saturo, con clasti.	49	1,4	2-2-5	C		
2				2,3	1,1							
						Blocco arenaceo, fratturato.	98					
				2,8	0,5							
3						Detrito argilloso limoso, nocciola rossastro, poco consistente, saturo, con clasti.		3,0	5-9-13	C		
				3,4	0,6							
				3,8	0,4	Argilla, nocciola verdastra, molto consistente, con rari inclusi litoidi.	245	>98				
4						Argilliti e argille, grigie, con striature rossastre e nerastre, molto consistenti, da umide ad asciutte.	294	>98				
5								5,1	14-19-28	C		
6				6,2	2,4	Argilliti debolmente marnose, grigio scure, da molto consistenti a compatte, asciutte.	343					
							392					
7								>441	>98			
8				8,0	1,8	Argilliti, grigio azzurrognole, asciutte.		8,2	17-26-36	C		
9												
101	10,1			10,0	2,0			10,0				

PROVE PENETROMETRICHE Srl

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico



41051 Castelnovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/16-02-2012 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Committente: Provincia di Modena	Sondaggio: 3
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623	Data: 24/03/15
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

LEGENDA STRATIGRAFIA

Pagina 4/5

Ø mm	metri bat.	R v	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			DATI TECNICI
									m	S.P.T.	Pi	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Simbolo litologico
- 5) Profondità della base dello strato (m)
- 6) Spessore dello strato (m)
- 7) Descrizione della litologia dello strato
- 8) Resistenza alla punta (kPa)
- 9) Vane test (kPa)
- 10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 13) Dati tecnici

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico



41051 Castelnovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

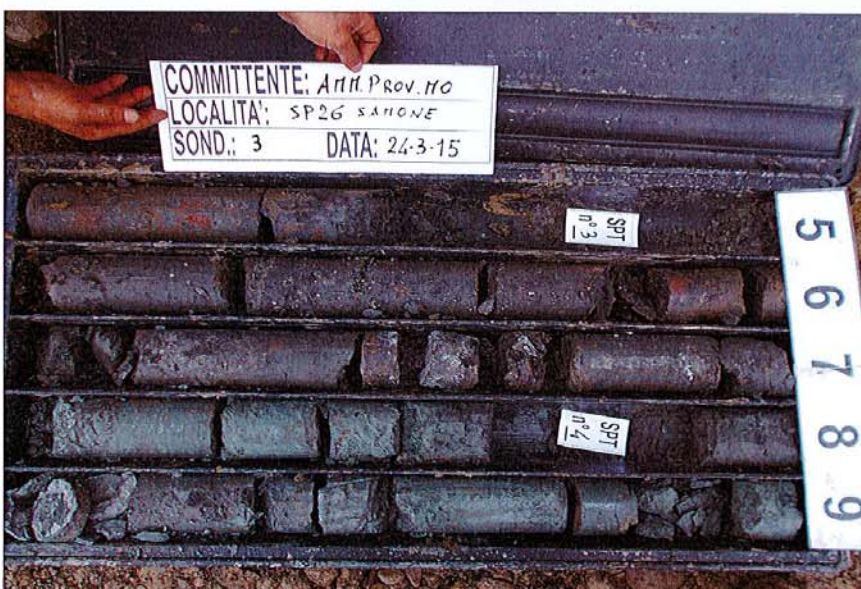
AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/16-02-2012 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Committente: Provincia di Modena	Sondaggio: 3
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Samone SP 26 km 17+000 bivio SP 623	Data: 24/03/15
Fotografie - Pagina 1/1	Pagina 5/5



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico

Di seguito sono riportate le elaborazioni delle prove Standard Penetration Test (SPT) effettuate durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme DIN 4094
Peso Massa battente 63.5 Kg
Altezza di caduta libera 0.76 m
Peso sistema di battuta 4.2 Kg
Diametro punta conica 50.46 mm
Area di base punta 20 cm ²
Lunghezza delle aste 1 m
Peso aste a metro 7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta 0.80 m
Avanzamento punta 0.30 m
Numero colpi per punta N(30)
Coeff. Correlazione 1
Rivestimento/fanghi No

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) *DPSH – DPM (... scpt ecc.)*

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)

- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M < 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M > 60$	25

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A = 20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M = 63.5$ kg, altezza caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$)
diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;
 δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
e = infissione media per colpo (δ/N);
M = peso massa battente (altezza caduta H);
P = peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60}$ con $C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.5}$ $C_N < 1.7$ $Pa = 101.32 \text{ kPa}$ (Liao e Whitman 1986)

$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_s \times C_r \times C_d$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_s : Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d : Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r : Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

dove $s_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente: dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq)

Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .

Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).

Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.

Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .

Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per **sabbie** con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per **ghiaie** Dr viene sovrastimato, per **limi** sottostimato.

Skempton (1986) elaborazione valida per **limi** e **sabbie** e **sabbie da fini a grossolane** NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Meyerhof (1957).

Schultze & Menzenbach (1961) per **sabbie fini** e **ghiaiose NC** , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_v)

Terzaghi - elaborazione valida per **sabbia pulita** e **sabbia con ghiaia** senza considerare la pressione efficace.

Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .

Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.

D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia

Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

Terzaghi-Peck 1948-1967

Modulo di poisson

Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/sec)

Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

Robertson 1983 Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.

Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.

Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.

Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

(U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu- N_{spt} -grado di plasticità).

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

Shioi-Fukuni 1982 , valida per **suoli poco coerenti e plastici**, argilla di media-alta plasticità.

Begemann.

De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

Robertson 1983 Qc

Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.

Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .

Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).

Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15
D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

Meyerhof ed altri.

PROVA: BivioSamone_01

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
 Prova eseguita in data 23/03/2015
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Distribuzione normale R.C.

Profondità (m)	Nr. Colpi
2.45	5
2.60	11
2.75	22
5.35	30
5.50	43
5.65	50
7.15	28
7.30	50
7.45	50
10.15	67
10.30	75
10.45	75

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA BivioSamone_01

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato	33	2.75	218.39	404.52	0.00	120.13	322.15	0.00	258.90	335.00	161.81	541.33	404.52
[2] - Strato	93	5.65	615.66	1140.02	0.00	270.17	919.08	0.00	526.91	1210.63	456.01	1549.45	1140.02
[3] - Strato	100	7.45	661.95	1225.83	0.00	281.94	989.10	0.00	541.23	1341.84	490.33	1646.83	1225.83
[4] - Strato	150	10.45	992.92	1838.75	0.00	330.97	1490.91	0.00	539.37	2455.68	735.50	2480.40	1838.75

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	33	2.75	Robertson (1983)	6.47
[2] - Strato	93	5.65	Robertson (1983)	18.24
[3] - Strato	100	7.45	Robertson (1983)	19.61
[4] - Strato	150	10.45	Robertson (1983)	29.42

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	33	2.75	14.85	--	33.18	32.36
[2] - Strato	93	5.65	41.84	--	93.20	91.20
[3] - Strato	100	7.45	44.99	--	100.20	98.07
[4] - Strato	150	10.45	67.49	--	150.21	147.10

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	33	2.75	35.22	32.36
[2] - Strato	93	5.65	102.88	91.20
[3] - Strato	100	7.45	110.78	98.07
[4] - Strato	150	10.45	167.16	147.10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	33	2.75	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[2] - Strato	93	5.65	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] - Strato	100	7.45	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[4] - Strato	150	10.45	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - Strato	33	2.75	Meyerhof ed altri	21.77
[2] - Strato	93	5.65	Meyerhof ed altri	24.52
[3] - Strato	100	7.45	Meyerhof ed altri	24.52
[4] - Strato	150	10.45	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - Strato	33	2.75	Meyerhof ed altri	24.22
[2] - Strato	93	5.65	Meyerhof ed altri	24.52
[3] - Strato	100	7.45	Meyerhof ed altri	24.52
[4] - Strato	150	10.45	Meyerhof ed altri	24.52

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	33	2.75	Ohta & Goto (1978) Limi	126.06
[2] - Strato	93	5.65	Ohta & Goto (1978) Limi	179.93
[3] - Strato	100	7.45	Ohta & Goto (1978) Limi	198.19
[4] - Strato	150	10.45	Ohta & Goto (1978) Limi	224.06

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	33	2.75	56.02	100	100	56.72
[2] - Strato	93	5.65	66.52	100	100	83.89
[3] - Strato	100	7.45	60.95	100	100	87.33
[4] - Strato	150	10.45	64.79	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thornburn- Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	33	2.75	24	33.86	26.86	34.72	33.06	38.21	42	30-32	33.97	34.2	45.75	36.91
[2] - Strato	93	5.65	54	42.43	35.43	43.12	31.91	42.65	42	>38	43.46	43.2	50.74	47.86
[3] - Strato	100	7.45	57.5	43.43	36.43	44.1	31.02	42.69	42	>38	44.37	44.25	49.5	48.91
[4] - Strato	150	10.45	82.5	50.57	43.57	51.1	30.92	40.19	42	>38	50.18	51.75	50.83	55.62

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	33	2.75	24	34.29	18.83	27.84	35.30	19.12
[2] - Strato	93	5.65	54	51.44	42.36	62.56	57.37	33.83
[3] - Strato	100	7.45	57.5	53.08	45.11	66.61	59.94	35.55
[4] - Strato	150	10.45	82.5	63.58	64.72	95.54	78.33	47.81

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	33	2.75	24	14.12	7.53	16.71	14.22
[2] - Strato	93	5.65	54	31.77	13.57	37.60	27.34
[3] - Strato	100	7.45	57.5	33.83	14.28	40.04	28.88
[4] - Strato	150	10.45	82.5	48.54	19.31	57.44	39.81

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	33	2.75	24	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[2] - Strato	93	5.65	54	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[3] - Strato	100	7.45	57.5	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[4] - Strato	150	10.45	82.5	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
[1] - Strato	33	2.75	24	Meyerhof ed altri	20.20
[2] - Strato	93	5.65	54	Meyerhof ed altri	22.06
[3] - Strato	100	7.45	57.5	Meyerhof ed altri	22.26
[4] - Strato	150	10.45	82.5	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
[1] - Strato	33	2.75	24	Terzaghi-Peck 1948- 1967	24.22
[2] - Strato	93	5.65	54	Terzaghi-Peck 1948- 1967	24.52
[3] - Strato	100	7.45	57.5	Terzaghi-Peck 1948- 1967	24.52
[4] - Strato	150	10.45	82.5	Terzaghi-Peck 1948- 1967	24.52

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	33	2.75	24	(A.G.I.)	0.31
[2] - Strato	93	5.65	54	(A.G.I.)	0.25
[3] - Strato	100	7.45	57.5	(A.G.I.)	0.24
[4] - Strato	150	10.45	82.5	(A.G.I.)	0.19

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	33	2.75	24	126.43	85.46
[2] - Strato	93	5.65	54	270.95	140.26
[3] - Strato	100	7.45	57.5	287.42	145.74
[4] - Strato	150	10.45	82.5	403.55	181.71

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	33	2.75	24	Ohta & Goto (1978) Limi	126.06
[2] - Strato	93	5.65	54	Ohta & Goto (1978) Limi	179.93
[3] - Strato	100	7.45	57.5	Ohta & Goto (1978) Limi	198.19
[4] - Strato	150	10.45	82.5	Ohta & Goto (1978) Limi	224.06

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Strato	33	2.75	24	Navfac 1971-1982	4.72
[2] - Strato	93	5.65	54	Navfac 1971-1982	8.79
[3] - Strato	100	7.45	57.5	Navfac 1971-1982	9.41
[4] - Strato	150	10.45	82.5	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	33	2.75	24	Robertson 1983	4.71
[2] - Strato	93	5.65	54	Robertson 1983	10.59
[3] - Strato	100	7.45	57.5	Robertson 1983	11.28
[4] - Strato	150	10.45	82.5	Robertson 1983	16.18

PROVA: BivioSamone_02

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 23/03/2015
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Distribuzione normale R.C.

Profondità (m)	Nr. Colpi
1.65	2
1.80	3
1.95	4
3.15	4
3.30	7
3.45	11
4.75	8
4.90	10
5.05	14
6.85	7
7.00	12
7.15	21

9.25	12
9.40	26
9.55	41

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA BivioSamone_02

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	7	1.95	42.95	85.81	24.52	27.75	67.08	0.00	61.49	94.14	34.32	96.60	85.81
[2] -	18	3.45	119.15	220.65	98.07	68.84	174.46	0.00	151.02	185.84	88.26	269.29	220.65
[3] -	24	5.05	158.87	294.20	98.07	90.03	233.40	0.00	196.13	242.13	117.68	349.51	294.20
[4] -	33	7.15	218.39	404.52	0.00	120.13	322.15	0.00	258.90	335.00	161.81	477.68	404.52

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	7	1.95	Robertson (1983)	1.37
[2] -	18	3.45	Robertson (1983)	3.53
[3] -	24	5.05	Robertson (1983)	4.71
[4] -	33	7.15	Robertson (1983)	6.47

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	7	1.95	3.15	--	7.18	8.58
[2] -	18	3.45	8.10	--	18.18	17.65
[3] -	24	5.05	10.80	--	24.18	23.54
[4] -	33	7.15	14.85	--	33.18	32.36

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	7	1.95	5.89	6.86
[2] -	18	3.45	18.30	17.65
[3] -	24	5.05	25.07	23.54
[4] -	33	7.15	35.22	32.36

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	7	1.95	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	18	3.45	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] -	24	5.05	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] -	33	7.15	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	7	1.95	Meyerhof ed altri	18.24
[2] -	18	3.45	Meyerhof ed altri	20.50
[3] -	24	5.05	Meyerhof ed altri	20.69
[4] -	33	7.15	Meyerhof ed altri	21.77

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	7	1.95	Meyerhof ed altri	18.63
[2] -	18	3.45	Meyerhof ed altri	22.56
[3] -	24	5.05	Meyerhof ed altri	21.57
[4] -	33	7.15	Meyerhof ed altri	24.22

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Intestazione NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	7	1.95	29.7	59.05	67.48	25.97
[2] -	18	3.45	41.85	77.45	77.86	45.66
[3] -	24	5.05	40.87	75.33	74.69	50.48
[4] -	33	7.15	40.74	74.92	74.78	56.72
[5] -	67	9.55	48.15	87.99	88.78	73.16

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thornburn- Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	7	1.95	7	29	22	29.96	31.81	32.49	0	<30	25.25	29.1	35.28	26.83
[2] -	18	3.45	16.5	31.71	24.71	32.62	30.99	35.97	38.84	30-32	30.73	31.95	41.52	33.17
[3] -	24	5.05	19.5	32.57	25.57	33.46	30.25	36.92	38.55	30-32	32.1	32.85	41.83	34.75
[4] -	33	7.15	24	33.86	26.86	34.72	29.78	38.21	38.49	30-32	33.97	34.2	42.24	36.91
[5] -	67	9.55	41	38.71	31.71	39.48	29.95	41.61	40.32	35-38	39.8	39.3	45.2	43.64

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	7	1.95	7	---	5.49	---	---	---
[2] -	18	3.45	16.5	28.43	12.94	19.16	29.79	15.45
[3] -	24	5.05	19.5	30.91	15.30	22.63	31.99	16.92
[4] -	33	7.15	24	34.29	18.83	27.84	35.30	19.12
[5] -	67	9.55	41	44.82	32.17	47.51	47.81	27.46

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	7	1.95	7	---	4.10	4.87	6.79
[2] -	18	3.45	16.5	9.71	6.02	11.49	10.94
[3] -	24	5.05	19.5	11.47	6.62	13.58	12.26
[4] -	33	7.15	24	14.12	7.53	16.71	14.22
[5] -	67	9.55	41	24.12	10.95	28.55	21.66

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	7	1.95	7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] -	18	3.45	16.5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	24	5.05	19.5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] -	33	7.15	24	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[5] -	67	9.55	41	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
[1] -	7	1.95	7	Meyerhof ed altri	15.89
[2] -	18	3.45	16.5	Meyerhof ed altri	18.83
[3] -	24	5.05	19.5	Meyerhof ed altri	19.42
[4] -	33	7.15	24	Meyerhof ed altri	20.20
[5] -	67	9.55	41	Meyerhof ed altri	21.67

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
[1] -	7	1.95	7	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.63
[2] -	18	3.45	16.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.22
[3] -	24	5.05	19.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	23.34
[4] -	33	7.15	24	Terzaghi-Peck 1948-1967	24.22
[5] -	67	9.55	41	Terzaghi-Peck 1948-1967	24.52

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	7	1.95	7	(A.G.I.)	0.34
[2] -	18	3.45	16.5	(A.G.I.)	0.32
[3] -	24	5.05	19.5	(A.G.I.)	0.32
[4] -	33	7.15	24	(A.G.I.)	0.31
[5] -	67	9.55	41	(A.G.I.)	0.27

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	7	1.95	7	39.70	40.25
[2] -	18	3.45	16.5	88.89	67.97
[3] -	24	5.05	19.5	104.01	75.27
[4] -	33	7.15	24	126.43	85.46
[5] -	67	9.55	41	209.15	118.53

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	7	1.95	7	Ohta & Goto (1978) Limi	95.32
[2] -	18	3.45	16.5	Ohta & Goto (1978) Limi	134.59
[3] -	24	5.05	19.5	Ohta & Goto (1978) Limi	151.21
[4] -	33	7.15	24	Ohta & Goto (1978) Limi	168.06
[5] -	67	9.55	41	Ohta & Goto (1978) Limi	195.89

PROVA: BivioSamone_03

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 24/03/2015
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Distribuzione normale R.C.

Profondità (m)	Nr. Colpi
1.55	2
1.70	2
1.85	5
3.15	5
3.30	9
3.45	13
5.25	14
5.40	19
5.55	28
8.35	17
8.50	26
8.65	36
10.15	31
10.30	39
10.45	53

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA BivioSamone_03

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	7	1.85	42.95	85.81	24.52	27.75	67.08	0.00	61.49	94.14	34.32	97.97	85.81
[2] -	22	3.45	145.63	269.68	98.07	83.06	213.69	0.00	181.42	222.91	107.87	339.31	269.68
[3] -	47	5.55	311.07	576.14	0.00	163.08	460.72	0.00	344.80	499.45	230.46	745.31	576.14
[4] -	62	8.65	410.41	760.02	0.00	203.68	609.78	0.00	421.10	702.55	304.01	964.58	760.02
[5] -	92	10.45	608.99	1127.77	0.00	268.41	909.08	0.00	524.66	1192.39	451.11	1464.72	1127.77

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	7	1.85	Robertson (1983)	1.37
[2] -	22	3.45	Robertson (1983)	4.31
[3] -	47	5.55	Robertson (1983)	9.22
[4] -	62	8.65	Robertson (1983)	12.16
[5] -	92	10.45	Robertson (1983)	18.04

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	7	1.85	3.15	--	7.18	8.58
[2] -	22	3.45	9.90	--	22.18	21.57
[3] -	47	5.55	21.15	--	47.19	46.09
[4] -	62	8.65	27.90	--	62.19	60.80
[5] -	92	10.45	41.39	--	92.20	90.22

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	7	1.85	5.89	6.86
[2] -	22	3.45	22.81	21.57
[3] -	47	5.55	51.00	46.09
[4] -	62	8.65	67.92	60.80
[5] -	92	10.45	101.75	90.22

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	7	1.85	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	22	3.45	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] -	47	5.55	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[4] -	62	8.65	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[5] -	92	10.45	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	7	1.85	Meyerhof ed altri	18.24
[2] -	22	3.45	Meyerhof ed altri	20.69
[3] -	47	5.55	Meyerhof ed altri	24.52
[4] -	62	8.65	Meyerhof ed altri	24.52
[5] -	92	10.45	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	7	1.85	Meyerhof ed altri	18.63
[2] -	22	3.45	Meyerhof ed altri	20.99
[3] -	47	5.55	Meyerhof ed altri	24.52
[4] -	62	8.65	Meyerhof ed altri	24.52
[5] -	92	10.45	Meyerhof ed altri	24.52

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	7	1.85	29.89	59.37	68.42	25.97
[2] -	22	3.45	44.64	82.33	82.64	48.94
[3] -	47	5.55	51.03	93.45	91.77	64.5
[4] -	62	8.65	49.4	90.23	89.98	71.15
[5] -	92	10.45	52.19	95.71	97.27	83.43

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thornburn- Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	7	1.85	7	29	22	29.96	31.93	32.49	0	<30	25.25	29.1	35.32	26.83
[2] -	22	3.45	18.5	32.29	25.29	33.18	31.22	36.61	39.53	30-32	31.66	32.55	42.56	34.24
[3] -	47	5.55	31	35.86	28.86	36.68	30.88	39.89	41.08	32-35	36.56	36.3	45.69	39.9
[4] -	62	8.65	38.5	38	31	38.78	30.21	41.25	40.63	35-38	39.03	38.55	45.61	42.75
[5] -	92	10.45	53.5	42.29	35.29	42.98	30.08	42.63	41.4	>38	43.33	43.05	46.62	47.71

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	7	1.85	7	---	5.49	---	---	---
[2] -	22	3.45	18.5	30.11	14.51	21.48	31.26	16.43
[3] -	47	5.55	31	38.97	24.32	35.94	40.45	22.56
[4] -	62	8.65	38.5	43.43	30.20	44.62	45.97	26.23
[5] -	92	10.45	53.5	51.20	41.97	61.98	57.00	33.59

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	7	1.85	7	---	4.10	4.87	6.79
[2] -	22	3.45	18.5	10.89	6.42	12.88	11.82
[3] -	47	5.55	31	18.24	8.94	21.58	17.29
[4] -	62	8.65	38.5	22.65	10.45	26.81	20.57
[5] -	92	10.45	53.5	31.48	13.47	37.25	27.13

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	7	1.85	7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] -	22	3.45	18.5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	47	5.55	31	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] -	62	8.65	38.5	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[5] -	92	10.45	53.5	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
[1] -	7	1.85	7	Meyerhof ed altri	15.89
[2] -	22	3.45	18.5	Meyerhof ed altri	19.22
[3] -	47	5.55	31	Meyerhof ed altri	20.99
[4] -	62	8.65	38.5	Meyerhof ed altri	21.48
[5] -	92	10.45	53.5	Meyerhof ed altri	22.06

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
[1] -	7	1.85	7	Terzaghi-Peck 1948- 1967	18.63
[2] -	22	3.45	18.5	Terzaghi-Peck 1948- 1967	19.32
[3] -	47	5.55	31	Terzaghi-Peck 1948- 1967	24.52
[4] -	62	8.65	38.5	Terzaghi-Peck 1948- 1967	24.52
[5] -	92	10.45	53.5	Terzaghi-Peck 1948- 1967	24.52

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	7	1.85	7	(A.G.I.)	0.34
[2] -	22	3.45	18.5	(A.G.I.)	0.32
[3] -	47	5.55	31	(A.G.I.)	0.29
[4] -	62	8.65	38.5	(A.G.I.)	0.28
[5] -	92	10.45	53.5	(A.G.I.)	0.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	7	1.85	7	39.70	40.25
[2] -	22	3.45	18.5	98.99	72.89
[3] -	47	5.55	31	160.81	99.92
[4] -	62	8.65	38.5	197.14	114.06
[5] -	92	10.45	53.5	268.59	139.46

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	7	1.85	7	Ohta & Goto (1978) Limi	94.36
[2] -	22	3.45	18.5	Ohta & Goto (1978) Limi	136.78
[3] -	47	5.55	31	Ohta & Goto (1978) Limi	165.65
[4] -	62	8.65	38.5	Ohta & Goto (1978) Limi	187.8
[5] -	92	10.45	53.5	Ohta & Goto (1978) Limi	210.51

b) Sezioni litotecniche

Di seguito vengono rappresentate le tre sezioni litotecniche eseguite in corrispondenza delle verticali di sondaggio come riportato nella planimetria seguente. Il profilo topografico di tali sezioni è rappresentativo del versante in frana prima della realizzazione dei drenaggi profondi effettuata nell'autunno 2015 per arrestare il processo erosivo della struttura stradale da parte della frana.

Sono rappresentate inoltre delle sezioni aggiornate in cui compaiono, oltre ai suddetti drenaggi, le strutture metalliche per il consolidamento del versante con il profilo finale del terreno per la sistemazione della viabilità a doppio senso di marcia.



Figura 1.2: Planimetria con traccia delle sezioni litotecniche coincidenti con le tracce dei drenaggi

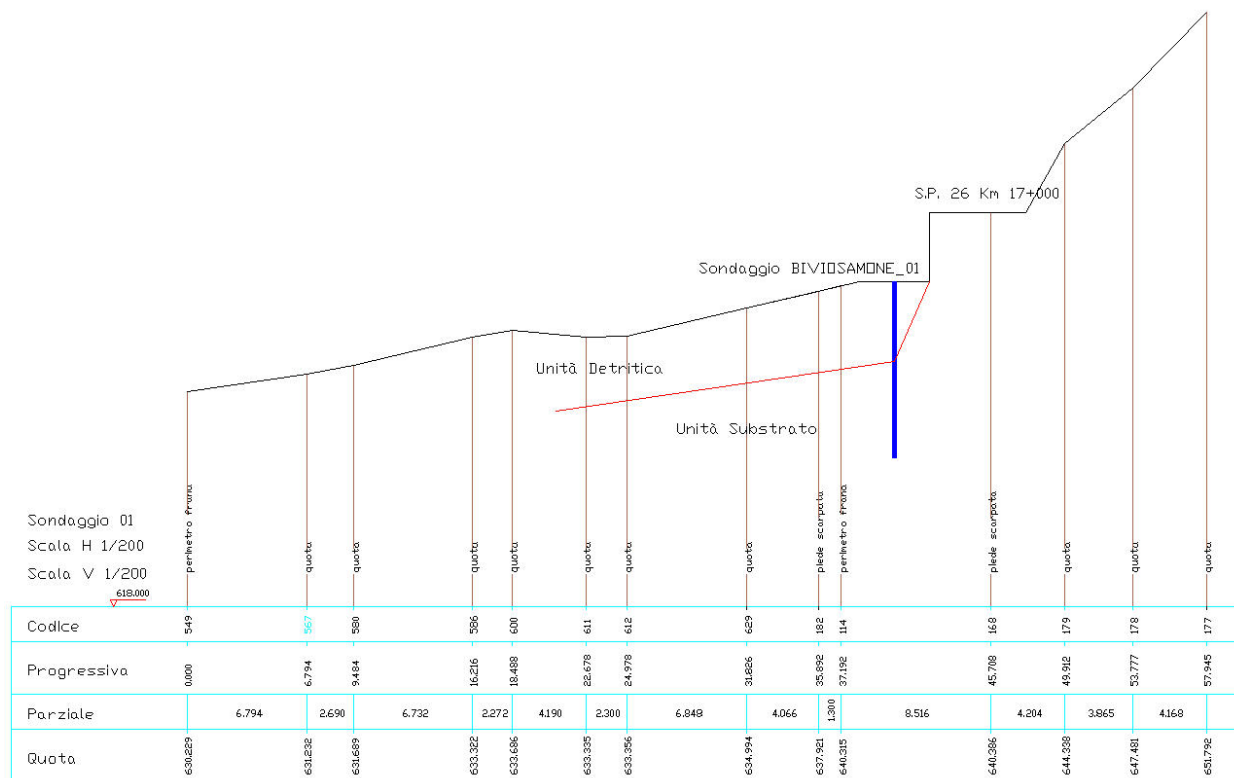


Figura 1.3: Sezione litotecnica coincidente con la sezione topografica n. 1 (precedente alla realizzazione dei drenaggi)

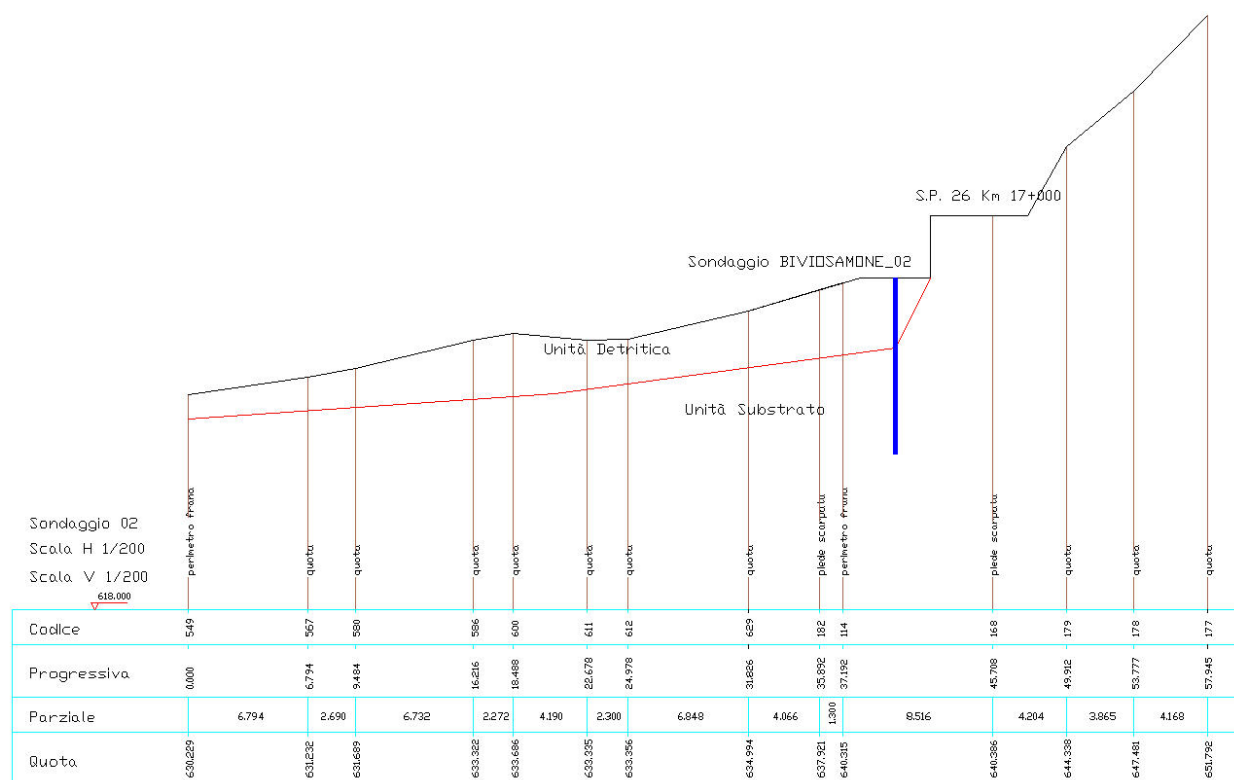


Figura 1.4: Sezione litotecnica coincidente con la sezione topografica n. 2 (precedente alla realizzazione dei drenaggi)

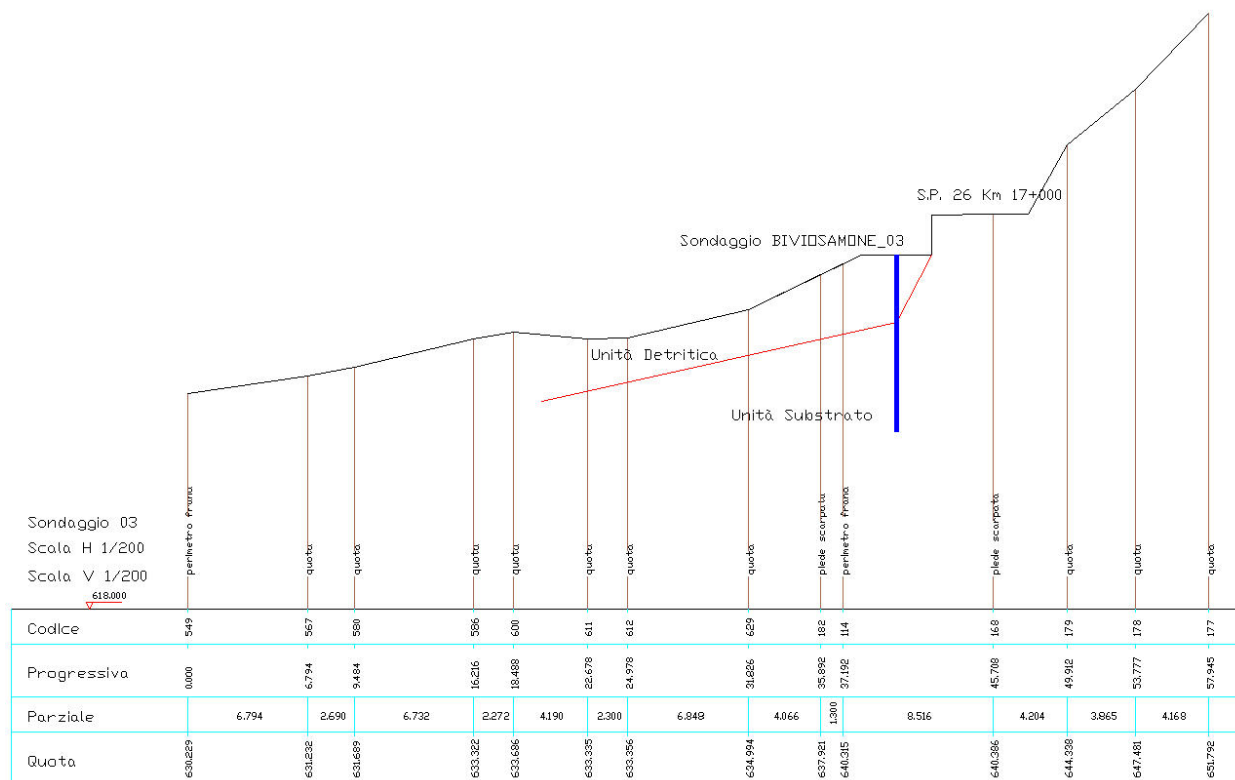


Figura 1.5: Sezione litotecnica coincidente con la sezione topografica n. 3 (precedente alla realizzazione dei drenaggi)

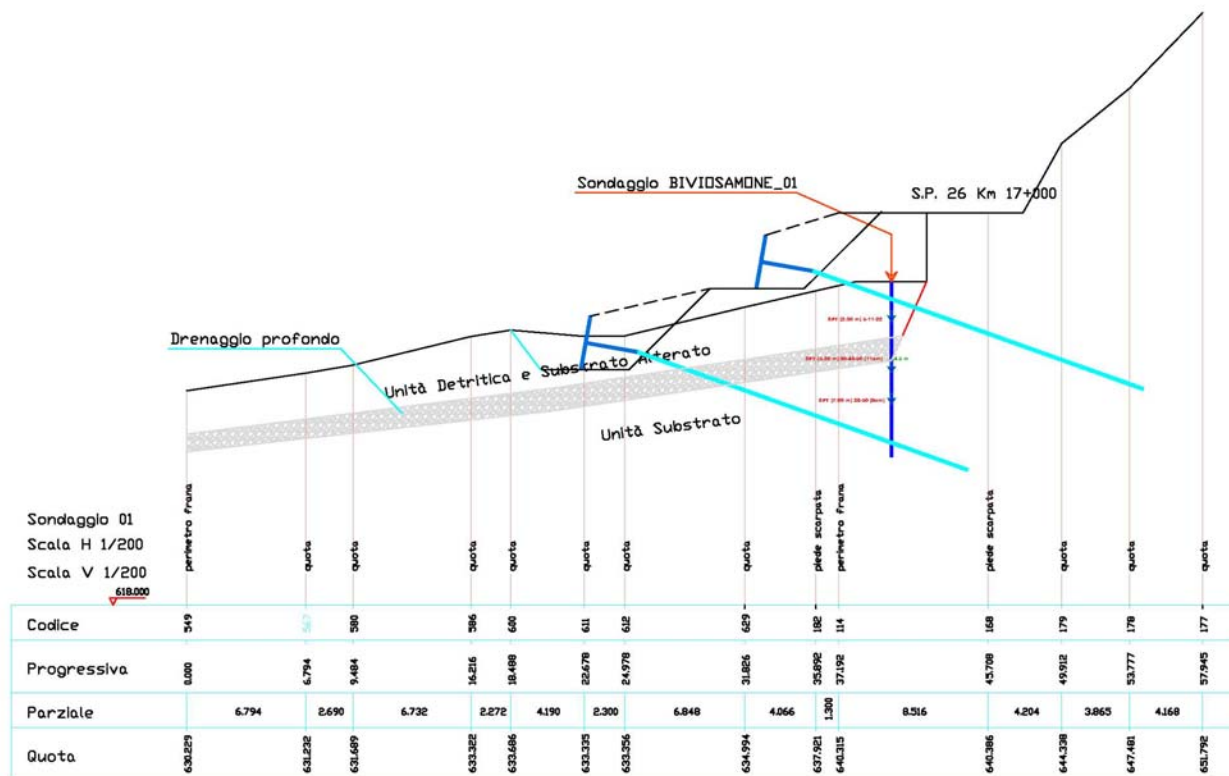


Figura 1.6: Sezione litotecnica di progetto coincidente con la sezione topografica n. 1

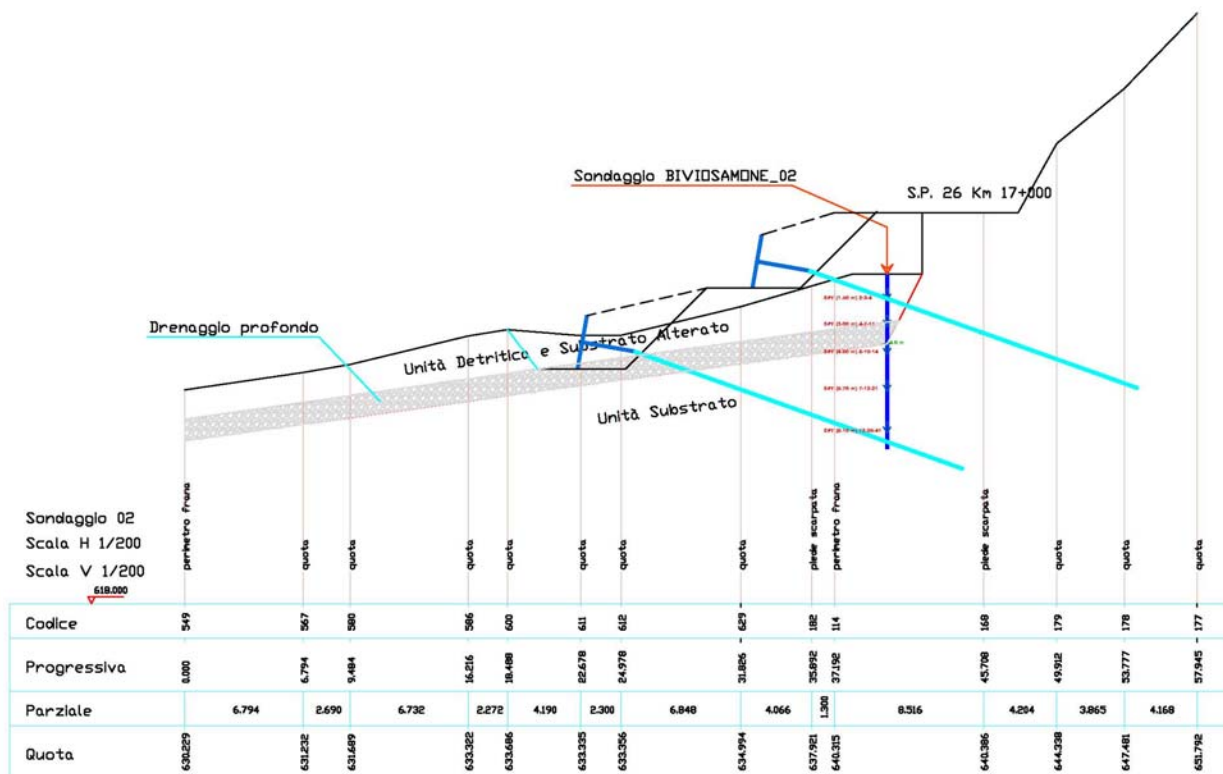


Figura 1.7: Sezione litotecnica di progetto coincidente con la sezione topografica n. 2

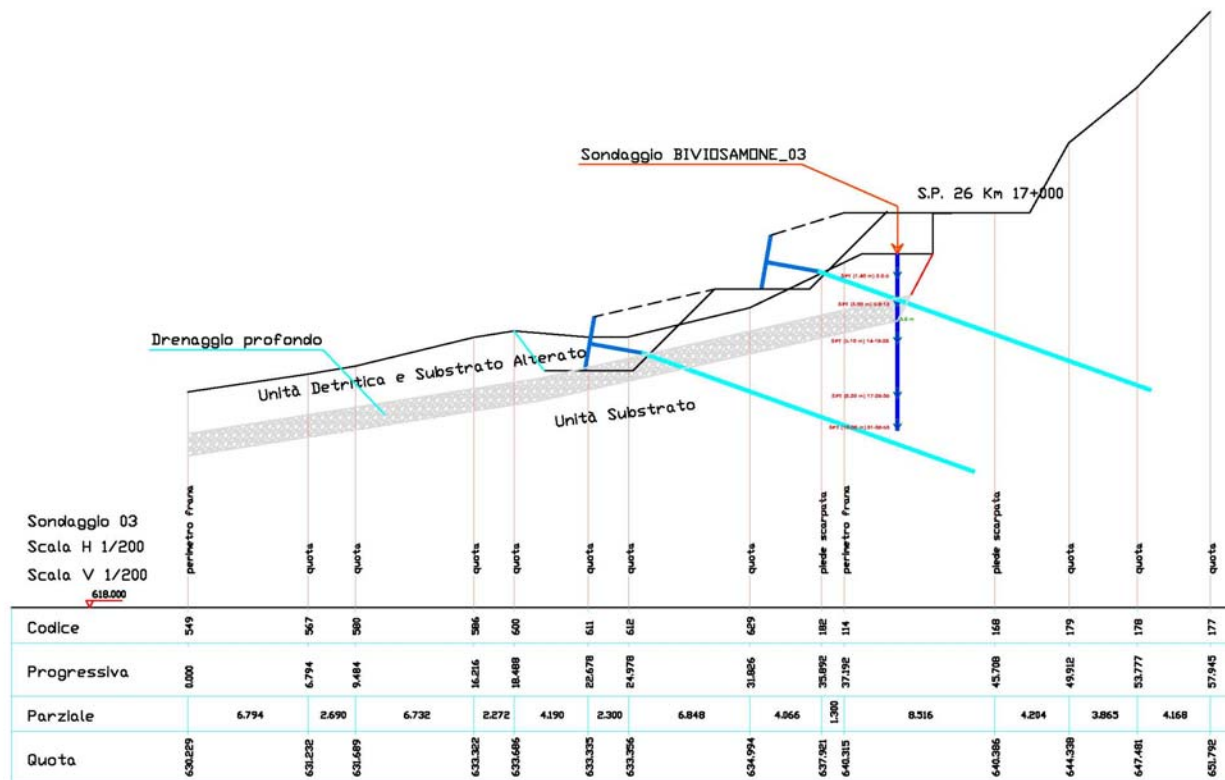


Figura 1.8: Sezione litotecnica di progetto coincidente con la sezione topografica n. 3

2. RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICO

a. Premessa

Nel presente intervento si intende utilizzare un sistema difensivo di elementi stabilizzatori metallici autoportanti del tipo “ombrello”, in considerazione dell’elevata affidabilità ed efficienza del sistema rispetto ad altri valutati in sede di analisi preliminare (gabbionata, cordolo in c.a. su micropali, ecc.); tale sistema è concettualmente nuovo, economicamente vantaggioso fra tutti quelli conosciuti e con il vantaggio, a parità di risorse economiche, di garantire una rapida e facile installazione oltre che un adeguato grado di sicurezza.

Si tratta di un sistema originariamente concepito per la stabilizzazione del manto nevoso su pendii acclivi e potenzialmente valanghivi, che peraltro ha dimostrato tutta la sua efficacia ed affidabilità anche nelle applicazioni in interventi di sistemazione di bacini montani. Inoltre, grazie alla sua elevata adattabilità nei confronti delle spinte che si possono sviluppare nel caso in oggetto, risulta essere un’opera di stabilizzazione del tipo flessibile e pertanto maggiormente indicata per la stabilizzazione dei movimenti superficiali rispetto ad opere strutturali di tipo rigido.

Con il presente progetto si prevede pertanto la sistemazione di una porzione della di un versante, compatibilmente con le risorse economiche a disposizione, in località Bivio Samone in Provincia di Modena, mediante la posa in opera di elementi di stabilizzazione autoportanti del tipo ombrello, a protezione della S.P. 26 di Samone al km 17+000 in comune di Guiglia.

b. Determinazione delle spinte sulle strutture

In base ai dati contenuti nel precedente capitolo la caratterizzazione geotecnica delle varie unità litotecniche che costituiscono il versante da stabilizzare è la seguente:

Unità litotecnica	Nspt medio	Gamma (kN/m3)	Gamma_sat (kN/m3)	Fi' medio (°)	Fi' caratteristico (°)	C' medio (kPa)	C' caratteristico (kPa)	Cu medio (kPa)	Cu caratteristico (kPa)
coltre detritica e/o substrato alterato (CD)	17	19,00	21,00	18,00	16,00	12,00	10,00	120,00	100,00
substrato (S)	54	20,00	22,00	29,00	27,00	34,00	30,00	340,00	300,00

La determinazione della spinta esercitata sulle strutture si presenta di complessa determinazione; si tratta infatti di applicare la classica teoria delle traverse in muratura ad una struttura leggera, di per sé drenante per effetto del paramento costituito da un pannello di rete in funi di acciaio a maglia quadrata al quale è accoppiato un telo di rete metallica zincata a doppia torsione e maglia esagonale 8 x 10 cm, e quindi soggetta ad un carico idrostatico praticamente nullo.

La spinta agente sulle strutture deriva quindi dalla spinta attiva del terreno superficiale, che peraltro presenta valori caratteristici di attrito interno F_i' pari a 16° , angolo del pendio di monte pari a 17° e dal sovraccarico dovuto al carico stradale ipotizzato in 20 kN/m^2 . La determinazione delle spinte, pertanto, verrà condotta facendo riferimento alla prassi in uso per la verifica dei muri di sostegno, in considerazione di una sollecitazione sismica come riportata nella relazione sismica parte integrante del presente progetto.

c. Calcolo della spinta attiva in condizioni sismiche

La spinta attiva in condizioni sismiche, che è la più gravosa tra tutte le combinazioni previste dalla normativa vigente, è valutata secondo la teoria di Mononobe e Okabe (1926-1929), sulla base di una analisi pseudo-statica come estensione della teoria di Coulomb per un terreno non saturo in assenza di coesione.

In aggiunta alle forze esistenti in condizioni statiche, sul cuneo di rottura agiscono le forze pseudostatiche orizzontale e verticale, legate alla massa del cuneo dalle accelerazioni $a_h = k_h \cdot g$ e $a_v = k_v \cdot g$.

I dati richiesti per la determinazione della spinta e dell'ampiezza del cuneo di rottura rispetto all'orizzontale sono:

- H altezza della parete;
- γ peso per unità di volume;
- ϕ angolo di resistenza a taglio;
- θ angolo d'inclinazione della parete interna rispetto alla verticale (a favore della sicurezza è stato considerato pari a 90° e non pari a 80°);
- δ angolo d'attrito terra-muro ($2/3 \phi$);
- k_h e k_v coefficienti sismici orizzontale e verticale.

COEFFICIENTE DI SPINTA ATTIVA Kae
COEFFICIENTE DI SPINTA PASSIVA Kpe

	°GRADI	π RAD
Φ angolo d'attrito del terreno	16,00	0,2793
δ angolo d'attrito terreno-paratia	10,66	0,1861
β inclinazione di monte	17,00	0,2967
ζ inclinazione della paratia	90,00	1,5708

Kh Coefficiente sismico orizzontale (SLV)	0,255
Kv Coefficiente sismico verticale (SLV)	0,128

θ min secondo NTC 2008	0,2223
θ max secondo NTC 2008	0,2845

CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE con $\beta \leq (\Phi - \theta \max)$

Pa	#NUM!	kN
Pa orizzontale	#NUM!	kN
Pa verticale	#NUM!	kN

CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE con $\beta > (\Phi - \theta \max)$

Pa	93,05	kN
Pa orizzontale	91,45	kN
Pa verticale	17,21	kN

EVENTUALE CONTRIBUTO DEL SOVRACCARICO

Pqa	18,12	kN
Pa orizzontale	17,81	kN
Pa verticale	3,35	kN

Spinta totale singolo elemento (3.10x3.60) = 400,22 kN

TEORIA DI MONONOBÉ (1929) E OKABE (1926)

formula tratta dal libro di Piergiuseppe Froidl " Dissesio idrogeologico e stabilità dei versanti" Maggioli Editore 2015, pag. 103

Dal sito GEOSTRU PS si ricavano in base alla posizione, categoria di suolo, categoria topografica e tipo di opera i parametri Kh e Kv da introdurre nel calcolo di θ min e θ max

2/3 Φ

con $\beta \leq (\Phi - \theta \max)$

Kae	#NUM!	verificato
Kpe	2,1763	verificato

con $\beta > (\Phi - \theta \max)$

Kae		1,1689
Kpe		

Peso specifico terreno (kN)	19,00
Altezza muro (m)	3,1
Sovraccarico (kN/mq)	5

NTC 2008 Tab 7.11.II	A	categoria di sottosuolo
Coefficienti di riduzione dell'accele	Beta m	B, C, D, E
0,2 < ag (g) < 0,4	0,31	Beta m
0,1 < ag (g) < 0,2	0,29	0,31
ag (g) < 0,1	0,2	0,24
Muri non in grado di subire spostamenti (diaframmi e paratie)	1	0,18
		1

I risultati del calcolo della Spinta attiva i condizioni sismiche e degli altri parametri secondo la teoria di Mononobe e Okabe (1926-1929) sono:

SPINTA SISMICA UNITARIA SULL'ELEMENTO STABILIZZATORE = 93.05 KN

INCREMENTO DELLA SPINTA DOVUTO AL SOVRACCARICO = 18.12 KN

COEFFICIENTE DI SPINTA ATTIVA SISMICA = 1.1689

Il sovraccarico stradale non agisce interamente sul cuneo di spinta attiva ed è stato considerato, sempre a favore della sicurezza, pari a $q = 5 \text{ KN/m}^2$. Esso induce sul paramento di monte dell'opera di sostegno una spinta costante pari a:

$$S_q = q K_{ae} = 5,00 * 1.1689 = 5,8445 \text{ KN/m}^2$$

Su di una striscia unitaria del paramento di altezza pari a 3,1 m si ha quindi una spinta dovuta al sovraccarico pari a:

$$P_{qa} = S_q 3.10 = 18.12 \text{ KN}$$

La risultante della spinta del terreno (s) su una striscia di lunghezza unitaria e di altezza pari a quella del paramento della struttura ($H = 3,10 \text{ m}$) risulta dunque essere pari a circa:

$$S_a = (93.05 + 18.12) = 111,17 \text{ KN}$$

La spinta S rappresenta la sollecitazione massima applicata alla struttura in esame formata da un paramento verticale di 3,1 m x 3,6 m circa risulta:

$$S = 111,17 * 3.60 = 400,22 \text{ KN}$$

Su tale valore andranno verificati gli elementi costituenti la barriera ed il relativo sistema di fondazione.

La risultante dei carichi agisce parallelamente al pendio.

d. Dimensionamento delle fondazioni: ancoraggio in doppia fune spiroidale in acciaio

Considerata la tipologia dell'opera e il contesto geologico-geotecnico su cui si inserisce l'intervento si è optato per una fondazione costituita da un ancoraggio in doppia fune spiroidale in acciaio che funge da tirante passivo. Ogni ancoraggio è posto in opera in modo da essere agganciato a ciascun elemento.

Le fondazioni devono essere in grado di contrastare una sollecitazione a trazione pari a 400,22 KN.

L'ancoraggio della struttura di stabilizzazione del versante verrà realizzato mediante un ancoraggio in doppia fune spiroidale in acciaio per ciascun elemento, con lunghezza minima di ancoraggio all'interno dell'Unità Litotecnica Substrato (S) pari a 15.0 m ed un diametro di perforazione del foro pari ad almeno 170 mm.

La verifica del tirante di ancoraggio è stata eseguita mediante il metodo di Bustamante – Doix come di seguito illustrato:

Gli applicativi presenti in GeoApp sono stati realizzati a supporto del professionista e per la soluzione di semplici problematiche di analisi. Per casi particolarmente complessi la invitiamo a fare riferimento alle nostre applicazioni Desktop visitando la lista dei prodotti su www.geostru.com dove troverà il prodotto che fa a caso suo.

DATI GENERALI

Metodo di calcolo

☐ Schneebeli ☒ Bustamante Doix

Descrizione

Gli ancoraggi sono elementi strutturali opportunamente collegati al terreno, in grado di sostenere forze di trazione.

NORMATIVA

NTC 2008 (A1+M1+R3)

Ancoraggi temporanei

1,10

Ancoraggi permanenti

1,20

DATI CALCOLO RESISTENZA A SFILAMENTO

Tipo di terreno ☐ Granulare ☒ Coesivo

Accelerazione sismica di progetto a_{max}/g

P. U. V. terreno soprastante il tratto ancorato kN/m^2

Angolo di attrito interno del terreno $^\circ$

Coesione non drenata del terreno $c > 10$ kPa

Densità relativa del terreno $D_r > 50$ %

Diametro di perforazione m

Lunghezza della zona ancorata L_a m

Profondità punto medio del tratto ancorato m

Fattori correttivi sulle verticali indagate n.: $\downarrow$ $\xi_{a,3}$

Modalità di iniezione ☒ Semplice ☐ Ripetuta

Coefficiente (valori indicativi riportati in tabella) α

Il coefficiente alfa misura l'incremento di diametro nel tratto di ancoraggio. Dipende dalla litologia dominante nel tratto di ancoraggio e dalle modalità di iniezione.

LITOLOGIA	COEFFICIENTE α			
	Iniezione ripetuta		Iniezione semplice	
	min	max	min	max
✓ Ghiaia	1.8	1.8	1.3	1.4
✓ Ghiaia sabbiosa	1.6	1.8	1.2	1.4
✓ Sabbia ghiaiosa	1.5	1.6	1.2	1.3
✓ Sabbia pulita	1.4	1.5	1.1	1.2
✓ Sabbia limosa	1.4	1.5	1.1	1.2
✓ Limo	1.4	1.6	1.1	1.2
✓ Argilla	1.8	2.0	1.2	1.2
✓ Marne e arenarie alterate e/o fratturate	1.8	1.8	1.1	1.2

VERIFICHE ADERENZA TIRANTE E PIASTRA ANCORAGGIO

Sforzo di progetto tirante	400000	N
Somma dei diametri dei trefoli o delle barre	4	cm
Diametro interno della guaina grecata	10	cm
Diametro del foro retrostante la piastra	10	cm
Resistenza caratteristica della malta di iniezione	30	MPa
Resistenza a compressione amm.le del materiale su cui poggia la piastra	20	MPa

Resistenza di aderenza acciaio-malta $R_{a,(a-m)} = \pi \cdot d \cdot \tau \cdot \gamma \cdot s \cdot L$

Coefficiente correttivo (valori indicativi riportati in tabella) γ

TIPOLOGIA ARMATURA TIRANTE	COEFFICIENTE γ
✓ Fili lisci, barre lisce, trefoli compatti allo stato naturale	1.30
✓ Trefolo normale o barre corrugate puliti allo stato naturale	2.00
✓ Fili lisci, barre lisce, trefoli compatti verniciati o untati	0.80
✓ Fili lisci con ringrossio o compression grips all'estremità profonda, barre lisce con dado e rondella all'estremità profonda	1.70
✓ Trefoli normali con compression grips all'estremità profonda	2.50

Numero di elementi (*barre trefoli, fili*) di tensione contenuti in una stessa guaina o perforazione, separati da distanziatori che costringono ad allargamenti e strozzature alternate nel fascio.

Numero di elementi (*barre trefoli, fili*) paralleli contenuti nella stessa guaina o perforazione (*nel caso di più di 4 elementi introdurre il diametro minimo circoscritto a tutti gli elementi invece della somma dei singoli diametri*).

Coefficiente correttivo

s

Resistenza di aderenza della malta al foro

Tensione di aderenza (valori indicativi riportati in tabella)

1

0,18

MPa

TERRENO		Tensione di aderenza unitaria malta-terreno [Mpa]	
		min	max
ROCCIA			
✓	Basalto	5.50	6.00
✓	Calcare	2.80	4.80
✓	Arenaria	1.50	1.70
✓	Dolomite	1.70	1.90
✓	Scisti	0.50	0.70
✓	Scisti alterati	0.30	0.50
✓	Gesso	0.60	0.80
✓	Ardesia	1.60	1.80
SCIOLTO			
✓	Limi argillosi	0.06	0.09
✓	Argilla satura	0.05	0.08
✓	Argilla sabbiosa compatta	0.20	0.40
✓	Sabbia medio fine compatta	0.20	0.60
✓	Argilla medio plastica dura	0.20	0.50
✓	Argilla medio plastica media	0.16	0.29
✓	Sabbia grossa e ghiaia compatta	0.29	0.60

E. Segre, "Proposta di metodo di prove semplici per tiranti di ancoraggio" (Industria Italiana del Cemento 6/88)

RISULTATI

Resistenza allo sfilamento - *temporanei*

677,43

kN

Resistenza allo sfilamento - *permanenti*

620,97

kN

Verifica dell'aderenza acciaio-malta d'iniezione

La = 1500,00 >= 408,09 (cm) - **Soddisfatta**

Verifica dell'aderenza malta-guaina corrugata

La = 1500,00 >= 212,21 (cm) - **Soddisfatta**

Verifica dell'aderenza della malta al foro

La = 1500,00 >= 1456,32 (cm) - **Soddisfatta**

Dimensionamento di massima della piastra di ancoraggio

Lato o diametro della piastra

166,88

mm

Spessore della piastra

19,60

mm

Si vuole focalizzare l'attenzione su di una prova di trazione eseguita in data 22 marzo 2006 su di un ancoraggio di 10,0 m di lunghezza e con perforazione diametro 115 mm che venne trazonato fino a 593 kN senza rottura né sfilamento. Il contesto litologico era del tutto simile a quello presente nel sito in esame. Tale esperienza sembra confermare che il valore assunto in fase di calcolo è prudenziale e che pertanto la lunghezza calcolata di 15,0 m per il "tratto attivo" degli ancoraggi in oggetto è da ritenersi in favore di sicurezza.

Infatti in base alle condizioni litotecniche e geometriche schematizzate per l'intervento in oggetto è stata definita la lunghezza minima del tratto attivo che ciascun tirante di ancoraggio dovrà possedere all'interno dell'Unità Litotecnica Substrato (S) che è pari a 15,00 m.

Per omogeneità, ed a favore di sicurezza, si è scelto di considerare la stessa lunghezza dei tiranti sia per il primo ordine (inferiore) che per il secondo (superiore) che dovranno avere una lunghezza complessiva pari a 20,00 m. Tale misura deriva dalla condizione litostratigrafia e geotecnica in quanto si considera che i primi 5 metri di perforazione del tirante siano impostati in terreni a scarsa resistenza e per quello sono stati trascurati.

Di seguito si elencano le lunghezze dei tiranti come evidenziato negli elaborati grafici parti integranti del presente progetto:

PRIMO ORDINE (BASE SCARPATA)

Lunghezza complessiva tirante $\geq 20,0$ m

SECONDO ORDINE (SOMMITA' SCARPATA)

Lunghezza complessiva tirante $\geq 20,0$ m

L'ancoraggio sarà costituito da un cavallotto a doppia fune spiroidale in acciaio zincato (Classe "A" secondo EN 12385/10 di diametro ϕ 22,0 mm (1x37 fili), classe di resistenza 1770 N/mm², secondo la norma DIN 3054, avente un carico minimo di rottura pari a 439 kN per la singola fune e pari a 790 kN per l'ancoraggio completo. L'ancoraggio dovrà essere munito di opportuni centratori in numero adeguato per evitare che appoggi sulla superficie del foro. L'iniezione dovrà essere eseguita con cannetta fondo foro e per risalita della boiaccia cementizia dal fondo del foro.

La relazione di calcolo per il dimensionamento della struttura metallica degli elementi stabilizzatori ad ombrello è sviluppata ed illustrata in un apposito elaborato a firma di un tecnico abilitato. Nell'elaborato in questione verranno riportati i parametri dimensionali dei vari elementi costituenti la struttura quali i bracci della croce di S. Andrea, il puntone tubolare ed i tiranti obliqui.

3. CONCLUSIONI

In base alle considerazioni svolte è possibile attribuire **PARERE FAVOREVOLE** all'intervento in oggetto. Si è infatti verificata l'assenza di controindicazioni geotecniche.