



COMUNE DI LONGOBARDI

Provincia di Cosenza

MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE, RISCHIO PAI R3 ED R4 POSTO A MONTE E A VALLE DELLA STRADA COMUNALE DENOMINATA SUVARELLO

PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO:

RELAZIONE E FASCICOLO DI CALCOLO
STRUTTURALE PALIFICATA

ELABORATO:
S. 01

R.T.P. Società Ingegneria UNA s.r.l. Arch. Marcello Mazza - Geom. Mario Veltri

Direttore Tecnico UNA S.R.L.:
Ing. Vincenzo Russo

Arch. Marcello Mazza

Geom. Mario Veltri

Progettista:
Ing. Vincenzo Russo



APPROVAZIONI

RUP
Ing. Salvatore Carnevale

METODO DI CALCOLO LEM

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 17/01/2018:

- Norme tecniche per le costruzioni.

Circolare CSLLPP n. 7 del 21/01/2019:

- 'Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.'

2. CENNI TEORICI

2.1. CALCOLO DELLE SPINTE

Si fa ricorso al metodo dell' equilibrio limite globale utilizzando il procedimento di COULOMB con l'aggiunta delle forze d'inerzia $kh \cdot W$ (Mononobe e Okabe) in quanto oltre che il più utilizzato ed intuitivo è anche capace di tenere in conto tutte le variabili più significative del problema, nell'ipotesi che l'opera di sostegno può subire movimenti tali da produrre nel terreno retrostante un regime di spinta attiva.

L'azione sismica viene definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo, con componente orizzontale (a_h) ed eventualmente se presente anche la componente verticale (a_v).

I valori di a_h ed eventuale a_v vengono ricavati in funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera e della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza

La spinta totale, in presenza di sisma, di progetto Ed esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno, vale:

$$E_d = 1/2 \cdot t(1 \pm kv)H^2 K + S_{ws}$$

Dove:

H = spessore dello strato;

S_{ws} = spinta idrostatica;

t = peso specifico del terreno;

K = coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico);

Per stati di spinta attiva

se si ha:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha)}{\cos \sin^2 \sin(\alpha) \left\{ \frac{\sin(\alpha) \sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \right\}^2 \sin(\alpha)}$$

se si ha:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha)}{\cos \sin^2 \sin(\alpha)}$$

Per stati di spinta passiva (resistenza a taglio nulla tra terreno e muro):

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha)}{\cos \sin^2 \sin(\alpha) \left\{ \frac{\sin(\alpha) \sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \right\}^2 \sin(\alpha)}$$

Con :

$$\tan \phi = (kh)/(1 \pm Kv)$$

e

$$a_h = kh \cdot g = \dots \cdot a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_{g_{max}} \text{ da cui si ha: } kh = a_h/g \text{ ed eventualmente se presente } Kv = 0.5Kh$$

Dove per i vari parametri si ha che:

- = angolo attrito del terreno;
- = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete dell'opera di sostegno;
- = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno;
- = angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro;
- = angolo definito dalle espressioni precedenti;

ah = componente orizzontale dell'accelerazione equivalente;

av = componente verticale dell'accelerazione equivalente;

kh = coefficiente sismico orizzontale;

k_v = coefficiente sismico verticale;

g = accelerazione di gravità;

= coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/18);

s = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/18);

S_s = Fattore di suolo funzione della categoria del suolo e di amplificazione stratigrafica ;

S_t = Fattore di amplificazione topografica ;

ag_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento rigido;

La spinta agente sull'opera di sostegno viene scomposta in una componente statica (S_{sa}) ed una dinamica (S_{dae}).

La componente statica, si ottiene ponendo $\alpha = 0$, nell'espressione del coefficiente di spinta e sarà applicata ad H/3. La componente dinamica D_s = S_{dae} - S_{sa}, sarà applicata ad H/2.

Entrambe le componenti saranno scomposte in una orizzontale ed in una verticale;

La forza d'inerzia kh*W, con W peso dell'opera di sostegno sarà applicata ad H/2.

2.2. SPINTA IN PRESENZA DI FALDA

L'acqua supposta in quiete e con superficie distante H_w dalla base dell'opera, genera delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla generica profondità 'z, valgono:

$$P_w(z) = w \cdot z \quad \text{per} \quad z = H_w, P_w(H_w) = w \cdot H_w$$

Pertanto la spinta vale: $S_{ws} = 1/2 \cdot w \cdot H_w^2$

La spinta del terreno immerso si modifica sostituendo γ con γ' , peso specifico del materiale immerso in acqua:

$$\gamma' = \gamma_{\text{saturo}} - w$$

3. DATI GENERALI

3.1. DATI SISMICI

Zona Sismica	: 2
Categoria topografica	: T2
Categoria di suolo	: B
Vita nominale [anni]	: 50
Tipo di opera	: Opere ordinarie
Classe d'uso	: II
S _s	: 1.20
S _t	: 1.20
Accel. orizz. max attesa al sito (a _{max}) = S _s · S _t · Ag	: 0.288
Aliquota di accelerazione sismica	: 0.288
Coeff. deformabilità	: 1.0000
Coeff. di spostamento	: 0.6820
Coefficiente sismico orizzontale (K _h)	: 0.1964
Coefficiente sismico verticale (K _v)	: 0.0000
Spostamento max ammesso [m]	: 0.0300

COORDINATE DEL SITO (Datum ED50): LONGITUDINE: 16.0696° - LATITUDINE: 39.2085°			
Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito			
Numero punto		Longitudine [°]	Latitudine [°]
40111		16.0702	39.2549
40112		16.1347	39.2533
40333		16.0682	39.2049
40334		16.1327	39.2034
Dati SLV			
Tempo di ritorno	Accelerazione sismica	Coefficiente Fo	Periodo TC*

	Ag		
475	0.200	2.430	0.409

3.2. DATI TOPOGRAFICI

Altezza terrapieno = 80 cm

Altezza terrapieno di calcolo = 90 cm

(Altezza terrapieno di calcolo aumentata per tenere conto delle possibili variazioni del profilo del terreno a monte ed a valle del paramento rispetto ai valori nominali, punto 6.5.2.2 NTC 17/01/2018)

Inclinazione p.c. a monte = 19.00 °

Inclinazione p.c. a valle = -9.00 °

3.3. FATTORI DI SICUREZZA RIDUTTIVI ADOTTATI

Quoziente riduttivo Resistenza passiva = 1.40

Quoziente riduttivo tan(Ang. Attr) = 1.00

Quoziente riduttivo coesione = 1.00

Dati Tipologia II

Disposizione: Pali su una fila

Diametro = 80 cm

Copriferro = 3.00 cm

Interasse longitudinale = 110 cm

Lunghezza palificata = 2000.00 cm

3.4. TRAVE DI CORONAMENTO

Base trave = 100 cm

Altezza trave = 50 cm

Copriferro trave = 3.00 cm

3.5. MATERIALI

CALCESTRUZZO

Nom e	Class e	Rck [daN/cm ²]		ps [daN/m ³]	t [1/°C]	Ec [daN/cm ²]	m, c	Ect /Ec	fck [daN/cm ²]	fcd SLU [daN/cm ²]	fctd SLU [daN/cm ²]	fctk,0.05 [daN/cm ²]	fctm [daN/cm ²]	c2 [%]	cu 2 [%]
CLS 300	C25/3 0	300	0.15	2500.00	1.0E-00 5	314758. 06	1.5 0	0.5 0	250.00	141.67	11.97	17.95	25.65	2.00	3.50

ACCIAIO ARMATURE

Nome	Tipo	m	E	Es [daN/cm ²]	fyk [daN/cm ²]	ftk [daN/cm ²]	fd SLU [daN/cm ²]	k	ud [%]
FeB44K	B450C	1.15	-	2100000.00	4500.00	5400.00	3913.04	1.00	10.00

3.6. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA

	H (cm)	c (daN/m ²)	cu (daN/m ²)	(°)	t (daN/m ³)	m (°)	v (°)
Strato 1	400	0	0	22	2157	14	14
Strato 2	400	700	0	32	2253	20	20
Strato 3	2000	1400	0	31	2187	19	19

3.7. COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI NELLA VERIFICA DELLA PARATIA

La verifica della struttura di sostegno viene effettuata sulla base delle combinazioni seguenti.

COMBINAZIONI DI CALCOLO

Combinazione n.1 - $A1 + M1 + R1$

Combinazione n.2 - $A2 + M2 + R1$

Combinazione n.3 - $EQU + M2 + R1$

Combinazione n.4 - $A1^* + M1 + R1 \pm Sisma$

Combinazione n.5 - $A2^* + M1 + R1 \pm Sisma$

Combinazione n.6 - $EQU^* + M1 + R1 \pm Sisma$

COMBINAZIONE DI CALCOLO - Verifica a stabilità globale

Combinazione Stab. Glob - $A2 + M2 + R2$

I coefficienti parziali adottati in ogni combinazione elaborata per la verifica della paratia, vengono definite nelle seguenti tabelle dei coefficienti

Coefficienti per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto	Coeff. Parz.	A1 (STR)	A2 (GEO)	EQU	A1*	A2*	EQU*
Permanenti	Favorevoli	G1	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.3	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0
Permanenti non Strutt.	Favorevoli	G2	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.5	1.3	1.5	1.0	1.0	1.0
Variabili	Favorevoli	Qi	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.5	1.3	1.5	1.0	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza a cui applicare i coeff. parz.	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	tan	1.00	1.25
Coesione	C	1.00	1.25
Coesione non drenata	Cu	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume		1.00	1.00

Coefficienti parziali resistenze

Coefficiente Parziale	Ri
R1 (Resistenza del terreno a valle)	1.00
R2 (Coeff. stabilità globale)	1.10

3.8. SOVRACCARICHI

CARICO UNIFORME a Monte

Variabile

$Q_{vm} = 400 \text{ daN/m}^2$

CARICO UNIFORME a Valle

Variabile

$Q_{vv} = 400 \text{ daN/m}^2$

4. RISULTATI DI CALCOLO

4.1. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1 + M1 + R1

COEFFICIENTI DI SPINTA

K_a : coefficiente di spinta attiva statica;

K_{as} : coefficiente di spinta attiva dinamica;

K_p : coefficiente di spinta passiva;

	K_a	K_{as}	K_p
Strato 1	0.63	0.63	1.72
Strato 2	0.37	0.37	2.45
Strato 3	0.38	0.38	2.36

Altezza terrapieno = 90 cm

Profondità di infissione = 450 cm

Profondità di infissione aument. del 20% = 540 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	$p \text{ (daN/cm}^2\text{)}$	$N \text{ (daN)}$	$T \text{ (daN)}$	$M \text{ (daNm)}$
10	0.06	135	9	0
30	0.09	415	123	-31
60	0.14	877	464	-137
90	0.19	1381	976	-382
120	0.14	1985	1474	-755
150	0.08	2701	1819	-1292
180	0.02	3523	2080	-1925
210	-0.03	4451	2258	-2703
240	-0.09	5484	2353	-3560
270	-0.14	6623	2364	-4418
300	-0.20	7869	2291	-5383
330	-0.26	9220	2136	-6253
360	-0.31	10676	1897	-7197
390	-0.37	12239	1574	-7936
420	-1.50	14647	-1841	-7672
450	-1.62	17193	-5845	-6857
480	-1.75	19885	-9656	-5130
510	-1.87	22747	-13734	-2495
540	-2.00	25779	-18078	1123

4.2. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2 + M2 + R1

COEFFICIENTI DI SPINTA

K_a : coefficiente di spinta attiva statica;

K_{as} : coefficiente di spinta attiva dinamica;

K_p : coefficiente di spinta passiva;

	Ka	Kas	Kp
Strato 1	1.00	0.93	1.49
Strato 2	0.48	0.48	2.01
Strato 3	0.51	0.51	1.95

Altezza terrapieno = 90 cm
 Profondità di infissione = 600 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 720 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.07	137	12	0
30	0.11	423	150	-45
60	0.17	903	564	-195
90	0.23	1435	1186	-499
120	0.19	2068	1856	-1054
150	0.16	2813	2451	-1827
180	0.12	3664	3034	-2850
210	0.09	4622	3605	-4068
240	0.05	5687	4162	-5618
270	0.02	6858	4707	-7369
300	-0.02	8136	5238	-9443
330	-0.05	9520	5757	-11728
360	-0.09	11011	6263	-14237
390	-0.12	12608	6756	-16640
420	-1.14	14706	4148	-18623
450	-1.23	16893	1072	-19981
480	-1.33	19256	-1744	-20787
510	-1.43	21766	-4761	-20921
540	-1.52	24423	-7979	-20005
570	-1.62	27226	-11396	-17950
600	-1.72	30175	-15014	-15050
630	-1.82	33271	-18831	-11057
660	-1.91	36514	-22849	-5998
690	-2.01	39903	-27067	211

4.3. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU + M2 + R1

COEFFICIENTI DI SPINTA

Ka : coefficiente di spinta attiva statica;
 Kas : coefficiente di spinta attiva dinamica;
 Kp : coefficiente di spinta passiva;

	Ka	Kas	Kp
Strato 1	1.00	0.93	1.49
Strato 2	0.48	0.48	2.01
Strato 3	0.51	0.51	1.95

Altezza terrapieno = 90 cm
 Profondità di infissione = 650 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 780 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.08	138	13	0
40	0.15	585	291	-84

80	0.23	1277	1051	-414
120	0.22	2119	2057	-1181
160	0.19	3171	2991	-2390
200	0.15	4423	3940	-4105
240	0.11	5872	4902	-6398
280	0.07	7521	5879	-9204
320	0.03	9367	6869	-12671
360	-0.01	11413	7874	-16625
400	-0.80	13657	8892	-20319
440	-1.15	16680	4035	-23415
480	-1.28	19874	530	-25472
520	-1.40	23334	-3313	-26228
560	-1.53	27062	-7494	-25546
600	-1.66	31057	-12013	-22960
640	-1.78	35319	-16870	-18760
680	-1.91	39847	-22065	-12438
720	-2.03	44643	-27597	-4239
740	-2.09	47141	-30490	684

4.4. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1* + M1 + R1 \pm Sisma

COEFFICIENTI DI SPINTA

Ka : coefficiente di spinta attiva statica;
 Kas : coefficiente di spinta attiva dinamica;
 Kp : coefficiente di spinta passiva;

	Ka	Kas	Kp
Strato 1	0.63	1.09	1.72
Strato 2	0.37	0.75	2.45
Strato 3	0.38	0.83	2.36

Altezza terrapieno = 90 cm
 Profondità di infissione = 1650 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 1980 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.05	133	32	-3
90	0.23	1324	873	-664
180	0.13	3318	2234	-3691
270	0.09	6183	3172	-10341
360	0.06	9912	3832	-20881
450	-1.21	16085	-1953	-35942
540	-1.46	24258	-11574	-48375
630	-1.71	33882	-23061	-58270
720	-1.96	44957	-36413	-65028
810	-2.25	57302	-51523	-70099
900	-2.46	70596	-69613	-73653
990	-2.68	85204	-89183	-73403
1080	-2.89	101125	-110430	-70176
1170	-3.10	118360	-133353	-71732
1260	-3.31	136907	-157951	-82853
1350	-3.52	156767	-184224	-74011
1440	-3.73	177940	-212172	-62373
1530	-3.95	200427	-241796	-46099
1620	-4.16	224226	-273095	-28491
1710	-4.37	249338	-306069	-5004

1740	-4.44	258001	-317433	5244
------	-------	--------	---------	------

4.5. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2* + M1 + R1 ± Sisma

COEFFICIENTI DI SPINTA

Ka : coefficiente di spinta attiva statica;
 Kas : coefficiente di spinta attiva dinamica;
 Kp : coefficiente di spinta passiva;

	Ka	Kas	Kp
Strato 1	0.63	1.09	1.72
Strato 2	0.37	0.75	2.45
Strato 3	0.38	0.83	2.36

Altezza terrapieno = 90 cm
 Profondità di infissione = 1650 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 1980 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.05	133	32	-3
90	0.23	1324	873	-664
180	0.13	3318	2234	-3691
270	0.09	6183	3172	-10341
360	0.06	9912	3832	-20881
450	-1.21	16085	-1953	-35942
540	-1.46	24258	-11574	-48375
630	-1.71	33882	-23061	-58270
720	-1.96	44957	-36413	-65028
810	-2.25	57302	-51523	-70099
900	-2.46	70596	-69613	-73653
990	-2.68	85204	-89183	-73403
1080	-2.89	101125	-110430	-70176
1170	-3.10	118360	-133353	-71732
1260	-3.31	136907	-157951	-82853
1350	-3.52	156767	-184224	-74011
1440	-3.73	177940	-212172	-62373
1530	-3.95	200427	-241796	-46099
1620	-4.16	224226	-273095	-28491
1710	-4.37	249338	-306069	-5004
1740	-4.44	258001	-317433	5244

4.6. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU* + M1 + R1 ± Sisma

COEFFICIENTI DI SPINTA

Ka : coefficiente di spinta attiva statica;
 Kas : coefficiente di spinta attiva dinamica;
 Kp : coefficiente di spinta passiva;

	Ka	Kas	Kp
Strato 1	0.63	1.09	1.72
Strato 2	0.37	0.75	2.45
Strato 3	0.38	0.83	2.36

Altezza terrapieno = 90 cm

Profondità di infissione = 1650 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 1980 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.05	133	32	-3
90	0.23	1324	873	-664
180	0.13	3318	2234	-3691
270	0.09	6183	3172	-10341
360	0.06	9912	3832	-20881
450	-1.21	16085	-1953	-35942
540	-1.46	24258	-11574	-48375
630	-1.71	33882	-23061	-58270
720	-1.96	44957	-36413	-65028
810	-2.25	57302	-51523	-70099
900	-2.46	70596	-69613	-73653
990	-2.68	85204	-89183	-73403
1080	-2.89	101125	-110430	-70176
1170	-3.10	118360	-133353	-71732
1260	-3.31	136907	-157951	-82853
1350	-3.52	156767	-184224	-74011
1440	-3.73	177940	-212172	-62373
1530	-3.95	200427	-241796	-46099
1620	-4.16	224226	-273095	-28491
1710	-4.37	249338	-306069	-5004
1740	-4.44	258001	-317433	5244

5. RISULTATI INFISSIONE

Profondità di infissione = 1650 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 1980 cm

6. RISULTATI VERIFICHE

6.1. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE SEZ. PIU' SOLLECITATA

Ns = Sforzo normale sollecitante (positivo compressione);
 Ms = Momento flettente sollecitante (negativo se tende le fibre a monte);
 Nrd = Sforzo normale resistente di calcolo (positivo compressione);
 Mrd = Momento flettente resistente di calcolo (negativo se tende le fibre a monte);
 cs = coefficiente di sicurezza;

Sez. (cm)	Ns (daN)	Ms (daNm)	Nrd (daN)	Mrd (daNm)	cs
1200	124396	-86871	124396	-88819	1.02

Si armerà con: 14 24

6.2. VERIFICA A TAGLIO

Vsd = Sforzo di taglio sollecitante;
 Vrd = Sforzo di taglio resistente;
 staffe = diametro acciaio armature staffe;
 passo = passo staffe;
 cs = coefficiente di sicurezza;

Vsd (daN)	Vrd (daN)	(mm)	Passo (cm)	cs
4035	9087	8	29	2

6.3. VERIFICA TRAVE DI CORONAMENTO

6.3.1. VERIFICA A FLESSIONE

Msd = Momento flettente sollecitante (positivo se tende le fibre inferiori);

Mrd = Momento flettente resistente (positivo se tende le fibre inferiori);

cs = coefficiente di sicurezza;

Msd (daNm)	Mrd (daNm)	cs
33700	1320863	39

Si armerà con: 5 16(Armatura inferiore) e 5 16(Armatura superiore)

6.3.2. VERIFICA A TAGLIO

Vsd = Sforzo di taglio di calcolo;

staffe = diametro acciaio armature staffe;

passo = passo staffe;

cs = coefficiente di sicurezza;

Vsd (daN)	Vrd (daN)	(mm)	Passo (cm)	cs
1149	5547	8	30	4.83

7. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE

Il carico limite del terreno si ottiene dalla somma di tre contributi dovuti:

- alla coesione del terreno.
- al carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione.
- al peso del terreno sottostante il piano di posa.

Il calcolo è stato effettuato seguendo la teoria di Brinch Hansen, la quale tiene conto:

- della forma della fondazione;
- della profondità del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del carico sulla fondazione;
- dell'eccentricità del carico;
- dell'inclinazione del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del piano di campagna;
- dell'effetto inerziale nella fondazione;
- dell'effetto cinematico del sottosuolo;

Il carico limite si ottiene dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = 0.5 \cdot B' \cdot 2 \cdot N \cdot s \cdot d \cdot i \cdot g \cdot b \cdot z \cdot e \cdot k \cdot e \cdot i + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot z_c + (q + 1 \cdot D) \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot z_q$$

Dove: B' è base equivalente della fondazione circolare.

D è la profondità del piano di posa della fondazione.

1 è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione.

2 è il peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione.

C è la coesione del terreno.

q è il carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione.

Combinazione A1+M1+R1

Fattori di carico limite

$$N_c = 32.67; \quad N_q = 20.63; \quad N = 32.67$$

Fattori di forma

$$S_c = 1.54; \quad S_q = 1.51; \quad S = 0.66$$

Fattori di profondità

$$D_c = 1.61; \quad D_q = 1.43; \quad D = 1.00$$

Fattori di inclinazione dei carichi

$$I_c = 1.00; \quad I_q = 0.00; \quad I = 1.00$$

Fattori di inclinazione del piano di campagna

$$G_c = 1.00; \quad G_q = 1.01; \quad G = 1.01$$

Fattori di inclinazione del piano di posa

$$B_c = 1.00; \quad B_q = 1.00; \quad B = 1.00$$

Fattori di portanza dell'effetto cinematico:

$$e_k = 0.97; \quad e_i = 0.87$$

Nel caso in esame si ottiene il seguente carico limite:

$$q_{Lim} = 197.37 \text{ daN/cm}^2$$

Avendo assunto un coefficiente di sicurezza (imposto dalle indicazioni normative) pari a 2.30, il carico limite di calcolo è:

$$q_{LimD} = 85.81 \text{ daN/cm}^2$$

Dati verifica

Tipologia : Circolare

Diam. = 80 cm

Prof. = 1980 cm

Considerando una pressione agente pari a: 52.15 daN/cm^2

$$q_d = 52.15 \text{ daN/cm}^2 < q_{LimD} = 85.81 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica a carico limite dell'opera risulta soddisfatta con un coefficiente di sicurezza pari a 1.65.

8. VERIFICA A STABILITA' GLOBALE

La verifica alla stabilità globale, determina il grado di sicurezza del complesso Paratia-terrapieno nei confronti di possibili scorrimenti lungopotenziali superfici di rottura passanti al di sotto della sua estremità inferiore.

La stessa, consiste nel ricercare tra le potenziali superfici di rottura quella che presenta il fattore di sicurezza minimo e confrontarlo con quello imposto dalla normativa.

Per determinare il fattore di sicurezza viene utilizzato il metodo delle strisce secondo questo metodo si ipotizza che le forze agenti sulle facce laterali di ogni striscia abbiano risultante nulla secondo la direzione della normale all'arco che delimita inferiormente la striscia.

Dall'equilibrio dei momenti rispetto al baricentro della superficie di rottura e dall'equilibrio delle forze secondo la direzione normale all'arco si ottiene:

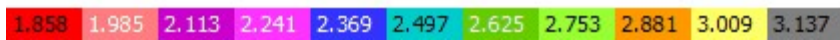
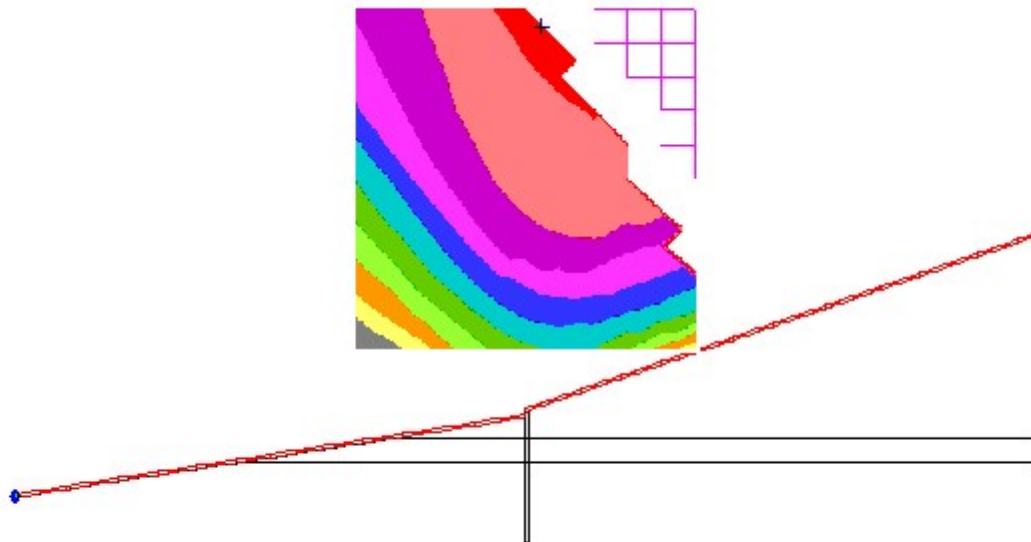
$$F_s = \frac{(c \cdot l) + ((W + Q + F) \cdot (1 \pm K_{vs}) \cdot \cos \alpha \pm K_{hs} \cdot (W + Q + F) \cdot \sin \alpha + F_o \cdot \sin \alpha - l \cdot u) \cdot \tan \alpha}{((W + Q + F) \cdot (1 \pm K_{vs}) \cdot \sin \alpha \pm K_{hs} \cdot (W + Q + F) \cdot \cos \alpha / r_0) - (F_o \cdot \sin \alpha / r_0)}$$

Dove:

- W = Peso del concio;
- Q = Carico distribuito in direzione verticale;
- F = Carico concentrato in direzione verticale;
- K_h = Coefficiente sismico orizzontale;
- l = Lunghezza base del concio;
- α = Angolo fra la base del concio e l'orizzontale;
- c = Coesione;
- δ = Angolo di resistenza al taglio;
- R₀ = Raggio superficie di scorrimento;
- u = Pressione neutra;
- F_o = Carico orizzontale indotto dall'ancoraggio;
- e_t = Eccentricità forza di ancoraggio rispetto al centro della superficie di scorrimento;
- e_s = Eccentricità delle forze sismiche rispetto al centro della superficie di scorrimento.

8.1. RISULTATI DI CALCOLO

Ascissa critica = 8278 cm
 Ordinata critica = 9152 cm
 Raggio critico = 8180 cm
 Coeff. sic. min. = 1.86



B = Larghezza del concio
 = Angolo fra la base del concio e l'orizzontale;
 Li = Lunghezza base del concio;
 W = Peso del concio;
 U = Pressione neutra;
 N = Azione normale alla base del concio
 T = Azione tangenziale alla base del concio

Conci o	B (cm)	(°)	Li (cm)	W (daN/m)	U (daN/m)	N (daN/m)	T (daN/m)
1	1189.1 7	-28.44	1352.00	118343.83	0.00	108631.68	-47911.32
2	1189.1 7	-19.27	1259.62	306838.07	0.00	297835.17	-77820.56
3	1189.1 7	-10.61	1209.80	440218.84	0.00	439239.29	-46061.65
4	638.57	-4.12	640.21	273537.41	0.00	274415.04	2380.60
5	1739.7 8	4.26	1744.58	919191.28	0.00	911168.03	142055.56
6	1189.1 7	14.70	1229.31	694240.36	0.00	657382.51	230113.14
7	1189.1 7	23.56	1297.10	690716.19	0.00	610996.46	326916.78
8	1189.1 7	33.09	1418.92	626734.19	0.00	497682.22	384268.71
9	1189.1 7	43.86	1648.14	490916.32	0.00	326797.33	368469.12

10	1189.1 7	57.40	2203.78	228283.52	0.00	107684.18	202129.58
----	-------------	-------	---------	-----------	------	-----------	-----------

SOMMARIO

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1
2. CENNI TEORICI	1
2.1. CALCOLO DELLE SPINTE	1
2.2. SPINTA IN PRESENZA DI FALDA	2
3. DATI GENERALI	2
3.1. DATI SISMICI	2
3.2. DATI TOPOGRAFICI	3
3.3. FATTORI DI SICUREZZA RIDUTTIVI ADOTTATI	3
3.4. TRAVE DI CORONAMENTO	3
3.5. MATERIALI	3
3.6. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA	3
3.7. COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI NELLA VERIFICA DELLA PARATIA	3
3.8. SOVRACCARICHI	4
4. RISULTATI DI CALCOLO	5
4.1. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1 + M1 + R1	5
4.2. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2 + M2 + R1	5
4.3. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU + M2 + R1	6
4.4. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1* + M1 + R1 ± Sisma	7
4.5. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2* + M1 + R1 ± Sisma	8
4.6. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU* + M1 + R1 ± Sisma	8
5. RISULTATI INFISSIONE	9
6. RISULTATI VERIFICHE	9
6.1. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE SEZ. PIU' SOLLECITATA	9
6.2. VERIFICA A TAGLIO	9
6.3. VERIFICA TRAVE DI CORONAMENTO	10
6.3.1. VERIFICA A FLESSIONE	10
6.3.2. VERIFICA A TAGLIO	10
7. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE	10
8. VERIFICA A STABILITA' GLOBALE	12
8.1. RISULTATI DI CALCOLO	13