

**LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI ENNA
GIA' PROVINCIA REGIONALE DI ENNA**

**LAVORI DI SISTEMAZIONE ED AMMODERNAMENTO
DELLA S.P. N. 98 EX TURISTICA**

PROGETTO ESECUTIVO

**TAVOLA
B.1**

REV.

SCALA

**DATA
FEBBRAIO 2021**

**ELABORATO:
RELAZIONE GEOTECNICA**

**IL PROGETTISTA:
DOTT. ING. CARMELO LO FRANCO**

**Dott. Ing. Carmelo Lo Franco
Iscriz. all' alba degli Ingegneri
di Palermo n. 4062**

NOTE:

**IL R.U.P.:
ING. VINCENZO TUMMINELLI**

RELAZIONE GEOTECNICA E CALCOLO PARATIA

PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Ing. Carmelo Lo Franco, regolarmente iscritto al n.4062 dell'ordine degli ingegneri della provincia di Palermo, incaricato della progettazione definitiva ed esecutiva, e inoltre degli artt. 91, 92 e 100 del D.lgs n.81/2008, ovvero degli artt. 24, 33 del DPR 207/2010 relativi all'intervento: "Lavori di sistemazione ed ammodernamento della SP n.98 ex turistica" giusta Determina del Dirigente del V Settore n.84 dell'11/02/2011; acquisita la relazione geologica a firma del Dott. Geol. Angelo Caliri, effettuati i calcoli di verifica sia di natura geotecnica che di tipo strutturale per le opere progettate, redatti i grafici progettuali relaziona quanto segue.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, di verifica e di progettazione è costituita dalle Norme Tecniche per le costruzioni emanate con il D.M. 17/01/2018 e successiva circolare esplicativa del Ministero delle Infrastrutture.

Dal punto di vista geografico l'area oggetto dello studio si colloca nella Sicilia Centrale tra il Lago di Pergusa e l'abitato del Comune di Piazza Armerina.

Nella Carta Topografica d'Italia edita dall'IGM, a scala 1:25.000, ricade all'interno del Foglio 268 II N.O. e Foglio 268 II N.E, mentre nella Carta Tecnica Regionale (CTR), a scala 1:10.000, l'area di stretto interesse insiste nella tavolette 631120 e 632090.

Nel Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), l'area oggetto del presente studio ricade nel Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094) area tra bacini del Simeto e del S. Leonardo (094A) Laghi di Pergusa (094)B e Maletto (094C). Dall'analisi delle Carte del P.A.I. , lungo il tratto in studio della S.P.98 non vi sono zone sottoposte a Vincolo.

La S.P.98 si sviluppa tutta all'intero dei perimetri della Provincia di Enna, consente il collegamento della Strada Statale n. 561 con la strada provinciale S.P. n.4.

L'area in esame ricade in un settore dalla morfologia molto variabile; l'insieme delle vette osservate, fra cui il Monte della Furma, Portella Grottacalda, Monte Stella, Monte Pietragrossa Monte Capitone, caratterizzano un

paesaggio aspro e dalle pendenze accentuate che contrasta nettamente con i settori a quote più basse dove la morfologia è caratterizzata da pendenze più dolci a causa di affioramenti geologici costituiti da litologie più limoso-argillose.

L'assetto morfologico è strettamente connesso alle caratteristiche litologiche e giaciture dei terreni affioranti: il paesaggio più accidentato è caratterizzato da termini più competenti (calcareniti e sabbie), mentre il territorio localizzato a circa un paio di chilometri a Sud-Est è costituito da affioramenti di natura argillosa (facilmente erodibili e modellabili dagli agenti esogeni) che generano una morfologia più blanda.

Il tratto stradale in oggetto interessa questo settore a morfologia blanda, ubicato a quote relative più basse, con modeste pendenze.

Lo studio geotecnico si riferisce a tutto il tratto stradale della S.P.98 ex Turistica e specificatamente sono stati previsti degli interventi ai seguenti tratti:

- Intervento tratto 0+396 – 0+436;
- Intervento tratto 0+802 – 0+969;
- Intervento tratto 1+190 – 1+256;
- Intervento tratto 2+100 – 2+150;
- Intervento tratto 2+330 – 2+340;
- Intervento tratto 2+600 – 2+647;
- Intervento tratto 3+000 – 3+030;
- Intervento tratto 4+178 – 4+188;
- Intervento tratto 4+910 – 4+995;

Questi interventi si possono inquadrare in due Tipologie Principali risolutivi delle problematiche di dissesto:

Tipologia 1 di consolidamento strutturale del rilevato con pali;

Tipologia 1 Intervento tratto 0+802 – 0+969

In questo tratto di strada si evidenzia il maggior dissesto che ha causato il cedimento della corsia di valle e del relativo rilevato stradale in sottoscarpa (vedi foto).

Durante le fasi progettuali e già nella fase di progettazione definitiva, si era evidenziato che il tratto in esame, in rilevato per circa 4,60 ml, presentava cedimenti ed avvallamenti, presumibilmente dovuti alla mancata regimentazione delle acque piovane di monte e del successivo cedimento del tombino armco.

Allo stato attuale la corsia di valle è stata ripristinata tramite un intervento di messa in sicurezza al fine di permettere la carrabilità in sicurezza di questo tratto di carreggiata, ma pur intervenendo nel modo più razionale possibile, la problematica non si è risolta del tutto, infatti malgrado siano state effettuate le opere di drenaggio, l'acqua continua a persistere in una fascia ben definita tra la parte basale del rilevato stradale e la parte sommitale della formazione geologica su cui poggia il rilevato stradale.

Le evidenze di quanto sopra descritto sono sancite da evidenti segni di cedimento ripresi in corrispondenza della precedente corona di distacco.

Vista la natura poco permeabile dei terreni di contatto tra il rilevato stradale e la sottostante formazione geologica, l'unica soluzione per il consolidamento appartenente a questa TIPOLOGIA 1 è quella di fondare il rilevato stradale su PALI .

A tal fine sono stati ipotizzate n° 3 paratie da ml 50,00 cadauna, allineati ed intervallati dal tombino in armco fi 1600 mm e dallo scatolare in c.a. esistente.

Il tombino armco esistente in fi 1500 mm sarà sostituito con un armco fi 1600 mm, in quanto i cedimenti ed i movimenti del rilevato stradale, hanno causato lo schiacciamento dello stesso oltre alla rottura degli elementi di congiunzione.

Al fine di evitare che le acque dilavanti di monte possano interagire con il rilevato stradale, è stato progettato l'intervento di captazione delle di pioggia ed il relativo invito al pozzetto, esistente, da cui si diparte il tombino armco che attraversa il coro stradale e adduce le acque al vicino impluvio naturale, mediante la realizzazione di un fosso di guardia in semiarmco del fi 800.

La Tipologia 2 di consolidamento strutturale del rilevato, si riferisce ai seguenti tratti, consiste principalmente nell'inserimento tra gli strati di conglomerato bituminoso di un geocomposito rinforzato costituito da una membrana prefabbricata elastomerica autotermoadesiva antipumping, vedi art. 6.1.8 dell'elenco prezzi allegato:

-
-
- Intervento tratto 0+396 – 0+436;
 - Intervento tratto 1+190 – 1+256;
 - Intervento tratto 2+100 – 2+150;
 - Intervento tratto 2+330 – 2+340;
 - Intervento tratto 2+600 – 2+650;
 - Intervento tratto 3+000 – 3+030;
 - Intervento tratto 3+700 – 3+900;
 - Intervento tratto 4+178 – 4+188;
 - Intervento tratto 4+910 – 4+995;

Il tratto 3+000 – 3+030 è ulteriormente interessato dalla realizzazione di un intervento avente funzione consolidante del rilevato, attualmente rotto, e di captazione ed allontanamento delle acque piovane all'impiuvio naturale esistente. Dal punto di vista strutturale è stato ipotizzato che la parte a valle della gabbionata assolvere la funzione di contenimento del relativo rilevato stradale.

INQUADRAMENTO GEO-MORFOLOGICO STRATIGRAFICO

Nel complesso, le unità del substrato più antico sono strutturate in una serie di thrust pellicolari (Bianchi et. al. 1987; Lentini et. al 1991) verificatesi a partire dal Burdigaliano inferiore. Tali unità sono ricoperte da estesi depositi quaternari di genesi detritica e alluvionale (Carbone 2010), particolarmente importanti nei settori di fondovalle del Fiume Dittaino.

Come viene evidenziato nella Carta Geologica d'Italia 1: 250000 (Lentini e Carbone 2010), le successioni stratigrafiche presenti nell'area di interesse possono essere distinte, dal basso verso l'alto, in unità della catena appenninico-maghrebide derivanti dalla deformazione di successioni sedimentarie deposte in origine su crosta oceanica e da piattaforme carbonatiche ubicate su crosta continentale.

Unità della catena appenninico-maghrebide derivanti dalla deformazione di successioni sedimentarie deposte in origine su crosta oceanica e da piattaforme carbonatiche ubicate su crosta continentale.

L'unità della catena appenninico-magrebide comprende il complesso della tectonica alpina, tra il margine sardo (blocco europeo) e il blocco panormide e progressivamente traslate sulle unità esterne durante la fase balearica e tirrenica (rispettivamente Oligo-Miocene e Mio-Pliocene).

Per maggiori approfondimenti si rimanda allo studio geologico redatto dal dott. Angelo Caliri.

SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA

La soluzione progettuale proposta si basa sui dati trasmessi dal Geol. Dott. Angelo Caliri che, oltre ad effettuare le opportune prove sismiche e geognostiche corredate da esami di laboratorio, nonché dai sopralluoghi in situ effettuati dal sottoscritto.

Dalla sintesi di tutti i dati acquisiti, si è potuta evidenziare la correlazione della mancata e/o carente regimentazione delle acque piovane, alle discontinuità della sovrapposizione stratigrafica dei terreni del rilevato in frana.

Come riportato nel progetto definitivo, i tratti di strada necessitavano già di interventi manutenzione e che in mancanza di tali interventi si sarebbero in futuro aggravato lo stato strutturale dell'infrastruttura.

Dal punto di vista prettamente strutturale e sismico i tratti su cui ormai non si può più prescindere dal realizzare opere più complesse dei semplici rinforzi strutturali previsti nel 2011 riportati sia sulla progettazione preliminare che sulla definitiva, sono praticamente due e precisamente l'intervento con paratie alla progressiva 0+802 – 0+969 e l'intervento con gabbionate alla progressiva 3+00 – 3+030.

Alla luce di quanto esposto gli interventi da porre in essere a consolidamento dell'area in studio possono riassumersi sinteticamente in:

-Un insieme sistematico di opere per il corretto deflusso ed allontanamento delle acque meteoriche, realizzando un fosso di guardia per invitare le acque all'esistente pozzetto, sostituzione dell'attuale armco con un armco avente diametro leggermente superiore da 1500 mm a 1600 mm, dovuto non a problemi capacitativi ma alle tipologie strutturali oggi in uso, dimensionato secondo le tabelle per la profondità di collocazione.

- Una serie di interventi di consolidamento di tipo strutturale, mediante la realizzazione di tre tratti di paratie di pali $\varnothing 800$ in c.a. in area di pertinenza stradale, subito a valle della corsia, collegati in testa da un cordolo in c.a. ml 1.20x ml 1.00.

- Una gabbionata immersa nel corpo stradale con l'ultimo tratto avente funzione di contenimento del corpo in rilevato, nella parte a contrasto costituita da due file di gabbionate da 1,00 ml x 1,00 ml, sormontata da una sola fila ml 1,00 x ml 1,00.

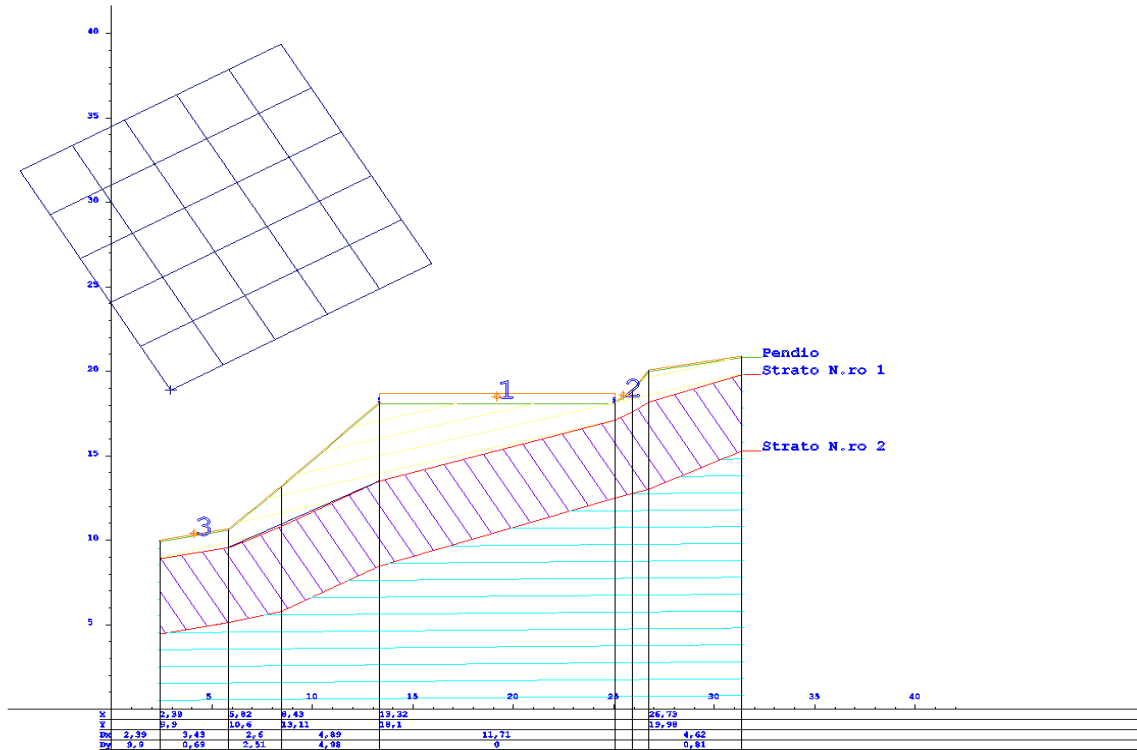
PARATIE

Le opere strutturali che hanno rilevanza geotecnica contemplate nel progetto di cui in epigrafe consistono nella realizzazione delle tre paratie, da ml 50,00 cadauna.

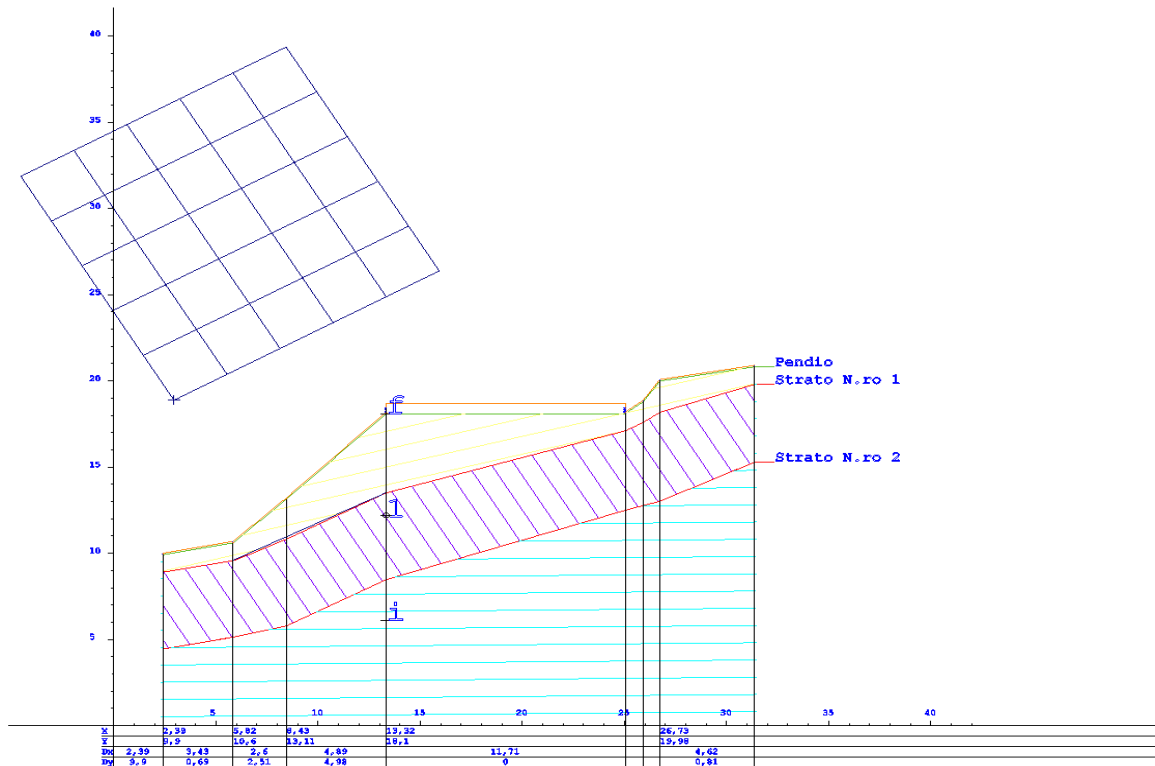
Preliminarmente è stata eseguita la stabilità del pendio in condizioni statiche, appurata, come visivamente si evince, che il rilevato non è stabile, è stata inserita una paratia, a valle del nastro stradale, avente lunghezza pari a ml 12,00, e riverificato il pendio in condizioni sismiche, le risultanze hanno concesso di poter dimensionare l'opera e consolidare il corpo in rilevato.

La stratigrafia, come riportata nella relazione geologica, è stata data in input ai programmi di calcolo per le verifiche sia di stabilità che strutturali per quanto riguarda la paratia, i dati sono riportati negli allegati tabulati delle relative calcolazioni.

Al tal fine è stato rappresentato il pendio, ipotizzando una superficie di scorrimento in linea con lo studio geologico, e sono state effettuate due verifiche del pendio, la prima in assenza di elementi irrigidenti (paratie),



la seconda in presenza degli elementi irrigidenti,



È opportuno far evidenziare che il posizionamento planimetrico delle paratie è frutto di un insieme di verifiche sulla ricerca delle condizioni più favorevoli per contrastare le spinte ed anche in relazione alla disponibilità delle aree di proprietà demaniali e della facilità di accesso alle zone dove collocare gli elementi strutturali.

Dall'elaborato relativo alla stabilità del pendio in assenza di paratia si legge la superficie di discontinuità tra il rilevato stradale e lo strato di base è in scivolamento essendo il coefficiente Bell di molto inferiore all'unità, mentre con l'inserimento dell'elemento a contrasto, paratia, la stessa superficie è stabile anche in fase sismica come si evince a pag. 12 dell'elaborato "calcolo della stabilità del pendio in presenza di sisma e di paratia, coefficiente Bell. 1,2829.

Successivamente è stato effettuato il calcolo delle paratie, considerate la quasi analoghe caratteristiche geologiche tecniche si è ritenuto opportuno dimensionare tutte le paratie secondo il calcolo di verifica nelle condizioni più sfavorevoli.

I dati input sia per il calcolo della stabilità dei pendii che per il calcolo delle paratie e della successiva gabbionata sono stati desunti dalle indagini geognostiche e dalle prove di laboratorio allegati alla relazione geologica a cui si rimanda.

CRITERI GENERALI DI VERIFICA GEOTECNICA

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) sono state effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure seguenti.

2.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo è stata rispettata la condizione

$$Ed \leq Rd$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = \gamma_E E [F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d]$$

e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = 1/\gamma_R R [\gamma_F F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d]$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto

$\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d .

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \times \gamma_E$.

Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema. La verifica della suddetta condizione è effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 ed R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti ed alternativi tra loro.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono state previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Per quanto concerne le azioni, il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità. I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella tabella sottostante.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

- in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva tabella e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coestione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

2.2 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE)

Le opere e i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese per l'opera stessa. Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione

$$Ed \leq Cd$$

dove Ed è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e Cd è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione.

Le condizioni di carico agenti sulle paratie in progetto dipendono dall'altezza del terrapieno da contenere e dalla ubicazione rispetto alla sede stradale.

Nel caso in esame le due paratie presentano caratteristiche molto simili, infatti entrambe verranno realizzate su sedi viarie esistenti, quindi i eguali sovraccarichi, le stratigrafie geologiche sono identiche sia per tipologia dei terreni che per spessori. La tipologia della paratia è costituita da pali in. c.a. allineati diametro mm 1000 aventi lunghezza ml 20,00 oltre cordolo di ml 1,00, interasse ml 1,20, si è supposto che la contropinta di valle, a vantaggio di sicurezza, non sia influente, spessore del terrapieno di monte spingente pari a ml 7,75, il previsto sovraccarico è di kN/mq 20,00.

Con l'ausilio del programma di calcolo C.D.B. in uso allo scrivente redatto dalla società STS srl di Catania è stata effettuata la verifica della paratia che di seguito si riporta.

Il livello di progetto della falda freatica è stato scelto sulla base di misure e sulla conoscenza del regime delle pressioni interstiziali nel sottosuolo.

Le verifiche sono fatte con riferimento ai seguenti stati limite:

-SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;

-SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia, accertando che la condizione

$$E_d \leq R_d \text{ sia soddisfatta}$$

per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I del
17/01/18 di seguito riportate.

Per le verifiche dettagliate delle paratie si rimanda al fascicolo di calcolo allegato dove sono riportati i dati di input ed output della paratia e della gabbionata oggetto della presente.