



STUDIO CANEPA ASSOCIATI

ESSELUNGA®
S

ESSELUNGA S.P.A. - VIA VITTOR PISANI, 20 - 20124 MILANO

PROGETTO URBANISTICO OPERATIVO
SETTORE N° 1 DEL DISTRETTO 06 "NUOVA SESTRI P."
IN CONFORMITÀ AL PUC DI GENOVA SU
EDIFICIO EX-COGNETEX - VIA HERMADA, 4 - SESTRI P.
PER LA REALIZZAZIONE DI
NUOVA GSV DI GENERI ALIMENTARI
CON AREE ACCESSORIE E PERTINENZIALI
OLTRE
OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL T. CHIARAVAGNA,
PARCHEGGI E VERDE PUBBLICO

MURO D'ARGINE IN SPONDA DESTRA
DEL TORRENTE CHIARAVAGNA

RELAZIONE DI CALCOLO
(OPERE PROVVISORIALI)

Febbraio 2022

ing. Giovanni Canepa - arch. Maurizio Canepa - ing. Giovanni G. Canepa
Via Domenico Fiasella 16/22 - 16121 Genova- Tel./Fax. 010.561.227 / 010.585.064
web: www.studiocanepa.com - e-mail: associati@studiocanepa.it
Codice Fiscale e Partita IVA 03783800109



**INDICE**

pag.

<u>1</u>	<u>GENERALITÀ</u>	<u>3</u>
1.1	DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
1.2	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO	3
1.2.1	VITA NOMINALE DELL'OPERA	3
1.2.2	CLASSE D'USO.....	4
1.2.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	4
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
1.4	UNITÀ DI MISURA.....	5
<u>2</u>	<u>CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO</u>	<u>6</u>
2.1	ZONIZZAZIONE SISMICA	6
2.2	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	7
2.3	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	7
<u>3</u>	<u>CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE</u>	<u>8</u>
3.1	DURABILITÀ	8
3.1.1	CEMENTO ARMATO.....	8
3.1.2	ACCIAIO.....	8
<u>4</u>	<u>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</u>	<u>9</u>
4.1	DESCRIZIONE DEI TERRENI.....	9
4.1.1	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E LINEAMENTI GEOLOGICI.....	9
4.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI (VALORI MEDI).....	10
4.2.1	RIPORTI E TERRENI RIMANEGGIATI.....	10
4.2.2	DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA GHIAIE-SABBIOSE	10
4.2.3	DEPOSITI MARINI COSTITUITI DA SABBIE FINI E SABBIE- LIMOSE	10
4.2.4	ARGILLE LIMOSE (ARGILLE DI ORTOVERO)	10
<u>5</u>	<u>ANALISI DELLE PARATIE</u>	<u>11</u>
5.1	CALCOLO DELLA SPINTA – METODI DI ANALISI	11
5.2	VERIFICA DELLA PARATIA LATO SUD	13
5.2.1	DATI.....	13
5.2.2	RISULTATI.....	16
5.3	VERIFICA DELLA PARATIA – LATO NORD.....	20
5.2.1	DATI.....	20
5.2.2	RISULTATI.....	23
<u>6</u>	<u>CONCLUSIONI.....</u>	<u>26</u>



1 GENERALITÀ

La presente relazione tecnica illustra gli interventi inerenti le “opere provvisionali” previste per permettere la cantierizzazione “in sicurezza”, sia operativa che nei confronti dei manufatti adiacenti, dei lavori di realizzazione di un nuovo muro d’argine da realizzarsi in sostituzione dell’attuale arginatura in sponda destra del torrente Chiaravagna, a levante di un’area avente accesso da Via Hermada, 8 e “delimitata” verso valle dalla viabilità pubblica di Via Albareto, in Genova Sestri Ponente – Municipio VI Medio Ponente.

Le opere in questione fanno parte di un più ampio contesto di opere volte alla messa in sicurezza idraulica delle aree da detto sottese.

Nello specifico la presente relazione costituisce integrazione/corredo della relazione inerente la progettazione del citato muro d’argine

Come anticipato la zona di intervento è detto ubicata in area urbana del Comune di Genova, edificata ed originariamente destinata ad uso industriale-produttivo, attualmente dismessa, ed interessa la sponda destra del Torrente Chiaravagna, nella sua porzione ricompresa tra un ponte “privato” interno alle aree produttive della confinante proprietà Finmeccanica, a monte, e il ponte di Via Albareto, a valle.

1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Una volta sistemata e spianata l’area di lavoro nella sua porzione mediana/centrale, alla due estremità Nord-Sud della stessa si provvederà alla realizzazione di due brevi “cortine di micropali” a presidio dei fronti di scavo in adiacenza ai manufatti preesistenti al contorno dell’area.

Tale soluzione costruttiva di tipo “temporaneo/provvisoriale” è intesa a permettere l’effettuazione dei lavori di scavo in sicurezza e verrà adottata in due diverse parti del “cantiere”:

La prima, sul lato Sud, è prevista a contenimento dell’abbassamento degli scavi a ridosso della viabilità pubblica di Via Albareto, ed avrà valenza esclusivamente provvisoriale essendo destinata, in successiva fase di completamento dei lavori ad essere rinterrata fino al raggiungimento della contigua quota stradale.

La seconda, sul lato Nord, in corrispondenza del muro di confine con la soprastante area industriale “Leonardo – Finmeccanica”, servirà per permettere l’approfondimento dello scavo e verrà -a termine lavori- incorporata nel “placcaggio frontale” costituente il muro di sostegno alla formazione della rampa di accesso per ispezione e manutenzione all’alveo ivi prevista.

In entrambi i casi si provvederà alla formazione di allineamenti di micropali di diametro ϕ 200 mm, con andamento verticale, posti ad interasse di 50 cm, orditi con prof. tubolare in acciaio diam. 139,7 mm sp. 8,8 mm e solidarizzati tra loro con cordolo di collegamento sommitale in C.A.

1.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

Le specifiche prestazionali utilizzate per la valutazione della sicurezza dell’edificio sono conformi alle disposizioni delle NTC 2018 e vengono riportate nei paragrafi seguenti.

1.2.1 VITA NOMINALE DELL’OPERA

Per vita nominale V_N di un’opera strutturale si intende il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo alla quale è destinata.

La tabella seguente indica la vita nominale per i diversi tipi di opera.

Tabella 1.1 – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50



3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100
---	---	------------

La struttura oggetto della presente relazione è un'opera di tipo ordinario e, pertanto, si assume una:

Vita Nominale $V_N = < 10$ anni

1.2.2 CLASSE D'USO

Con riferimento a quanto al § 2.4.2 delle NTC 18, le costruzioni, in relazione alle conseguenze di eventuali interruzioni di operatività dovute ad azioni sismiche vengono suddivise nelle seguenti classi d'uso:

<i>Classe I</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
<i>Classe II</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni d'emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 05.11.2001, n° 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade di tipo A o B". Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tutte le opere in oggetto, di tipo infrastrutturale la cui interruzione non può comportare l'insorgere di particolari criticità al traffico, sono da assimilabili a reti viarie extraurbane comunque ricadenti nella:

Classe d'uso II

Le opere in oggetto non sono inoltre da considerarsi "di interesse strategico" e/o "di tipo sensibile" in quanto non rientrano tra le categorie di edifici e di opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e come definite dalla casistica di cui agli elenchi dell'Allegato 1 al Decreto del Capo del Dipartimento di Protezione Civile n° 3685 del 21.10.2003 o dell'Allegato B al D.G.R. n° 1384/2003.

1.2.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Con riferimento a quanto al § 2.4.3 delle NTC 18, l'azione sismica su ciascuna struttura viene valutata in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U dedotto dalla tabella 2.4.II:

Classe d'Uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

$$V_R = V_N C_U = 50 \times 1.0 = \mathbf{50 \text{ anni}}$$



1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La verifica degli elementi strutturali è effettuata secondo i dettami delle vigenti:

- **D.M. 14.01.2018.** Norme Tecniche per le Costruzioni (**NTC 18**);
- **Circ. C.S. LL.PP. 21.01.2019 n° 7:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2018;
- **Legge 05.11.1971 n° 1086:** Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

Le normative nazionali previgenti e comunque considerate, sono:

- Eurocodice 2 (UNI EN 1992 -1-1:2005): Progettazione delle strutture di calcestruzzo, parte 1-1, regole generali e regole per gli edifici;
- D.M. 14.01.2008. Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 08);
- Circ. C.S. LL.PP. 02.02.2009 n° 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2018;
- D.M. 14.09.2005. Norme Tecniche per le Costruzioni
- O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003 e s.m.i.: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- D.M. 16.01.1996: Norme tecniche relative ai "Criteri generali per verifica delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;
- D.M. LL.PP. 16.01.1996: Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.M. LL.PP. 09.01.1996: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n° 252 : Istruzioni per l'applicazione del D.M. 09.01.1996;
- Circ. Min. LL.PP. 10.04.1997 n° 156AA.GG/STC : Istruzioni per l'applicazione del D.M. 16.01.1996;
- D.M. 14.02.1992 (G.U. 18-3-1992, N. 65): Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 04.05.1990: Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione , esecuzione e collaudo dei ponti stradali.
- D.M. 11.03.1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circ. Min. LL.PP. 24.11.1988 n° 30483: Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- D.M. 03.12.1987: Norme tecniche per la progettazione , esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- Legge 02.02.1974 n° 64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

1.4 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura utilizzate nell'elaborazione di calcoli e delle verifiche nonché nell'esportazione dei grafici sono:

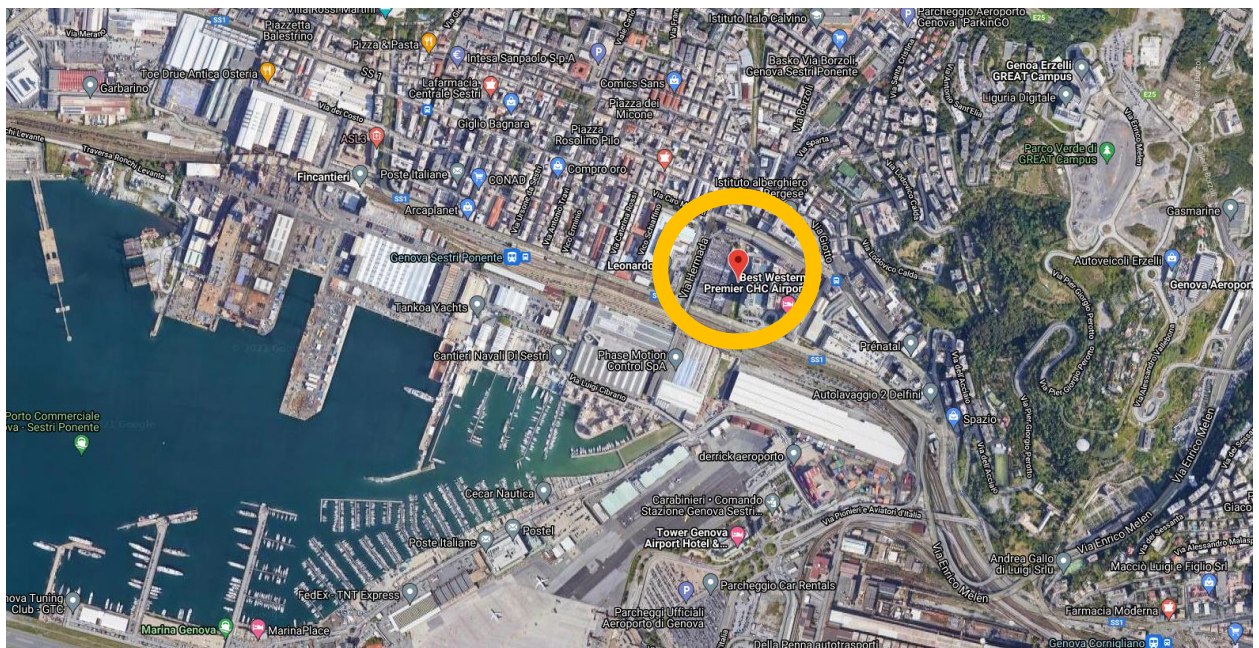
- metri per le lunghezze
- daN per le forze

2 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

2.1 ZONIZZAZIONE SISMICA

Le strutture di cui trattasi, secondo la vigente Deliberazione della Giunta Regionale n° 216 del 17.03.2017 in recepimento della classificazione sismica di cui alla D.G.R. n. 1308 del 21.10.2008. e successivi aggiornamenti, ed essendo il Comune contraddistinto dal numero identificativo 32 sulla mappa allegata alla D.G.R. sopracitata, risultano ubicate in

“Zona 3 –BASSA SISMICITÀ”



I valori dei parametri sismici sono riportati nel paragrafo dedicato valutando l'esatta localizzazione geografica come previsto dalla vigente normativa (NTC 18):

Latitudine 44°42'18"6
 Longitudine 8°8'53"5

Nella seguente tabella vengono esposti i valori dell'accelerazione orizzontale massima convenzionale (a_g), ed i corrispondenti F_0 e T_C^* associati ad un periodo di ritorno per ciascuno stato limite.

STATO LIMITE		Probabilità di superamento della Vita di Riferimento	T_R (anni)	a_g/g (m/sec^2)	F_0 (-)	T_C^* (sec)
Stato Limite di Esercizio	SLO	81 %	30	0,0219	2,55	0,18
	SLD	63 %	50	0,0283	2,52	0,20
Stato Limite Ultimo	SLV	10 %	475	0,0638	2,55	0,29
	SLC	5 %	975	0,0811	2,56	0,30



In cui:

SLO = Stato Limite di Operatività;

SLD = Stato Limite di Danno;

SLE = Stato Limite di Esercizio;

SLV = Stato Limite di Salvaguardia della vita;

SLC = Stato Limite di Collasso.

ed

a_g/g = Accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

2.2 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

In base alle indicazioni contenute “Relazione Geologica”, del Dicembre 2021, a firma della Dott.ssa Geol. Elisabetta Barboro, e con riferimento a quanto previsto dalla Tabella 3.2.II della NTC 18, la tipologia del terreno di fondazione, ai fini della determinazione dell’azione sismica, è individuato nella seguente categoria di terreno:

<i>Categoria Sottosuolo</i>	<i>Descrizione</i>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

cui competono i Coefficienti di amplificazione stratigrafica come desunti dalla Tabella 3.2.IV delle NTC 18 e di seguito riportati:

<i>Categoria Sottosuolo</i>	S_s	C_c
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$	$1,05 (T_C^*)^{-0,33}$

2.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Con riferimento a quanto alla Tabella 3.2.III della NTC 18 il sito in cui è prevista la realizzazione degli interventi in progetto è caratterizzato da:

<i>Categoria</i>	<i>Caratteristiche della superficie topografica</i>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \pm 15^\circ$

cui competono i Coefficienti di amplificazione topografica come desunti dalla Tabella 3.2.V delle NTC 18 e di seguito riportati:

<i>Categoria Topografica</i>	<i>Ubicazione dell’Opera e dell’Intervento</i>	S_T
T1	-	1,0

3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

3.1 DURABILITÀ

Per durabilità si intende il requisito che devono possedere le strutture affinché possano conservare le prestazioni assunte in fase progettuale per l'intera vita nominale dell'opera.

Tale requisito viene garantito mediante provvedimenti atti a limitare gli effetti del degrado.

3.1.1 CEMENTO ARMATO

Per quanto riguarda il cemento armato dovrà essere limitato il degrado indotto dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Tali obiettivi possono essere conseguiti adottando un opportuno copriferro in funzione delle condizioni ambientali dove sorgerà l'opera al fine di definire la classe di esposizione per i differenti elementi strutturali. A tale scopo si è fatto utile riferimento alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004, come previsto al § 11.2.11 delle vigenti NTC 18.

In funzione delle condizioni ambientali presenti per il sito in questione che prevedono situazioni per le quali il calcestruzzo sia "ciclicamente asciutto e bagnato", la classe di esposizione da considerare ai fini della durabilità del calcestruzzo sarà la seguente:

<i>Elemento strutturale</i>	<i>Classe di esposizione</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido ▪ Calcestruzzo a vista in ambienti urbani ▪ Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2 	XC4

In base a quanto stabilito al § 4.1.2.2.4.3 delle NTC 18 (rif. Tabella 4.1.III) alla classe XC4 appartengono gli "ambienti aggressivi".

Secondo quanto riportato nella tabella 4.4N dell'Eurocodice 2 per la progettazione delle strutture di calcestruzzo, parte 1-1, regole generali e regole per gli edifici, nella versione UNI EN 1992-1-1:2005, adottando una classe di consistenza S4 per il conglomerato cementizio, si dovrà adottare ovunque un copriferro (inteso come distanza tra la superficie esterna della sezione di calcestruzzo e la superficie più esterna degli elementi di armatura) pari a 30 mm.

3.1.2 ACCIAIO

Al fine di garantire i livelli di sicurezza imposti dalla vigente Normativa (§11.2.11 NTC 18) dovrà essere assicurato il mantenimento per tutta la vita utile di progetto della geometria e delle caratteristiche meccaniche dei materiali della struttura, affinché quest'ultima conservi inalterate funzionalità, aspetto estetico e resistenza. In particolare le opere in carpenteria metallica sono, se non adeguatamente protette, soggette al fenomeno dell'ossidazione che trasforma l'acciaio in ossido di ferro idrato, comunemente conosciuto come ruggine, abbassandone la resistenza meccanica e riducendo le caratteristiche inerziali delle sezioni.

Si può ovviare al fenomeno della corrosione proteggendo adeguatamente l'acciaio mediante verniciatura o zincatura cosicché non venga a trovarsi a contatto con l'aria e l'acqua.



4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La presente relazione contenente le caratteristiche geotecniche dei terreni individuati viene elaborata sulla scorta delle indicazioni riportate nella Relazione Geologica a firma della Dott.ssa Geologa Elisabetta Barboro del Dicembre 2021.

4.1 DESCRIZIONE DEI TERRENI

4.1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E LINEAMENTI GEOLOGICI

La zona d'intervento è ubicata in sponda idrografica di sinistra del T. Chiaravagna, nella parte di fondovalle, urbanizzata.

L'elemento morfologico dominante è determinato dalle due piane fluviali del Torr. Chiaravagna caratterizzate da depositi alluvionali. I depositi sono costituiti da ghiaie e sabbie grossolane e fini, con frazioni limose, costituenti l'apporto solido del bacino del torrente in oggetto.

Le due piane si raccordano con i versanti con una falda detritica, debolmente inclinata ed a volta quasi inesistente, costituente una frangia pedemontana di detrito colluviale frammista a matrice alluvionale.

I versanti a monte appaiono mutati rispetto all'originario assetto morfologico che li caratterizzava, in quanto trattasi di una porzione di versanti più o meno acclivi, attraversati da direttrici viarie importanti e secondarie, tra cui l'autostrada A 10 Genova-Ventimiglia ed il casello autostradale di Cornigliano, ed interessati da un'urbanizzazione più o meno estesa.

Le zone di fondovalle e mezzacosta dei versanti, che degradano verso la piana alluvionale, creata del vicino corso d'acqua, nel tempo hanno subito rimaneggiamenti dovuti inizialmente a lavorazioni agricole e successivamente ad attività antropiche, relativamente ai primi due metri di profondità.

Quindi l'azione di sistemazione e rimodellamento effettuata da parte dell'uomo e l'avanzamento dell'urbanizzazione hanno fatto sì che le morfologie siano state in gran parte mascherate.

Nel dettaglio il comparto risulta interamente interessato da copertura urbana, rinvenendosi pertanto nelle porzioni superficiali frequenti riporti ed interventi di impermeabilizzazione. Esso è collocato nell'ambito della piana alluvionale ed in parte è in prossimità del piede collinare, per cui i depositi alluvionali si intrecciano con i materiali derivanti dal progressivo disfacimento del versante.

L'espansione urbanistica della zona, come buona parte del centro urbano di Genova, ha causato l'incanalamento di alcuni rivi e nel caso specifico il Torr. Chiaravagna, il quale nel comparto in oggetto risulta a cielo aperto, il rio Ruscarolo, del rio Negrone ed del rivo Senza Nome.

Non si sono rilevati evidenti fenomeni di dissesto; inoltre la fisionomia dei luoghi, non mostrando evidenti morfologie, manifestano buone condizioni di stabilità, le quali trovano un riscontro positivo dall'analisi diretta in situ sui terreni e sui manufatti limitrofi preesistenti, sui quali non si sono rilevati fenomeni di dissesto rilevanti.

L'ossatura litologica del dosso soprastante alla zona in oggetto è costituita dai litotipi appartenenti all'unità litostratigrafica e tettonica Timone-Tejolo che costituisce la parte più occidentale del substrato roccioso della Valle Polcevera.

Si tratta di un'unità di età Giurassica e parte inferiore del Cretaceo, estesa lungo la parte più esterna della sponda di sinistra del Torr. Polcevera.

L'unità si trova in contatto tettonico ad ovest con le altre appartenenti alla zona della Sestri-Voltaggio ed è costituita nella porzione a monte del comparto da:

- ofioliti
- lherzoliti più o meno serpentizzate,
- da basalti e metabasalti.

Il substrato della zona e del versante immediatamente al di sopra della zona di interesse, sono costituiti da basalti spilitici meta- morfosati. L'affioramento più imponente è la massa Erzelli, costituita prevalentemente da colate di cuscini (pillows) brecciate e rimaneggiate.



Buona parte dell'abitato di Sestri Ponente risulta localizzata, come l'area di interesse, nell'ambito di una fossa del substrato che ha ospitato, in età pliocenica, un'ingressione da parte del mare, con conseguente formazione di depositi marini che l'hanno colmata.

I depositi sopracitati appartengono alla Formazione delle Argille di Ortovero, la quale è costituita da marne argillose con livelli sabbiosi e ghiaiosi.

Da indagini geognostiche effettuate nel lotto di interesse le argille plioceniche risultano essere composte da marne limoso-argillose, grigio cinerine, screziate con livelletti sabbiosi fine e medi e clasti ofiolitici arrotondati ed in altri aumenta la frazione siltosa grigio scuro, con frequenti livelli francamente sabbiosi e ghiaiosi. In tutti i sondaggi, al di sotto di un sottile strato di riporti e terreni rimaneggiati e/o frammisti a riporti, di spessore variabile tra 2,6-4 mt., è stata riscontrata la presenza di depositi alluvionali a granulometria prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, di spessore variabile tra 6,0 m 8,15 m, seguiti da depositi marini sabbiosi fini e sabbioso-limosi e da argille limose plioceniche da mediamente consistenti a consistenti (Formazione delle Argille di Ortovero).

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI (VALORI MEDI)

Per la definizione del modello geotecnico locale è stato fatto riferimento alla stratigrafia definito in precedenza.

Sulla base delle indagini effettuate vengono di seguito riassunte le caratteristiche geotecniche medie dei terreni incontrati schematizzando gli stessi in 4 strati e, come richiesto dalle NTC 2018, i parametri geotecnici riportati nella presente relazione, in fase esecutiva, potranno essere eventualmente corretti in ragione delle specifiche verifiche e tipologie di intervento.

4.2.1 RIPORTI E TERRENI RIMANEGGIATI

$$\gamma = 2,100 \text{ t/mc}$$

In condizioni drenate:

$$\varphi' = 30^\circ\text{-}31^\circ$$

4.2.2 DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA GHIAIE-SABBIOSE

$$\gamma = 2,000 - 2,100 \text{ t/mc}$$

In condizioni drenate:

$$\varphi' = 33^\circ$$

4.2.3 DEPOSITI MARINI COSTITUITI DA SABBIE FINI E SABBIE- LIMOSE

$$\gamma = 2,000 - 2,200 \text{ t/mc}$$

In condizioni drenate

$$\varphi' = 36^\circ$$

4.2.4 ARGILLE LIMOSE (ARGILLE DI ORTOVERO)

$$\gamma = 2,000 \text{ t/mc}$$

In condizioni drenate

$$\varphi' = 29^\circ$$

5 ANALISI DELLE PARATIE

5.1 CALCOLO DELLA SPINTA – METODI DI ANALISI

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adoterà la seguente notazione:

K_{am}	diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av}	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm}	diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv}	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_t l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_t , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) l'area equivalente della molla sarà $A_m=m*b$. Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} , una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.



Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

5.2 VERIFICA DELLA PARATIA LATO SUD

5.2.1 DATI

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	4,40	[m]
Profondità di infissione	4,00	[m]
Altezza totale della paratia	8,40	[m]
Lunghezza paratia	5,00	[m]

Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,50	[m]

ESSELUNGA

MURO D'ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA
Relazione di Calcolo (Opere Provvisoriali)



Diametro dei micropali	22,00	[cm]
Numero totale di micropali	9	
Numero di micropali per metro lineare	1.80	
Diametro esterno del tubolare	168,30	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm ³]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cmq]	W [cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	80,00	50,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	0,00	2,10	90.00
3	5,00	2,10	0.00
4	6,00	2,10	0.00
5	11,00	2,10	0.00
6	12,00	2,10	0.00

Profilo di valle

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10,00	-4,40	0.00
2	0,00	-4,40	90.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]
1	Terreno riporto	2100,0	2100,0	31.00	31.00	0,200
2	Deposito alluvionale ghiaioso	2000,0	2100,0	33.00	33.00	0,200

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
α	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno	Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

ESSELUNGA

MURO D' ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA
Relazione di Calcolo (Opere Provvisionali)



N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	K _{wM} [kg/cmq/cm]	K _{wV} [kg/cmq/cm]	Terreno M	Terreno V
1	3,00	0.00	0.00	1.21	1.21	Terreno riporto	Terreno riporto
2	7,00	0.00	0.00	3.38	3.38	Deposito alluvionale ghiaioso	Deposito alluvionale ghiaioso

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
R _{ck}	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls} [kg/mc]	Classe cls	R _{ck} [kg/cmqa]	E [kg/cmqa]	Acciaio	n
Paratia	2500	C28/35	357	332300	S 355	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

I _g	Indice di gruppo
F _x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F _y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q _i , Q _r	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V _i , V _s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile - Condizione 2 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _r = 1,00	Q _i = 500	Q _r = 500
Carico distribuito sul profilo	X _i = 1,00	X _r = 4,00	Q _i = 1000	Q _r = 1000

Condizione n° 2 - Variabile - Condizione 2 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$]

Condizione n° 3 - Variabile - Condizione 3 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$]

Condizione n° 4 - Variabile - Condizione 4 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$]

Condizione n° 5 - Variabile - Condizione 5 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$]

Condizione n° 6 - Variabile - Condizione 6 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$]

Condizione n° 7 - Variabile - Condizione 7 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$]



Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Condizione 2	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 2	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

5.2.2 RISULTATI

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 88 elementi fuori terra e 80 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4,40	[m]
Profondità di infissione	2,50	[m]
Altezza totale della paratia	6,90	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

ESSELUNGA

MURO D'ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA
Relazione di Calcolo (Opere Provvisoriali)



n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Is [kg]	Y _{Is} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	6115	2,86	--	--	--	--	-12879	5,17	6764	7,25
2	SLU - GEO	6607	2,78	--	--	--	--	-15428	5,61	8821	7,72
3	SLE - Rara	2969	3,15	--	--	--	--	-5414	4,84	2445	6,88
4	SLE - Frequente	2969	3,15	--	--	--	--	-5414	4,84	2445	6,88
5	SLE - Quasi permanente	2969	3,15	--	--	--	--	-5414	4,84	2445	6,88

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLE - Rara	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Frequente	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Quasi permanente	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
- Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pd [m]
1	SLU - STR	4,40	5,35	6,10	24,69	8,53	4207
2	SLU - GEO	4,40	6,15	6,71	43,21	20,47	---
3	SLE - Rara	4,40	4,70	5,72	8,64	3,85	---
4	SLE - Frequente	4,40	4,70	5,72	8,64	3,85	---
5	SLE - Quasi permanente	4,40	4,70	5,72	8,64	3,85	---

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
- N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y _M [m]	T [kg]	Y _T [m]	N [kg]	Y _N [m]	
1	SLU - STR	12056	5,15	6115	4,40	1437	8,40	MAX
		0	0,00	-6764	6,10	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	15109	5,55	6607	4,40	1437	8,40	MAX
		0	0,00	-8821	6,70	0	0,00	MIN
3	SLE - Rara	4371	4,85	2969	4,40	1437	8,40	MAX
		0	0,25	-2445	5,70	0	0,00	MIN
4	SLE - Frequente	4371	4,85	2969	4,40	1437	8,40	MAX
		0	0,25	-2445	5,70	0	0,00	MIN
5	SLE - Quasi permanente	4371	4,85	2969	4,40	1437	8,40	MAX
		0	0,25	-2445	5,70	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
- V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y _U [m]	V [cm]	Y _V [m]	
1	SLU - STR	11,0627	0,00	0,0027	0,00	MAX
		-0,1188	7,05	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	14,3530	0,00	0,0027	0,00	MAX
		-0,2134	8,40	0,0000	0,00	MIN
3	SLE - Rara	3,2984	0,00	0,0027	0,00	MAX

ESSELUNGA

MURO D'ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA
Relazione di Calcolo (Opere Provvisionali)



n°	Tipo	U [cm]	Yu [m]	V [cm]	Yv [m]	
4	SLE - Frequente	-0,0428	6,65	0,0000	0,00	MIN
		3,2984	0,00	0,0027	0,00	MAX
5	SLE - Quasi permanente	-0,0428	6,65	0,0000	0,00	MIN
		3,2984	0,00	0,0027	0,00	MAX
		-0,0428	6,65	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione/Fase
Tipo	Tipo combinazione/Fase
Ulim	spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U	spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	SLU - STR	4,2000	11,0627
2	SLU - GEO	4,2000	14,3530
3	SLE - Rara	4,2000	3,2984
4	SLE - Frequente	4,2000	3,2984
5	SLE - Quasi permanente	4,2000	3,2984

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
S	Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R	Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W	Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T	Reazione tiranti espresso in [kg]
P	Reazione puntoni espresso in [kg]
V	Reazione vincoli espresso in [kg]
C	Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y	Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS _{RIB}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS _{SCO}	Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
2	SLU - GEO	23403 5,45	67150 6,91	0 0,00	0 0,00	0 0,00	0 0,00	0 0,00	61529	99821	1.622	3.225

Stabilità globale

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(Xc; Yc)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(Xv; Yv)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(Xm; Ym)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza
R	Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	Xc, Yc [m]	R [m]	Xv, Yv [m]	Xm, Ym [m]	FS	R
2	SLU - GEO	-1,68; 0,84	9,39	-9,48; -4,39	7,64; -0,34	2.592	1.100



Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M _u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N _u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 49,73 [cmq]

n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	N [kg]	M _u [kgm]	N _u [kg]	FS
2 - SLU - GEO	5,55	8394	527	8627	542	1.028

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
V _{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza a taglio (V _{Rd} /V _{Ed})

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 49,73 cmq

n° - Tipo	Y [m]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS
2 - SLU - GEO	6,70	-4901	63018	12.859

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ _f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm ²]
τ _f	tensione tangenziale in [kg/cm ²]
σ _{id}	tensione ideale espressa in [kg/cm ²]

Area della sezione del tubolare 49,73 [cmq]

σ _f [kg/cm ²]	τ _f [kg/cm ²]	σ _{id} [kg/cm ²]	cmb
1315,96	6,61	1316,01	3

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M _h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T _h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M _v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T _v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=80,00 [cm]	H=50,00 [cm]	Staffe φ10/13	Nbh=2 - Nbv=2
A _v =16,08 [cmq]	A _{th} =12,06 [cmq]	FS=28.70	
M _h =1652 [kgm]	M _{uh} =47411 [kgm]	FS _r =38.50	cotgθh=1.00
T _h =3304 [kg]	T _{rh} =127179 [kg]	FS=228.45	
M _v =125 [kgm]	M _{uv} =28556 [kgm]	FS _r v=248.41	cotgθv=1.00
T _v =500 [kg]	T _r =124206 [kg]		

**5.3 VERIFICA DELLA PARATIA – LATO NORD****5.2.1 DATI**Geometria paratiaTipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	5,00	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	8,50	[m]
Lunghezza paratia	2,30	[m]

Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,50	[m]
Diametro dei micropali	22,00	[cm]
Numero totale di micropali	5	
Numero di micropali per metro lineare	2.17	
Diametro esterno del tubolare	168,30	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]

Geometria cordoli*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm ³]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cmq]	W [cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	80,00	50,00	--	--

Geometria profilo terreno*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	2,00	0,00	0.00
3	5,10	0,00	0.00
4	5,80	0,00	0.00
5	11,50	0,00	0.00
6	12,20	0,00	0.00

Profilo di valle

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10,00	-5,00	0.00
2	0,00	-5,00	0.00

ESSELUNGA

MURO D'ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA
Relazione di Calcolo (Opere Provvisionali)



Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cmq]
1	Terreno riporto	2100,0	2100,0	31.00	20.00	0,100
2	Deposito alluvionale ghiaioso	2000,0	2100,0	33.00	24.00	0,100

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
α	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno	Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	K _{wM} [kg/cmq/cm]	K _{wV} [kg/cmq/cm]	Terreno M	Terreno V
1	3,00	0.00	0.00	0.90	0.90	Terreno riporto	Terreno riporto
2	7,00	0.00	0.00	3.06	3.06	Deposito alluvionale ghiaioso	Deposito alluvionale ghiaioso

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidità cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls} [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cmq]	E [kg/cmq]	Acciaio	n
Paratia	2500	C25/30	306	320666	S 355	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia	
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia	
Ig	Indice di gruppo
F _x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F _y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q _i , Q _r	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V _i , V _s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile - Condizione 2 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _r = 10,00	Q _i = 0	Q _r = 0
--------------------------------	-----------------------	------------------------	--------------------	--------------------

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Condizione 2	SFAV	1.50	1.00

ESSELUNGA

MURO D'ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA
Relazione di Calcolo (Opere Provvisoriali)



Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 2	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in acciaio

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yd} / 3.0^{0.5}$$

con:

A_v Area lorda sezione prof

ESSELUNGA

MURO D' ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA
Relazione di Calcolo (Opere Provvisionali)



5.2.2 RISULTATI

Analisi della paratia**L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico**

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 100 elementi fuori terra e 70 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	5,00	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	8,50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Is [kg]	Y _{Is} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	4449	3,72	--	--	--	--	-9284	5,89	4834	7,89
2	SLU - GEO	4584	3,70	--	--	--	--	-11945	6,44	7362	8,14
3	SLE - Rara	2679	3,86	--	--	--	--	-4949	5,64	2271	7,73
4	SLE - Frequente	2679	3,86	--	--	--	--	-4949	5,64	2271	7,73
5	SLE - Quasi permanente	2679	3,86	--	--	--	--	-4949	5,64	2271	7,73

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLE - Rara	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Frequente	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Quasi permanente	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P _{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C _{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R _{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pd	Portanza di progetto, espressa in [kg]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pd [m]
1	SLU - STR	5,00	6,00	6,89	29,58	10,54	3219
2	SLU - GEO	5,00	6,90	7,46	54,93	30,99	---
3	SLE - Rara	5,00	5,60	6,62	18,31	6,22	---
4	SLE - Frequente	5,00	5,60	6,62	18,31	6,22	---
5	SLE - Quasi permanente	5,00	5,60	6,62	18,31	6,22	---

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia*Simbologia adottata*

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

ESSELUNGA

MURO D'ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA

Relazione di Calcolo (Opere Provvisoriali)



M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y _M [m]	T [kg]	Y _T [m]	N [kg]	Y _N [m]	
1	SLU - STR	8141	5,90	4449	5,00	1756	8,50	MAX
		0	0,30	-4834	6,85	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	9923	6,30	4584	5,00	1756	8,50	MAX
		0	0,00	-7362	7,45	0	0,00	MIN
3	SLE - Rara	4056	5,65	2679	5,00	1756	8,50	MAX
		0	1,15	-2271	6,60	0	0,00	MIN
4	SLE - Frequente	4056	5,65	2679	5,00	1756	8,50	MAX
		0	1,15	-2271	6,60	0	0,00	MIN
5	SLE - Quasi permanente	4056	5,65	2679	5,00	1756	8,50	MAX
		0	1,15	-2271	6,60	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y _U [m]	V [cm]	Y _V [m]	
1	SLU - STR	7,5112	0,00	0,0028	0,00	MAX
		-0,1540	8,50	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	12,8111	0,00	0,0028	0,00	MAX
		-0,4423	8,50	0,0000	0,00	MIN
3	SLE - Rara	3,2866	0,00	0,0028	0,00	MAX
		-0,0509	8,50	0,0000	0,00	MIN
4	SLE - Frequente	3,2866	0,00	0,0028	0,00	MAX
		-0,0509	8,50	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Quasi permanente	3,2866	0,00	0,0028	0,00	MAX
		-0,0509	8,50	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
 Tipo Tipo combinazione/Fase
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	SLU - STR	4,2500	7,5112
2	SLU - GEO	4,2500	12,8111
3	SLE - Rara	4,2500	3,2866
4	SLE - Frequente	4,2500	3,2866
5	SLE - Quasi permanente	4,2500	3,2866

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
 R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
 W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
 T Reazione tiranti espresso in [kg]
 P Reazione puntoni espresso in [kg]
 V Reazione vincoli espresso in [kg]
 C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
 Y Punto di applicazione, espresso in [m]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
 FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
 FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.
 La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
2	SLU - GEO	18042 6,11	44598 7,27	0 0,00	0 0,00	0 0,00	0 0,00	0 0,00	40754	54758	1.344	2.620

ESSELUNGA

MURO D'ARGINE IN SPONDA DESTRA DEL TORR. CHIARAVAGNA
 Relazione di Calcolo (Opere Provvisoriali)



Stabilità globale

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(Xc; Yc)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(Xv; Yv)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(Xm; Ym)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza
R	Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	Xc, Yc [m]	R [m]	Xv, Yv [m]	Xm, Ym [m]	FS	R
2	SLU - GEO	-0,85; 0,85	9,39	-8,20; -4,99	8,51; 0,00	2.573	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)	
Le strisce sono numerate da monte verso valle	
N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 49,73 [cmq]

n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
2 - SLU - GEO	6,30	4564	599	8480	1112	1.858

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
V _{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza a taglio (V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 49,73 cmq

n° - Tipo	Y [m]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS
2 - SLU - GEO	7,45	-3386	63018	18.609



Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm ²]
τ	tensione tangenziale in [kg/cm ²]
σ_{id}	tensione ideale espressa in [kg/cm ²]

Area della sezione del tubolare 49,73 [cm²]

σ [kg/cm ²]	τ [kg/cm ²]	σ_{id} [kg/cm ²]	cmb
1014,71	2,66	1014,73	3

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=80,00 [cm]

H=50,00 [cm]

A_{fv} =16,08 [cm²]

A_{fh} =12,06 [cm²]

Staffe ϕ 10/13

Nbh=2 - Nbv=2

M_h =1146 [kgm]

M_{uh} =47411 [kgm]

FS=41.37

T_h =2292 [kg]

T_{Rh} =127179 [kg]

FS_T=55.49

cotg θ _h=1.00

M_v =125 [kgm]

M_{uv} =28556 [kgm]

FS=228.45

T_v =500 [kg]

T_R =124206 [kg]

FS_{Tv}=248.41

cotg θ _v=1.00

6 CONCLUSIONI

Le verifiche riportate hanno dimostrato che le strutture, a carattere "provvisoriale", così progettate sono idonee a sostenere le azioni sia statiche che sismiche ed i carichi di progetto nel rispetto delle normative vigenti.

Il progettista strutturale
ing. Giovanni G. Canepa