Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Committente:

Regione Liguria
COMUNE DI SANT'OLCESE
CITTA METROPOLITANA DI GENOVA

Oggetto:

Lavori di risagomatura del Torrente Sardorella in loc. Vallombrosa a monte della briglia selettiva e consolidamento spondale di alcuni tratti di argine

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

SCALA:

DATA: maggio 2020

Identificazione elaborato	Ambito		Tipologia		Commessa	n° elaborato	
IDDE1258-16	I	D	D	E	1258		16

Dati Progettisti:

Studio ANSELMO Associati
Via Vittorio Emanuele n° 14
10023 CHIERI (TO)
tel./fax 011 9415835
e-mail: info@anselmoassociati.it

Dott. Ing. Virgilio Anselmo
Dott. For. Fulvio Anselmo
Collaboratori:
Dott. For. Davide Spada
Dott. Ing. Donato Vittore

Rev.	Redatto	Controllato	Approvato	Data	Timbri e Firme
0	Ing. D. Vittore	Ing. V. Anselmo	Ing. V. Anselmo	05/20	



Il Responsabile del procedimento:	FIRMA

File : 1258IDDE-16.doc

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Sommario

1 PREMESSA 1
2 RIFERIMENTI NORMATIVI 1
3 INDAGINI GEOLOGICHE DI RIFERIMENTO 1
4 MODELLAZIONE GEOTECNICA 1
5 MODELLAZIONE SISMICA 1
5.1 Pericolosità sismica di base 1
5.2 Stati limite e relative probabilità di superamento 2
5.3 Categorie di sottosuolo 2
5.4 Categorie topografiche 3
5.5 Coefficienti di intensità sismica 3
6 VERIFICA GEOTECNICA GABBIONATA 4
6.1 Dati geotecnici del terreno 4
6.2 Azioni 5
6.2.1 Classificazione delle azioni [par. 2.5.1 - NTC 17.01.2018] 5
6.2.2 Azioni permanenti 5
6.2.3 Azioni variabili 6
6.3 Combinazioni delle azioni 6
6.3.1 Calcolo della spinta sul muro 8
6.3.2 Verifica a ribaltamento 10
6.3.3 Verifica a scorrimento 11
6.3.4 Verifica al carico limite 12
6.3.5 Verifica alla stabilità globale 13
6.4 Criteri di verifica 13
6.4.1 Carichi sul terrapieno 14
6.4.2 Verifiche di stabilità 14
6.4.3 Combinazioni di verifica 14
6.4.4 Quadro riassuntivo coefficienti di sicurezza 15
6.4.5 Conclusioni 15
7 VERIFICA GEOTECNICA PALIFICATA 15
7.1 Dati geotecnici del terreno 16
7.2 Combinazioni delle azioni 16
7.2.1 Calcolo della spinta sul muro 17
7.3 Criteri di verifica 17
7.3.1 Carichi sul terrapieno 17
7.3.2 Verifiche di stabilità 18
7.3.3 Combinazioni di verifica 18
7.3.4 Quadro riassuntivo coefficienti di sicurezza 19
7.3.5 Conclusioni 19
8 RIFERIMENTI BIBLOGRAFICI 19

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

1 PREMESSA

La presente relazione geotecnica è parte integrante del progetto di "Lavori di risagomatura del Torrente Sardorella in loc. Vallombrosa a monte della birglia selettiva e consolidamento spondale di alcuni tratti di argine – I lotto funzionale" commissionato dal comune di Sant'Olcese (GE).

Dapprima si procede con la verifica geotecnica delle gabbionate in progetto e successivamente con quella della palificata in legname.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 17.01.2018 - *Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*
- Circolare ministeriale 21.01.2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2008

3 INDAGINI GEOLOGICHE DI RIFERIMENTO

Non sono state condotte indagini geologiche in sito in quanto le opere in progetto non sono riconducibili a strutture dove vengono direttamente coinvolte persone.

4 MODELLAZIONE GEOTECNICA

La modellazione geotecnica è stata allestita in base alle osservazioni in sito delle caratteristiche e delle tipologie dei terreni di fondazione.

Il basamento dei manufatti poggia su depositi ghiaio-terrosi di natura sedimentaria da parte del corso d'acqua o su terreni di riporto.

Per ogni tipologia di intervento verrà riportato il relativo profilo geotecnico.

5 MODELLAZIONE SISMICA

5.1 Pericolosità sismica di base

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla *pericolosità sismica di base* del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di vita di riferimento V_R della costruzione. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Per la definizione delle forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, è necessario definire i seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima del 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.

I valori sono tabulati in un reticolo di riferimento con i vertici individuati dalle coordinate geografiche, dai quali andranno estrapolati i valori all'interno della maglia del reticolo per l'opera in progetto in funzione delle proprie coordinate topografiche.

5.2 Stati limite e relative probabilità di superamento

Gli stati limite in caso di sisma sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti, sono:

- Stato limite di Operatività (SLO): a seguito del sisma le strutture e le loro parti non devono subire danni;
- Stato limite di Danno (SLD): a seguito del sisma le strutture e le loro parti subiscono danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali;
- Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del sisma la costruzione subisce rotture e crolli degli elementi non strutturali e significativi danni alle strutture con una significativa perdita di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato limite di prevenzione del collasso (SLC): a seguito del sisma la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali e danni molto gravi ai componenti strutturali, ma la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per le azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza per le azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono:

Stati limite	P_{VR}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

La relazione che lega il tempo di ritorno dell'azione sismica Tr e i parametri V_R e P_{VR} è:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

5.3 Categorie di sottosuolo

In assenza di analisi della risposta sismica locale si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m
S1	Depositi di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni grana fina di bassa consistenza o che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

5.4 Categorie topografiche

Per configurazioni topografiche semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Descrizione
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤i≤30°
T4	Rilievi con larghezza in testa molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

5.5 Coefficienti di intensità sismica

L'opera è ubicata in un ambiente pede montano nel comune di Sant'Olcese (GE) a quota 245 m s.l.m. circa, caratterizzato da una Latitudine pari a 44.482584 e una Longitudine pari a 8.983153 (entrambe espresse in gradi decimali).

Il sottosuolo è classificabile come categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti.*

Con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), il periodo di ritorno corrispondente per l'azione sismica di progetto T_R è pari a 475 anni.

L'accelerazione massima orizzontale al suolo a_g, interpolata rispetto alla maglia del reticolo dei parametri spettrali, fornisce un valori a_g = 0.794g, a cui corrisponde un coefficiente di riduzione β_m di 0.18.

Si perviene ai valori dei coefficienti di intensità sismica orizzontale e verticale, calcolati come:

$$k_h = \beta_m \cdot S_S \cdot S_T \cdot \frac{a_g}{g} = 0.18 \cdot 1.50 \cdot 1.00 \cdot \frac{0.794g}{g} = 0.021$$

$$k_v = \pm \frac{1}{2} k_h = \pm 0.011$$

in cui:

- S_s coefficiente di amplificazione dinamica (pari a 1.50 per sottosuolo tipo C);

- S_T coefficiente di amplificazione topografica (pari a 1.00 per categoria topografica T1).

Le forze inerziali causate dal sisma, applicando il metodo pseudo-statico, si traducono in forze statiche che sollecitano ulteriormente la struttura.

6 VERIFICA GEOTECNICA GABBIONATA

La verifica geotecnica della gabbionata metallica a scatole prismatiche riempite con ciottoli vagliati del corso d'acqua adiacente viene condotta impiegando il software MAX® 10.0 della Aztec Informatica®.

Sono state prese in considerazione le seguenti ipotesi di calcolo:

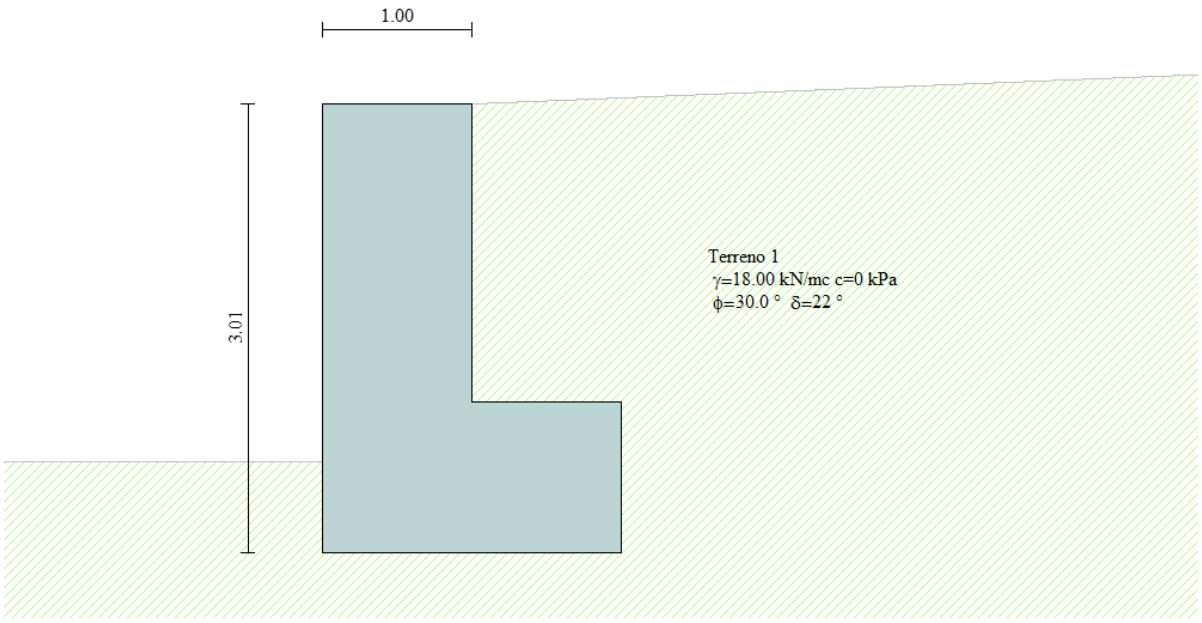
- cuneo di spinta calcolato col metodo di Culmann;
- incremento sismico calcolato col metodo Mononobe-Okabe;
- resistenza passiva del terreno a valle del manufatto ridotta del 50%;
- presenza del terreno sulla fondazione di valle.

Le verifiche sono state svolte sia in condizione statica che in condizione dinamica.

6.1 Dati geotecnici del terreno

Il profilo geotecnico del manufatto è riportato nella figura seguente.

La gabbionata fonda sui depositi sedimentari del corso d'acqua e lo stesso materiale viene impiegato per il terrapieno a tergo.



Per le verifiche si utilizzano i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici:

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

terreno di fondazione e terrapieno	φ'	30	°
	γ'	18.00	kN/m^3
	δ	22.5	°
	c	0	kPa

dove:

- φ' angolo di attrito interno terreno;
- γ' peso per unità di volume;
- δ angolo di attrito terreno-struttura pari a 0.75φ';
- c coesione terreno (trascurabile).

Sulla base dei criteri fondamentali del calcolo agli stati limite, i valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno vanno ridotti mediante i coefficienti di sicurezza parziali γ_M, ottenendo i valori di calcolo (D.M. 17/01/2008).

6.2 Azioni

6.2.1 CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI [PAR. 2.5.1 - NTC 17.01.2018]

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura.

Le azioni agenti sulle strutture possono essere in base alla natura:

- dirette forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili
- indirette spostamenti impressi, variazioni termiche, ritiro, cedimenti vincolari
- degrado alterazione del materiale

Le azioni agenti sulle strutture possono essere in base alla variabilità nel tempo:

- statiche azioni che non provocano accelerazioni significative alla struttura
- pseudo-statiche azioni dinamiche rappresentabili da un'azione statica equivalente
- dinamiche azioni che causano accelerazioni alla struttura

Le azioni agenti sulle strutture possono essere in base alla variabilità dell'intensità nel tempo:

- permanenti G azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della struttura
- variabili Q azioni sulla struttura con valori istantanei
- eccezionali A azioni che si verifica solo a seguito di eventi eccezionali e imprevedibili
- sismiche E azioni derivanti dai terremoti

6.2.2 AZIONI PERMANENTI

6.2.2.1 Spinte attive

I valori di spinta attiva permanenti fanno riferimento al terreno del terrapieno, nonchè alle forze inerziali del muro e del terrapieno che, seppur di natura dinamica, vengono trattate come pseudo-statiche, riferite sia al caso statico che al caso sismico.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

6.2.3 AZIONI VARIABILI

6.2.3.1 Azione sismica [par. 3.2 - NTC 17.01.2018]

Si rimanda al par. §5.

6.2.3.2 Carichi variabili

Non si ipotizzano carichi variabili.

6.3 Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche agli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

SLU	fondamentale	$\sum \gamma_{G,i} \cdot G_i + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot \left(Q_{k1} + \sum \psi_{0,j} \cdot Q_{kj}\right)$
SLE	rara	$\sum G_i + P + Q_{k1} + \sum \psi_{0,j} \cdot Q_{kj}$
SLE	frequente	$\sum G_i + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k1} + \sum \psi_{2,j} \cdot Q_{kj}$
SLE	quasi permanente	$\sum G_i + P + \sum \psi_{2,j} \cdot Q_{kj}$
Combinazione sismica		$E + \sum G_i + P + \sum \psi_{2,j} \cdot Q_{kj}$
Combinazione eccezionale		$\sum G_i + P + A_d + \sum \psi_{2,j} \cdot Q_{kj}$

I coefficienti di combinazione ψ_i a seconda del tipo di categoria dell'azione sollecitante sono mostrati nella tabella seguente.

Tab. 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Le verifiche agli stati limite si distinguono in:

- EQU stato limite di equilibrio come corpo rigido
- STR stato limite di resistenza della struttura
- GEO stato limite di resistenza del terreno

A seconda dello stato limite considerato, il tipo di azione e se favorevole o sfavorevole, si hanno i seguenti valori dei coefficiente parziali γ_i relativi alle azioni (NTC Tabella 6.2.I).

Tab. 6.2.I – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni*

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 [1]	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

[1] Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Il valore della resistenza R_d è 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 Tabella 6.2.II delle NTC e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R relativi a ciascun tipo di opera.

Tab. 6.2.II – *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Per le opere di sostegno si adottano i seguenti coefficienti parziale γ_R (Tabella 6.5.I delle NTC).

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Tab. 6.5.I - *Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno*

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Per i muri di sostegno (o manufatti assimilabili) sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO):
  - scivolamento sul piano di posa;
  - rottura dell'insieme fondazione-terreno;
  - ribaltamento;
  - stabilità globale del complesso muro-terreno.
- SLU di tipo strutturale (STR):

Nel caso specifico si omettono le verifiche agli SLE in quanto la tipologia di opera non si comporta come corpo rigido e garantisce una elevata deformabilità.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici.
Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.
Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti della azioni stabilizzanti.

6.3.1 CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO

6.3.1.1 Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. 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 coefficiente di 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). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

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.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

6.3.1.2 Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta *S'* considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \text{arctg}(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h.

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

$$\theta = \text{arctg}[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1\pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \text{arctg}[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1\pm k_v))]$$

Detta *S* la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente *A* vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta+\theta)}{\cos^2\beta\cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente *A* si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ.

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente *A* viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \qquad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove *W* è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

6.3.2 VERIFICA A RIBALTAMENTO

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r.

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si puo impostare $\eta_r >= 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente diseguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} >= \eta_r$$

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta *S*, dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

6.3.3 VERIFICA A SCORRIMENTO

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento sisulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s.

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s >= 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} >= \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta *N* la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \text{ tg } \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 percento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f, diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

6.3.4 VERIFICA AL CARICO LIMITE

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q. Cioè, detto Q_u, il carico limite ed *R* la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} >= \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare η_q>=1.0

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c\, N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

c coesione del terreno in fondazione;

φ angolo di attrito del terreno in fondazione;

γ peso di volume del terreno in fondazione;

B larghezza della fondazione;

D profondità del piano di posa;

q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \, tg\, \varphi}$$

$$N_q = A\, tg^2(45° + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1)\, ctg\, \varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1)\, tg\, (1.4\varphi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = tg^2(45° + \gamma/2)$$

I fattori *d* e *i* che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

<u>Fattori di profondità</u>

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \qquad \text{per } \varphi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \qquad \text{per } \varphi > 0$$

<u>Fattori di inclinazione</u>

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con φ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta°/90)^2$$

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\varphi^\circ}\right)^2 \qquad \text{per} \quad \varphi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \qquad \text{per} \quad \varphi = 0$$

6.3.5 VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g >= 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\varphi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin\varphi_i}$$

dove *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} e c_i e φ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in *n* strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

6.4 Criteri di verifica

Le caratteristiche del materiale costituente il riempimento delle gabbionate (ghiaia vagliata) sono:

- peso di volume 20.00 kN/m^3
- angolo di attrito 34°

Normalmente nel caso di muri di contenimento in calcestruzzo si fa assumere all'angolo di attrito terreno-opera un valore compreso fra 1/3φ e 2/3φ.

Nel caso di gabbionate, data la rugosità della delle superfici della scatole, si potrebbe assumere un angolo di attrito terreno-opera δ pari all'angolo di attrito interno φ del terreno.

Prudenzialmente si impiega un valore di δ pari al 75% di φ, poiché per valori maggiori la formula per il calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a non è più affidabile, in quanto ipotizza superfici di scorrimento piane che, che valori elevati di φ, si discosta troppo dalla realtà.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

6.4.1 CARICHI SUL TERRAPIENO

Sono stati considerati i seguenti carichi sul terrapieno:

- permanenti: g_k = 0.00 kN/m
- variabili: q_k = 0.00 kN/m

6.4.2 VERIFICHE DI STABILITÀ

Sono state condotte le verifiche di stabilità individuate nel Paragrafo §6.3.2 e successivi.

6.4.3 COMBINAZIONI DI VERIFICA

Le combinazioni utilizzate per le verifiche sono le seguenti.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Simbologia adottata
F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

6.4.4 QUADRO RIASSUNTIVO COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Le modalità ed i metodi con cui sono state condotte le verifiche sono riportate nel paragrafo §6.3.2 e successivi.

Nel seguito si riporta il quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza.

Simbologia adottata
C Identificativo della combinazione
Tipo Tipo combinazione
Sisma Combinazione sismica
CS_{SCO} **Coeff. di sicurezza allo scorrimento ≥ 1.0**
CS_{RIB} **Coeff. di sicurezza al ribaltamento ≥ 1.0**
CS_{QLIM} **Coeff. di sicurezza a carico limite ≥ 1.0**
CS_{STAB} **Coeff. di sicurezza a stabilità globale ≥ 1.1**

C	Tipo	Sisma	cs_{sco}	cs_{rib}	cs_{qlim}	cs_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	**1.75**	--	**3.21**	--
2	EQU - [1]	--	--	3.77	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.35
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.93	--	3.47	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.93	--	3.53	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	**3.73**	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3.84	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	**1.30**
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	**1.30**

In grassetto si evidenziano i fattori di sicurezza minimi calcolati di ogni verifica geotecnica. Si evince che tutte le verifiche risultano essere positive e con coefficiente di sicurezza maggiore rispetto a quello imposto dalla normativa.

6.4.5 CONCLUSIONI

Tutte le verifiche agli SLU risultano soddisfatte.

7 VERIFICA GEOTECNICA PALIFICATA

La verifica geotecnica della palificata in legname a parete doppia rinverdita riempita con terreno proveniente dagli scavi viene condotta impiegando il software MAX® 10.0 della Aztec Informatica®.

Sono state prese in considerazione le seguenti ipotesi di calcolo:

- cuneo di spinta calcolato col metodo di Culmann;
- incremento sismico calcolato col metodo Mononobe-Okabe;
- resistenza passiva del terreno a valle del manufatto ridotta del 50%;

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

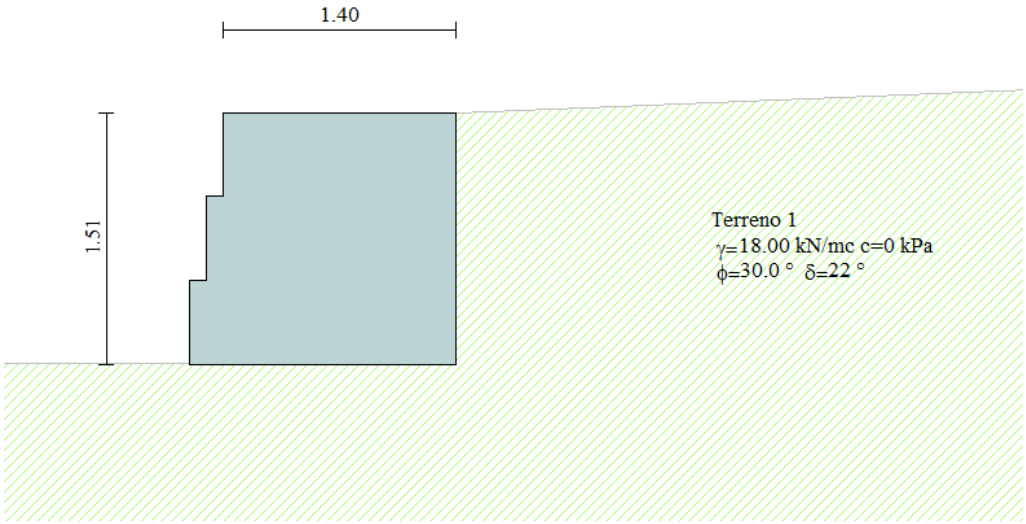
- presenza del terreno sulla fondazione di valle.

Le verifiche sono state svolte sia in condizione statica che in condizione dinamica.

7.1 Dati geotecnici del terreno

Il profilo geotecnico del manufatto è riportato nella figura seguente.

La palificata fonda sui terreni di riporto conseguenti alla movimentazione dei materiali dell'alveo.



Per le verifiche si utilizzano i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici:

terreno di fondazione e terrapieno	φ'	30	°
	γ'	18.00	kN/m^3
	δ	22.5	°
	c	0	kPa

dove:

- φ' angolo di attrito interno terreno;
- γ' peso per unità di volume;
- δ angolo di attrito terreno-struttura pari a 0.75φ';
- c coesione terreno (trascurabile).

Sulla base dei criteri fondamentali del calcolo agli stati limite, i valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno vanno ridotti mediante i coefficienti di sicurezza parziali γ_M, ottenendo i valori di calcolo (D.M. 17/01/2008).

7.2 Combinazioni delle azioni

Per i muri di sostegno (o manufatti assimilabili) sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO):

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

- scivolamento sul piano di posa;
- rottura dell'insieme fondazione-terreno;
- ribaltamento;
- stabilità globale del complesso muro-terreno.

- SLU di tipo strutturale (STR):

Nel caso specifico si omettono le verifiche agli SLE in quanto la tipologia di opera non si comporta come corpo rigido e garantisce una elevata deformabilità.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici.
Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.
Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti della azioni stabilizzanti.

7.2.1 CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO

Si applicano tutte le considerazioni del precedente par. §6.3.1.

7.3 Criteri di verifica

Le palificate sono realizzate dall'accoppiamento del legname dei tronchi costituenti il cassone esterno e del terreno di riempimento del cassone. Pertanto, in via semplificativa e in virtù del fatto che il peso del legname è equiparabile al peso del terreno, si considera un materiale omogeneo le cui caratteristiche sono:

- peso di volume 16.00 kN/m^3
- angolo di attrito 32°

Normalmente nel caso di muri di contenimento in calcestruzzo si fa assumere all'angolo di attrito terreno-opera un valore compreso fra 1/3φ e 2/3φ.
Nel caso di palificate lo scorrimento può verificarsi solo su una superficie parallela al paramento interno della stessa, situata nella parte interna del versante, per cui l'angolo di attrito terreno-opera δ può assumersi pari all'angolo di attrito interno φ del terreno.
Prudenzialmente si impiega un valore di δ pari al 75% di φ, poiché per valori maggiori la formula per il calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a non è più affidabile, in quanto ipotizza superfici di scorrimento piane che, che valori elevati di φ, si discosta troppo dalla realtà.

7.3.1 CARICHI SUL TERRAPIENO

Sono stati considerati i seguenti carichi sul terrapieno:

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

- permanenti: g_k = 0.00 kN/m
- variabili: q_k = 0.00 kN/m

7.3.2 VERIFICHE DI STABILITÀ

Sono state condotte le verifiche di stabilità individuate nel Paragrafo §6.3.2 e successivi.

7.3.3 COMBINAZIONI DI VERIFICA

Le combinazioni utilizzate per le verifiche sono le seguenti.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Simbologia adottata
F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ

Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

7.3.4 QUADRO RIASSUNTIVO COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Le modalità ed i metodi con cui sono state condotte le verifiche sono riportate nel paragrafo §6.3.2 e successivi.

Nel seguito si riporta il quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza.

Comune di Sant'Olcese Prot. n. 0001725 del 11-02-2021 partenza Cat. 10 Cl. 4

Simbologia adottata
C Identificativo della combinazione
Tipo Tipo combinazione
Sisma Combinazione sismica
CS_{SCO} **Coeff. di sicurezza allo scorrimento ≥ 1.0**
CS_{RIB} **Coeff. di sicurezza al ribaltamento ≥ 1.0**
CS_{QLIM} **Coeff. di sicurezza a carico limite ≥ 1.0**
CS_{STAB} **Coeff. di sicurezza a stabilità globale ≥ 1.1**

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	**2.17**	--	**3.81**	--
2	EQU - [1]	--	--	7.92	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.25
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2.35	--	4.19	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2.34	--	4.27	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	**7.39**	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	7.91	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	**1.21**
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	**1.21**

In grassetto si evidenziano i fattori di sicurezza minimi calcolati di ogni verifica geotecnica. Si evince che tutte le verifiche risultano essere positive e con coefficiente di sicurezza maggiore rispetto a quello imposto dalla normativa.

7.3.5 CONCLUSIONI

Tutte le verifiche agli SLU risultano soddisfatte.

8 RIFERIMENTI BIBLOGRAFICI

- LONGO A, *Muri di sostegno agli stati limite secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*, Hoepli, Milano, 2009
- R. LANCELOTTA, *Geotecnica*, Zanichelli, Milano, 1993
- R. LANCELOTTA, J. CALAVERA, *Fondazioni*, McGraw-Hill, Milano, 1999