



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE PERSONALE, ISTRUZIONE E EDILIZIA
SERVIZIO EDILIZIA

EDIFICIO – ATTIVITA':
Via Giovanni Bettolo 17 – 16032 – Camogli (GE)
71A SAN GIORGIO

CODICE	
EDIFICIO	ATTIVITA'
71	A

COMMESSA: RIFACIMENTO DI PORZIONE DI MURO DI SOSTEGNO
IN VIA BETTOLO PRESSO L'ISTITUTO NAUTICO "SAN
GIORGIO" DI CAMOGLI

CODICE COMMESSA
GS-P031-2025

OGGETTO DELLA TAVOLA:
RELAZIONE GEOLOGICA

N. TAVOLA	
PE-GEO	
SCALA	
REVISIONE	C
DATA	11/2025

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE
STIL S.r.l. – Società di Ingegneria

Ing. Salvatore Cantarella
n.8157A Ordine degli Ingegneri di Genova

VISTO IL RUP

Ing. Angelo ALLODI



COMUNE DI CAMOGLI

Città Metropolitana di Genova

**OGGETTO: RIFACIMENTO DI PORZIONE DI MURO DI SOSTEGNO
IN VIA BETTOLO PRESSO L'ISTITUTO NAUTICO "SAN
GIORGIO" DI CAMOGLI**

RELAZIONE GEOLOGICA

Chiavari 23 luglio 2024

Geol. Marco Dasso



INDICE DEI CAPITOLI

1. PREMESSE

1.1 Oggetto dell'incarico ed ubicazione dell'intervento

1.2 Obiettivi e modalità di espletamento dell'incarico

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE GENERALI

4. RILEVAMENTO E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

5. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

6. INDIRIZZI TECNICO – ESECUTIVI E CONCLUSIONI

ALLEGATI

SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE

1. PREMESSE

1.1 Oggetto dell'incarico ed ubicazione dell'intervento

Lo scrivente è stato incaricato di eseguire una ricerca finalizzata all'individuazione della stratigrafia del luogo per ottenere le necessarie autorizzazioni relative al progetto di rifacimento del muro di sostegno del terrapieno su cui si inserisce il fabbricato ove sorge l'Istituto Nautico San Giorgio di Camogli.

Le indagini riguardano una porzione di territorio che si inserisce in Via Bettolo, lungo la strada comunale che taglia la prima fascia collinare soprastante il centro urbano, impostato in prossimità della fascia litoranea.

Detta fascia collinare è stata oggetto di una diffusa espansione urbanistica e residenziale, con unità abitative dislocate massicciamente nel contesto territoriale (Fig.1).

Il muro oggetto di rifacimento è stato oggetto di operazioni di rinforzo strutturale attraverso l'inserimento di chiodature e piastre di ripartizione, tuttavia in un'ottica di messa in sicurezza a garanzia di una corretta fruizione degli spazi esterni dell'istituto e di transito stradale, si rende necessario l'inserimento di una struttura muraria efficace attraverso l'inserimento di un'opera in calcestruzzo armato fondata su pali di fondazione (Foto 1).

Dal punto di vista cartografico la zona di intervento è inquadrabile nel foglio 231061 (Camogli) della Carta Tecnica Regionale 1:5000 (Fig.1).

1.2 Obiettivi e modalità di espletamento dell'incarico

In seguito a sopralluogo preliminare dell'area, necessario per prendere visione dello stato dei luoghi, le ricerche svolte sono state articolate nelle seguenti fasi:

- esame del Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (Ambito 15);
- rilevamento geomorfologico e geomeccanico di campagna;
- rielaborazione di quanto emerso dalle indagini e redazione della presente relazione geologica.

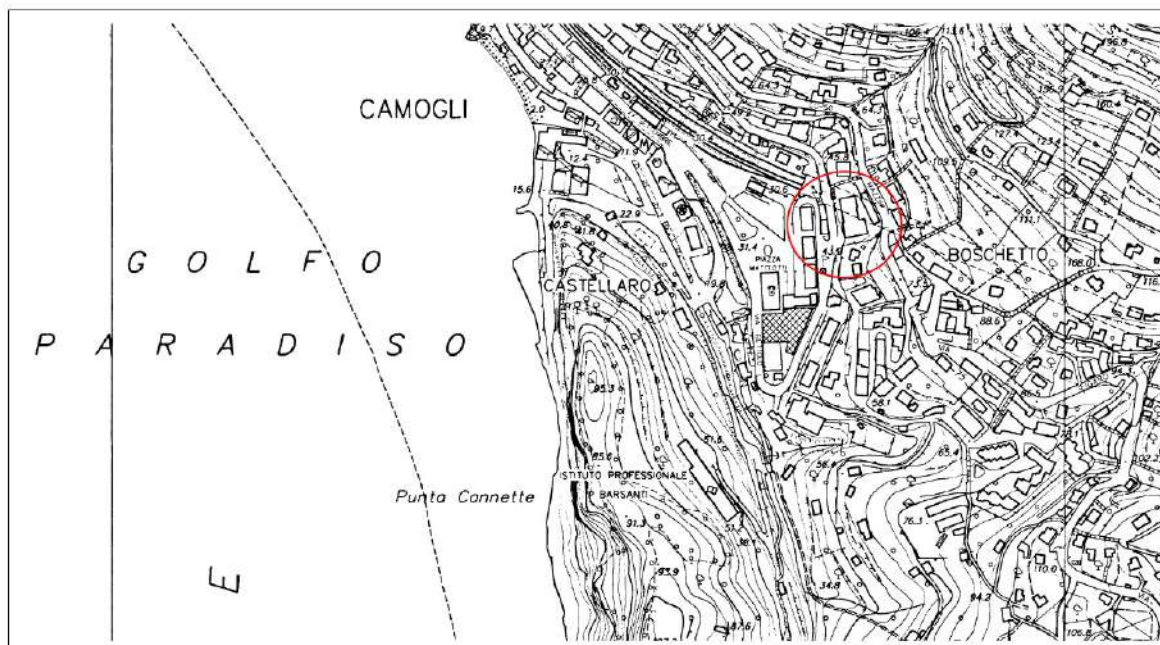


Fig.1 Carta Tecnica Regionale

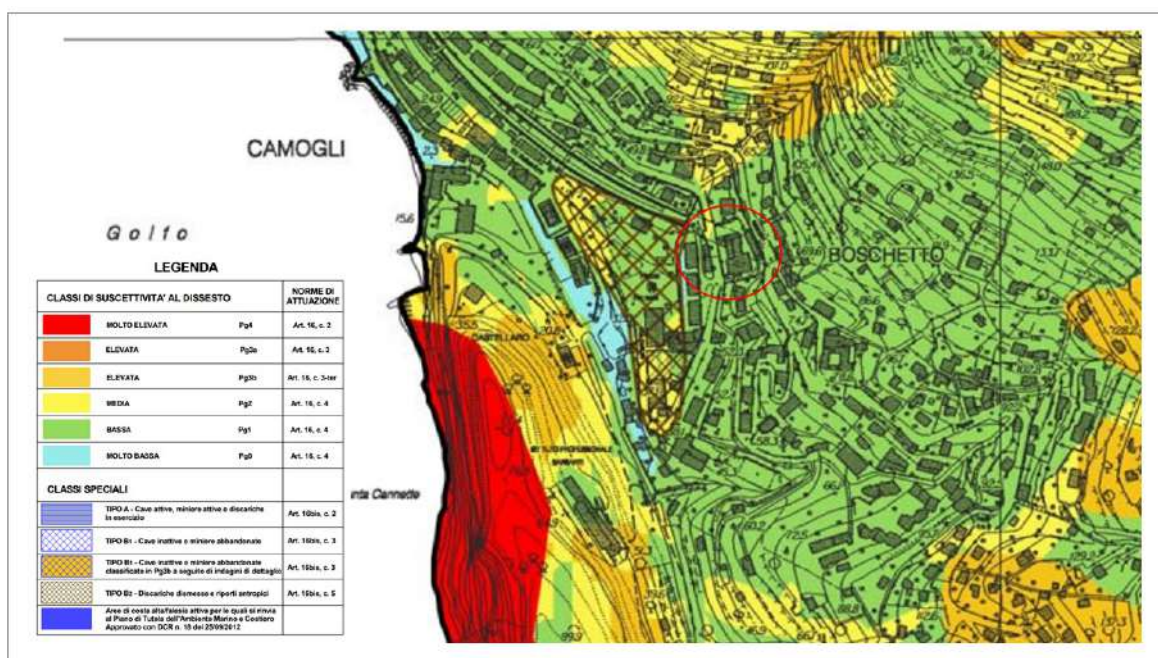


Foto 1: muro oggetto di rifacimento, si notano le pregresse opere di rinforzo strutturale

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

In fase introduttiva si è provveduto a verificare l'inquadramento del sito da Piano di Bacino - Ambito 15 - dalla cui consultazione sono estrapolate le seguenti cartografie con relative classificazioni:

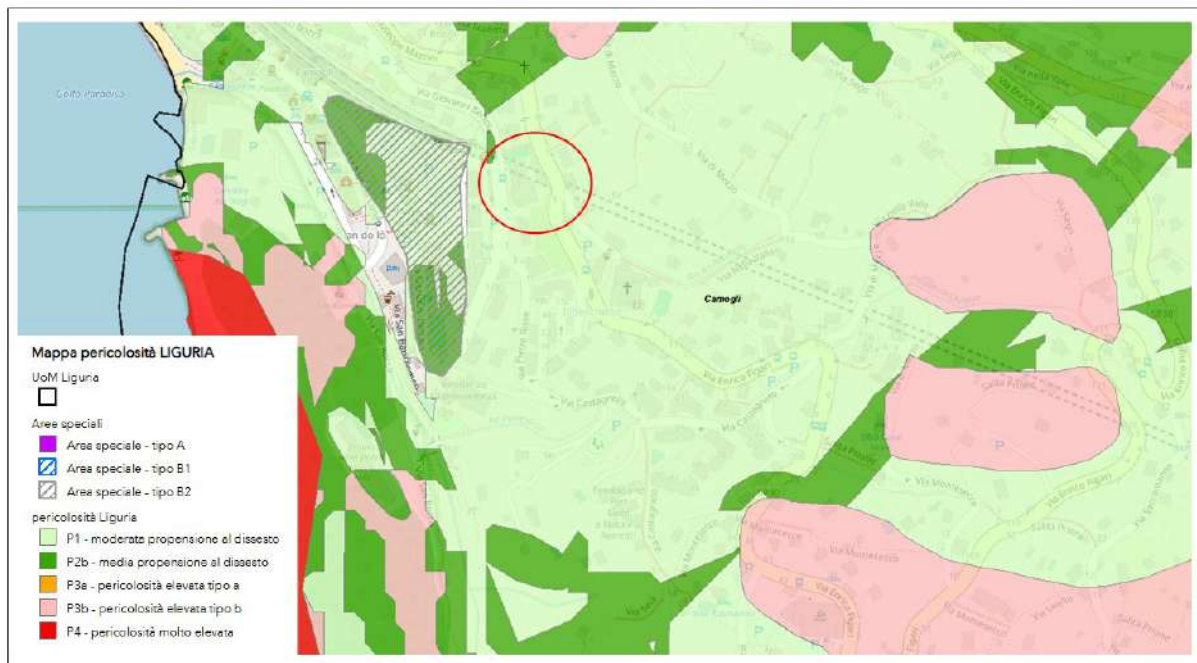
- Carta della Suscettività al dissesto: l'area è classificata a suscettività bassa (Pg1)



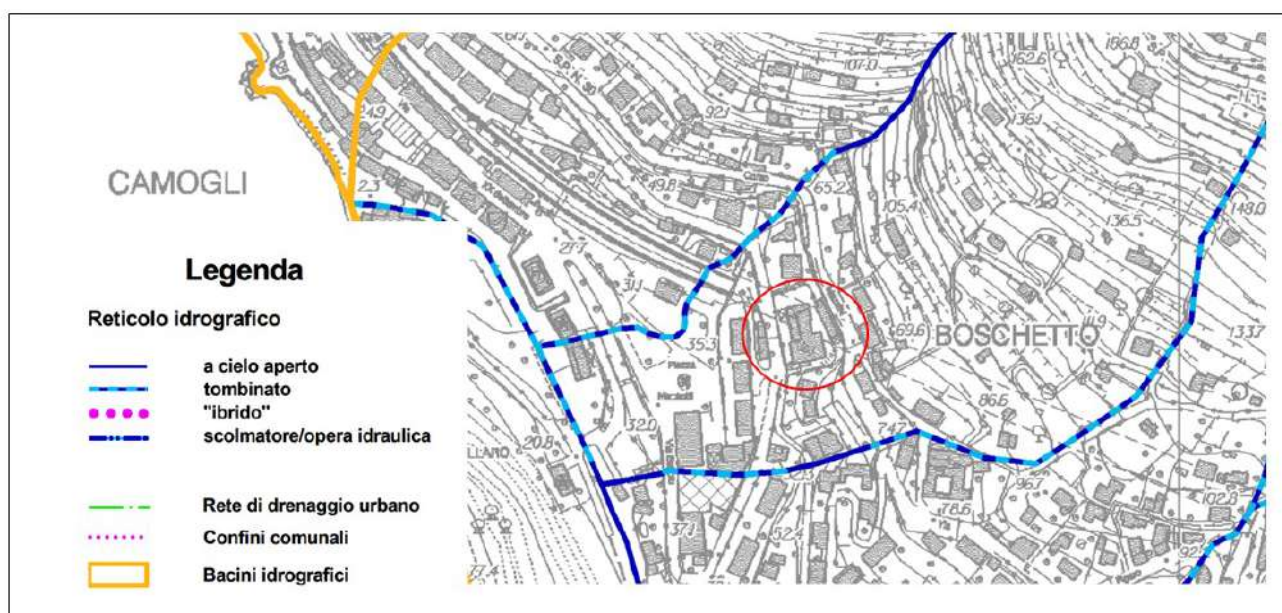
La Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato con delibera n. 39 del 28 marzo 2024 in via definitiva il PAI dissesti e con delibera n. 40 del 28 marzo 2024 le relative misure di salvaguardia. Con la pubblicazione dell'avviso di adozione nella Gazzetta Ufficiale n.82 del 8 aprile 2024 sono entrate in vigore le misure di salvaguardia. Lo stesso avviso è in corso di pubblicazione nei Bollettini Ufficiali Regionali della Liguria, Toscana e Umbria.

Sino all'approvazione definitiva del PAI dissesti con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, con l'adozione delle misure di salvaguardia, le disposizioni dei PAI ex L.183/89 continuano ad applicarsi nel settore urbanistico, con specifico riferimento alla definizione delle condizioni di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica e all'individuazione dei singoli interventi ammessi nelle aree a pericolosità, in coordinamento con la nuova disciplina del PAI dissesti. La componente cartografica dei PAI ex L.183/89 non ha più valore formale e non è più soggetta ad aggiornamenti o modifiche.

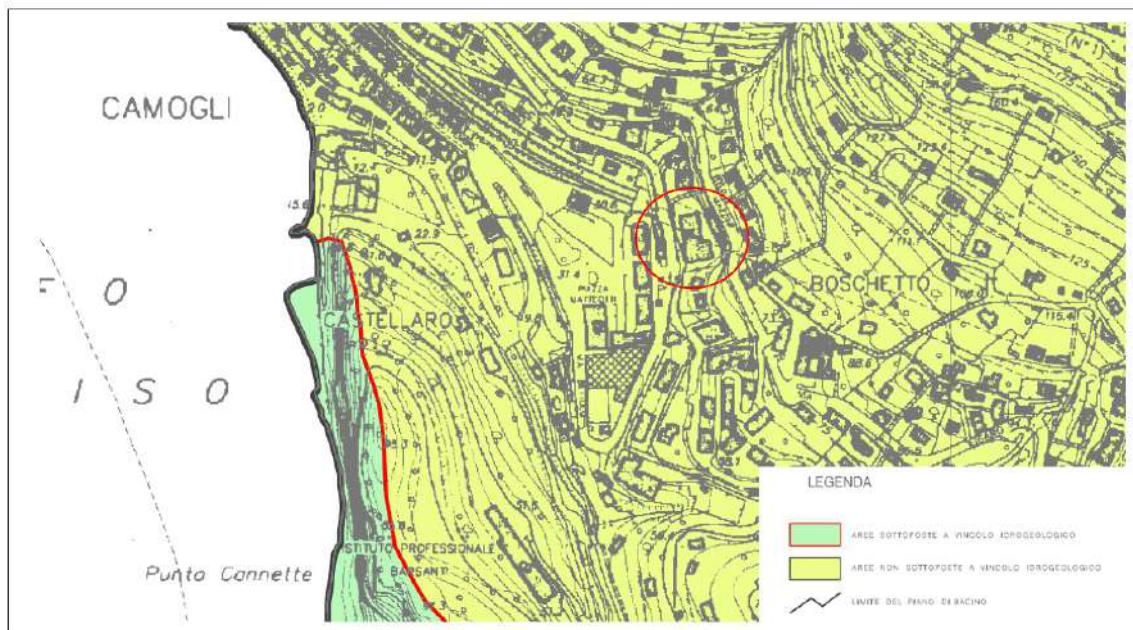
La cartografia del Pai dissesti conferma la classe di suscettività con modifica sulla denominazione (P1);



- Carta della Rete Idrografica: l'area di interesse non interferisce con alcun corso d'acqua nè con le relative fasce di rispetto/inedificabilità;



- Carta del Vincolo Idrogeologico; l'area di interesse è esclusa da tale vincolo



3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE GENERALI

Il tratto di versante oggetto di studio si inserisce nella prima collina soprastante il centro urbano di Camogli, caratterizzato da versanti fortemente urbanizzati, la cui ossatura litologica è ascrivibile ai Calcari del M.te Antola, costituiti da alternanze di calcari marnosi compatti, marne di potenza variabile da pochi decimetri a diversi metri, di calcareniti e argilliti (Fig.2).

La formazione dei Calcari di Monte Antola, a larga scala, giace stratigraficamente al di sopra della Ardesie (Unità Gottero), presentando al suo interno le seguenti alternanze litologiche (R. Terranova 1969):

- Calcere marnoso, talora marnoso - arenaceo di colore grigio al taglio, biancastro e giallognolo sulle superfici alterate, la frattura è generalmente morbida, nelle facies più compatte è concoide; forma strati di potenza variabile da pochi decimetri a diversi metri;
- Scisto argilloso grigio e grigio - nero, talora micaceo, lamellare e con fratturazione prismatica, divisibile per fitti piani di scistosità; forma strati di potenze assai variabili, di cui le più frequenti inferiori al metro;

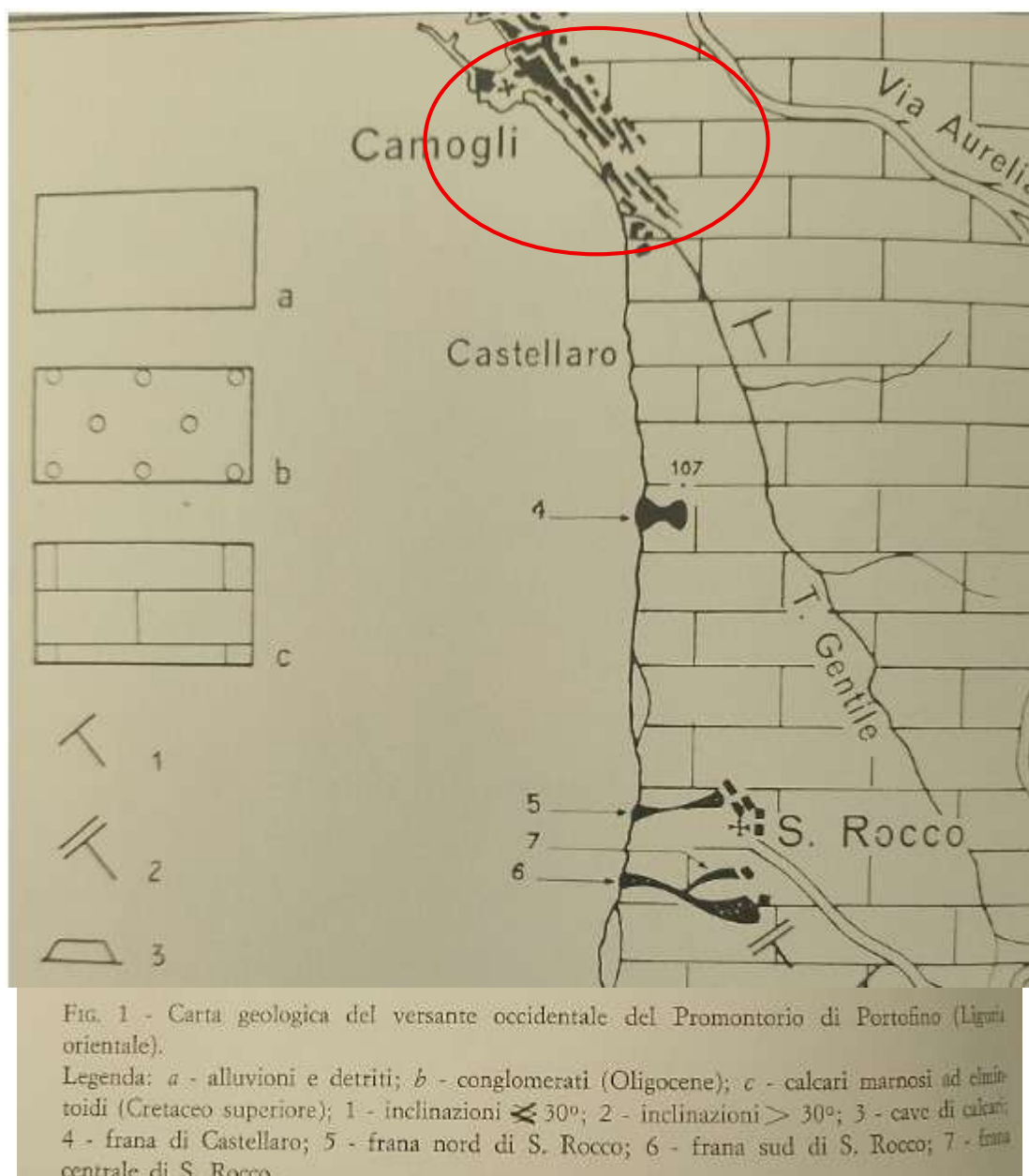


Fig.2 - Carta geologica regionale – da Casella e Terranova

- Arenaria a grana fine, a cemento argilloso e calcareo, interessata da spesse vene di calcite, colore grigio al taglio, bruno all'alterazione costituita spesso da banchetti di alcuni decimetri, talvolta potenti anche più di un metro;

- Scisto marnoso spesso convergente alla facies ardesiaca, ma a scistosità più grossolana, divisibile in scaglie, di colore grigio plumbeo al taglio e biancastro sulla superficie alterata; forma strati di potenza variabile da qualche decimetro a più di un metro;
- Argilloscisti arenacei, brillanti per le lamine di mica, a scistosità abbastanza accentuata, divisibili in forme prismatiche, formano generalmente strati sottili.

Lo stato di alterazione nell'ambito della Formazione è dovuto essenzialmente alle condizioni di esposizione, alla circolazione d'acqua e alla natura delle litofacies presenti all'interno.

Le bancate rocciose strettamente calcaree presentano un grado di alterazione minore, infatti si riscontrano livelli in buono stato di conservazione, benché soggetti a zone di fratturazione.

Al contrario le caratteristiche medie dei livelli marnoso – arenacei ed argilloscistosi cambiano notevolmente e, se sottoposti a processi di alterazione, possono presentarsi estremamente disturbati arrivando ad assumere le caratteristiche di un terreno pseudo - coerente.

A tali livelli sono quindi da imputare eventuali piani di debolezza al cui interno possono instaurarsi fenomeni di instabilità.

Nella fascia di versante l'ammasso roccioso affiora sporadicamente, se non in limitati spaccati presenti al piede delle murature, risultando inglobato nelle opere antropiche, come nel caso del muro in studio a tergo del quale l'ammasso roccioso risulta sormontato da coltri sottili e da terreni di riporto di spessore pari all'altezza del muro stesso, il cui inserimento è stato propedeutico alla realizzazione dell'edificio scolastico.

L'ammasso roccioso risulta poco approfondito rispetto alla base del muro e risale con andamento eterogeneo rispetto all'orientazione del versante, con tendenza prevalente a traverspoggio, ma talora con immersioni sfavorevoli in quanto l'ammasso appare interessato da strutture tettoniche plastiche (struttura a piega) anche a scala dell'affioramento che ne modificano anche i valori di inclinazione.

I reticoli di frattura che lo caratterizzano favoriscono la genesi di placche/blocchi disarticolati e di erosione differenziata talvolta con effetti pseudocarsici.

Per quanto attiene gli aspetti geomorfologici, questa porzione di versante, come anticipato, appare intensamente modificata proprio dalle opere antropiche ivi presenti che mascherano, in parte, i lineamenti originari; l'opera di sostegno e i riempimenti a tergo ad esso associato inglobano e mascherano la parete rocciosa sub-affiorante, visibile sul lato orientale nei pressi di una proprietà privata.

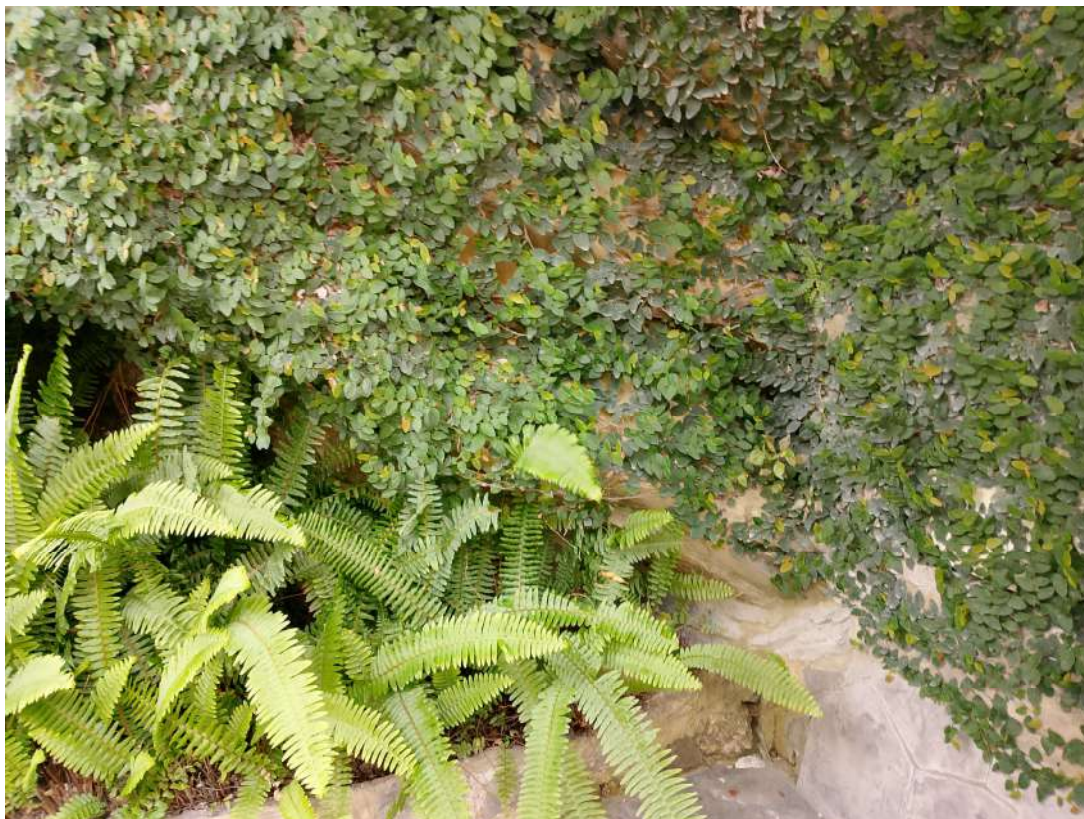


Foto 2 – Affioramento nei pressi dell'area in studio

4. RILEVAMENTO E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Con la finalità di ottenere informazioni da cui estrapolare i parametri necessari ad effettuare la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, in corrispondenza della parete rocciosa affiorante è stato eseguito un rilevamento geomeccanico il cui esito viene illustrato nel seguito proponendo una differenziazione tra le caratteristiche minime e medie di resistenza che rappresentano la variabilità conservativa del basamento lapideo.

Il procedimento utilizzato per l'esecuzione del rilievo è quello soggettivo secondo il quale vengono rilevate le discontinuità che hanno un ruolo importante nei riguardi delle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

La classificazione di Beniauskis si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Beniauskis)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\begin{aligned}\text{RMR di base} &= \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 \\ \text{RMR corretto} &= \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6\end{aligned}$$

- VALORE DI A1

A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale S_u .

La prova Point Load Test

La prova Point Load ha il vantaggio di essere portatile; da essa si deriva l'indice di carico puntuale I_s che viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale S_u mediante la relazione:

$$S_u = K I_s$$

K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare K in funzione di I_s secondo lo schema seguente:

I_s (MPa)	K
< 3,5	14
3,5 – 6,0	16
6,0 – 1,0	20
> 6,0	25

Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la “durezza di rimbalzo” della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0,775 R + 21,3$$

Standard ISRM

In una fase preliminare delle indagini, mancando prove di laboratorio, il valore di S_u può essere stimata osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo.

Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

Definita la resistenza a compressione S_u è possibile ricavare il valore del primo parametro A_1 . Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposte da Beniaowsky, ricavare il valore di A_1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

VALORE DI S_u (MPa)	EQUAZIONE
$\leq 44,5$	$A_1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$
$44,5 \div 93,75$	$A_1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$
$93,75 \div 140$	$A_1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$
$140 \div 180$	$A_1 = 0,0375 S_u + 6,75$
$180 \div 240$	$A_1 = 0,025 S_u + 9$
> 240	$A_1 = 15$

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Beniaowsky nell'ultima versione del sistema (1989):

S_u (MPa)	> 200	$100 - 200$	$50 - 100$	$25 - 50$	$5 - 25$	$1 - 5$	< 1
Coefficiente A_1	15	12	7	4	2	1	0

- VALORE DI A_2

Se si effettuano sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A_2 , dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \cdot 100$$

dove:

L_c = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

L_t = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata L_c .

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A_2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniauskis:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A_2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A_2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A_2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A_2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

- VALORE DI A_3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A_3 , mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
$\leq 0,2$	$A_3 = 15 s + 5$
$0,2 \div 0,4$	$A_3 = 10 s + 6$
$0,4 \div 0,66$	$A_3 = 7,752 s + 5,9$
$0,66 \div 0,94$	$A_3 = 7,067 s + 7,35$
$0,94 \div 1,6$	$A_3 = 6,07 s + 8,288$
$1,6 \div 2,0$	$A_3 = 5 s + 10$
$> 2,0$	$A_3 = 20$

- VALORE DI A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniauwsky il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = v1 + v2 + v3 + v4 + v5$$

I valori da assegnare sono:

v1 – Persistenza del giunto

PERSISTENZA (m)	v1
< 1	6
1 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

v2 – Apertura del giunto

APERTURA (mm)	v2
Completamente chiuso	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

v3 – Rugosità del giunto

RUGOSITA'	v3
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

v4 - Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	v4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

v5 - Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO (mm)	RIEMPIMENTO	v5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

- VALORE DI A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniauskis si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umidità	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

VALORE DI RMR (ROCK MASS RATING) E PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_b calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR_b	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di RMR_b derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniauskas assumono il valore secondo le seguenti formule:

$$\text{coesione di picco } c_p \text{ (kPa)} = 5 RMR_b$$

$$\text{angolo di attrito di picco } f_p = 0,5 RMR_b + 5$$

$$\text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} = 2 RMR_b - 100$$

Si riporta la classificazione relativamente ad indici geomeccanici, minimi, medi e parametri elastici.

PARAMETRI													
1	RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA (Mpa) σ_c	>250	Val. 15	100/250	Val. 12	50/100	Val. 7	25/50	Val. 4	5/25	Val. 2	1/5	Val. 1
2	RQD (%)	90/100	Val. 20	75/90	Val. 17	50/75	Val. 13	25/50	Val. 8	<25	Val. 3	3	
3	SPAZIATURA (in cm)	>200	Val. 20	60/200	Val. 15	20/60	Val. 10	6/20	Val. 8	<6	Val. 5		
4	CONDIZIONI DISCONTINUITA'	Persistenza in m	Val.	Apertura mm	Val.	Rugosità giunto	Val.	Alterazione pareti	Val.	Riempimento	Val.		
		<1	6	Chiuso	6	Molto rugosa (JRC:16-18)	6	Non alterate	6	Assente	6		
		1-3	4	<0,1	5	Rugosa (JRC:12-16)	5	Leggermente alterate	5	Duro <5	4		
		3-10	2	0,1-1	4	Leggermente rugosa (JRC:8-12)	3	Mediamente alterate	3	Duro >5	3		
		10-20	1	1-5	1	Liscia (JRC:4-8)	1	Molto alterate	1	Soffice <5	2		
		>20	0	>5	0	Levigata (JRC:0-4)	0	Decomposte	0	Soffice >5	0		
CONDIZIONI MEDIE DEI GIUNTI													
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Asciutta	Val. 15	Umide	Val. 10	Bagnata	Val. 7	Deboli vedute	Val. 4	Forti vedute	Val. 0		
6	ORIENTAMENTO DISCONTINUITA'	APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole						
		Galleria	0	-2	-5	-10	-12						
		Fondazioni	0	-2	-7	-15	-15						
VALUTAZIONE QUALITA' DELL'AMMASSO	RMR	81-100	80-61	60-41	40-21	≤ 20							
	Classe	I	II	III	IV	V							
	Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente							
PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO													
$c = 5 RMR_b$ (kPa)		170	RMR =	34									
$\Phi = 0,5 RMR_b + 5$		22											

Tab.1 – Tabella riassuntiva dei parametri geomeccanici secondo la classificazione di Beniauskas – Indici minimi

PARAMETRI																
1	RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA (Mpa) σ_c	>250	Val. 15	100/250	Val. 12	50/100	Val. 7	7	25/50	Val. 4	5/25	Val. 2	1/5	Val. 1	<1	Val. 0
2	RQD (%)	90/100	20	75/90	17	50/75	13	25/50	8	8	<25	3				
3	SPAZIATURA (in cm)	>200	20	60/200	15	20/60	10	10	6/20	8	<6	5				
4	CONDIZIONI DISCONTINUITA'	Persistenza in m	Val.	Apertura mm	Val.	Rugosità giunto	Val.	Alterazione pareti	Val.	Riempimento	Val.					
		<1	6	Chiuso	6	Molto rugosa (JRC:16-18)	6	Non alterate	6	Assente	6					
		1-3	4	<0,1	5	Rugosa (JRC:12-16)	5	Leggermente alterate	5	Duro <5	4					
		3-10	2	0,1-1	4	Leggermente rugosa (JRC:8-12)	3	Mediamente alterate	3	Duro >5	3					
		10-20	1	1-5	1	Liscia (JRC:4-8)	1	Molto alterate	1	Soffice <5	2					
		>20	0	>5	0	Levigata (JRC:0-4)	0	Decomposte	0	Soffice >5	0					
CONDIZIONI MEDIE DEI GIUNTI				13												
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Asciutta	Val. 15	15	Umide	Val. 10	Bagnata	Val. 7	Deboli vedute	Val. 4	Forti vedute	Val. 0				
6	ORIENTAMENTO DISCONTINUITA'	APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole									
		Galleria	0	-2	-5	-10	-12									
		Fondazioni	0	-2	-7	-15	-15									
VALUTAZIONE QUALITA' DELL'AMMASO	RMR	81-100	80-61	60-41	40-21	≤ 20										
	Classe	I	II	III	IV	V										
	Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente										
PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASO																
c = 5 RMRb (kPa)		265	RMR =	53												
$\Phi = 0,5 \text{ RMRb} + 5$		31,5														

Tab. 2 - Tabella riassuntiva dei parametri geomeccanici secondo la classificazione di Beniawsky – Indici medi

Per quanto riguarda un ulteriore approfondimento relativamente alle caratteristiche di deformabilità dell'ammasso roccioso si riportano i valori delle costanti elastiche desunte da indagini sismiche effettuate in zona limitrofa ed in contesto geomorfologico simile.

layer	h (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm ³)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G* (m/s)	Young E* (m/s)	Bulk M. k* (m/s)
1	0.3	180	0.0	0.3	1.8	0.421	487	59	167	351
2	0.5	245	0.3	0.8	1.9	0.425	680	113	323	723
3	0.9	280	0.8	1.7	1.9	0.370	616	151	415	531
4	1.1	410	1.7	2.8	2.0	0.350	853	341	921	1022
5	1.6	820	2.8	4.4	2.2	0.290	1508	1493	3852	3058
6	2.1	735	4.4	6.5	2.2	0.300	1375	1183	3076	2563
7	2.1	850	6.5	8.6	2.2	0.300	1590	1611	4189	3489
8	9.0	995	8.6	17.6	2.3	0.200	1625	2247	5394	2998
9	11.0	1200	17.6	28.6	2.3	0.250	2078	3355	8387	5588
10	20.0	1250	28.6		2.3	0.22	2086	3656	8920	5307
11										
12										

Tab.3 - Tabella parametri elastici da indagine Masw

CONDIZIONI	G (Mpa)	E (Mpa)
MINIME	1100	3852
MEDIE	1611	5394

G_{max}: modulo di taglio dinamico (da prospezioni sismiche)

E: modulo di Young (da prospezioni sismiche)

La ricostruzione della sequenza stratigrafica è basata pertanto sul rilevamento geologico – geomorfologico e su indagini svolte in contesto limitrofo e similare al presente studio.

L'area interessata dall'impronta dell'opera è caratterizzata da un primo orizzonte sciolto costituito da terreno vegetale e coltre eluvio - colluviale di spessore in genere compreso nei 3 metri, che possono aumentare sensibilmente a tergo delle sistemazioni antropiche, come nel caso in esame, ove i riporti inseriti aumentano l'altezza di tali orizzonti.

Al di sotto si trova il substrato roccioso che mostra un grado di alterazione medio nei livelli calcarei e medio elevato in quelli argillitici (cappellaccio), per quanto è stato possibile osservare nei limitati affioramenti presenti.

Questa schematizzazione può essere considerata come modellazione geologica mediamente rappresentativa della sequenza stratigrafica del sito (vedi sezione geologica allegata).

<u>Livello</u>	<u>Angolo d'attrito</u> (Meyerhof 1965)	<u>Peso di volume</u>	<u>Peso di volume saturo</u>	<u>Coesione</u>	<u>Modulo di reazione K₀</u>
Coltre eluvio - colluviale	25°-26°	1,7 t/m ³	1,9 t/m ³	nulla	0,7

5. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

La normativa sismica italiana prevede che l'azione sismica di riferimento sia determinata per ogni sito sulla base delle sue coordinate, a partire dalla mappa di pericolosità sismica calcolata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

La pericolosità sismica varia in base all'accelerazione orizzontale attesa espressa in termini di probabilità di superamento del 10% in 50 anni pari ad un periodo di ritorno di 475 anni.

La zonazione sismica del territorio nazionale, intesa come suddivisione in zone a pericolosità sismica differente, assume significato solamente da un punto di vista amministrativo.

Da questo punto di vista il territorio del Comune di Camogli è classificato in zona sismica 3 ($P_{ga}=0,15g$).

Per la definizione dell'azione sismica in superficie si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di suolo di fondazione, qualora i terreni siano chiaramente riconducibili ad esse (Fig.3)

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle previste per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Fig.3

Sulla base della Normativa vigente, considerando l'esito dei rilevamenti eseguiti, l'areale di interesse è riferibile alla seguente categoria di suolo di fondazione: **Categoria di suolo di fondazione B** relativa a "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Salvo diverse indicazioni del progettista strutturale, si può indicare una Vita Nominale Vn (numero d'anni d'uso della struttura) uguale a 50, Classe d'uso (Cu) pari a IV a cui coefficiente d'uso pari a 2.

I parametri sismici dedotti per le fondazioni ottenuti con il programma di Calcolo Geostru PS sono i seguenti:

Sito in esame

latitudine: 44,338645

Classe: 2

latitudine: 9,269919

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17143 Lat: 44,3557 Lon: 9,1552 Distanza: 956,071

Sito 2 ID: 17144 Lat: 44,3582 Lon: 9,2251 Distanza: 5255,283

Sito 3 ID: 17366 Lat: 44,3082 Lon: 9,2285 Distanza: 6978,008

Sito 4 ID: 17365 Lat: 44,3057 Lon: 9,1588 Distanza: 4698,085

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 2

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Stato limite Operatività (SLO)	Stato limite di Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
P _{VR} : 81 %	P _{VR} : 63 %	P _{VR} : 10 %	P _{VR} : 5 %
Tr: 30[anni]	Tr: 50[anni]	Tr: 475 [anni]	Tr: 975 [anni]
a _g : 0,028 g	a _g : 0,035g	a _g : 0,080g	a _g : 0,104 g
Fo: 2,515	Fo: 2,551	Fo: 2,563	Fo: 2,528
Tc*: 0,197 [s]	Tc*: 0,216 [s]	Tc*: 0,285 [s]	Tc*: 0,294 [s]

6. CONCLUSIONI

I dati raccolti nel corso dell'indagine sono finalizzati a progettare la soluzione più adeguata per la ricostruzione del muro di controripa di Via Bettolo, che funge da presidio agli spazi esterni dell'Istituto Nautico di Camogli; i lavori sono necessari per scongiurare eventuali evoluzioni del dissesto che possano coinvolgere le preesistenze e arrecare pericolo per la pubblica incolumità.

Il rifacimento dell'opera di sostegno persegue pertanto la finalità della messa in sicurezza dell'area scolastica esterna e delle limitrofe preesistenze.

Considerata la morfologia del fronte e l'interferenza con le preesistenze stesse, a monte e valle, nonché le condizioni di disarticolazione dell'ammasso alternato a "sacche" eluviali entro il quadro fessurativo riscontrato, l'intervento è da considerarsi delicato e alcune operazioni dovranno essere necessariamente perseguire una prima mitigazione di fenomeni transitori di possibile detrizione, una volta che si procede con la demolizione del paramento, con successiva messa in sicurezza del versante a mezzo di elementi provvisori in calcestruzzo (blocchi prefabbricati), posizionati al piede del rilevato.

La fondazione del nuovo muro sarà realizzata tramite un sistema di micropali armati in acciaio eseguiti mediante perforazione a distruzione di nucleo con successiva iniezione cementizia, con lunghezza tale che preveda l'ammorsamento nel substrato roccioso per una lunghezza di almeno 3 – 4 metri.

In tal senso si condividono le tipologie di intervento assunte dal progettista, ai cui elaborati si rimanda per il dettaglio delle fasi di lavorazione.

Contestualmente agli interventi di consolidamento dovranno essere ottimizzate le soluzioni di intercettazione e disciplina delle acque superficiali e profonde prevedendo lungo il paramento murario le necessarie feritoie (barbacani), che garantiscano il regolare deflusso delle acque di infiltrazione.

Il complesso di studi e ricerche effettuate ha consentito di rispondere agli obiettivi fissati in premessa, e cioè di fornire una essenziale "modellazione geologica" del sito di intervento a scala progettuale.

I normali controlli in corso d'opera e gli approfondimenti del caso, effettuati congiuntamente al progettista geotecnico-strutturale e alla direzione lavori consentiranno in conclusione l'ottimizzazione dei lavori e degli aspetti di dettaglio.

Chiavari 23 luglio 2024

Geol. Marco Dasso



SEZIONE TRASVERSALE SITUAZIONE PRE-FRANA 1:200

