

# CITTÀ DI CANICATTÌ

Libero Consorzio Comunale di Agrigento

DIREZIONE III - P.O. n. 5

"Servizi tecnici territoriali, Sviluppo economico e Programmazione"

LAVORI PER LA MESSA A NORMA, RISTRUTTURAZIONE E COLLOCAZIONE ERBA SINTETICA STADIO CARLOTTA BORDONARO

CUP: H52E17000070001

# PROGETTO ESECUTIVO PRIMO STRALCIO

TAV.	ELABORATO	CALCOLI STI		SCALA
8.4		Relazione g	geotecnica	
			ITTA' DI CANICATTI UFFICIO TECNICO  o nº 14 del 202	
		PROGETTO ai e dell'art. 24 delle 18/04/2016 p. 50	sensi dell'art. 5 della L.R. 1 a L.R. n. 8 del 2016 di recepim le successive modifiche ed i essivo di f	2/07/2011 n. 12 pento del D. L.vo integrazioni per
•		-		Janz
	1 3 DI	C 2019	Progettista: Ing.	Gioacchino Meli
Collabora	zione:		R.U.P.:	

Geom. Guses

Geom. Diego Statonga

Geom. Antonio La Vecchia

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il calcolo delle spinte, le verifiche di stabilità di muri di sostegno.

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTI

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2008, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 "*Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*".

Per il calcolo delle strutture in oggetto si adotteranno i criteri della Geotecnica e della Scienza delle Costruzioni.

#### • UBICAZIONE E GEOMORFOLOGIA

L'area oggetto di indagine ricade nel Foglio n° 267, II° quadrante, Tavoletta S.E. "Canicatti" della Carta d'Italia in scala 1:25.000 redatta dall'I.G.M.I.. Il sito in oggetto ricade nella porzione sud-ovest dell'agglomerato urbano di Canicattì tra le Vie Vittorio Veneto e Carlo Amato . I lineamenti morfologici dell'area circostante sono tipicamente collinari, caratterizzati da affioramenti di litotipi competenti (Calcari, gessi, trubi) nelle porzioni morfologicamente più alte e da depositi incoerenti (detriti eluvio-colluviali) e/o pseudocoerenti (argille) sui versanti dei rilievi e alla loro base.

#### • GEOTECNICA

Al fine di caratterizzare i litotipi che saranno interessati dalle tensioni indotte dai carichi della struttura e quindi valutarne le loro caratteristiche fisico-meccaniche è stato condotto un accurato studio del sito oggetto d'intervento dal Dott. Geologo Salvatore Lo Verme.

Tramite rilevamento geologico si è individuata la natura dei terreni di sottofondazione e dai dati acquisiti dalla prova penetrometrica dinamica eseguita sul lotto d'intervento si è risaliti alle caratteristiche geomeccaniche e geometriche degli orizzonti presenti. Da ciò si è ipotizzato un modello stratigrafico a tre strati suddivisi in funzione della diversa resistenza meccanica registrata durante l'esecuzione della prova.

PROFONDITÀ' (m.)	LITOTIPI	PESO DI VOLUME SECCO (yd)	PESO DI VOLUME SATURO (γsat)	COESIONE NON DRENATA (Cu)	COESIONE DRENATA (C')	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (φ)
Da 0.00 a 0,40	Materiali di riporto e suolo	1,38 t/m <sup>3</sup>	1,86 t/m³			
Da 0,40 a 1,30	Limi sabbiosi	1,41 t/m <sup>3</sup>	1,88 t/m <sup>3</sup>	0,30 Kg/cm <sup>2</sup>	0,09 Kg/cm <sup>2</sup>	18,2°
Da 1,30 a 7,20	Limi argillosi	1,46 t/m <sup>3</sup>	1,91 t/m <sup>3</sup>	0,50 Kg/cm <sup>2</sup>	0,17 Kg/cm <sup>2</sup>	19°
Da 7,20 in poi	Argille marnose	1,55 t/m <sup>3</sup>	1,97 t/m <sup>3</sup>	1,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,28 Kg/cm <sup>2</sup>	21°

# • SISMICITA' DEL SITO E CARATTERISTICHE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Al fine di valutare la velocità delle onde S nei primi 30 metri è stata eseguita una indagine sismica di tipo MASW che analizzando la dispersione delle onde di Rayleigh ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e di conseguenza del parametro Vs equivalente. Dall'interpretazione della prova è stato accertata l'assenza di un substrato caratterizzato da valori di Vs > 800 m/s entro i primi 30 metri di profondità dal piano di campagna e pertanto il valore di Vs equivalente coincide con il Vs30 che risulta pari a 292 m/s.. Pertanto in accordo con le norme tecniche per le costruzioni (DM 17/01/2018) il sito in esame rientra nella categoria 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.

#### CALCOLO DELLE SPINTE

Si suppone valida l'ipotesi in base alla quale la spinta attiva si ingenera in seguito al movimento del manufatto nella direzione della spinta agente. Le ipotesi di base per il calcolo della spinta sono le seguenti, le medesime adottate dal metodo di calcolo secondo *Coulomb*, con l'estensione di *Muller-Breslau* e *Mononobe-Okabe*:

- In fase di spinta attiva si crea all'interno del terrapieno un cuneo di spinta, che si distacca dal terreno indisturbato tramite linee di frattura rettilinee, lungo le quali il cuneo scorre generando tensioni tangenziali dovute all'attrito.
- Sul cuneo di spinta agiscono le seguenti forze: peso proprio del terreno, sovraccarichi applicati sull'estradosso del terrapieno, spinte normali alle superfici di scorrimento del cuneo (da una parte contro il paramento e dall'altra contro la porzione di terreno indisturbato), forze di attrito che si innescano lungo le superfici del cuneo e che si oppongono allo scorrimento.
- In condizioni sismiche, al peso proprio del cuneo va aggiunta una componente orizzontale, ed eventualmente anche una verticale, pari al peso complessivo moltiplicato per il prodotto dei coefficienti sismici.
- Il fatto che il muro ha spostamenti significativi fa in modo che l'attrito che si genera è pari al valore massimo possibile, sia in condizioni di spinta attiva che di spinta passiva, quindi le risultanti delle reazioni sulle pareti del cuneo risultano inclinate di un angolo f rispetto alla normale alla superficie di scorrimento.

Il programma *C.D.W. Win*, pur adottando le stesse ipotesi, piuttosto che utilizzare la formula di *Coulomb* in forma chiusa, applica la procedura originaria derivante dall'equilibrio delle forze agenti sul cuneo di spinta, cercando il valore di massimo della spinta per tentativi successivi su tutti i possibili cunei di spinta. Così facendo si possono aggiungere alle ipotesi già indicate le seguenti generalizzazioni, che invece devono essere trascurate utilizzando i metodi classici:

- Il terreno spingente può essere costituito da diversi strati, separati da superfici di forma generica, con caratteristiche geotecniche differenti.
- Il profilo dell'estradosso del terrapieno spingente può avere una forma generica qualsiasi, purché coerente con le caratteristiche del terreno.
- I sovraccarichi agenti sul terrapieno possono avere una distribuzione assolutamente libera.
- Può essere tenuta in conto la coesione interna del terreno e la forza di adesione tra terreno e muro.
- Si può calcolare la spinta di un muro con mensola aerea stabilizzante a monte, al di sotto della quale si crea un vuoto nel terreno.
- È possibile conoscere l'esatto andamento delle pressioni agenti sul profilo del muro anche nei casi sopra detti, in cui tale andamento non è lineare, ma la cui distribuzione incide sul calcolo delle sollecitazioni interne.
- Si può supporre anche l'esistenza una linea di rottura del cuneo interna, che va dal vertice estremo della mensola di fondazione a monte fino a intersecare il paramento, inclinata di un certo angolo legato a quello di attrito interno del terreno stesso. Si può quindi conoscere l'esatta forma del cuneo di spinta, per cui le forze in gioco variano in quanto solo una parte di esso è a contatto con il paramento. Il peso proprio del terreno portato sarà solo quello della parte di terrapieno che realmente rimarrà solidale con la fondazione e non risulterà interessato da scorrimenti, quindi in generale un triangolo. Ciò fa si che il peso gravante sulla fondazione può risultare notevolmente inferiore a quello ricavato con i metodi usuali, dal momento che una parte è già stata conteggiata nel cuneo di spinta.

Per quanto riguarda la spinta passiva, quella del terrapieno a valle, le uniche differenza rispetto a quanto detto consistono nel fatto che le forze di attrito e di coesione tra le superfici di scorrimento del cuneo hanno la direzione opposta che nel caso di spinta attiva, nel senso che si oppongono a un moto di espulsione verso l'alto del cuneo, e la procedura iterativa va alla ricerca di un valore minimo piuttosto che un massimo.

Nei casi di fondazione su pali o muri tirantati si può ritenere più giusto adottare un tipo di spinta a riposo, che considera il cuneo di terreno non ancora formato e spostamenti dell'opera nulli o minimi. Tale spinta è in ogni caso superiore a quella attiva e la sua entità si dovrebbe basare su considerazioni meno semplicistiche. Il programma opera prendendo come riferimento una costante di spinta pari a:

$$K_o = 1 - 0.9 \times sen \phi$$

essendo φ l'angolo di attrito interno del terreno, formula che si trova diffusamente in letteratura. Se tale deve essere la costante di spinta per un terreno uniforme, ad estradosso rettilineo orizzontale e privo di sovraccarichi e di azione sismica, viene ricavato un fattore di riduzione dell'angolo di attrito interno del terreno, tale che utilizzando questo angolo ridotto e la consueta procedura per il calcolo della spinta attiva, la costante fittizia di spinta attiva corrisponda alla costante a riposo della formula sopra riportata.

Una volta ricavato questo fattore riduttivo, il programma procede al calcolo con le procedure standard, mettendo in gioco le altre variabili, quali la sagomatura dell'estradosso e degli strati, la presenza di sovraccarichi variamente distribuiti e la condizione sismica. La giustificazione di ciò risiede nella considerazione in base alla quale in condizioni di spinta a riposo, gli spostamenti interni al terreno sono ridotti rispetto alla spinta attiva, quindi l'attrito che si mobilita è una parte di quello massimo possibile, e di conseguenza la spinta risultante cresce.

In base a queste considerazioni di ordine generale, il programma opera come segue:

- Si definisce la geometria di tutti i vari cunei di spinta di tentativo, facendo variare l'angolo di scorrimento dalla parte di monte da 0 fino al valore limite 90 φ. Quindi in caso di terreno multistrato, la superficie di scorrimento sarà costituita da una spezzata con inclinazioni differenti da strato a strato. Ciò assicura valori di spinta maggiori rispetto a una eventuale linea di scorrimento unica rettilinea. L'angolo di scorrimento interno, quello dalla parte del paramento, qualora si attivi la procedura "Coulomb estes" è posto pari a 3/4 dell'angolo utilizzato a monte. Tale percentuale è quella che massimizza il valore della spinta. È possibile però attivare la procedura "Coulomb classico", in cui tale superficie si mantiene verticale, ma utilizzando in ogni caso l'angolo di attrito tra terreno e muro.
- Si calcola l'entità complessiva dei sovraccarichi agenti sul terrapieno che ricadono nella porzione di estradosso compresa nel cuneo di spinta.
- Si calcola il peso proprio del cuneo di spinta e le eventuali componenti sismiche orizzontali e verticali dovute al peso proprio ed eventualmente anche ai sovraccarichi agenti sull'estradosso.
- Si calcolano le eventuali azioni tangenziali sulle superfici interne dovute alla coesione interna e all'adesione tra terreno e muro.
- In base al rispetto dell'equilibrio alla traslazione verticale e orizzontale, nota l'inclinazione delle spinte sulle superfici interne (pari all'angolo di attrito), sviluppato in base a tutte le forze agenti sul concio, si ricavano le forze incognite, cioè le spinte agenti sul paramento e sulla superficie di scorrimento interna del cuneo.
- Si ripete la procedura per tutti i cunei di tentativo, ottenuti al variare dell'angolo alla base. Il valore massimo (minimo nel caso di spinta passiva) tra tutti quelli calcolati corrisponde alla spinta del terrapieno.

#### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

La verifica al ribaltamento si effettua in sostanza come equilibrio alla rotazione di un corpo rigido sollecitato da un sistema di forze, ciascuna delle quali definita da un'intensità, una direzione e un punto di applicazione. Non va eseguita se la fondazione è su pali. Le forze che vengono prese in conto sono le seguenti:

- Spinta attiva complessiva del terrapieno a monte.
- Spinta passiva complessiva del terrapieno a valle (da considerare nella quota parte indicata nei dati generali).
- Spinta idrostatica dell'acqua della falda a monte, a valle e sul fondo.
- Forze esplicite applicate sul muro in testa, sulla mensola area a valle e sulla mensola di fondazione a valle.
- Forze massime attivabili nei tiranti per moto di ribaltamento.
- Forze di pretensione dei tiranti.
- Peso proprio del muro composto con l'eventuale componente sismica.
- Peso proprio della parte di terrapieno solidale con il muro composto con l'eventuale componente sismica.

Di ciascuna di queste forze verrà calcolato il momento, ribaltante o stabilizzante, rispetto ad un punto che è quello più in basso dell'estremità esterna della mensola di fondazione a valle. In presenza di dente di fondazione disposto a valle, il punto di equilibrio è quello più esterno al di sotto del dente.

Ai fini del calcolo del momento stabilizzante o ribaltante, esso per ciascuna forza è ottenuto dal prodotto dell'intensità della forza per la distanza minima tra la linea d'azione della forza e il punto di rotazione. Qualora tale singolo momento abbia un effetto ribaltante verrà conteggiato nel momento ribaltante complessivo, qualora invece abbia un effetto stabilizzante farà parte del momento stabilizzante complessivo. Può quindi accadere che il momento ribaltante sia pari a 0, e ciò fisicamente significa che incrementando qualunque forza, ma mantenendone la linea d'azione, il muro non andrà mai in ribaltamento.

Il coefficiente di sicurezza al ribaltamento è dato dal rapporto tra il momento stabilizzante complessivo e quello ribaltante. La verifica viene effettuata per tutte le combinazioni di carico previste.

#### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

La verifica allo scorrimento è effettuata come equilibrio alla traslazione di un corpo rigido, sollecitato dalle stesse forze prese in esame nel caso della verifica a ribaltamento, tranne per il fatto che per i tiranti il sistema di forze è quello che si innesca per moto di traslazione. Ciascuna forza ha una componente parallela al piano di scorrimento del muro, che a seconda della direzione ha un effetto stabilizzante o instabilizzante, e una componente ad esso normale che, se di compressione, genera una reazione di attrito che si oppone allo scorrimento. Una ulteriore parte dell'azione stabilizzante è costituita dall'eventuale forza di adesione che si suscita tra il terreno e la fondazione.

In presenza di dente di fondazione, la linea di scorrimento non è più quella di base della fondazione, ma è una linea che attraversa il terreno sotto la fondazione, e che congiunge il vertice basso interno del dente con l'estremo della mensola di fondazione opposta. In tal caso quindi l'attrito e l'adesione sono quelli interni del terreno. In questo caso viene conteggiato pure il peso della parte di terreno sottostante alla fondazione che nel moto di scorrimento rimane solidale con il muro.

Il coefficiente di sicurezza allo scorrimento è dato dal rapporto tra l'azione stabilizzante complessiva e quella instabilizzante. La verifica viene effettuata per tutte le combinazioni di carico previste.

#### • CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Nel caso di fondazione diretta, si assume quale carico limite che provoca la rottura del terreno di fondazione quello espresso dalla formula di *Brinch-Hansen*. Tale formula fornisce il valore della pressione media limite sulla superficie d'impronta della fondazione, eventualmente parzializzata in base all'eccentricità. Esiste un tipo di pressione limite a lungo termine, in condizioni drenate, e un altro a breve termine in eventuali condizioni non drenate.

Le espressioni complete utilizzate sono le seguenti:

- In condizioni drenate:

$$Q_{\text{lim}} = \frac{1}{2} \Gamma \cdot B \cdot N_g \cdot i_g \cdot d_g \cdot b_g \cdot s_g \cdot g_g + C \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot g_c + Q \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot g_q$$

- In condizioni non drenate:

$$Q_{\lim} = C_u \cdot N_{c'} \cdot i_{c'} \cdot d_{c'} \cdot b_{c'} \cdot s_{c'} \cdot g_{c'} + Q \cdot i_{a'} \cdot d_{a'} \cdot b_{a'} \cdot s_{a'} \cdot g_{a'}$$

Fattori di portanza,  $\phi$  in gradi:

$$\begin{split} N_q &= \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) \cdot e^{\pi \cdot \tan \phi} \\ N_c &= (N_q - 1) \cdot \cot \phi \\ N_{c'} &= 2 + \pi \\ N_g &= 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi \end{split}$$

Fattori di forma:

$$\begin{split} s_q &= 1 + 0.1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sec \phi}{1 - \sec \phi} \\ s_{q'} &= 1 \\ s_c &= 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sec \phi}{1 - \sec \phi} \\ s_{c'} &= 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \\ s_g &= s_q \end{split}$$

#### Fattori di profondità, *K* espresso in radianti:

$$d_{q} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^{2} \cdot K$$

$$d_{q'} = 1$$

$$d_{c} = d_{q} - \frac{1 - d_{q}}{N_{c} \cdot \tan \phi}$$

$$d_{g} = 1$$

$$\text{dove } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \le 1 \text{ o } K = arc \tan \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} > 1$$

#### Fattori di inclinazione dei carichi:

$$\begin{split} i_q &= \left[1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot C_a \cdot \cot \phi}\right]^m \\ i_{q'} &= 1 \\ i_c &= i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi} \\ i_{c'} &= 1 - \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot C_u \cdot N_c} \\ i_g &= \left[1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot C_a \cdot \cot \phi}\right]^{m+1} \\ &= \cot m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \end{split}$$

#### Fattori di inclinazione del piano di posa, $\eta$ in radianti:

$$b_q = (1 - \eta \cdot \tan \phi)^2$$

$$b_{q'} = 1$$

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi}$$

$$b_{c'} = 1 - 2 \cdot \frac{\eta}{N_{c'}}$$

$$b_g = g_q$$

Fattori di inclinazione del terreno,  $\beta$  in radianti:

$$g_q = (1 - \tan \beta)^2$$

$$g_{q'} = 1$$

$$g_c = 1 - 2 \cdot \frac{\beta}{N_{c'}}$$

$$g_g = g_q$$

essendo:

-  $\Gamma$  = peso specifico del terreno di fondazione

Q = sovraccarico verticale agente ai bordi della fondazione
 e = eccentricità della risultante M/N in valore assoluto

- B  $= B_t - 2 \times e$ , larghezza della fondazione parzializzata

-  $B_t$  = larghezza totale della fondazione

- C = coesione del terreno di fondazione

- D = profondità del piano di posa

- L = sviluppo della fondazione

- H = componente del carico parallela alla fondazione

- V = componente del carico ortogonale alla fondazione

- Cu = coesione non drenata del terreno di fondazione

- Ca = adesione alla base tra terreno e muro

 $-\eta$  = angolo di inclinazione del piano di posa

-  $\beta$  = inclinazione terrapieno a valle, se verso il basso (quindi  $\geq 0$ )

#### MURI IN CALCESTRUZZO A MENSOLA

Sulle sezioni del paramento e delle varie mensole, aeree e di fondazione, si effettua il progetto delle armature e le verifiche a presso-flessione e taglio in corrispondenza di tutte le sezioni singolari (punti di attacco e di spigolo) e in tutte quelle intermedie ad un passo pari a quello imposto nei dati generali. Vengono applicate le formule classiche relative alle sezioni rettangolari in cemento armato, con il progetto dell'armatura necessaria.

#### • LEGENDA DELLE ABBREVIAZIONI

#### • PRESSIONI SUL MURO

**X pres.** : Ascissa del punto su cui insiste la pressione

Y pres. : Ordinata del punto su cui insiste la pressione

X muro : Ascissa del punto del paramento che si trova alla stessa altezza

X rott. : Ascissa del punto della superficie di scivolamento a monte del cuneo di rottura alla stessa

altezza

**Zona** : Indica se la pressione è relativa al tratto di muro immediatamente precedente o seguente

rispetto al punto indicato, dall'alto verso il basso (superiore e inferiore) per quanto riguarda le pressioni del terrapieno, in senso orario (precedente e seguente) per quanto

riguarda le pressioni sul muro

**Or.tot** : Componente orizzontale della pressione efficace complessiva

**Ver.tot** : Componente verticale della pressione efficace complessiva

Or.sta : Componente orizzontale della pressione efficace dovuta alla sola spinta statica del terreno

Ver.sta : Componente verticale della pressione efficace dovuta alla sola spinta statica del terreno

Or.sis : Componente orizzontale della pressione efficace dovuta al solo effetto del sisma

Ver.sis : Componente verticale della pressione efficace dovuta al solo effetto del sisma

Or.coe : Componente orizzontale della pressione efficace dovuta al solo effetto della coesione

Ver.coe : Componente verticale della pressione efficace dovuta al solo effetto della coesione

Or.fal : Componente orizzontale della pressione efficace dovuta al solo effetto della falda

Ver.fal : Componente verticale della pressione efficace dovuta al solo effetto della falda

Or.car : Componente orizzontale della pressione efficace dovuta al solo effetto dei sovraccarichi

applicati sul terrapieno

Ver.car : Componente verticale della pressione efficace dovuta al solo effetto dei sovraccarichi

applicati sul terrapieno

Or.tpr : Componente orizzontale della pressione efficace aggiuntiva dovuta alla pretensione dei

tiranti

Ver.tpr : Componente verticale della pressione efficace aggiuntiva dovuta alla pretensione dei

tiranti

X vert. : Ascissa del punto di muro su cui agisce la pressione

Y vert. : Ordinata del punto di muro su cui agisce la pressione

**Or.terr.** : Componente orizzontale della pressione efficace complessiva agente sul muro

**Ver.terr.** : Componente verticale della pressione efficace complessiva agente sul muro

Or.acqua : Componente orizzontale della pressione agente sul muro dovuta all'acqua

Ver.acqua : Componente verticale della pressione agente sul muro dovuta all'acqua

**N.B.**: Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto più a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Tutte le pressioni orizzontali si intendono positive se rivolte verso valle, quelle verticali se rivolte verso il basso. Per pressione efficace si intende quella al netto dell'eventuale spinta idrostatica dell'acqua.

DATI DI CALCOLO								
	PARAMETR							
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	SECONDA					
Longitudine Est (Grd)	13,8463	Latitudine Nord (Grd)	37,35580					
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000					
Probabilita' Pvr (SLV)	0,10000	Periodo Ritorno Anni (SLV						
Accelerazione Ag/g (SLV)	0,06000	Fattore Stratigrafia 'S'	1,50000					
Probabilita' Pvr (SLD)	0,63000	Periodo Ritorno Anni (SLD	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
Accelerazione Ag/g (SLD)	0,02700		, 00,00000					
3 3 \	TEORIE DI	CALCOLO	1					
Verifich	e effettuate con il m	etodo degli stati limite ultimi						
		con la teoria di Norme A.G.I.						
Portanza terrene		olata con la teoria di Brinch-	Hansen					
		I CALCOLO						
		lovuta ai sovraccarichi sul te						
		dovuta alle forze applicate a						
		zzante delle forze applicate a						
Rapporto tra il taglio medio e quello nel palo più caricato: 1,00								
Coeff. maggiorativo diametro perf			1,20					
Percentuale spinta a valle per la v			50					
Percentuale spinta a valle per la v			0					
Percentuale spinta a valle per la v		e	100					
Percentuale spinta a valle per cal			100					
COEFFIC	<u>CIENTI PAR</u>	ZIALI GEOTECNI						
		TABELLA M1	TABELLA M2					
Tangente Resist. Taglio		1,00	1,25					
Peso Specifico		1,00	1,00					
Coesione Efficace (c'k)		1,00						
Resist. a taglio NON drenata (cuk	)	1,00	1,40					
Tipo Approccio		Combinazione Unio	ca: (A1+M1+R3)					
Tipo di fondazione		Diret						
COEFFICIENTI R3	R3 STATICI	R2 SISMICI	R3 PALI					
Capacita' Portante	1,40	1,20						
Scorrimento	1,10	1,00						
Ribaltamento	1,15	1,00						
Resist. Terreno Valle	1,40	1,20						
Resist. alla Base			1,35					
Resist. Lat. a Compr.			1,35					
Resist. Lat. a Traz.			1,25					
Carichi Trasversali			1,30					

CARATTERISTICHE MATERIALI									
CAR	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI								
CARA	TTERIS	TICHE	C. A. ELEVAZION	ΝE					
Classe Calcestruzzo	40	Classe Acciaio	B4	150C					
Modulo Elastico CLS	333457	kg/cmq	Modulo Elastico Acc	210000	0 kg/cmq				
Coeff. di Poisson	0,2		Tipo Armatura	POCO S	SENSIBILI				
Resist.Car. CLS 'fck'	320,0	kg/cmq	Tipo Ambiente	AGGRE	ESS. XC4				
Resist. Calcolo 'fcd'	181,0	kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500,0	kg/cmq				
Tens. Max. CLS 'rcd'	181,0	kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500,0	kg/cmq				
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20	%	Resist. Calcolo'fyd'	3913,0	kg/cmq				
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35	%	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00	%				
Fessura Max.Comb.Rare		mm	Sigma CLS Comb.Rare	192,0	kg/cmq				
Fessura Max.Comb.Perm	0,25	mm	Sigma CLS Comb.Perm	144,0	kg/cmq				
Fessura Max.Comb.Freq	0,30	mm	Sigma Acc Comb.Rare	3600,0	kg/cmq				
Peso Spec.CLS Armato	2500	kg/mc	Copriferro Netto	4,0	cm				
CARA	TTERIS	TICHE	C. A. FONDAZION	١E					
Classe Calcestruzzo	C32/-	40	Classe Acciaio	B4	150C				
Modulo Elastico CLS	333457	kg/cmq	Modulo Elastico Acc	210000	0 1				
Coeff. di Poisson	0,2		Tipo Armatura	POCO S	SENSIBILI				
Resist.Car. CLS 'fck'	320,0	kg/cmq	Tipo Ambiente	AGGR	ESS. XC4				
Resist. Calcolo 'fcd'	181,0	kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500,0	kg/cmq				
Tens. Max. CLS 'rcd'	181,0	kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500,0	kg/cmq				
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20	%	Resist. Calcolo'fyd'	3913,0	kg/cmq				
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35	%	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00	%				
Fessura Max.Comb.Rare		mm	Sigma CLS Comb.Rare	192,0	kg/cmq				
Fessura Max.Comb.Perm	0,25	mm	Sigma CLS Comb.Perm	144,0	kg/cmq				
Fessura Max.Comb.Freq	0,30	mm	Sigma Acc Comb.Rare	3600,0	kg/cmq				
Peso Spec.CLS Armato	2500	kg/mc	Peso Spec.CLS Magro	2200	kg/mc				
Copriferro Netto	3,5	cm							

#### **DATI TERRAPIENO MURO 1**

#### Muro n.1

#### DATI TERRAPIENO

Altezza del terrapieno a monte nel punto di contatto col muro:1.3 m
Altezza del terrapieno a valle nel punto di contatto col muro:0.4 m
Inclinaz. media terreno valle(positivo se scende verso valle):0
Angolo di attrito tra fondazione e terreno:13.6 °
Adesione tra fondazione e terreno:.1177 Kg/cmq

Angolo di attrito tra fondazione e terreno in presenza acqua:13.6 ° Adesione tra fondazione e terreno in presenza di acqua:.1177 Kg/cmq

Permeabilita' Terreno:ALTA Muro Vincolato:NO

Coefficiente BetaM: 379

Coefficiente di intensita' sismica orizzontale:.035
Coefficiente di intensita' sismica verticale:.017
Coordinate dei vertici aggiuntivi per la determinazione della spezzata dell'estradosso del terrapieno a monte e a valle. Le coordinate sono fornite per il terrapieno a monte rispetto al punto iniziale (ovvero piu' a sinistra), mentre per il terrapieno a valle sono riferite al punto piu' in basso a sinistra della fondazione.

POLIGONALE MONTE			POL	POLIGONALE VALLE			
Vertice	Ascissa m	Ordinata m	Vertice	Ascissa m	Ordinata m		
1 2	0,20 1,85	0,00 0,00					

DATI STRATIGR. MURO 1							
STRATIGRAFIA DEL TERRENO							
STRATO n. 1 :	0.50						
Spessore dello strato:	2,50 m						
Angolo di attrito interno del terreno:	30						
Angolo di attrito tra terreno e muro:	20						
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,00 Kg/cmq						
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,00 Kg/cmq						
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua: Coesione del terreno in condizioni non drenate:	1800 Kg/mc						
	0,00 Kg/cmq						
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,00 Kg/cmq						
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	800 Kg/mc						
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00						
STRATO n. 2 :							
Spessore dello strato:	1,50 m						
Angolo di attrito interno del terreno:	18 °						
Angolo di attrito tra terreno e muro:	15 °						
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,09 Kg/cmq						
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,09 Kg/cmq						
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1880 Kg/mc						
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	0,30 Kg/cmq						
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,30 Kg/cmq						
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	800 Kg/mc						
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00						
STRATO n. 3 :							
Spessore dello strato:	5,70 m						
Angolo di attrito interno del terreno:	19 °						
Angolo di attrito tra terreno e muro:	15 °						
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,17 Kg/cmq						
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,17 Kg/cmq						
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1910 Kg/mc						
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	0,50 Kg/cmq						
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,50 Kg/cmq						
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	800 Kg/mc						
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00						
STRATO n. 2 :							
Spessore dello strato:	10,00 m						
Angolo di attrito interno del terreno:	10,00 m 21 °						
Angolo di attrito interno dei terreno.  Angolo di attrito tra terreno e muro:	17 °						
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,28 Kg/cmq						
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,28 Kg/cmq						
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1970 Kg/mc						
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	1,00 Kg/cmq						
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	1,00 Kg/cmq						
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	800 Kg/mc						
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00						
Commonte di Lambo poi danto rioganto pari.	5,00						

GEOMETRIA MURO 1								
MURO A MENSOLA IN CEMENTO ARMATO								
Altezza del paramento:	2,90	m						
Spessore del muro in testa (sezione orizzontale):	30	cm						
Scostamento della testa del muro (positivo verso monte):	-10	cm						
Spessore del muro alla base (sezione orizzontale):	40	cm						

GEOMETRIA MURO 1							
FONDAZIONE DIRETTA							
Lunghezza della mensola di fondazione a valle:	0	cm					
Lunghezza della mensola di fondazione a monte:	175	cm					
Spessore minimo della mensola a valle:	0	cm					
Spessore massimo della mensola a valle:	0	cm					
Spessore minimo della mensola a monte:	40	cm					
Spessore massimo della mensola a monte:	40	cm					
Inclinazione del piano di posa della fondazione:	0	0					
Sviluppo della fondazione:	10,0	m					
Spessore del magrone:	10	cm					

CARICHI MURO 1		
SOVRACCARICHI SUL TERRAPIENO		
CONDIZIONE n.	1	
Sovraccarico uniformemente distribuito generalizzato:	0,50	t/mq
Sovraccarico uniformemente distribuito a nastro:	0,00	t/mq
Distanza dal muro del punto di inizio del carico a nastro:	0,00	m
Distanza dal muro del punto di fine del carico a nastro:	0,00	m
Sovraccarico concentrato lineare lungo lo sviluppo:	0,00	t/m
Distanza dal muro del punto di applicazione carico lineare:	0,00	m
Carico concentrato puntiforme:	0,00	t
Interasse tra i carichi puntiformi lungo lo sviluppo:	1,00	m
Distanza dal muro punto di applicazione carico puntiforme:	0,00	m
Sovraccarico uniformemente distribuito terrapieno a valle:	0,00	t/mq

CARICHI MURO 1							
SOVRACCARICHI SUL MURO							
Convenzioni: forze verticali positive se rivolte verso il basso;							
forze orizzontali positive se rivolte verso valle;							
momenti positivi se con effetto ribaltante							
CONDIZIONE n.	1						
Forza verticale applicata nella sezione di testa:	100	Kg/m					
Forza orizzontale applicata nella sezione di testa:	90	Kg/m					
Momento flettente applicata nella sezione di testa:	250	Kgm/m					
		_					

C	OMBINAZIONI MURO 1
Cond.	Descrizione
Num.	Condizione
1	PERMANENTE

	COMBINAZIONI MURO 1										
	COMBINAZIONI DI CARICO S.L.U. A 1										
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond10	Sisma
1	1,50										0,00
2	1,00										1,00

	COMBINAZIONI MURO 1										
	COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. RARA										
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond10	Sisma
1	1,00										

	COMBINAZIONI MURO 1										
	COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. FREQ.										
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond10	Sisma
1	1,00										

	COMBINAZIONI MURO 1										
			СОМВІ	NAZIO	NI DI	CARIC	O S.L.E	. PERI	И.		
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond10	Sisma
1	1,00										

VERIFICHE STABILITA' MURO 1							
VERIFICA AL RIBALTAMENTO							
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	EQU					
Momento forze ribaltanti complessivo: 5126 Kgr							
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	15213	Kgm/m					
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:							
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento: 2,97							
LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA	LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA						

VERIFICHE STABILITA' MURO 1						
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO						
Combinazione di carico piu' svantaggiosa: 1 A1						
Risultante forze che attivano lo scorrimento: 4003 Kg/m						
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	5331	Kg/m				
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0	Kg/m				
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento: 1,33						
LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA						

VERIFICA PORTANZA MURO 1						
VERIFICHE PORTANZA FONDAZIONE						
Numero dello strato corrispondente alla fondazione:	2					
Combinazione di carico piu' gravosa:	1	A1				
Scarico complessivo ortogonale al piano di posa:	17,36	t/m				
Scarico complessivo parallelo al piano di posa:	3,72	t/m				
Eccentricita' dello scarico lungo il piano di posa:	-0,27	m				
Larghezza della fondazione:	2,15	m				
Lunghezza della fondazione:	10,00	m				
Valore efficace della larghezza:	1,81	m				
Peso specifico omogeneizzato del terreno: 1880 Kg/n						
Pressione verticale dovuta al peso del terrapieno a valle : 0,75 t/mq						

VERIFICA PO	VERIFICA PORTANZA MURO 1							
VERIFICHE POR	TANZA	FOND	AZIONE	=				
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE								
Fattori di capacita' portante: Ng =	5,3611	Nc =	13,2643					
Fattori di forma: Sg =	1,0345	Sq =	1,0345	Sc =	1,0689			
Fattori di profondita: Dg =	1,0000	Dq =	1,0910	Dc =	1,1119			
Fattori inclinazione carico: Ig =	0,5685	Iq =	0,6932	lc =	0,6229			
Fattori inclinazione base: Bg =	1,0000	Bq =	1,0000	Bc =	1,0000			
Fattori incl. piano campagna: Gg =	1,0000	Gq =	1,0000	Gc =	1,0000			
Pressione media limite: 16,10 t								
Sforzo normale limite: 20,77 t/m								
Coefficiente di sicurezza: (Sf.Norm.Lim/Scar.Compl.Ortog.) 1,20								
VERIFICA IN CON			TE					
Fattore di capacita' portante: Nco =	5,1416	•		1,00				
Fattore di forma: Sco =	1,0361	Sqo =		1,00				
Fattore di profondita: Dco =	1,1108	•		1,00				
Fattore inclinazione carico: Ico =	0,7536 1,0000	•		1,00				
Fattore inclinazione base: Bco =		1,00						
Fattore incl. piano campagna: Gco = 1,0000 Gqo = 1,0000								
Pressione media limite in condizioni non drenate: 14,13 t/mq								
Sforzo normale limite in condizioni non drenate:  18,22 t/m								
Coefficiente di sicurezza in condizioni non drenate			•		1,05			
LA VERIFICA RI	SULTA SOL	DDISFATT	A					

	CED	IMENTI	TERR	ENO A	MON	TE - MU	IRO N.1	
Tipo	Comb.	Sp.muro	Volume	DistMax	Ced.0/4	Ced.1/4	Ced.2/4	Ced.3/4
comb.	nro	mm	mc	m	mm	mm	mm	mm
SLD	2	0,3	0,000	4,34	0,8	0,4	0,2	0,0

# **VERIFICA STABILITÀ DEI PENDII**

La presente relazione è relativa alla verifica di pendii naturali, di scarpate per scavi e di opere in terra.

#### • NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le costruzioni* emanate con il *D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018*, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 "*Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*". Le verifiche sono state condotte rispetto agli stati limite di tipo geotecnico (GEO) applicando alle caratteristiche geotecniche del terreno i coefficienti parziali del gruppo M2 (Tab. 6.2.II NTC).

#### VERIFICHE DI STABILITÀ

I fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza a taglio del terreno lungo tale superficie.

La verifica di stabilità del pendio si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad una ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

Suddiviso il pendio in un determinato numero di conci di uguale ampiezza, per ogni concio si possono individuare:

- a) il peso;
- b) la risultante delle forze esterne agenti sulla superficie;
- c) le forze inerziali orizzontali e verticali;
- d) le reazioni normali e tangenziali mutue tra i conci;
- e) le reazioni normali e tangenziali alla base dei conci;
- f) le pressioni idrostatiche alla base.

Sotto l'ipotesi che la base di ciascun concio sia piana e che lungo la superficie di scorrimento valga il criterio della rottura alla *Mohr–Coulomb*, che correla tra loro le reazioni tangenziali e normali alla base, le incognite, per la determinazione dello equilibrio di ogni concio, risultano essere le reazioni laterali, i loro punti di applicazione, e la reazione normale alla base.

Per la determinazione di tutte le incognite, le equazioni di equilibrio risultano insufficienti, per cui il problema della stabilità dei pendii è, in via rigorosa, staticamente indeterminato. La risoluzione del problema va perseguita introducendo ulteriori condizioni sugli sforzi agenti sui conci. Tali ulteriori ipotesi differenziano sostanzialmente i diversi metodi di calcolo.

I casi in cui non è possibile stabilire un coefficiente di sicurezza per il pendio vengono segnalati attraverso le seguenti stringhe:

- SCARTATA : coefficiente di sicurezza minore di 0,1;
- NON CONV. : convergenza del metodo di calcolo non ottenuta;
- ELEM.RIG. : intersezione della superficie di scivolamento con un corpo rigido.

#### METODO DI BELL

L'ipotesi alla base del metodo consiste nell'imporre una specifica distribuzione delle tensioni normali lungo la superficie di scivolamento.

Definite le quantità:

$$-f = \operatorname{sen}\left(2 \cdot pg \cdot \frac{xb - xi}{xb - xa}\right)$$

-pg = costante pi greca

- -xb = ascissa punto di monte del pendio
- xa = ascissa punto di valle del pendio
- -xi = ascissa parete di monte del pendio
- Kx, Ky = coeff. sismici orizzontale e verticale
- xci = ascissa punto medio alla base del concio i
- zci = ordinata punto medio alla base del concio i
- xgi, ygi = ascissa e ordinata baricentro concio i
- xmi, ymi = ascissa e ordinata punto applicazione risultante forze esterne

il coefficiente di sicurezza F scaturisce come parametro contenuto nei coefficienti del sistema di equazioni:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = a_{14}$$

dove:

$$\begin{aligned} a_{11} &= (1 - Kx) \cdot \left( \sum_{i} W_{i} \cdot \cos^{2}\left(a_{i}\right) \cdot \tan(fi) - F \cdot \sum_{i} W_{i} sin(a_{i}) \cos(a_{i}) \right) \\ a_{12} &= \sum_{i} f \cdot b \cdot \tan(fi) - F \cdot \sum_{i} f \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \\ a_{13} &= \sum_{i} c_{i} \cdot b \\ a_{14} &= \sum_{i} u_{i} \cdot b \cdot \tan(fi) + F(Kx \cdot \sum_{i} W_{i} - Q_{i}) \\ a_{21} &= (1 - Ky) \cdot \left( \sum_{i} W_{i} \cdot sin(a_{i}) \cos(a_{i}) \cdot \tan(fi) + F \cdot \sum_{i} W_{i} \cos^{2}\left(a_{i}\right) \right) \\ a_{22} &= \sum_{i} f \cdot b \cdot \tan(a_{i}) + F \cdot \sum_{i} f \cdot b \\ a_{23} &= \sum_{i} c_{i} \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \\ a_{24} &= \sum_{i} u_{i} \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \cdot \tan(fi) + F \left[ (1 - Ky) \cdot \sum_{i} W_{i} + P_{i} \right] \\ a_{31} &= (1 - Ky) \cdot \left\{ \sum_{i} \left[ W_{i} \cdot \cos^{2}\left(a_{i}\right) \cdot \tan(fi) \right) \cdot zci - \left[ \sum_{i} \left( W_{i} \cos^{2}\left(a_{i}\right) \right) \cdot xci + \sum_{i} \left( W_{i} \sin(a_{i}) \cos(a_{i}) \right) \cdot zci \right] \right\} \\ a_{32} &= \sum_{i} \left[ f \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \right) \cdot zci - \sum_{i} \left[ f \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \right] \cdot xci - F \cdot \left[ \sum_{i} \left[ f \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \right] \cdot zci + \sum_{i} \left[ f \cdot b \cdot xci \right] \right] \\ a_{33} &= \sum_{i} \left[ ci \cdot b \right) \cdot zci - \sum_{i} \left[ ci \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \right] \cdot xci \\ a_{34} &= \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot zci - \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \right] \cdot xci + F \cdot Kx \sum_{i} W_{i} \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_{i} W_{i} \cdot xgi - Q_{i} \cdot ymi - P_{i} \cdot xmi \\ a_{34} &= \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right) \cdot zci - \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \right] \cdot xci + F \cdot Kx \sum_{i} W_{i} \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_{i} W_{i} \cdot xgi - Q_{i} \cdot ymi - P_{i} \cdot xmi \\ a_{34} &= \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot zci - \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \right] \cdot xci + F \cdot Kx \sum_{i} W_{i} \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_{i} W_{i} \cdot xgi - Q_{i} \cdot ymi - P_{i} \cdot xmi \\ a_{34} &= \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot zci - \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(a_{i}) \right] \cdot xci + F \cdot Kx \sum_{i} W_{i} \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_{i} W_{i} \cdot xgi - Q_{i} \cdot ymi - P_{i} \cdot xmi \\ a_{34} &= \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot xci - \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot xci + F \cdot Kx \sum_{i} W_{i} \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_{i} W_{i} \cdot xgi - Q_{i} \cdot ymi - P_{i} \cdot xmi \\ a_{34} &= \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot xci - \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot xci + F \cdot Kx \sum_{i} W_{i} \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_{i} W_{i} \cdot xgi - Q_{i} \cdot ymi - P_{i} \cdot xmi \\ a_{34} &= \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot xci - \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi) \right] \cdot xci + \sum_{i} \left[ ui \cdot b \cdot \tan(fi$$

#### • METODO DI BISHOP

Le ipotesi alla base dell'espressione di Bishop del coefficiente di sicurezza sono date da:

- a) superficie di scivolamento circolare;
- b) uguaglianza delle reazioni normali alle facce laterali dei conci.

(1) 
$$F = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left[ ci \cdot b + (W_i (1 - Kv) - u_i \cdot b) \tan(fi) \right] \frac{\sec(a_i)}{1 + \tan(fi) \tan(a_i)}}{F}$$

$$\sum_{i=1}^{N} W_i \left[ (1 - Kv) \sin(a_i) + \frac{Kh \cdot dh_i}{R} \right]$$

#### dove:

- N = numero di conci in cui e' suddiviso il pendio
- ci = coesione alla base del concio i
- b = larghezza del concio
- Wi = peso del concio
- ui = pressione interstiziale alla base
- fi = angolo di attrito del terreno alla base del concio
- ai = inclinazione della base del concio
- Kv = coefficiente sismico verticale
- Kh = coefficiente sismico orizzontale
- -R = raggio del cerchio di scivolamento
- dhi = distanza verticale del profilo superiore del concio dal centro della superficie di scivolamento

Tale espressione del coefficiente di sicurezza F risulta in forma implicita, pertanto viene risolta per via ITERATIVA.

#### • SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

Numero conci : Numero di conci in cui è suddiviso il pendio

Coefficiente sismico orizzontale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia

sismica orizzontale

Coefficiente sismico verticale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia

sismica verticale

#### • SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

h : altezza media del concio

L : sviluppo larghezza alla base del concio

lpha : inclinazione della base del concio

**c** : coesione terreno alla base del concio

• : angolo di attrito interno alla base del concio

**W** : peso del concio

**hw** : altezza della falda dalla base del concio

**Qw** : risultante delle pressioni interstiziali

**Tcn** : Contributo elementi resistenti a taglio

Tgg : Contributo geogriglie

#### SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

**Str. N.ro** : Numero dello strato

**Descrizione strato** : Descrizione sintetica dello strato

**Coesione** : Coesione

Ang. attr. : Angolo di attrito interno del terreno dello strato in esame

Densità : Peso specifico del terreno in situ D. Saturo : Peso specifico del terreno saturo

Vert. N.ro : Numero del vertice della poligonale che definisce lo strato

Ascissa / Ordinata : Coordinate dei vertici dello strato

#### SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La tabella di seguito esposta riporta le forze scambiate tra i vari conci secondo le teorie selezionate (Bishop, Jambu e Bell). La simbologia è da interpretarsi come appresso descritto:

Con. sx : Concio a sinistra della superficie di separazione tra i due conci

Con. dx : Concio a destra della superficie di separazione tra i due conci

F.or. : Risultante delle forze (orizzontali) scambiate tra i due conci

ortogonalmente alla superficie (verticale) di separazione

F.vert. : Risultante delle forze (verticali) scambiate tra i due conci

parallelamente alla superficie (verticale) di separazione

#### • SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

**Asc. in.** : Ascissa iniziale della geogriglia

Ord. in. : Ordinata iniziale della geogriglia

**Asc. fin.** : Ascissa finale della geogriglia

**Ord. fin.** : Ordinata finale della geogriglia

Sforzo max. : Massimo sforzo normale resistente opposto dall'elemento se intercettato

dalla superficie di scorrimento

#### • SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Ff : risultante delle forze verticali concentrate

**Fq** : risultante delle forze verticali distribuite

**Fr** : forza verticale da contributo inerzia corpo rigido

Fs : incremento sismico verticale di W + Ff + Fq + Fr

Ftot : risultante forze verticali W + Ff + Fq + Fr + Fs

#### SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

**Hf** : risultante delle forze orizzontali concentrate

**Hq** : risultante delle forze orizzontali distribuite

**Hr** : forza orizzontale da contributo inerzia corpo rigido

**Htot** : risultante forze orizzontali, Hf + Hq + Hr, su profilo pendio

**Hs** : azione sismica orizzontale di W + Ff + Fq + Fr

#### • SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

**Asc. in.** : Ascissa iniziale dell'elemento

Ord. in. : Ordinata iniziale dell'elemento

**Asc. fin.** : Ascissa finale dell'elemento

**Ord. fin.** : Ordinata finale dell'elemento

Taglio Norm. : Massimo taglio resistente opposto dall'elemento se intercettato

ortogonalmente al proprio asse dalla superficie di scorrimento

Taglio Tang. : Massimo taglio resistente opposto dall'elemento se intercettato

parallelamente al proprio asse dalla superficie di scorrimento

#### • SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

**Elem. N.ro** : Numero identificativo dell'elemento rigido

Densità : Densità apparente dell'elemento rigido

Dens. terr : Densità del terreno rimosso per la presenza dell'elemento rigido

Vert. N.ro : Numero identificativo del vertice del poligono rappresentante

l'elemento rigido

Ascissa e

Ordinata

: Coordinate del poligono

#### • SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Asc. In. : Ascissa punto di attacco tirante sul pendio

Ord. In. : Ordinata punto di attacco tirante sul pendio

Angolo : Angolo di infissione del tirante. Segno positivo per il verso antiorario

Lunghezza : Lunghezza della parte attiva del tirante (quindi al netto del tratto di

ancoraggio)

Sforzo : Sforzo trasmesso dal tirante al terreno lungo la direzione individuata

dal tirante. Tale sforzo si attiva solo se la superficie di scorrimento

attraversa il corpo del tirante

Ascissa punto passaggio cerchio (m) : Ascissa del punto di passaggio imposto per tutti i cerchi

di scorrimento

Ordinata punto passaggio cerchio (m) : Ordinata del punto di passaggio imposto per tutti i

cerchi di scorrimento

Ascissa polo (m) : Ascissa del primo punto centro del cerchio di

scorrimento

Ordinata polo (m) : Ordinata del primo punto centro del cerchio di

scorrimento

Numero righe maglia : Numero di punti lungo una linea verticale, centri di

superfici di scorrimento

Numero colonne maglia : Numero di punti lungo una linea orizzontale, centri di

superfici di scorrimento

Passo direzione 'X' (m) : Distanza in orizzontale tra i centri delle superficie di

scorrimento circolari

Passo direzione 'Y' (m) : Distanza in verticale tra i centri delle superficie di

scorrimento circolari

Rapporto Hs/Hm : Rapporto tra altezza della spinta e altezza del concio,

nel metodo di Jambu

#### SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

Numero conci : Numero di conci in cui è suddiviso il pendio

Coefficiente sismico orizzontale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia

sismica orizzontale

Coefficiente sismico verticale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia

sismica verticale

Rapporto Hs/Hm : Rapporto tra altezza della spinta e altezza del concio,

nel metodo di Jambu

DATI GENERALI DI VERIFICA
Vita Nominale (Anni) Classe d' Uso SECONDA Longitudine Est (Grd) 13,846 Latitudine Nord Categoria Suolo Coeff. Condiz. Topogr.  50 SECONDA (Grd) 37,356 CGrd) 37,356 C1,000
Probabilita' Pvr 0,100 Periodo di Ritorno Anni 475,000 Accelerazione Aq/q 0,060 Fattore Stratigrafia 'S' 1,500 Coeff. Sismico Kh 0,000 Coeff. Sismico Kv 0,000
Numero conci : 20 Numero elementi rigidi: 1 Tipo Superficie di rottura : CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO Rapporto Hs/Hm : 0,40
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA
Ascissa pto passaggio cerchio (m): 42,150 Ordinata pto passaggio cerchio (m): 9,500
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI
Ascissa Polo (m): 0,300 Ordinata Polo (m): 12,500 Numero righe maglia 5,0 Numero colonne maglia 5,0 Passo direzione 'X' (m): 3,00 Passo direzione 'Y' (m): 3,00 Rotazione maglia (Grd): 30,0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) : 1,000
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2
Tangente Resist. Taglio Peso Specifico Coesione Efficace (c'k) Resist. a taglio NON drenata (cuk)  1,25 1,00 1,25 1,25
Coefficiente R2 1,00

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mg	And.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro		Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1233456	0.00 10.00 10.01 10.30 10.50 12.15	10.00 10.00 12.50 12.50 12.60 12.60
1	Materiale	0,000	30,00	1.800	1,800	1 2	0.00	10.00
2.	Limi sabbi	3,000	18,20	1,880	1,800	12	0.00	8.50 8.50
3	Limi argil	5,000	19,00	1.910	1.800	1 2	0,00	2.80 2.80
4	Argille ma	10,000	21,00	1,970	1,800	ì		

## DATI FORZE DISTRIBUITE VERTICALI

Vert. N.ro	Asc. in.	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin	Int. fin. (t/ml)	
1	10,30	0,650	12,15	0,650	

#### DATI FORZE CONCENTRATE VERTICALI

Vert.	Ascissa	Intensita'
N.ro	(m)	(t)
1	40,15	0,130

Vert.	Ascissa	Intensita'	
N.ro	(m)	(t)	

# DATI FORZE CONCENTRATE VERTICALI

Vert.	Ascissa	Intensita'
N.ro	(m)	(t)
1	40,15	0,130

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Intensita'

## DATI FORZE CONCENTRATE ORIZZONTALI

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Intensita'	
1	40,15	0,117	

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Intensita'	

# DATI ELEMENTI RIGIDI

Elem.	Densita'	Dens.terr	Vert.	Ascissa	Ordinata
N.ro	t/mc	t/mc	N.ro	(m)	(m)
1	2,50	1,80	1 2 3 4 5 6	10,30 10,40 12,15 12,15 10,00 10,00	12,50 10,00 10,00 9,60 9,60 12,50

# COEFFICIENTI DI SICUREZZA

N.ro Cerchio critico : 10					
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Bell
1234567890123456789012345	0.3 25.5 10.7 11.4 10.6 11.4 10.6 11.5 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.6 11.7 11.7	12.5 14.5 15.0 15.0 18.1 16.1 18.6 18.6 19.7 21.7 22.7 22.7 22.7 22.7 22.7 22.7 22	42.0 39.1 37.9 34.0 43.4 41.1 43.4 41.2 43.6 44.3 44.3 44.3 45.4 45.4 45.4 45.4 45.4	33.1746 29.2897 25.5697 22.5984 20.319 32.6112 27.6328 25.1766 19.7427 30.9482 24.2742 21.6888 19.6766 29.8095 27.5393 23.7432 21.9626 19.7474 29.015 26.9192 21.7528 19.7561	30.8765 27.4871 24.2032 21.5803 19.5737 30.6342 26.1571 23.9751 21.3297 25.7161 29.29761 23.97761 23.9799 19.1622 20.9799 19.1621 20.9799 19.1621 21.3431 26.4212 22.3431 19.3034 27.806 25.9568 21.2176 21.3296

