



COMUNE di GIOI

PROVINCIA DI SALERNO

PROGETTO ESECUTIVO

**Intervento di messa in sicurezza dell'abitato di Cardile,
adeguamento e riqualificazione delle infrastrutture e degli
edifici pubblici in esso ubicati
"I STRALCIO FUNZIONALE"**

Data: Novembre 2021

Prot. n°:

Committente:

Amministrazione Comunale di Gioi

Progetto: RTP:

Capogruppo:

Ing. Pasquale Trotta

Mandanti:

Geom. Domenico Antonio De Marco

Dott. Arch. Filomena Papaleo

Dott. Geol. Emilio Vitale



Pasquale Trotta

Responsabile del procedimento:

Ing. Angelo Vertullo

Tavola:

Relazione verifiche di stabilità del pendio

Disegno n°:

9.2

Scala:

1. PREMESSA

Nella seguente relazione saranno illustrate le verifiche di stabilità del pendio delle sezioni stradali post operam.

Nello specifico sono state analizzate le sezioni che in fase ante operam fossero caratterizzate da un ridotto coefficiente di sicurezza, pertanto si è resa necessaria l'introduzione di opportune opere di sostegno accuratamente calcolate come specificato negli elaborati progettuali dedicati.

2. 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).

3. 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.

Nello specifico si è fatto riferimento al metodo di Sarma, in quanto corrispondente al metodo di verifica già utilizzato in fase ante opera oltre ad essere considerato un metodo maggiormente accurato.

• METODO DI SARMA

Il metodo si basa sul calcolo recursivo delle reazioni mutue tra i conci, in modo da ottenere la convergenza con le condizioni al contorno.

L'incremento di componente verticale della reazione, da valle a monte, è dato da:

$$dX_i = \frac{\sum_{i=1}^N D_i \cdot (y_i - y_g)}{\sum_{i=1}^N P_{S_i} \cdot [(x_i - x_g) + (y_i - y_g) \tan(ff_i - a_i)]} P_{S_i}$$

essendo:

$$D_i = W y_i \tan(ff_i - a_i) + \frac{c f_i \cdot b \cdot \cos(ff_i) \sec(a_i) - u_i \cdot b \cdot \sin(ff_i)}{\cos(a_i) \cos(ff_i) + \sin(a_i) \sin(ff_i)}$$

Sono note quindi le reazioni alla base del concio:

$$N_i = \frac{[Wy_i + dX_i - cf_i \cdot b \cdot \tan(a_i) + u_i \cdot b \cdot \tan(ff_i) \cdot \sin(a_i)] \cdot \cos(ff_i)}{\cos(a_i) \cos(ff_i) + \sin(a_i) \sin(ff_i)}$$

$$T_i = \frac{cf_i \cdot b \cdot \cos(ff_i) + (Wy_i + dX_i) \sin(ff_i) - u_i \cdot b \cdot \sin(ff_i) \cos(a_i)}{\cos(a_i) \cos(ff_i) + \sin(a_i) \sin(ff_i)}$$

e quindi l'incremento di componente orizzontale della reazione:

$$dE_i = T_i \cdot \cos(a_i) - N_i \cdot \sin(a_i) - Wx_i$$

dove, oltre alle quantità già definite per il metodo di *Bishop*, si definiscono le ulteriori grandezze:

- $ff_i = \arctan \frac{\tan(fi)}{F}$
- $cf = \frac{c_i}{F}$
- x_i, y_i = coordinate cartesiane del baricentro del concio
- xG, yG = coordinate cartesiane del baricentro della intera massa slittante
- Wy_i = peso proprio concio + risultante forze applicate e inerziali a componente verticale
- Wx_i = risultante delle forze applicate e inerziali a componente orizzontale
- Ps_i = funzione di *Sarma*, funzione dello stato tensionale del singolo concio
- N_i = reazione normale alla base del concio i
- T_i = reazione tangenziale alla base del concio i

- SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

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

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

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

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

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

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

- **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 : Descrizione sintetica dello strato
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 / : Coordinate dei vertici dello strato
Ordinata

- **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

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tipo di pendio	Artificiale
Tipo Sato Limite Calcolato	SLV
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	TERZA
Longitudine Est (Grd)	15,246
Latitudine Nord (Grd)	40,269
Categoria Suolo	B
Coeff. Condiz. Topogr.	1,200
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	712,000
Accelerazione Ag/g	0,109
Fattore Stratigrafia 'S'	1,200
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
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa pto passaggio cerchio (m):	41,270
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	16,490
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	31,570
Ordinata Polo (m):	43,020
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) :	0,0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coesione Efficace (c'k)	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,40
Coefficiente R2	1,00

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA								
Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0,00	10,00
						2	40,00	20,72
						3	40,15	23,82
						4	40,56	23,82
						5	40,66	23,82
						6	80,56	23,82
1		0,000	30,00	1,800	1,800	1	39,33	20,39
						2	39,81	19,22
						3	40,26	19,22
2		0,000	32,00	1,800	1,800	1	40,26	19,22
						2	40,71	19,22
						3	43,36	23,82
3		0,370	22,63	2,130	2,940	1	41,63	20,82
						2	80,56	20,82
4		0,900	27,21	2,120	3,000	1	40,71	19,22
						2	80,56	19,22
5		1,730	34,05	2,500	3,000	1	23,64	16,06
						2	80,56	16,12
6		2,000	35,00	2,500	3,000			

DATI FORZE DISTRIBUITE VERTICALI				
Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin (m)	Int. fin. (t/ml)
1	40,57	2,600	80,56	2,600

DATI ELEMENTI RIGIDI					
Elem. N.ro	Densita' t/mc	Dens.terr t/mc	Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
1	2,50	2,13	1	40,56	23,87
			2	40,56	19,82
			3	40,71	19,82
			4	40,71	19,22
			5	39,81	19,22
			6	39,81	19,82
			7	39,96	19,82
			8	40,16	23,87

DATI ELEMENTI RESISTENTI A TAGLIO						
Elem. N.ro	Asc. in. (m)	Ord. in. (m)	Asc. fin. (m)	Ord. fin. (m)	Taglio Norm (t)	Taglio Tang (t)
1	40,31	19,22	40,31	11,22	43,07	129,21

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 1											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	31,6	43,0	28,2							3,0222	
2	34,6	43,0	27,4							3,1208	
3	37,6	43,0	26,8							3,3116	
4	40,6	43,0	26,5							3,7836	
5	43,6	43,0	26,6							4,7034	
6	31,6	46,0	31,1							3,047	
7	34,6	46,0	30,3							3,1606	
8	37,6	46,0	29,8							3,3968	
9	40,6	46,0	29,5							3,9348	
10	43,6	46,0	29,6							4,6996	
11	31,6	49,0	33,9							3,1173	
12	34,6	49,0	33,2							3,188	
13	37,6	49,0	32,7							3,4614	
14	40,6	49,0	32,5							4,0165	
15	43,6	49,0	32,6							4,7606	
16	31,6	52,0	36,8							3,1173	
17	34,6	52,0	36,2							3,2688	
18	37,6	52,0	35,7							3,5437	
19	40,6	52,0	35,5							4,0967	
20	43,6	52,0	35,6							4,8242	
21	31,6	55,0	39,7							3,1725	
22	34,6	55,0	39,1							3,3281	
23	37,6	55,0	38,7							3,6645	
24	40,6	55,0	38,5							4,1753	
25	43,6	55,0	38,6							4,8893	

