

Committente:



PROVINCIA
DI REGGIO EMILIA



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

PROVINCIA REGGIO EMILIA SERVIZIO UNITA' SPECIALE PER L'EDILIZIA E LA SISMICA

Corso Garibaldi, 59 - 42121 Reggio Emilia

Il dirigente del Servizio: Ing. Azzio Gatti

Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Ilaria Martini

Oggetto:

AMPLIAMENTO DELL'ISTITUTO SUPERIORE "C. CATTANEO"

in Via Impastato 3 - CASTELNOVO NE' MONTI (RE)



Fase:

PROGETTO DEFINITIVO

Progettista Incaricato:

Ing. Giuseppe Herman



Team di Progettazione:

Progetto Architettonico

ARCH **AP** ROGETTI
STUDIO ASSOCIATO

Arch. Marco Valli - Ing. Chiara Benassi

Progetto Strutturale

Ing. Giuseppe Herman

Coordinatore Sicurezza in
Fase di Progettazione

Ing. Giuseppe Herman

Progetto Impianti
Meccanici



P. Ind. Sergio Cantoni

Progetto Impianti
Elettrici



P. Ind. Claudio Villa

Progetto Antincendio

Arch. Mauro Iotti

Progetto Acustico



Ing. Emanuele Morlini
Ing. Luca Parmeggiani

Elaborato: 06.1 - RELAZIONE GEOLOGICA
E ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

D.ST 06.1

Scala:

Data:

Giugno 2022

Agg.:

REV. 02

Dr. Roberto Farioli
Geologo
Via Ippolito Nievo n. 9
42123 Reggio Emilia
Cell. 338 1168699

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA



Istituto d'Istruzione Superiore "C. Cattaneo"
Ampliamento 1° lotto

Via Impastato 3 - Castelnovo ne' Monti (RE)

Relazione geologica e studio di risposta sismica locale

Settembre 2022

Dr. Roberto Farioli
Geologo
Via Ippolito Nievo n. 9
42123 Reggio Emilia
Cell. 338 1168699

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA



Istituto d'Istruzione Superiore "C. Cattaneo"
Ampliamento 1° lotto

Via Impastato 3 - Castelnovo ne' Monti (RE)

Relazione geologica e studio di risposta sismica locale

Settembre 2022

Indice

1	PREMESSA	1
2	INDAGINI IN CAMPO E MODELLO GEOLOGICO	2
2.1	Prove pregresse	2
2.2	Sondaggi attuali	5
2.3	Modello geologico	7
3	QUADRO SISMICO DI RIFERIMENTO	8
4	RISPOSTA SISMICA LOCALE	9
5	STABILITÀ	22
5.1	Condizioni attuali in regime statico	23
5.2	Condizioni attuali in regime dinamico	23
5.3	Condizioni a scavo ultimato	24
5.4	Condizioni finali in regime statico	25
5.5	Condizioni finali in regime dinamico	26

Allegati

1	Pseudo accelerazioni dello spettro RSL e RSL Normalizzato
2	Inputs e outputs delle verifiche di stabilità



Roberto Farioli

1 PREMESSA

Il presente rapporto, commissionato dalla Provincia di Reggio Emilia, è relativo all'ampliamento (1° lotto) dell'edificio scolastico "C. Cattaneo" sito in Castelnovo ne' Monti (RE).

Descrive l'assetto stratigrafico del settore d'imposta, espone quanto emerge dall'analisi di risposta sismica locale, valuta le condizioni di stabilità del comparto.

Per i lineamenti geologici generali e le numerose indagini geognostiche e geofisiche pregresse condotte all'interno del polo scolastico si rimanda alla relazione stilata dallo scrivente, intitolata:

**Progetto di adeguamento sismico dell'edificio scolastico
sede dell'istituto di istruzione superiore "C. Cattaneo – A. Dall'Aglio"
sito in via Matilde di Canossa, 3
nel Comune di Castelnovo ne' Monti (RE)**

Relazione geologica

Dicembre 2018

Nel medesimo rapporto potrà essere reperita la parametrizzazione geotecnica utilizzata dall' Ing. Giuseppe Herman, Progettista dell'ampliamento in oggetto, per le analisi d'interazione terreno-struttura.

Il settore d'interesse è evidenziato nella foto satellitare di figura 1.

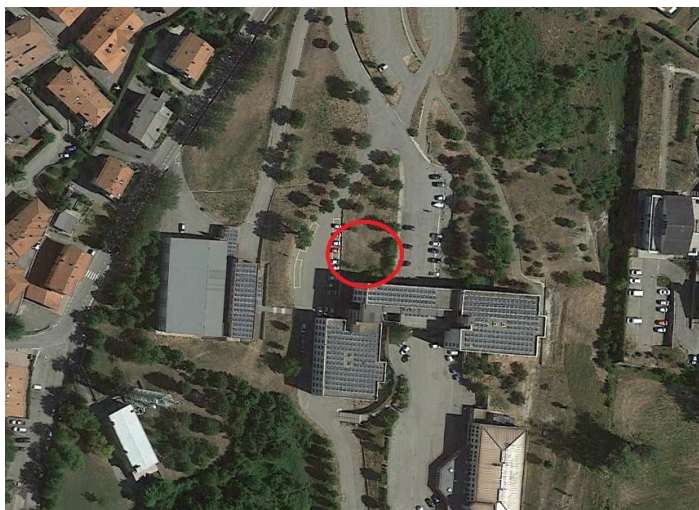


figura 1

2 INDAGINI IN CAMPO E MODELLO GEOLOGICO

La mappa di figura 2 riporta buona parte delle prospezioni che si sono succedute nel comparto fino ad oggi e la posizione di antichi dissesti rilevati nel corso di uno studio di fattibilità del Luglio 1987 per il primo accrescimento e la palestra.

Proprio la prossimità dei fenomeni gravitativi al settore d'imposta ha consigliato di riservare a quest'ultimo quattro penetrometrie dinamiche integrative (le prime in legenda), opportunamente dislocate per evitare le terre rimosse da un paio di trincee archeologiche (SA1 - SA2) condotte il Giugno scorso.

Ciò premesso, per circostanziare il quadro stratigrafico locale, vediamo di estrarre tra le prove datate quelle attinenti al caso specifico e di argomentare sulle prospezioni recenti.

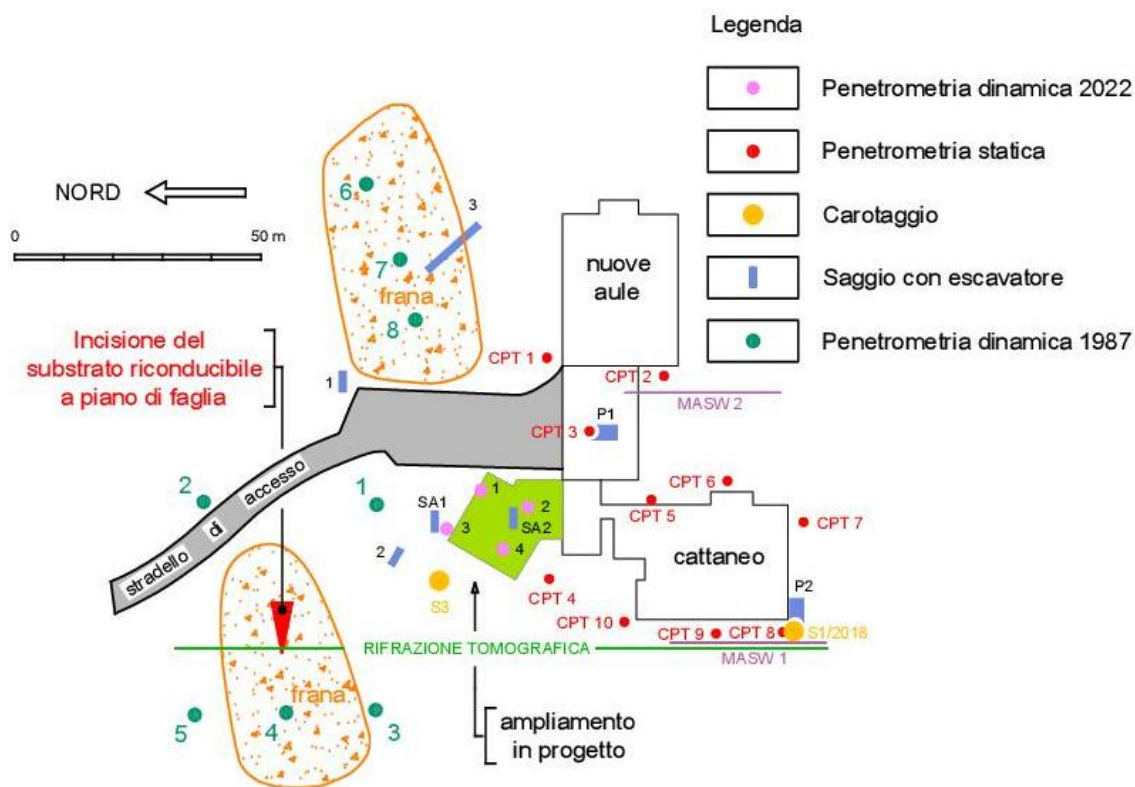


figura 2

2.1 Prove pregresse

L'Impresa Montanari eseguì nel 1999 il sondaggio S3 a NW dell'opera in progetto; il tetto del substrato è individuato già alla base del primo metro (figura 3).

Dr. Roberto Farioli
Geologo
 Via Ippolito Nievo n. 9
 42123 Reggio Emilia
 Cell. 338 1168699

3

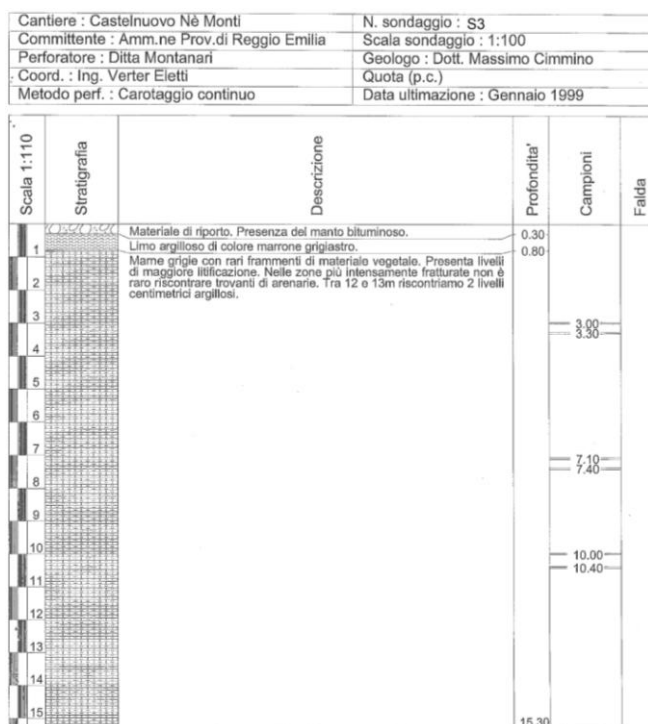


figura 3

Di precipuo interesse anche i risultati penetrometrici statici CPT1 – CPT3 – CPT4, che denotano la comparsa della marna poco sotto la superficie topografica (figura 4).

CPT N. 1/3/4 ESECUTORE MONTANARI S.R.L.	DATA 23.11.18
COMMITTENTE PROVINCIA DI REGGIO EMILIA LOCALITA' CASTELNUOVO MONTI	
CANTIERE ISTITUTO CATTANEO - DALL'AGLIO D.L. DR.R.FARIOLI	TAV. 1

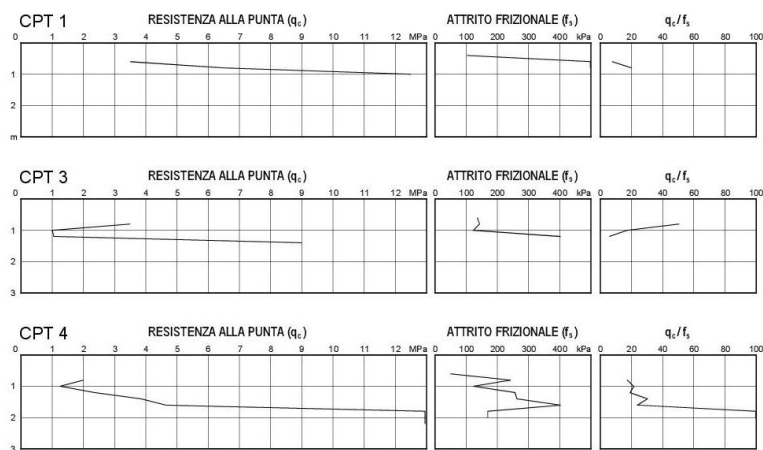


figura 4

Delle prove geofisiche si considera la prospezione MASW 1, in quanto condotta ad una quota prossima al piano d'imposta del futuro impianto fondale e caratterizzata da valori V_s più contenuti rispetto a quelli della linea MASW 2.

La figura 5 mostra il diagramma sintetico dei risultati e, nel riquadro destro, la stima del parametro V_{s30} .

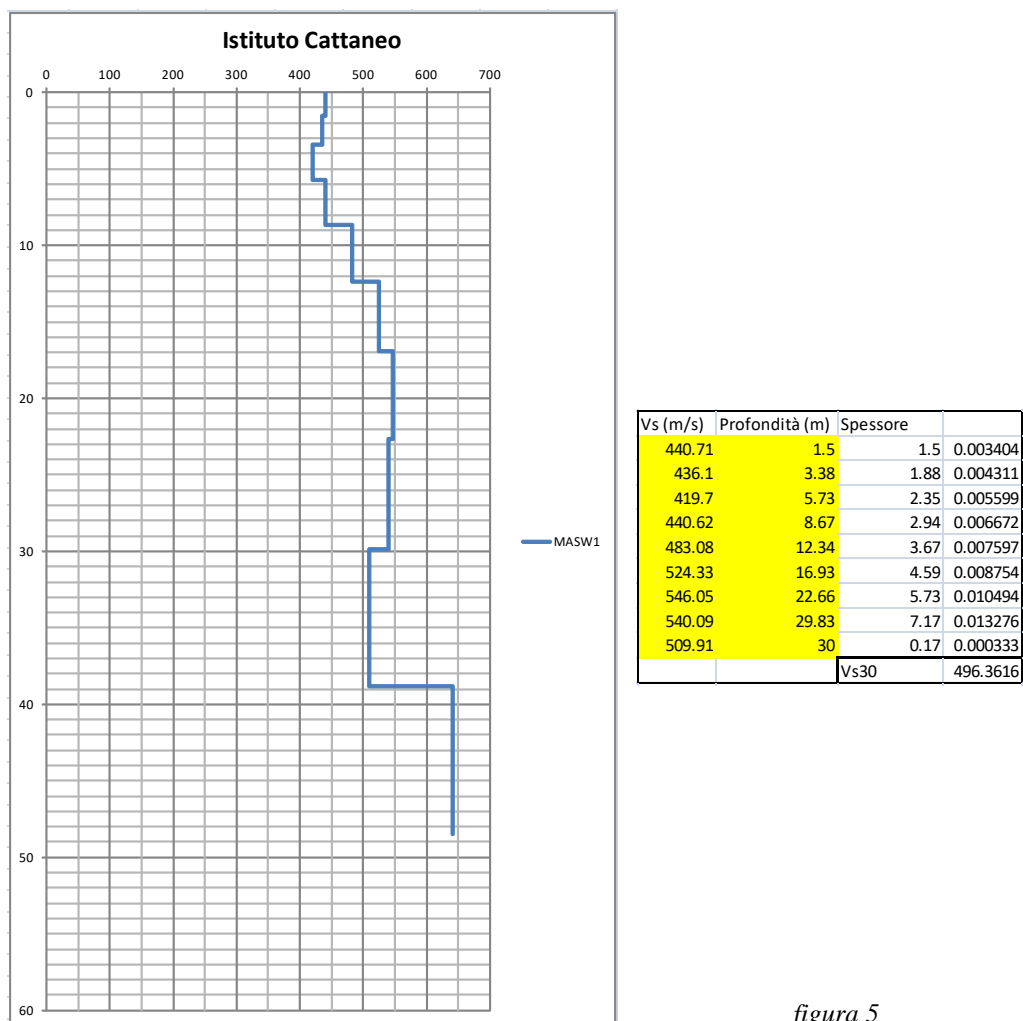


figura 5

Per chiudere la rassegna si riporta il profilo N-S ottenuto mediante rifrazione tomografica a 36 geofoni, con sovrapposto l'ingombro del futuro ampliamento (figura 6).

Nell'immagine è evidente l'approssimarsi del substrato alla superficie topografica proprio in corrispondenza del nuovo sedime e la graduale immersione dell'interfaccia copertura – bedrock verso la linea di faglia esterna al contesto in esame.

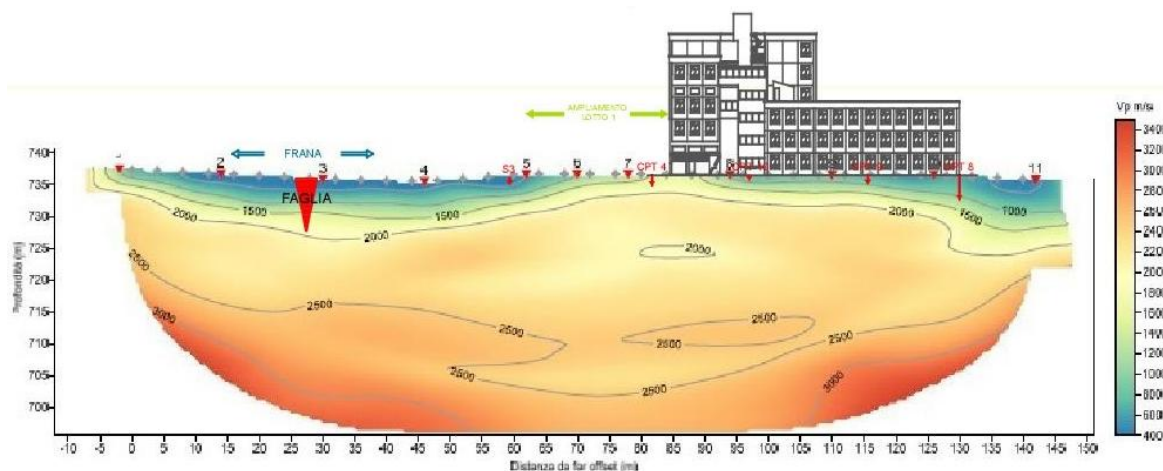


figura 6

2.2 Sondaggi attuali

La “Relazione dei saggi archeologici” predisposta da AR/S ARCHEOSISTEMI Soc. Coop. Di Reggio Emilia, sintetizza in schede quanto osservato sulla coltre compresa tra la superficie topografica e -1.5 m.

Un estratto degli elaborati è nelle figure 7 e 8.

Dalle stratigrafie si evince che SA1 non ha raggiunto il substrato integro; SA2, al contrario, ha scoperto “marne argillose grigie” in un limitato settore del fondo scavo.

SA1	
LOCALIZZAZIONE	
Comune: Castelnovo né Monti (RE)	
Frazione/ località: Istituto Cattaneo	Indirizzo: via G. Impastato 3
Quota s.l.m.: 700.0 m	
STRATIGRAFIA	
0-65 cm	Argilla marnosa, colore grigio scuro. RIPORETO
065-100 cm	Limo argilloso, colore giallastro. DEPOSITO ALLUVIONALE
100-125 cm	Argilla limosa, colore grigio scuro, con rari frustoli di laterizi e carboni. SUOLO DI ETÀ STORICA
125-150 cm	Limo argilloso, colore giallastro. DEPOSITO ALLUVIONALE
DESCRIZIONE	
A 1.00 m da p.c. è presente un suolo genericamente databile all'età storica, con rari frammenti laterizi. Segue un deposito alluvionale che prosegue oltre la profondità raggiunta dallo scavo.	
INTERPRETAZIONE	
Tracce di frequentazione di età storica (paleosuolo).	
COMPILAZIONE	
Data: 06/06/2022	Autore: Palazzini, Cristina

figura 7

SA2	
LOCALIZZAZIONE	
Comune: Castelnovo né Monti (RE)	
Frazione/ località: Istituto Cattaneo	Indirizzo: via G. Impastato 3
Quota s.l.m.: 700.0 m	
STRATIGRAFIA	
0-150 cm	Argilla marnosa, colore grigio scuro, con blocchi disgregati ed incoerenti. RIPORTO
DESCRIZIONE	
Tutta la profondità del saggio era caratterizzato da un unico deposito incoerente a matrice argillosa con grossi blocchi disgregati di marne grigie. Non sono stati individuati elementi antropici di epoca recente, come laterizi, plastica o vetri; tuttavia, è plausibile che si tratti di un potente riporto perché nella parte occidentale del saggio affiora un deposito limo argilloso giallastro individuato anche in SA1, con margine di definizione netto, sotto il quale affiorano a sua volta le marne argillose grigie.	
INTERPRETAZIONE	
Nessun elemento archeologico.	
COMPILAZIONE	
Data: 06/06/2022	Autore: Palazzini, Cristina

figura 8

I risultati dei sondaggi penetrometrici dinamici sono argomento di figura 9.

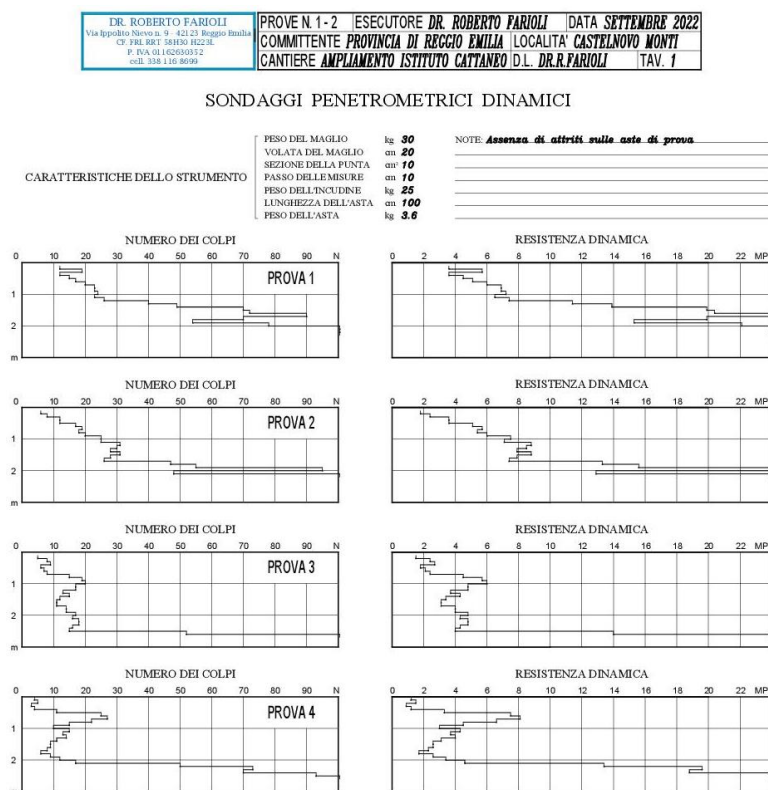


figura 9

Durante il test si rileva il numero di colpi N necessario per produrre determinati approfondimenti di una punta posta all'estremità della batteria di sondaggio.

Come noto, la prova consente di discriminare il materiale duro da quello tenero senza però definirne la natura.

In questo caso, disponendo delle stratigrafie degli scavi archeologici, possiamo con certezza attribuire i più moderati valori N alle terre di riporto ovvero al vecchio suolo relativamente morbido che ricopre il substrato e gli incrementi finali a quest'ultimo.

I grafici sulla destra segnalano la resistenza dinamica R_d che corrisponde al parametro N, ottenuta mediante opportune elaborazioni del dato di campo.

2.3 Modello geologico

I livelli di arenaria riconosciuti nelle carote del sondaggio S3 indicano che questo tratto di versante è ritagliato nella Formazione di Ranzano.

Il substrato è quasi affiorante nelle zone di monte dei piazzali, interessate da sbancamenti; dove le opere di urbanizzazione non hanno alterato più di tanto il pendio originale, possono al contrario trovarsi spessori di copertura di media potenza e lembi di riporto aggiunti.

Per visualizzare l'assetto stratigrafico locale si rimanda alla sezione A-A' di figura 10; per semplificare il disegno, i depositi limo-argillosi di copertura sono unificati ai riporti, quanto al substrato si trascura la differenziazione tra parte integra ed alterata.

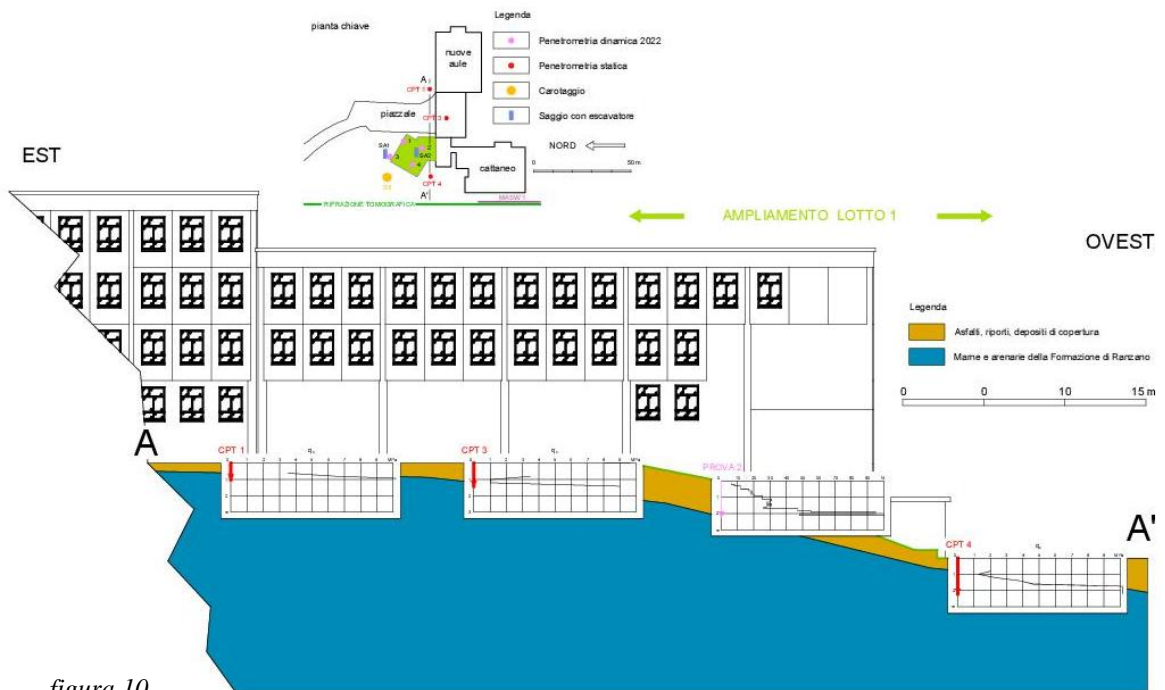


figura 10

Segnatamente al settore in esame, in direzione N-S il quadro stratigrafico resta pressoché invariato, visto che allontanandosi dal complesso esistente il substrato si approfondisce solo qualche decimetro.

Il modello geologico a cui riferirsi è dunque semplice: l'edificio poggerà direttamente sulla Formazione di Ranzano, caratterizzata da marna e strati di arenaria in subordine; la copertura limo-argillosa, comprensiva di qualche rinterro, ha spessori massimi intorno a $2 \div 2.5$ m.

Una falda idrica intesa nel senso classico del termine sembra da escludersi; tuttalpiù potranno presentarsi rare venute imputabili alle acque assorbite delle terre dei giardini ovvero raccolte nei sottofondi delle aree pavimentate.

3 QUADRO SISMICO DI RIFERIMENTO

Il Comune di Castelnovo ne' Monti risulta compreso tra le zone 2 secondo D.G.R. n. 1677 del 24/10/2005.

Da una ricerca sui data base *ISIDE* e *Catalogo parametrico dei terremoti italiani*, i principali eventi registrati in un raggio di 30 km a partire dal 1800 risultano quelli riportati in tabella 1.

Anno	Località	Magnitudo macrosismica	
1818	Langhirano	5.57	
1869	Serramazzoni	5.03	
1873	Liguria orientale	5.52	
1892	Carpineti	4.83	
1898	Calestano	5.07	
1904	Reggiano	5.13	
1909	Carpineti	4.83	
1913	Val di taro	4.85	
1920	Garfagnana	6.48	
1920	Piazza Serchio	4.64	
1925	Frassinoro	4.65	
1926	Reggiano	4.61	
1927	Cervarezza	4.66	
1930	Scandiano	4.83	
1940	Corniglio	4.93	
1957	Monchio	4.63	
1965	Alta Val Secchia	5.01	
1967	San Polo	4.83	
1970	San Polo	4.80	
1972	Calestano	4.66	
2002	Serramazzoni	4.10	
2007	Corniglio	4.10	
2008	Neviano degli Ardunini	4.90	
2008	Vetto	4.40	
2008	Langhirano	4.00	<i>tabella 1</i>

Occorre dunque attendersi terremoti con Magnitudo massima intorno a 6.5, dato riferito alla notoriamente critica Garfagnana.

L'ambito geologico esclude che possano verificarsi fenomeni di liquefazione; si ha infatti a che fare con un materiale di caratteristiche quasi litoidi, appartenente alla **classe sismica B**.

4 RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'analisi è sviluppata per la condizione SLV utilizzando un modello monodimensionale; il contesto è debolmente acclive e le indagini integrative non hanno evidenziato morfologie articolate dell'interfaccia copertura-substrato; dunque le superfici stratigrafiche possono essere assimilate a piani orizzontali.

La procedura per definire l'input sismico è spiegata passo passo nel seguito.

Precedono i calcoli veri e propri alcuni dati fondamentali e la caratterizzazione dei sismostrati.

Individuazione area

L'immagine di figura 11 mostra i riferimenti geografici.

Monte mario / Gauss Boaga zona 1 EPSG:3003	
Est: 1611872.51	Nord: 4920816.89
ED50 / UTM Zone 32N EPSG:23032	
Est: 611927.17	Nord: 4920996.98
ED50 EPSG:4230	
Lon: 10.406246	Lat: 44.432798
WGS84 EPSG:4326	
Lon: 10.405233	Lat: 44.431849

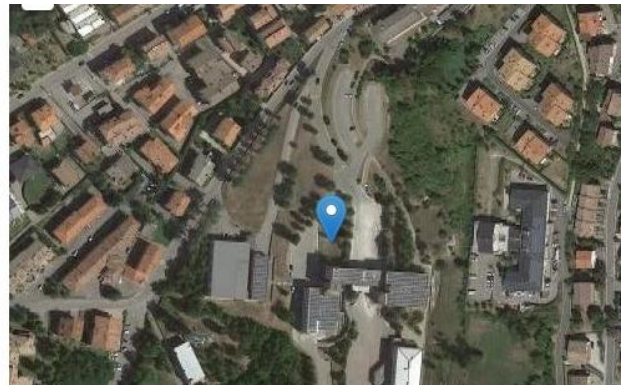


figura 11

Scelte progettuali

- Vita nominale V_N : 50 anni
- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso: 1.5

Ne deriva la vita di riferimento $V_R = 75$ anni

Spettri secondo NTC

Come si è visto, la prospezione geofisica dedicata inquadra il suolo in categoria B; la pendenza generale del versante è intorno a 11°, dunque va messo in conto il coefficiente topografico T1.

Con tali premesse, utilizzando l'approccio semplificato proposto dalla Normativa avremo (figura 12):

Classe d'uso:	3	Categoria sottosuolo:	B
Vita nominale:	50	Categoria topografica:	T1
Latitudine:	44.432798	Smorzamento viscoso %:	5
Longitudine:	10.406246		

P _{VR} %	SLO	81	1	Fattori di riduzione
	SLD	63	1	
	SLV	10	1	
	SLC	5	1	

Punti della maglia di riferimento utilizzati				
	ID	Longitudine	Latitudine	Distanza (km)
Primo	16939	10.41	44.445	1.39
Secondo	17161	10.412	44.395	4.23
Terzo	16938	10.34	44.443	5.38
Quarto	17160	10.342	44.393	6.76

	Ss	St	η
SLO	1.20	1.00	1.00
SLD	1.20	1.00	1.00
SLV	1.20	1.00	1.00
SLC	1.16	1.00	1.00

Risultati				
	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀	T _C * (s)
Stato limite operativo	45	0.0689	2.467	0.258
Stato limite di danno	75	0.0851	2.469	0.268
Stato limite di salvaguardia della vita	712	0.1873	2.533	0.296
Stato limite di collasso	1462	0.2324	2.554	0.309

Spostamenti e velocità orizzontali del terreno			
	T _R (anni)	d _g (cm)	V _g (cm/s)
SLO	45	1.44	0.49
SLD	75	1.90	0.63
SLV	712	5.48	1.49
SLC	1462	7.34	1.86

figura 12

Con i parametri T_R, a_g, F₀ e T_C* si costruiscono gli spettri di risposta elastica in accelerazione delle componenti orizzontali.

In figura 13 e tabella 2 si evidenziano rispettivamente gli outputs grafici e numerici.

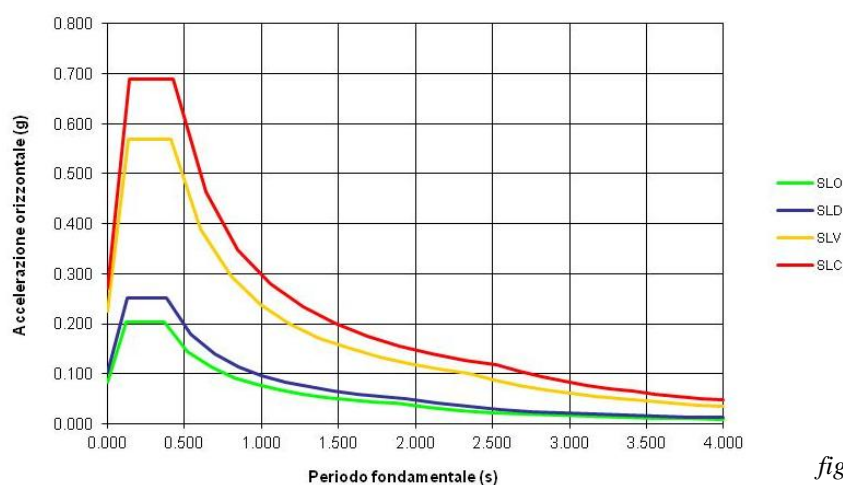


figura 13

	Accelerazioni orizzontali							
	SLO		SLD		SLV		SLC	
	T (s)	Se (g)	T (s)	Se (g)	T (s)	Se (g)	T (s)	Se (g)
T ₀	0.000	0.083	0.000	0.102	0.000	0.225	0.000	0.270
T _B	0.124	0.204	0.128	0.252	0.138	0.569	0.143	0.690
T _C	0.372	0.204	0.383	0.252	0.415	0.569	0.429	0.690
	0.522	0.145	0.539	0.179	0.608	0.388	0.639	0.463
	0.673	0.113	0.695	0.139	0.802	0.295	0.849	0.349
	0.823	0.092	0.850	0.114	0.995	0.237	1.059	0.280
	0.973	0.078	1.006	0.096	1.189	0.199	1.269	0.233
	1.124	0.068	1.162	0.083	1.382	0.171	1.479	0.200
	1.274	0.060	1.318	0.073	1.576	0.150	1.689	0.175
	1.425	0.053	1.473	0.066	1.769	0.134	1.899	0.156
	1.575	0.048	1.629	0.059	1.962	0.120	2.109	0.140
	1.725	0.044	1.785	0.054	2.156	0.110	2.319	0.128
	1.876	0.040	1.940	0.050	2.349	0.101	2.529	0.117
T _D	1.876	0.040	1.940	0.050	2.349	0.101	2.529	0.117
	2.088	0.033	2.146	0.041	2.514	0.088	2.677	0.105
	2.300	0.027	2.352	0.034	2.680	0.077	2.824	0.094
	2.513	0.023	2.558	0.029	2.845	0.069	2.971	0.085
	2.725	0.019	2.764	0.025	3.010	0.061	3.118	0.077
	2.938	0.016	2.970	0.021	3.175	0.055	3.265	0.070
	3.150	0.014	3.176	0.019	3.340	0.050	3.412	0.064
	3.363	0.013	3.382	0.016	3.505	0.045	3.559	0.059
	3.575	0.011	3.588	0.015	3.670	0.041	3.706	0.055
	3.788	0.010	3.794	0.013	3.835	0.038	3.853	0.050
	4.000	0.009	4.000	0.012	4.000	0.035	4.000	0.047
4	4.000	0.009	4.000	0.012	4.000	0.035	4.000	0.047

tabella 2

Sismostrati

Il profilo di riferimento è evidenziato in tabella 3.

Si specifica che rispetto alla parametrizzazione geotecnica, messi in conto il maggiore spessore del pacco d'interesse sismico ed il contributo delle stratificazioni arenacee, il peso di volume del terreno è stimato in 2.3 Mg/m^3 .

Sismostrato	Profondità tetto (m)	Spessore (m)	Natura terreno	Peso di volume (kN/m3)	Vs (m/s)
1	0	1.5	Argilla	19	440.71
2	1.5	1.88	Argilla	19	436.1
3	3.38	2.35	Lapidea 0-6	23	419.7
4	5.73	2.94	Lapidea 0-6	23	440.62
5	8.67	3.67	Lapidea 6-15	23	483.08
6	12.34	4.59	Lapidea 6-15	23	524.33
7	16.93	5.73	Lapidea 15-37	23	546.05
8	22.66	7.17	Lapidea 15-37	23	540.09
9	29.83	8.96	Lapidea 15-37	23	509.91
10	38.79	9.69	Lapidea 37-76	23	640.56
11	48.48	5	Lapidea 37-76	23	663
12	53.48	5	Lapidea 37-76	23	686
13	58.48	5	Lapidea 37-76	23	709
14	63.48	5	Lapidea 37-76	23	732
15	68.48	5	Lapidea 37-76	23	755
16	73.48	5	Lapidea 37-76	23	778
17	78.48	Half-Space	Bedrock	23	800

tabella 3

La sequenza è definita sfruttando MASW 1 per i primi 48.5 metri e fissando oltre quella profondità gradini di incremento V_s in ragione dei dati sperimentali; il tetto del bed rock sismico risulta in tal caso a -80 m circa dalla superficie topografica.

Valori G/G_{\max} e Damping (%)

In mancanza di prove originali, per determinare la legge di decadimento del modulo di taglio (G/G_{\max}) ed il rapporto di smorzamento (Damping %) dei materiali, si sfruttano diagrammi e metodi tratti da bibliografia.

Per i limi argillosi di copertura, si fa riferimento ad un lavoro di Idriss, 1990.

Per i materiali a comportamento litoide o quasi litoide, si possono impiegare le sequenze EPRI 93, variabili in funzione della profondità dello strato.

I parametri e le curve di decadimento sono nelle figure 14 ÷ 18.

Argille Idriss 1990

Strain %	G/Gmax	Damping %
1.00E-04	1	0.24
3.16E-04	1	0.44
1.00E-03	1	0.8
3.16E-03	0.979	1.46
1.00E-02	0.941	2.8
3.16E-02	0.839	5.31
1.00E-01	0.656	9.8
3.16E-01	0.429	15.74
1.00E+00	0.238	21
3.16E+00	0.238	21
1.00E+01	0.238	21

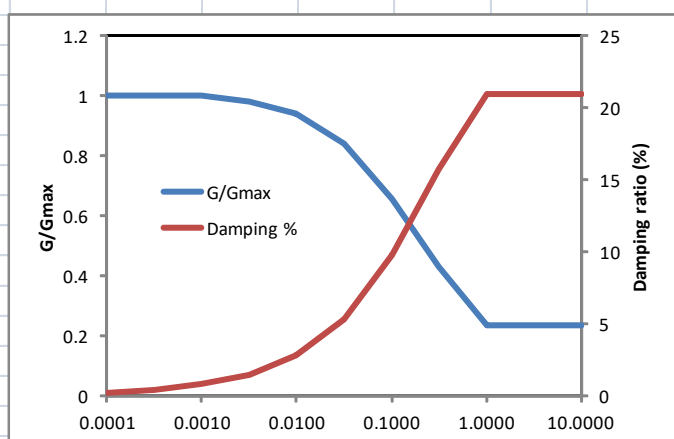


figura 14

EPRI 93 0-6 m

Strain %	G/Gmax	Damping %
1.00E-04	1	1.429
1.78E-04	1	1.476
3.16E-04	1	1.536
5.62E-04	0.998	1.602
1.00E-03	0.986	1.879
1.78E-03	0.96	2.193
3.16E-03	0.92	2.819
5.62E-03	0.851	3.724
1.00E-02	0.759	5.066
1.78E-02	0.642	6.94
3.16E-02	0.515	9.346
5.62E-02	0.392	12.201
1.00E-01	0.278	15.443
1.78E-01	0.189	18.703
3.16E-01	0.121	21.704
5.62E-01	0.073	24.541
1.00E+00	0.043	27.217

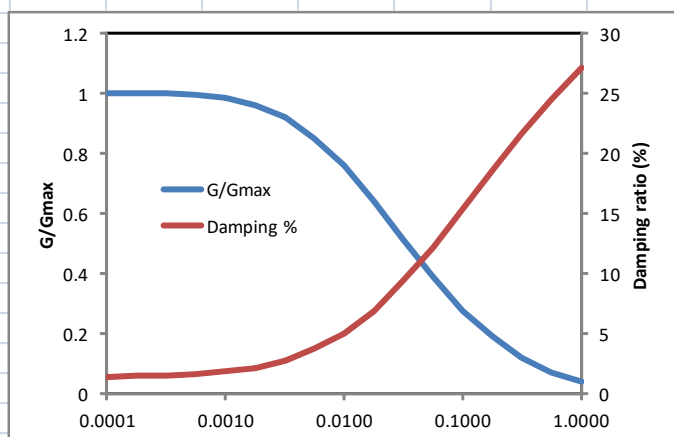


figura 15

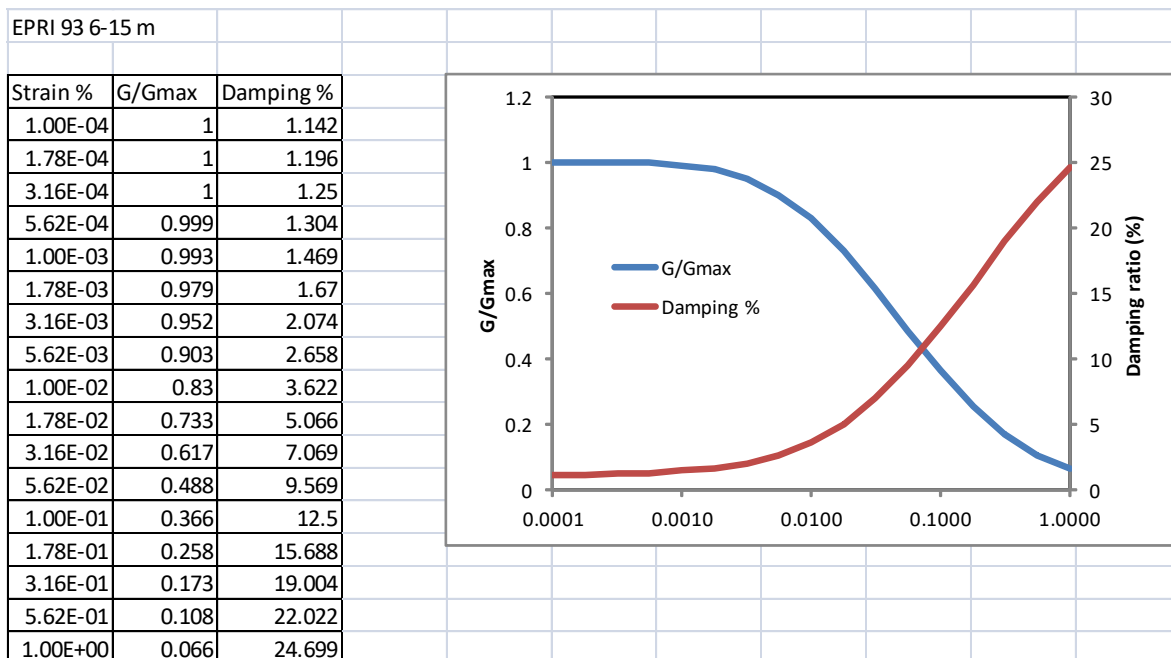


figura 16

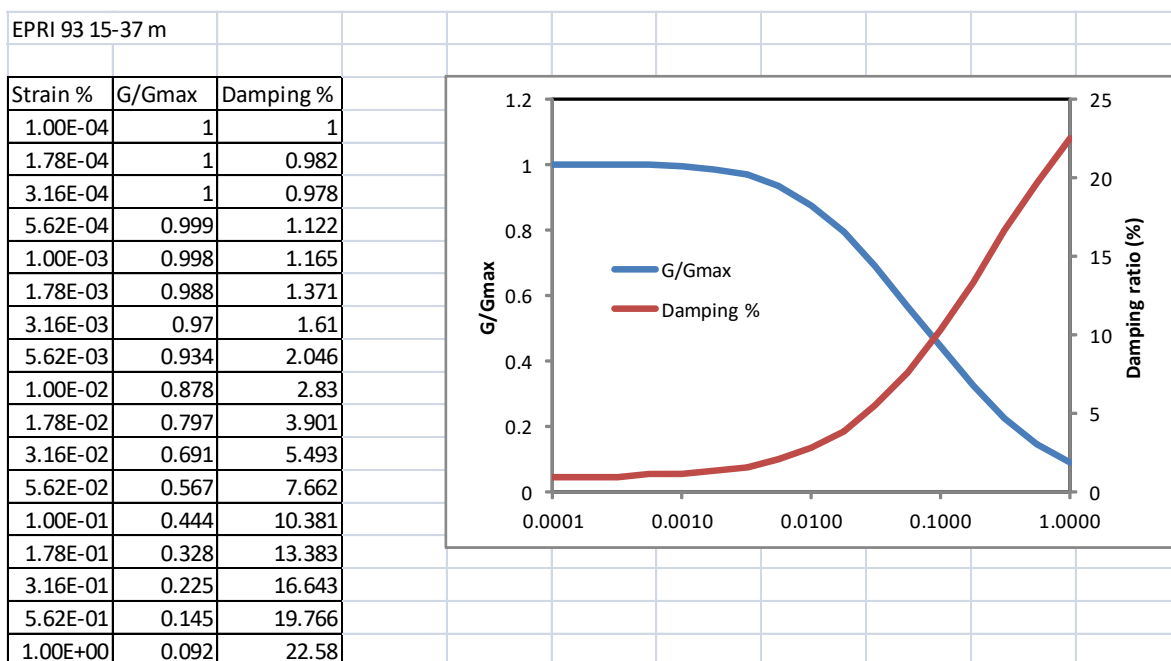


figura 17

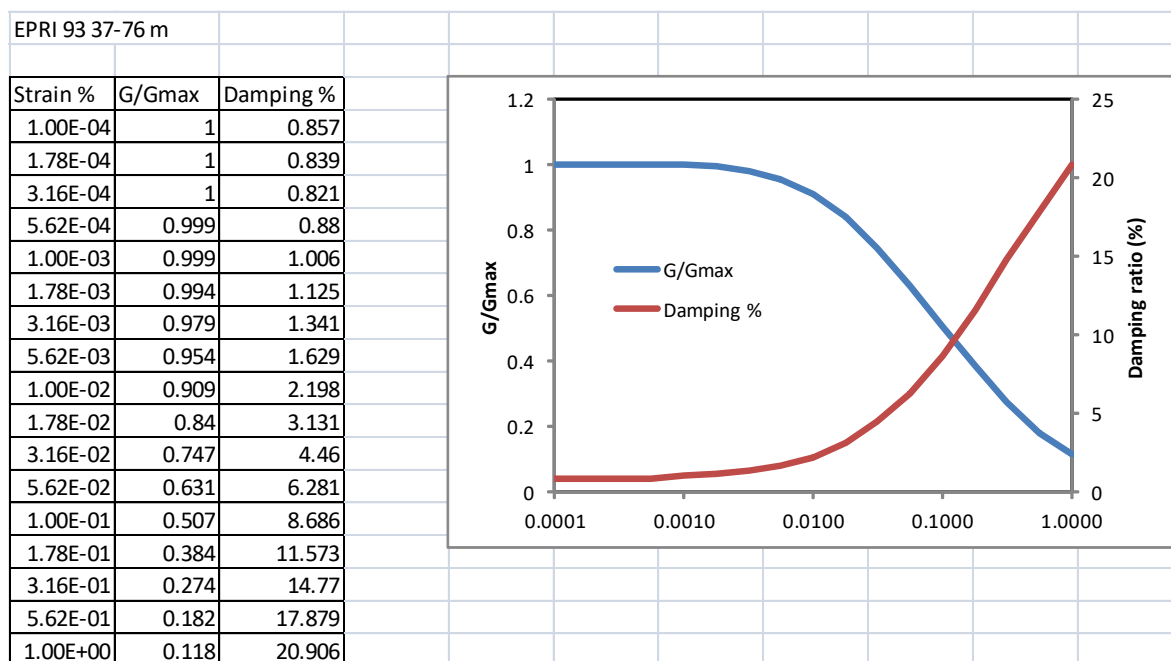


figura 18

Sismo compatibilità

Gli eventi di scenario sono estratti a partire dai risultati della disaggregazione della pericolosità sismica disponibili sul sito web dell'INGV (figura 19), così come suggerito dalla Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21/01/2019 (Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle NTC 2018).

Lo strumento non è pensato per l'utilizzo nella progettazione e prende in considerazione solo un periodo di riferimento di 50 anni per diverse probabilità di eccedenza.

Ne consegue che se scegliamo una probabilità di superamento nel periodo di riferimento del 10 % avremo un tempo di ritorno di 475 anni, se invece adottiamo una probabilità del 5% il tempo di ritorno sarà di 975 anni.

In entrambi i casi non è colto il tempo di ritorno calcolato in precedenza per SLV di 712 anni (vedi figura 12), motivo per cui si è scelto di adottare una probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

La ricerca cade sul quadrato centrale di figura 19, il più vicino all'area di studio; i risultati sono contemplati in figura 20 e tabella 4.

Dr. Roberto Farioli
Geologo
Via Ippolito Nievo n. 9
42123 Reggio Emilia
Cell. 338 1168699

16

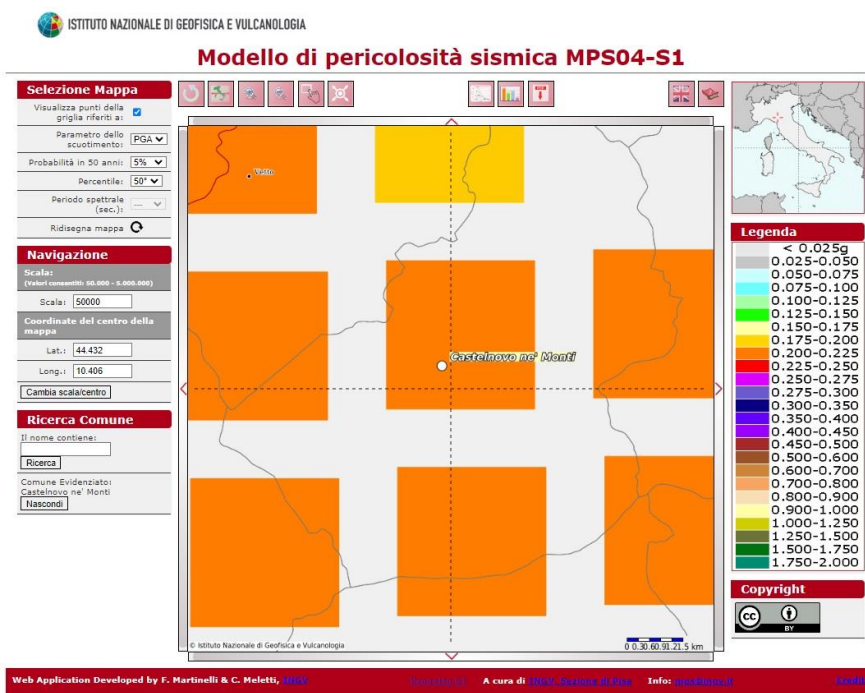


figura 19

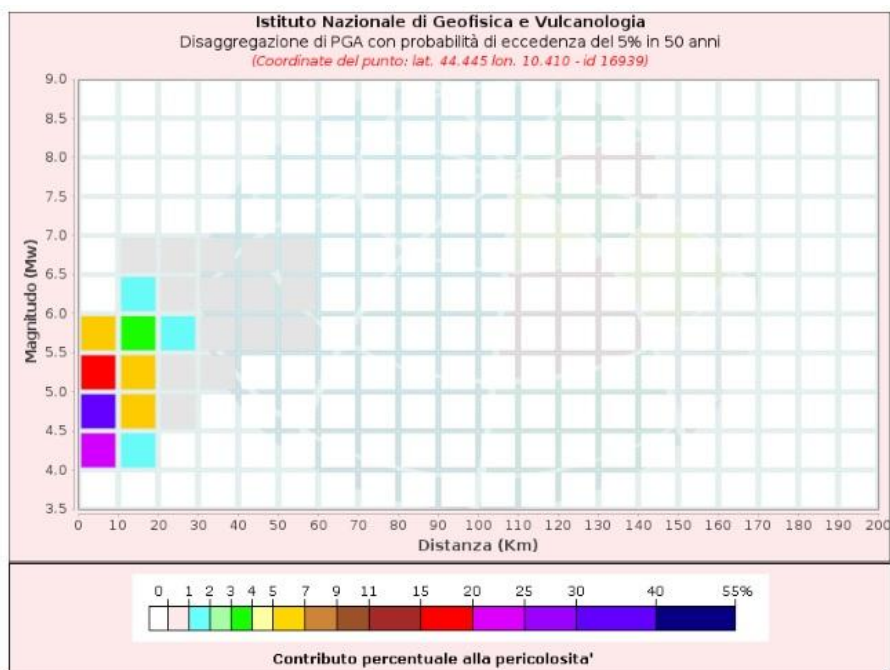


figura 20

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.445 lon. 10.410 - id 16939)							
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)						
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0
0-10	0.0000	20.0000	35.0000	17.9000	6.0900	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.4500	5.4000	6.0400	3.9600	1.0800	0.1660
20-30	0.0000	0.0000	0.0529	0.6420	1.0200	0.6120	0.1170
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0081	0.1500	0.2220	0.0538
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0471	0.0171
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0031	0.0029

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.92	6.98	1.07

tabella 4 - disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni

Per sintetizzare i risultati possiamo considerare le magnitudo comprese nell'intervallo $4 \div 6.5$ e le distanze tra 0 e 30 km. Nella scelta, i dati con contributi percentuali alla pericolosità molto inferiori all'unità, sono stati esclusi in quanto risulterebbero poco rappresentativi per l'area in studio.

Spettro compatibilità

Per l'estrazione degli accelerogrammi, necessari a costruire il segnale di input, si è utilizzato il software **REXEL v 3.5**, messo a punto dalla ReLUIS di Napoli.

Il software consente di limitare la ricerca alle storie temporali compatibili con la sismicità del luogo in esame e con lo spettro in accelerazione di riferimento previsto dalle NTC.

La ricerca è stata condotta all'interno della European Strong-motion Database (Ambraseys et al., 2004), utilizzando uno spettro target riferito ad un suolo di categoria A, visto che il segnale da costruire prende origine dal bedrock sismico, identificabile per definizione alla citata categoria.

In figura 21 uno screenshot del software dal quale si possono leggere le limitazioni imposte per la ricerca, che ha prodotto 1000 settuple.

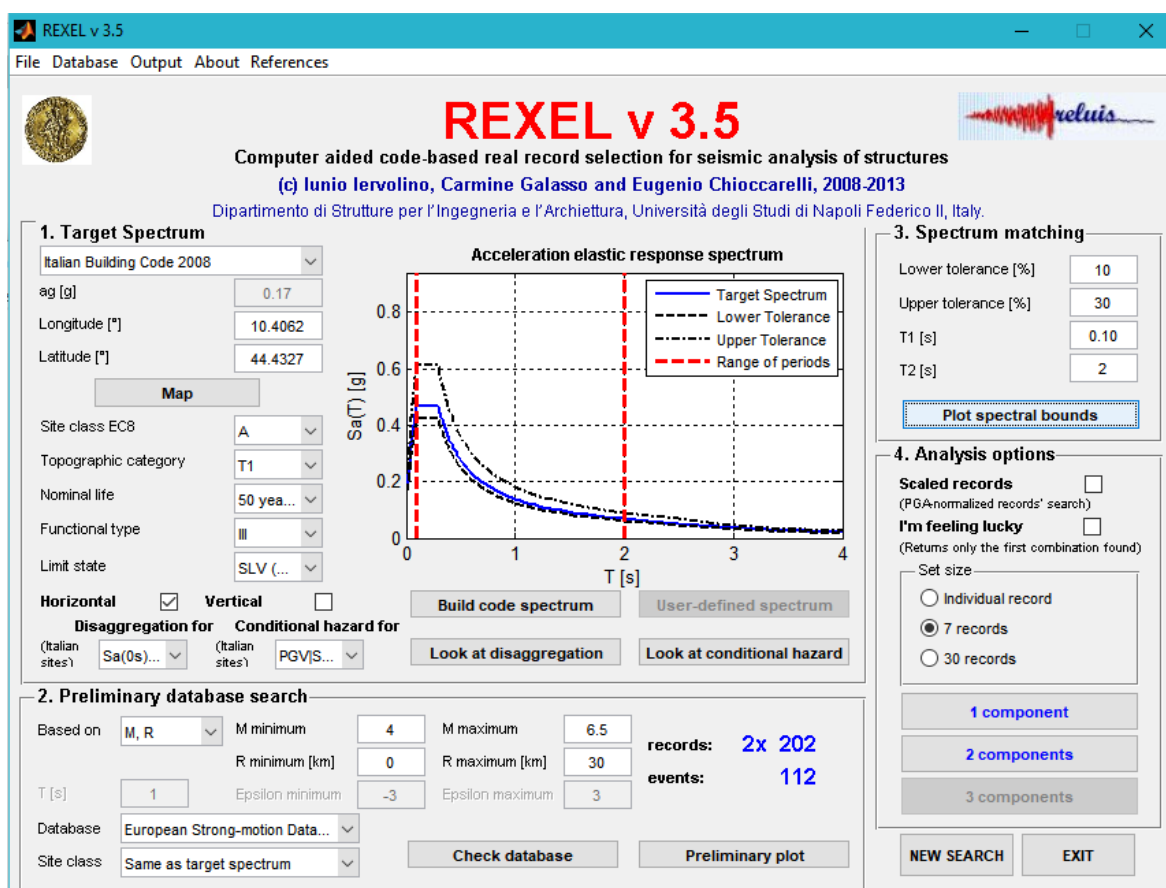


figura 21

Tra tutte si è scelta quella che riduce al minimo lo scarto tra lo spettro medio delle settuple medesime e lo spettro target previsto dalle NTC (suolo A, categoria topografica T1, vita nominale 50 anni, classe d'uso 3, SLV).

In tabella 5 sono riportate le caratteristiche degli eventi considerati. Le figure 22 e 23 mostrano gli accelerogrammi e gli spettri derivati.

	Waveform ID						
	242	5079	829	428	6335	665	4674
Earthquake ID	115	1464	358	203	2142	286	1635
Station ID	ST225	ST2552	ST236	ST169	ST2557	ST238	ST2486
Earthquake Name	Valnerina	Mt. Hengill Area	Umbria Marche (aftershock)	Etolia	South Iceland (aftershock)	Umbria Marche	South Iceland
Date	19/09/1979	04/06/1998	16/10/1997	18/05/1988	21/06/2000	26/09/1997	17/06/2000
Mw	5.8	5.4	4.3	5.3	6.4	6	6.5
Fault Mechanism	normal	strike slip	strike slip	thrust	strike slip	normal	strike slip
Epicentral Distance [km]	5	6	1	23	15	21	5
PGA_X [m/s ²]	1.5095	1.702	3.6788	1.6238	1.2481	1.8296	3.1176
PGA_Y [m/s ²]	2.0121	1.332	3.9885	1.7297	1.1322	1.5949	3.3109
EC8 Site class	A	A	A	A	A	A	A

tabella 5

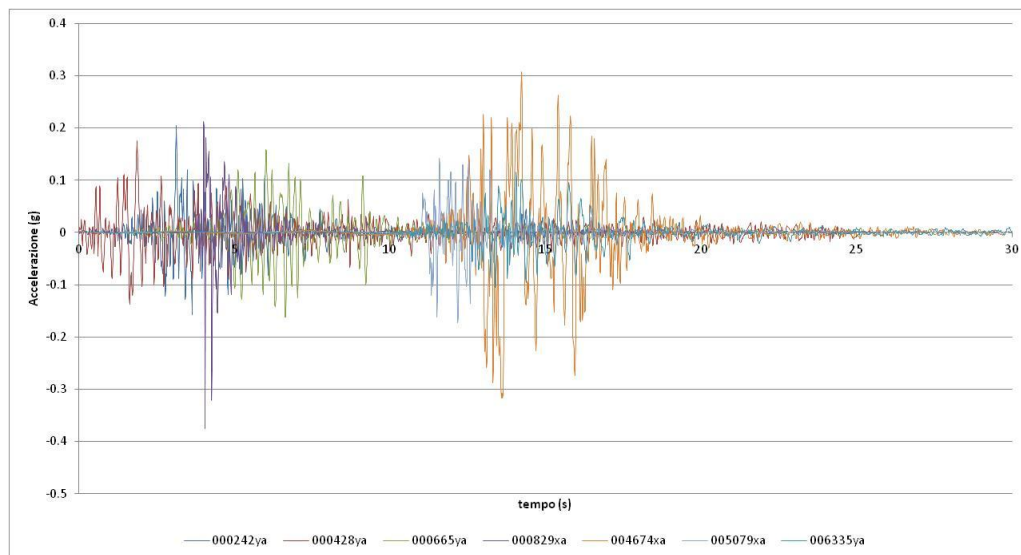


figura 22

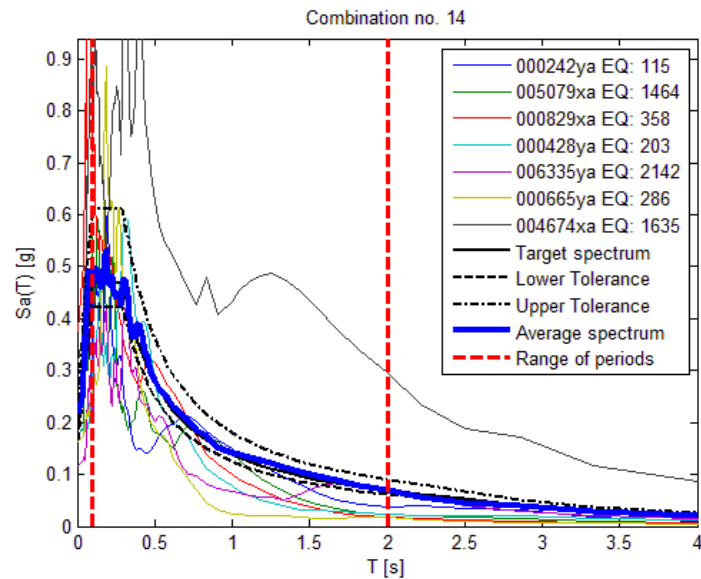


figura 23

Procedura di calcolo

I dati raccolti sono stati processati con il codice di calcolo STRATA (Albert Kottke, Ellen Rathje - University of Texas, Austin).

Analisi lineare equivalente (EQL)

Il metodo scelto per modellare la trasmissione delle onde prevede un'analisi lineare equivalente (EQL), assumendo alcuni valori iniziali per il modulo di taglio (G) e il rapporto di smorzamento (D) in tutti gli elementi del sistema.

Durante il processo matematico si registra la massima deformazione ciclica di taglio per ogni strato considerato e si confronta con la curva del terreno adottata al fine di determinare nuovi valori di smorzamento e modulo di taglio. A loro volta, questi sono utilizzati per un nuovo ciclo di calcolo.

L'intero processo viene ripetuto più volte, fino a quando non vi è più alcun cambiamento nella deformazione di taglio.

Spettri

Tra i molteplici outputs resi dal programma vi sono gli spettri di risposta elastica in accelerazione (figura 24), che forniscono la base per il calcolo dello spettro medio e la costruzione di quello regolarizzato (figura 25).

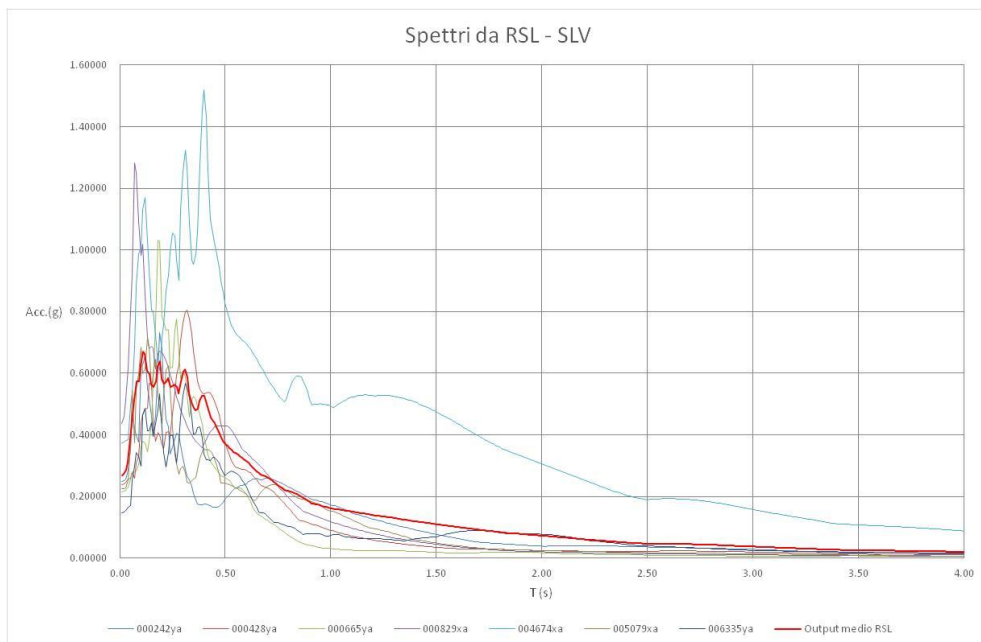


figura 24

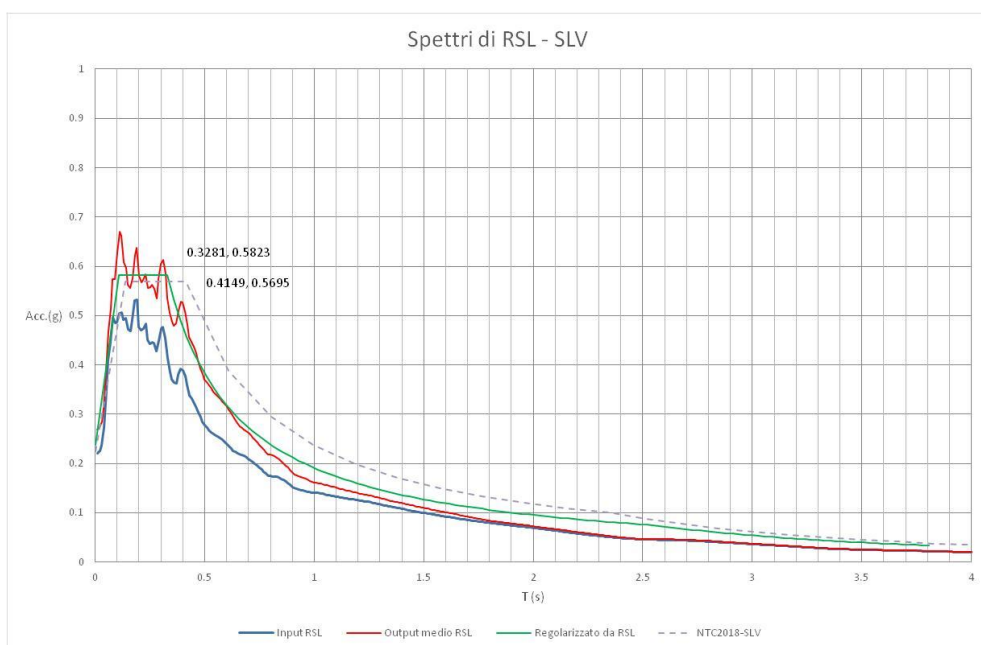


figura 25 - Spettri delle pseudo accelerazioni espresse in g. Con linea tratteggiata è riportato lo spettro derivato dall'approccio semplificato delle NTC 2018, per un suolo di categoria B.

L'output della curva verde è stato regolarizzato secondo quanto proposto nell'Allegato 1 all'Ordinanza n. 55 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 24 aprile 2018 (Gazzetta Ufficiale - Serie Generale n. 107 del 10-05-2018).

I dati in forma numerica sono riportati in allegato 1.

Come si vede, il tratto piano dello spettro RSL sovrasta di poco quello dello spettro ricavato con approccio semplificato, confermando, nella sostanza, la congruità di quest'ultimo.

Peraltro non è detto che il rigore matematico e la correttezza del risultato vadano di pari passo nel campo della geotecnica-sismica, tante e tali sono le alee che riserva la modellazione del suolo, ancorché l'approccio sia "rigoroso" come quello impiegato.

Va comunque sottolineato che, in via prudenziale, nei calcoli si è fatto riferimento alla Magnitudo registrata in Garfagnana, ben più severa rispetto a quella dei terremoti locali.

5 STABILITÀ GLOBALE DEL VERSANTE

In occasione del Progetto di adeguamento sismico del "C. Cattaneo" furono condotte analisi per i blocchi C e D ponendo il substrato come unica litologia e riferendo a tale compagine i seguenti parametri:

per gli sforzi totali	coesione non drenata	$c_{uk} = 180 \text{ kPa}$
	coesione intercetta	$c'_k = 112 \text{ kPa}$
per le condizioni efficaci	angolo d'attrito interno	$\varphi'_k = 23^\circ$
	peso di volume	$\gamma = 2.2 \text{ Mg/m}^3$

Tali condizioni sono riprese anche nel caso in esame, dato che le terre superficiali giocano un ruolo subordinato nell'equilibrio generale e possono dunque essere trascurate.

Peraltro, le resistenze della copertura argillosa nel settore della prima penetrometria dinamica integrativa, escludono la presenza di un piano di scivolamento superficiale, confermando che il dissesto franoso di monte è un episodio circoscritto e discosto dall'area d'intervento.

Le analisi che seguono riguardano l'assetto del versante nelle condizioni attuali, di fine sbancamento e ad opera ultimata, mettendo in conto l'ambito statico prima, quindi, lo scenario che si genera in caso di sollecitazione sismica.

Si è impiegato il metodo Bishop-Modificato imponendo superfici di potenziale rottura di forma circolare; il codice di calcolo è WinStabl (University of Wisconsin), una trasposizione in Windows del classico STABL (Purdue University – Indiana).

Per ogni verifica, l'elaborato di sintesi è rappresentato da un disegno che mostra le 10 superfici di rottura più critiche con evidenziato il piano di scorrimento a fattore minimo. I valori numerici sono esposti in allegato 2.
La falda idrica è omessa.
I profili sono ricavati coniugando i punti del DTM – RER con le quote riportate sulle mappe di progetto ed opportune misure in loco.

5.1 Condizioni attuali in regime statico

I calcoli sono stati effettuati ammettendo che il substrato risponda in condizioni drenate; i parametri di resistenza a taglio sono quelli caratteristici richiamati sopra.
Nel caso in esame, il coefficiente di sicurezza F eccede 5 (figura 26).

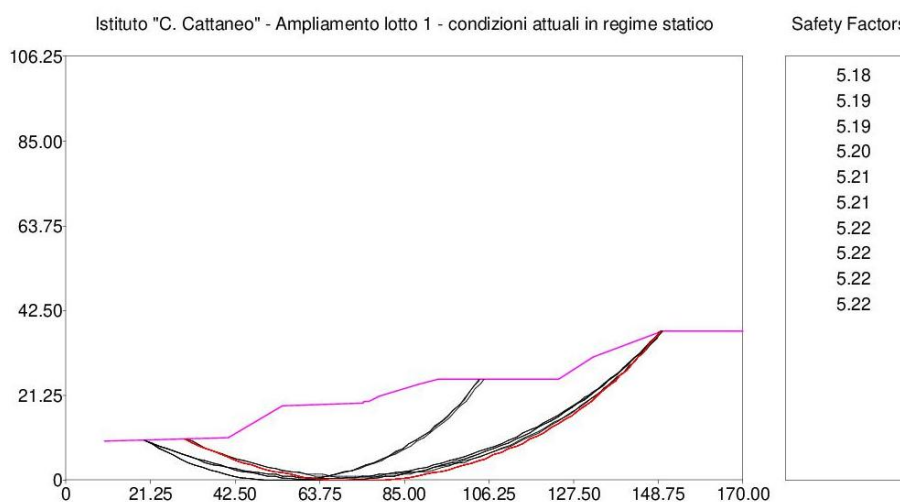


figura 26

5.2 Condizioni attuali in regime dinamico

Occorre qui considerare che le terre rispondono a sollecitazioni rapide, dunque sarà mobilizzato il parametro di resistenza a taglio in condizioni non drenate.

L'azione sismica di progetto è calcolata a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, pari a 0.271 g.

In un approccio di tipo pseudo statico, le componenti orizzontale e verticale della sollecitazione sono espresse come $F_h = W \cdot k_h$ ed $F_v = W \cdot k_v$

dove

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max}/g \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Per la categoria di suolo B, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_s è pari a 0.28, quindi

$$k_h \approx 0.076$$

$$k_v = \pm 0.038$$

Nel caso specifico, F è circa 2.7 (figura 27).

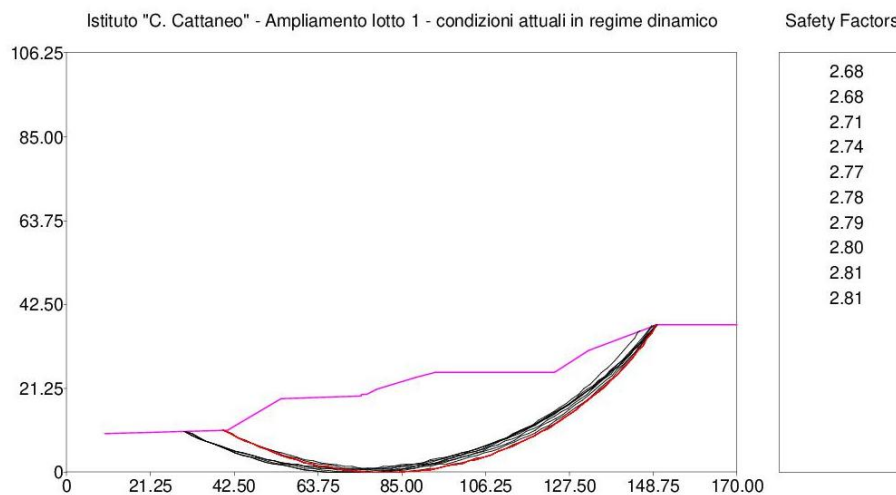


figura 27

5.3 Condizioni a scavo ultimato

Il tetto della Formazione di Ranzano è intensamente fratturato.

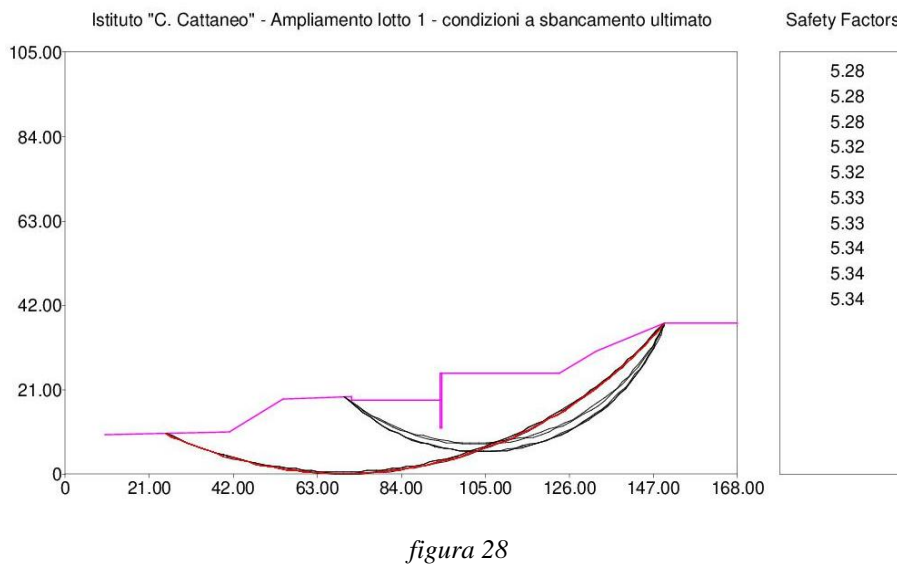
In scavi verticali ovvero sub verticali non adeguatamente protetti, questo stato della roccia può indurre fenomeni di crollo, la stratificazione del deposito costituisce poi discontinuità naturali lungo le quali il materiale tende a fluire, situazioni che si generano anche se i fronti sono relativamente modesti.

Nel caso specifico, la berlinese messa in conto garantirà la stabilità della parete rocciosa e la necessaria sicurezza per le maestranze.

Detto questo, si può quantificare il coefficiente di sicurezza del versante una volta costruita la paratia e sbancate le terre.

Nel calcolo, quest'ultima è rappresentata da un setto continuo in CA spesso mezzo metro di elevata resistenza a taglio.

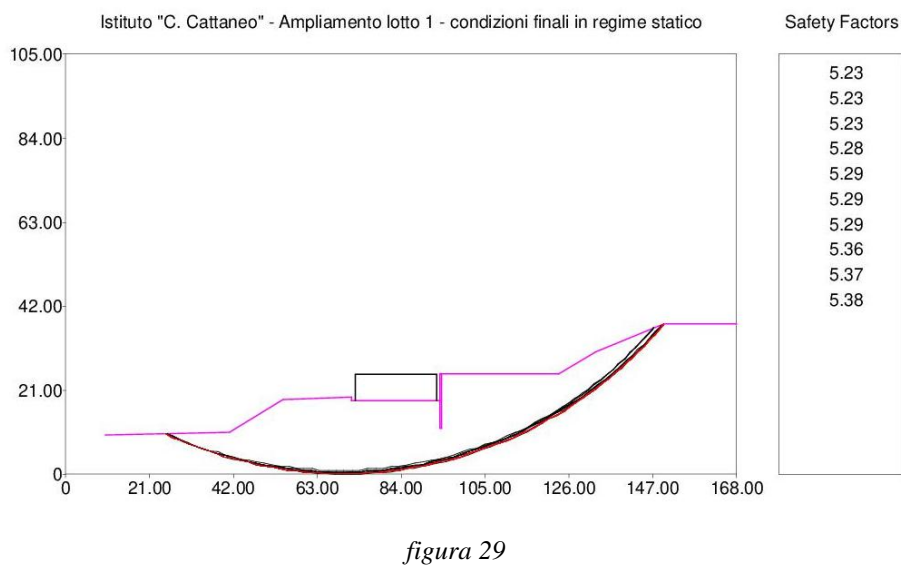
Trattandosi di una situazione temporanea si omette la verifica in condizioni sismiche; il risultato è in figura 28.



5.4 Condizioni finali in regime statico

In assenza di sisma, il peso complessivo dell'edificio nel caso più gravoso allo SLU supera di poco 1700 t, il che equivale ad una tensione di circa 54 kPa riferita all'intero sedime.

Come si vede, la verifica porta a stimare un coefficiente di sicurezza intorno a 5.2 (figura 29).



5.5 Condizioni finali in regime dinamico

Per il caso SLV più gravoso, il valore da considerare è di 1236 t, da cui si estrae una tensione distribuita sull'area d'imposta di circa 39 kPa.

La verifica porta ad un coefficiente di sicurezza prossimo a 3 (figura 30).

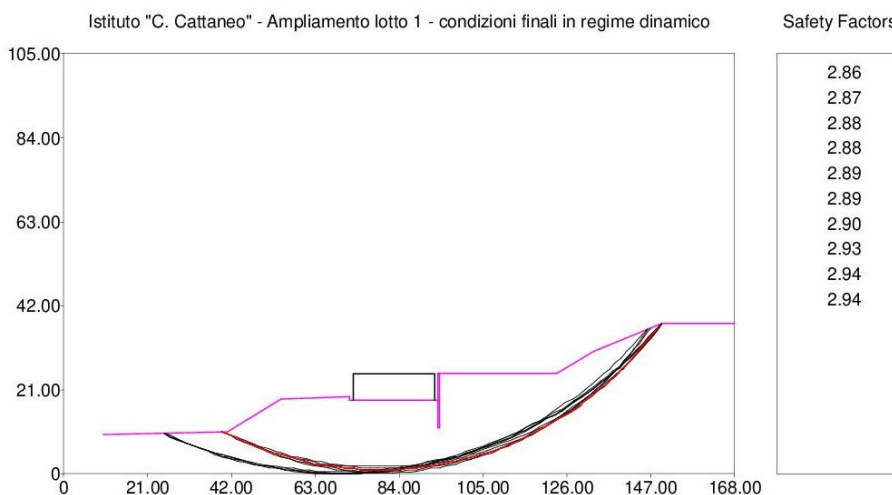


figura 30

Tutti i casi presi in esame risultano ampiamente verificati.

L'analisi di stabilità globale di un pendio edificato richiede infatti il ricorso all'Approccio 1 in Combinazione 2, che adotta $\gamma_{R2} = 1.1$ come coefficiente parziale.



ALLEGATO 1

Pseudo accelerazioni dello spettro RSL e RSL Normalizzato

Spettro medio in pseudo accelerazioni da RSL

Periodo (s)	Acc. (g)	Periodo (s)	Acc. (g)	Periodo (s)	Acc. (g)	Periodo (s)	Acc. (g)
0.01	0.27	0.57	0.33	1.13	0.15	1.69	0.09
0.02	0.27	0.58	0.33	1.14	0.15	1.70	0.09
0.03	0.29	0.59	0.32	1.15	0.15	1.71	0.09
0.04	0.31	0.60	0.32	1.16	0.14	1.72	0.09
0.05	0.39	0.61	0.31	1.17	0.14	1.73	0.09
0.06	0.47	0.62	0.30	1.18	0.14	1.74	0.09
0.07	0.51	0.63	0.29	1.19	0.14	1.75	0.09
0.08	0.57	0.64	0.29	1.20	0.14	1.76	0.09
0.09	0.57	0.65	0.28	1.21	0.14	1.77	0.09
0.10	0.63	0.66	0.28	1.22	0.14	1.78	0.09
0.11	0.67	0.67	0.27	1.23	0.14	1.79	0.09
0.12	0.66	0.68	0.27	1.24	0.14	1.80	0.08
0.13	0.61	0.69	0.27	1.25	0.14	1.81	0.08
0.14	0.60	0.70	0.26	1.26	0.13	1.82	0.08
0.15	0.56	0.71	0.26	1.27	0.13	1.83	0.08
0.16	0.56	0.72	0.25	1.28	0.13	1.84	0.08
0.17	0.57	0.73	0.25	1.29	0.13	1.85	0.08
0.18	0.62	0.74	0.24	1.30	0.13	1.86	0.08
0.19	0.64	0.75	0.24	1.31	0.13	1.87	0.08
0.20	0.58	0.76	0.23	1.32	0.13	1.88	0.08
0.21	0.57	0.77	0.23	1.33	0.13	1.89	0.08
0.22	0.57	0.78	0.22	1.34	0.13	1.90	0.08
0.23	0.58	0.79	0.22	1.35	0.12	1.91	0.08
0.24	0.56	0.80	0.22	1.36	0.12	1.92	0.08
0.25	0.56	0.81	0.22	1.37	0.12	1.93	0.08
0.26	0.56	0.82	0.21	1.38	0.12	1.94	0.08
0.27	0.55	0.83	0.21	1.39	0.12	1.95	0.08
0.28	0.54	0.84	0.21	1.40	0.12	1.96	0.07
0.29	0.57	0.85	0.20	1.41	0.12	1.97	0.07
0.30	0.61	0.86	0.20	1.42	0.12	1.98	0.07
0.31	0.61	0.87	0.20	1.43	0.12	1.99	0.07
0.32	0.59	0.88	0.19	1.44	0.12	2.00	0.07
0.33	0.54	0.89	0.19	1.45	0.11	2.01	0.07
0.34	0.51	0.90	0.18	1.46	0.11	2.02	0.07
0.35	0.49	0.91	0.18	1.47	0.11	2.03	0.07
0.36	0.48	0.92	0.18	1.48	0.11	2.04	0.07
0.37	0.48	0.93	0.17	1.49	0.11	2.05	0.07
0.38	0.51	0.94	0.17	1.50	0.11	2.06	0.07
0.39	0.53	0.95	0.17	1.51	0.11	2.07	0.07
0.40	0.53	0.96	0.17	1.52	0.11	2.08	0.07
0.41	0.51	0.97	0.17	1.53	0.11	2.09	0.07
0.42	0.48	0.98	0.17	1.54	0.11	2.10	0.07
0.43	0.46	0.99	0.16	1.55	0.11	2.11	0.07
0.44	0.45	1.00	0.16	1.56	0.10	2.12	0.07
0.45	0.44	1.01	0.16	1.57	0.10	2.13	0.07
0.46	0.42	1.02	0.16	1.58	0.10	2.14	0.06
0.47	0.41	1.03	0.16	1.59	0.10	2.15	0.06
0.48	0.39	1.04	0.16	1.60	0.10	2.16	0.06
0.49	0.38	1.05	0.16	1.61	0.10	2.17	0.06
0.50	0.37	1.06	0.16	1.62	0.10	2.18	0.06
0.51	0.36	1.07	0.15	1.63	0.10	2.19	0.06
0.52	0.36	1.08	0.15	1.64	0.10	2.20	0.06
0.53	0.35	1.09	0.15	1.65	0.10	2.21	0.06
0.54	0.34	1.10	0.15	1.66	0.10	2.22	0.06
0.55	0.34	1.11	0.15	1.67	0.09	2.23	0.06
0.56	0.34	1.12	0.15	1.68	0.09	2.24	0.06

Periodo (s)	Acc. (g)	Periodo (s)	Acc. (g)	Periodo (s)	Acc. (g)
2.25	0.06	2.84	0.04	3.43	0.03
2.26	0.06	2.85	0.04	3.44	0.03
2.27	0.06	2.86	0.04	3.45	0.03
2.28	0.06	2.87	0.04	3.46	0.03
2.29	0.06	2.88	0.04	3.47	0.03
2.30	0.06	2.89	0.04	3.48	0.03
2.31	0.05	2.90	0.04	3.49	0.03
2.32	0.05	2.91	0.04	3.50	0.03
2.33	0.05	2.92	0.04	3.51	0.03
2.34	0.05	2.93	0.04	3.52	0.03
2.35	0.05	2.94	0.04	3.53	0.03
2.36	0.05	2.95	0.04	3.54	0.03
2.37	0.05	2.96	0.04	3.55	0.03
2.38	0.05	2.97	0.04	3.56	0.02
2.39	0.05	2.98	0.04	3.57	0.02
2.40	0.05	2.99	0.04	3.58	0.02
2.41	0.05	3.00	0.04	3.59	0.02
2.42	0.05	3.01	0.04	3.60	0.02
2.43	0.05	3.02	0.04	3.61	0.02
2.44	0.05	3.03	0.04	3.62	0.02
2.45	0.05	3.04	0.04	3.63	0.02
2.46	0.05	3.05	0.04	3.64	0.02
2.47	0.05	3.06	0.04	3.65	0.02
2.48	0.05	3.07	0.04	3.66	0.02
2.49	0.05	3.08	0.04	3.67	0.02
2.50	0.05	3.09	0.03	3.68	0.02
2.51	0.05	3.10	0.03	3.69	0.02
2.52	0.05	3.11	0.03	3.70	0.02
2.53	0.05	3.12	0.03	3.71	0.02
2.54	0.05	3.13	0.03	3.72	0.02
2.55	0.05	3.14	0.03	3.73	0.02
2.56	0.05	3.15	0.03	3.74	0.02
2.57	0.05	3.16	0.03	3.75	0.02
2.58	0.05	3.17	0.03	3.76	0.02
2.59	0.05	3.18	0.03	3.77	0.02
2.60	0.05	3.19	0.03	3.78	0.02
2.61	0.05	3.20	0.03	3.79	0.02
2.62	0.05	3.21	0.03	3.80	0.02
2.63	0.05	3.22	0.03	3.81	0.02
2.64	0.05	3.23	0.03	3.82	0.02
2.65	0.05	3.24	0.03	3.83	0.02
2.66	0.05	3.25	0.03	3.84	0.02
2.67	0.05	3.26	0.03	3.85	0.02
2.68	0.05	3.27	0.03	3.86	0.02
2.69	0.05	3.28	0.03	3.87	0.02
2.70	0.05	3.29	0.03	3.88	0.02
2.71	0.04	3.30	0.03	3.89	0.02
2.72	0.04	3.31	0.03	3.90	0.02
2.73	0.04	3.32	0.03	3.91	0.02
2.74	0.04	3.33	0.03	3.92	0.02
2.75	0.04	3.34	0.03	3.93	0.02
2.76	0.04	3.35	0.03	3.94	0.02
2.77	0.04	3.36	0.03	3.95	0.02
2.78	0.04	3.37	0.03	3.96	0.02
2.79	0.04	3.38	0.03	3.97	0.02
2.80	0.04	3.39	0.03	3.98	0.02
2.81	0.04	3.40	0.03	3.99	0.02
2.82	0.04	3.41	0.03	4.00	0.02
2.83	0.04	3.42	0.03		

Spettro normalizzato da RSL

Periodo (s) Acc. (g)			Periodo (s) Acc. (g)			Periodo (s) Acc. (g)		
T _A	0.000	0.237	1.948	0.098	3.628	0.037		
T _B	0.109	0.582	1.978	0.097	3.658	0.036		
T _C	0.328	0.582	2.008	0.095	3.688	0.036		
	0.358	0.534	2.038	0.094	3.718	0.035		
	0.388	0.492	2.068	0.092	3.748	0.035		
	0.418	0.457	2.098	0.091	3.778	0.034		
	0.448	0.426	2.128	0.090	3.808	0.034		
	0.478	0.400	2.158	0.089	3.838	0.033		
	0.508	0.376	2.188	0.087	3.868	0.033		
	0.538	0.355	2.218	0.086	3.898	0.032		
	0.568	0.336	2.248	0.085				
	0.598	0.319	2.278	0.084				
	0.628	0.304	2.308	0.083				
	0.658	0.290	2.338	0.082				
	0.688	0.278	2.368	0.081				
	0.718	0.266	2.398	0.080				
	0.748	0.255	2.428	0.079				
	0.778	0.246	2.458	0.078				
	0.808	0.236	T _D	2.488	0.077			
	0.838	0.228	2.518	0.076				
	0.868	0.220	2.548	0.075				
	0.898	0.213	2.578	0.073				
	0.928	0.206	2.608	0.072				
	0.958	0.199	2.638	0.070				
	0.988	0.193	2.668	0.068				
	1.018	0.188	2.698	0.067				
	1.048	0.182	2.728	0.065				
	1.078	0.177	2.758	0.064				
	1.108	0.172	2.788	0.063				
	1.138	0.168	2.818	0.061				
	1.168	0.164	2.848	0.060				
	1.198	0.159	2.878	0.059				
	1.228	0.156	2.908	0.058				
	1.258	0.152	2.938	0.056				
	1.288	0.148	2.968	0.055				
	1.318	0.145	2.998	0.054				
	1.348	0.142	3.028	0.053				
	1.378	0.139	3.058	0.052				
	1.408	0.136	3.088	0.051				
	1.438	0.133	3.118	0.050				
	1.468	0.130	3.148	0.049				
	1.498	0.128	3.178	0.048				
	1.528	0.125	3.208	0.047				
	1.558	0.123	3.238	0.046				
	1.588	0.120	3.268	0.046				
	1.618	0.118	3.298	0.045				
	1.648	0.116	3.328	0.044				
	1.678	0.114	3.358	0.043				
	1.708	0.112	3.388	0.042				
	1.738	0.110	3.418	0.042				
	1.768	0.108	3.448	0.041				
	1.798	0.106	3.478	0.040				
	1.828	0.105	3.508	0.040				
	1.858	0.103	3.538	0.039				
	1.888	0.101	3.568	0.038				
	1.918	0.100	3.598	0.038				

ALLEGATO 2

Inputs e outputs delle verifiche di stabilità

NOTA: alle grandezze pcf, psf e ft sono da sostituirsi rispettivamente kN/m^3 , kPa, m

PROBLEM DESCRIPTION

Istituto "C. Cattaneo" - Ampliamento lotto 1 - condizioni
attuali in regime statico

BOUNDARY COORDINATES

12 Top Boundaries
12 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	10.00	10.00	41.00	10.80	1
2	41.00	10.80	54.52	18.85	1
3	54.52	18.85	74.89	19.36	1
4	74.89	19.36	74.91	19.84	1
5	74.91	19.84	76.30	19.86	1
6	76.30	19.86	78.56	21.02	1
7	78.56	21.02	88.83	24.23	1
8	88.83	24.23	93.79	25.20	1
9	93.79	25.20	123.60	25.20	1
10	123.60	25.20	132.68	30.76	1
11	132.68	30.76	149.87	37.71	1
12	149.87	37.71	170.00	37.71	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

1 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	22.0	22.0	112.0	23.0	0.00	0.0	1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.
2500 Trial Surfaces Have Been Generated.
500 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 10.00 ft. and X = 50.00 ft.
Each Surface Terminates Between X = 100.00 ft. and X = 150.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = 0.00 ft.
2.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Is Displayed The Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined

Failure Surface Specified By 68 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	30.00	10.52
2	31.79	9.62
3	33.60	8.77
4	35.42	7.95
5	37.27	7.17
6	39.12	6.43
7	41.00	5.73
8	42.88	5.07
9	44.79	4.45
10	46.70	3.87
11	48.62	3.33
12	50.56	2.82
13	52.51	2.36
14	54.46	1.94
15	56.43	1.56
16	58.40	1.23
17	60.38	0.93
18	62.36	0.68
19	64.35	0.46
20	66.34	0.29
21	68.34	0.16

22	70.33	0.07
23	72.33	0.03
24	74.33	0.02
25	76.33	0.06
26	78.33	0.14
27	80.33	0.26
28	82.32	0.42
29	84.31	0.63
30	86.30	0.87
31	88.27	1.16
32	90.25	1.49
33	92.21	1.86
34	94.17	2.27
35	96.12	2.73
36	98.06	3.22
37	99.98	3.75
38	101.90	4.32
39	103.80	4.94
40	105.69	5.59
41	107.57	6.28
42	109.43	7.02
43	111.28	7.79
44	113.11	8.60
45	114.92	9.44
46	116.71	10.33
47	118.49	11.25
48	120.24	12.21
49	121.98	13.21
50	123.69	14.24
51	125.38	15.30
52	127.05	16.41
53	128.69	17.54
54	130.32	18.72
55	131.91	19.92
56	133.48	21.16
57	135.03	22.43
58	136.54	23.73
59	138.03	25.07
60	139.49	26.43
61	140.93	27.83
62	142.33	29.25
63	143.70	30.71
64	145.05	32.19
65	146.36	33.70
66	147.64	35.24
67	148.88	36.80
68	149.44	37.54

*** 5.176 ***

PROBLEM DESCRIPTION

Istituto "C. Cattaneo" - Ampliamento lotto 1 - condizioni
attuali in regime dinamico

BOUNDARY COORDINATES

12 Top Boundaries
12 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	10.00	10.00	41.00	10.80	1
2	41.00	10.80	54.52	18.85	1
3	54.52	18.85	74.89	19.36	1
4	74.89	19.36	74.91	19.84	1
5	74.91	19.84	76.30	19.86	1
6	76.30	19.86	78.56	21.02	1
7	78.56	21.02	88.83	24.23	1
8	88.83	24.23	93.79	25.20	1
9	93.79	25.20	123.60	25.20	1
10	123.60	25.20	132.68	30.76	1
11	132.68	30.76	149.87	37.71	1
12	149.87	37.71	170.00	37.71	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

1 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	22.0	22.0	180.0	0.0	0.00	0.0	1

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient
Of 0.080 Has Been Assigned
A Vertical Earthquake Loading Coefficient
Of 0.040 Has Been Assigned
Cavitation Pressure = 0.0 psf

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.
2500 Trial Surfaces Have Been Generated.
500 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 10.00 ft.
and X = 50.00 ft.
Each Surface Terminates Between X = 100.00 ft.
and X = 150.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = 0.00 ft.
2.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Is Displayed The Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined.

Failure Surface Specified By 64 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	40.00	10.77
2	41.76	9.81
3	43.53	8.90
4	45.33	8.02
5	47.15	7.19
6	48.99	6.41
7	50.85	5.67
8	52.72	4.97
9	54.61	4.32
10	56.52	3.72
11	58.44	3.16

12	60.37	2.64
13	62.32	2.18
14	64.28	1.76
15	66.24	1.39
16	68.21	1.07
17	70.20	0.79
18	72.18	0.57
19	74.17	0.39
20	76.17	0.25
21	78.17	0.17
22	80.17	0.14
23	82.17	0.15
24	84.17	0.21
25	86.16	0.32
26	88.16	0.48
27	90.15	0.69
28	92.13	0.94
29	94.11	1.24
30	96.08	1.59
31	98.04	1.99
32	99.99	2.44
33	101.93	2.93
34	103.85	3.47
35	105.76	4.05
36	107.66	4.68
37	109.54	5.36
38	111.41	6.08
39	113.26	6.85
40	115.09	7.66
41	116.89	8.51
42	118.68	9.41
43	120.45	10.35
44	122.19	11.33
45	123.90	12.36
46	125.60	13.43
47	127.26	14.53
48	128.90	15.68
49	130.51	16.87
50	132.09	18.09
51	133.64	19.35
52	135.16	20.65
53	136.65	21.99
54	138.11	23.36
55	139.53	24.77
56	140.92	26.21
57	142.27	27.68
58	143.59	29.19
59	144.87	30.72
60	146.11	32.29
61	147.31	33.89
62	148.48	35.51
63	149.60	37.16
64	149.96	37.71

*** 2.680 ***

PROBLEM DESCRIPTION

Istituto "C. Cattaneo" - Ampliamento lotto 1 - condizioni a sbancamento ultimato

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries
14 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	10.00	10.00	41.00	10.80	1
2	41.00	10.80	54.52	18.85	1
3	54.52	18.85	71.55	19.27	1
4	71.55	19.27	71.59	18.68	1
5	71.59	18.68	93.79	18.68	1
6	93.79	18.68	93.79	25.20	2
7	93.79	25.20	94.29	25.20	2
8	94.29	25.20	123.60	25.20	1
9	123.60	25.20	132.68	30.76	1
10	132.68	30.76	149.87	37.71	1
11	149.87	37.71	168.00	37.71	1
12	93.79	18.68	93.79	11.55	2
13	93.79	11.55	94.29	11.55	1
14	94.29	11.55	94.29	25.20	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	22.0	22.0	112.0	23.0	0.00	0.0	0
2	25.0	25.0	250.0	30.0	0.00	0.0	0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified. 2500 Trial Surfaces Have Been Generated. 500 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 10.00 ft. and X = 70.00 ft. Each Surface Terminates Between X = 90.00 ft. and X = 150.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = 0.00 ft.

2.50 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Is Displayed The Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined

Failure Surface Specified By 56 Coordinate Points

No.	Point (ft)	X-Surf (ft)	Y-Surf
1	25.00	10.39	
2	26.82	9.56	
3	28.66	8.76	
4	30.51	8.00	
5	32.37	7.28	
6	34.25	6.59	
7	36.14	5.94	
8	38.04	5.32	
9	39.96	4.74	
10	41.88	4.20	
11	43.81	3.69	
12	45.76	3.22	
13	47.71	2.78	
14	49.67	2.39	
15	51.64	2.03	
16	53.61	1.71	

17	55.59	1.42
18	57.58	1.18
19	59.57	0.97
20	61.56	0.79
21	63.55	0.66
22	65.55	0.57
23	67.55	0.51
24	69.55	0.49
25	71.55	0.51
26	73.55	0.56
27	75.55	0.66
28	77.54	0.79
29	79.54	0.96
30	81.52	1.17
31	83.51	1.41
32	85.49	1.69
33	87.46	2.01
34	89.43	2.37
35	91.39	2.77
36	93.34	3.20
37	95.29	3.67
38	97.22	4.17
39	99.15	4.72
40	101.06	5.30
41	102.97	5.91
42	104.86	6.56
43	106.74	7.25
44	108.60	7.97
45	110.45	8.73
46	112.29	9.52
47	114.11	10.35
48	115.91	11.21
49	117.70	12.11
50	119.47	13.04
51	121.23	14.00
52	122.96	15.00
53	124.67	16.02
54	126.37	17.09
55	128.04	18.18
56	129.70	19.30
57	131.33	20.46
58	132.94	21.65
59	134.53	22.86
60	136.09	24.11
61	137.63	25.39
62	139.15	26.69
63	140.64	28.03
64	142.10	29.39
65	143.54	30.78
66	144.95	32.20
67	146.33	33.64
68	147.69	35.11
69	149.02	36.60
70	149.97	37.71

*** 5.278 ***

PROBLEM DESCRIPTION

Istituto "C. Cattaneo" - Ampliamento lotto 1 - condizioni finali in regime statico

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries
14 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	10.00	10.00	41.00	10.80	1
2	41.00	10.80	54.52	18.85	1
3	54.52	18.85	71.55	19.27	1
4	71.55	19.27	71.59	18.68	1
5	71.59	18.68	93.79	18.68	1
6	93.79	18.68	93.79	25.20	2
7	93.79	25.20	94.29	25.20	2
8	94.29	25.20	123.60	25.20	1
9	123.60	25.20	132.68	30.76	1
10	132.68	30.76	149.87	37.71	1
11	149.87	37.71	168.00	37.71	1
12	93.79	18.68	93.79	11.55	2
13	93.79	11.55	94.29	11.55	1
14	94.29	11.55	94.29	25.20	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	22.0	22.0	112.0	23.0	0.00	0.0	0
2	25.0	25.0	250.0	30.0	0.00	0.0	0

BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (ft)	X-Right (ft)	Intensity (lb/sqft)	Deflection (deg)
1	72.50	93.00	54.0	0.0

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified. 2500 Trial Surfaces Have Been Generated. 500 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 10.00 ft. and X = 70.00 ft. Each Surface Terminates Between X = 90.00 ft. and X = 150.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = 0.00 ft. 2.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Is Displayed The Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined.

Failure Surface Specified By 70 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	25.00	10.39
2	26.82	9.55
3	28.65	8.75

4	30.50	7.99
5	32.36	7.26
6	34.24	6.57
7	36.13	5.91
8	38.03	5.29
9	39.94	4.70
10	41.86	4.16
11	43.80	3.64
12	45.74	3.17
13	47.69	2.73
14	49.65	2.33
15	51.62	1.97
16	53.59	1.64
17	55.57	1.36
18	57.56	1.11
19	59.54	0.89
20	61.54	0.72
21	63.53	0.58
22	65.53	0.49
23	67.53	0.43
24	69.53	0.41
25	71.53	0.42
26	73.53	0.48
27	75.53	0.57
28	77.52	0.70
29	79.51	0.87
30	81.50	1.07
31	83.49	1.32
32	85.47	1.60
33	87.44	1.92
34	89.41	2.28
35	91.37	2.67
36	93.32	3.10
37	95.27	3.57
38	97.20	4.08
39	99.13	4.62
40	101.04	5.20
41	102.95	5.82
42	104.84	6.47
43	106.71	7.16
44	108.58	7.88
45	110.43	8.64
46	112.26	9.44
47	114.08	10.26
48	115.89	11.13
49	117.68	12.03
50	119.45	12.96
51	121.20	13.92
52	122.93	14.92
53	124.64	15.95
54	126.34	17.02
55	128.01	18.11
56	129.66	19.24
57	131.29	20.40
58	132.90	21.59
59	134.48	22.81
60	136.05	24.06
61	137.58	25.34
62	139.10	26.65
63	140.58	27.98
64	142.04	29.35
65	143.48	30.74
66	144.89	32.16
67	146.27	33.61
68	147.62	35.08
69	148.95	36.58
70	149.91	37.71

*** 5.233 ***

PROBLEM DESCRIPTION

Istituto "C. Cattaneo" - Ampliamento lotto 1 - condizioni
finali in regime dinamico

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries

14 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	10.00	10.00	41.00	10.80	1
2	41.00	10.80	54.52	18.85	1
3	54.52	18.85	71.55	19.27	1
4	71.55	19.27	71.59	18.68	1
5	71.59	18.68	93.79	18.68	1
6	93.79	18.68	93.79	25.20	2
7	93.79	25.20	94.29	25.20	2
8	94.29	25.20	123.60	25.20	1
9	123.60	25.20	132.68	30.76	1
10	132.68	30.76	149.87	37.71	1
11	149.87	37.71	168.00	37.71	1
12	93.79	18.68	93.79	11.55	2
13	93.79	11.55	94.29	11.55	1
14	94.29	11.55	94.29	25.20	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	22.0	22.0	180.0	0.0	0.00	0.0	0
2	25.0	25.0	300.0	0.0	0.00	0.0	0

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient

Of 0.080 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient

Of -.040 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = 0.0 psf

BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (ft)	X-Right (ft)	Intensity (lb/sqft)	Deflection (deg)
1	72.50	93.00	39.0	0.0

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed
Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random

Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

2500 Trial Surfaces Have Been Generated.

500 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced

Along The Ground Surface Between X = 10.00 ft. and X = 70.00 ft.

Each Surface Terminates Between X = 90.00 ft. and X = 150.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation

At Which A Surface Extends Is Y = 0.00 ft.

2.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Is Displayed The Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined

Failure Surface Specified By 63 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	40.00	10.77
2	41.79	9.87
3	43.59	9.01
4	45.42	8.19
5	47.26	7.42
6	49.12	6.69
7	51.00	6.00
8	52.89	5.36
9	54.80	4.76
10	56.72	4.20
11	58.66	3.69
12	60.60	3.23
13	62.56	2.81
14	64.52	2.44
15	66.50	2.12
16	68.48	1.84
17	70.46	1.61
18	72.46	1.42
19	74.45	1.28
20	76.45	1.19
21	78.45	1.14
22	80.45	1.14
23	82.45	1.19
24	84.45	1.29
25	86.44	1.43
26	88.43	1.62
27	90.42	1.85
28	92.40	2.13
29	94.37	2.46
30	96.33	2.84
31	98.29	3.26
32	100.24	3.72
33	102.17	4.23
34	104.09	4.79
35	106.00	5.39
36	107.89	6.04
37	109.77	6.73
38	111.63	7.46
39	113.47	8.24
40	115.29	9.06
41	117.10	9.92
42	118.88	10.83
43	120.64	11.77
44	122.38	12.76
45	124.10	13.79
46	125.79	14.85
47	127.46	15.96
48	129.10	17.11
49	130.71	18.29
50	132.29	19.51
51	133.85	20.77
52	135.37	22.07
53	136.86	23.40
54	138.33	24.76
55	139.76	26.16
56	141.15	27.59
57	142.52	29.05
58	143.84	30.55
59	145.14	32.07
60	146.39	33.63
61	147.61	35.22
62	148.80	36.83
63	149.23	37.45

*** 2.864 ***