

COMUNE DI FICARRA

PROVINCIA DI MESSINA

LAVORI PER LA RIQUALIFICAZIONE ED IL POTENZIAMENTO DELLA STRADA INTERCOMUNALE S.P. 145 FINALIZZATI AD ELEVARE I LIVELLI DI SVILUPPO E SICUREZZA DEL TERRITORIO.

PRIMO LOTTO : Dalla Via Logge alla località Piano Corte

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

TAVOLA

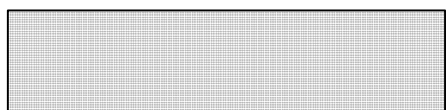
N° 6/C

ELABORATO

Paratia di pali

ARGOMENTO

Calcoli statici



Luogo di emissione

FICARRA

D
A
T
A

Emissione

Aprile/2010

Aggiornamenti

Luglio/2022

GRUPPO DI LAVORO

Coordinamento
e Progettazione

Ing. Tindaro Antonino SICILIA

Arch. Valentino GAMMERI

Arch. Nicolò Vincenzo SIDOTI

Relazione
geologica

Geol. Alfredo Natoli

Geol. Filippo Cappotto

Approvazioni

Comune di FICARRA

Provincia di MESSINA

ANALISI DI PARATIE A SBALZO ED ANCORATE

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Oggetto:

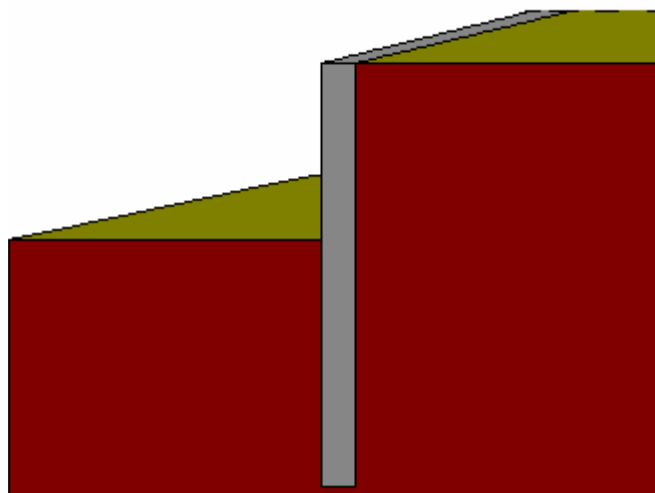
PARATIA DI PALI H=4,00m – 5,00m - 6,00m

Committente:

COMUNE DI FICARRA

Data:

16/07/2022



Il Committente
(COMUNE DI FICARRA)

Il Progettista

()

Il Calcolatore

()

Il Direttore dei lavori

()

Comune di FICARRA

Provincia di MESSINA

ANALISI DI PARATIE A SBALZO ED ANCORATE

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Oggetto:

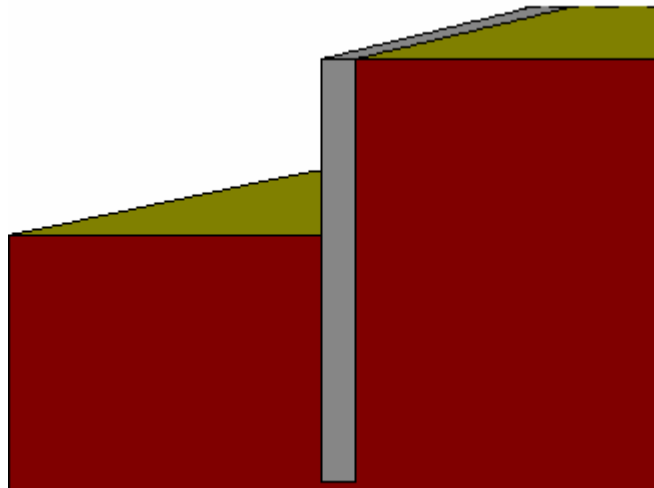
PARATIA DI PALI H=4,00m

Committente:

COMUNE DI FICARRA

Data:

16/07/2022



Il Committente
(COMUNE DI FICARRA)

Il Progettista

()

Il Calcolatore

()

Il Direttore dei lavori

()

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 e' 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:

$$E_d = 1/2 \gamma_t (1 \pm k_v) H^2 K + S_{ws}$$

Dove:

H = spessore dello strato;

S_{ws} = spinta idrostatica;

γ_t = peso specifico del terreno;

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

Per stati di spinta attiva

$$\text{se } \beta \leq (\phi - \theta) \text{ si ha: } K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\phi - \theta - \delta) \left\{ 1 + \sqrt{\left[\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)} \right]} \right\}^2}$$

$$\text{se } \beta > (\phi - \theta) \text{ si ha: } K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

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

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi + \theta) \left\{ 1 - \sqrt{\left[\frac{\sin(\phi) \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \sin(\psi + \theta)} \right]} \right\}^2}$$

Con :

$$\tan \theta = (kh) / (1 \pm K_v)$$

e

$$a_h = kh \cdot g = \alpha \cdot \beta_s \cdot a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_{g_{\max}} \text{ da cui si ha: } kh = a_h / g \text{ ed eventualmente se presente } K_v = 0.5 K_h$$

Dove per i vari parametri si ha che:

ϕ = angolo attrito del terreno;

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete dell'opera di sostegno;

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno;

δ = angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro;

θ = angolo definito dalle espressioni precedenti;

a_h = componente orizzontale dell'accelerazione equivalente;

a_v = componente verticale dell'accelerazione equivalente;

k_h = coefficiente sismico orizzontale;

k_v = coefficiente sismico verticale;

g = accelerazione di gravità;

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

β_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 ;

$a_{g_{max}}$ = 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 $\theta = 0$, 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 $k_h \cdot W$, 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:

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

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

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

$$\gamma'_t = \gamma_{saturo} - \gamma_w$$

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}) = $S_s \cdot S_T \cdot A_g$	: 0.271
Aliquota di accelerazione sismica	: 0.271
Coeff. deformabilità	: 1.0000
Coeff. di spostamento	: 0.6820
Coefficiente sismico orizzontale (K_h)	: 0.1848
Coefficiente sismico verticale (K_v)	: 0.0000
Spostamento max ammesso [m]	: 0.0300

COORDINATE DEL SITO (Datum ED50): LONGITUDINE: 0.0000° - LATITUDINE: 0.0000°			
Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito			
Numero punto		Longitudine [°]	Latitudine [°]
Dati SLV			
Tempo di ritorno	Accelerazione sismica Ag	Coefficiente Fo	Periodo TC*
0	0.188	2.401	0.000

3.2. DATI TOPOGRAFICI

Altezza terrapieno = 400 cm

Altezza terrapieno di calcolo = 430 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 = 0.00 °

Inclinazione p.c. a valle = 0.00 °

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 = 5.00 cm

Interasse longitudinale = 120 cm

Lunghezza palificata = 1000.00 cm

3.4. DATI TIRANTE

Lunghezza tirante = 450 cm

Inclinazione tirante = 15.00 °

Posizione tirante (Profondità) = 60 cm

PARATIA TIRANTATATA ESTREMO FISSO

3.5. TRAVE DI CORONAMENTO

Base trave = 100 cm

Altezza trave = 120 cm

Copriferro trave = 5.00 cm

3.6. MATERIALICALCESTRUZZO

Nom e	Class e	Rck [daN/ cm ²]	v	ps [daN/m ³]	α [1/°C]	Ec [daN/cm ²]	γ _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]	ε _{c2} [%]	ε _{cu} 2 [%]
Cls1	C25/30	300	0.15	2500.00	1.0E-005	314758.06	1.50	0.50	250.00	141.67	11.97	17.95	25.65	2.00	3.50

ACCIAIO ARMATURE

Nome	Tipo	γ _m	γ _E	Es [daN/cm ²]	f _{yk} [daN/cm ²]	f _{tk} [daN/cm ²]	f _d SLU [daN/cm ²]	k	ε _{ud} [%]
Barre1	B450C	1.15	-	2100000.00	4500.00	5400.00	3913.04	1.00	10.00

3.7. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA

	H (cm)	c (daN/m ²)	cu (daN/m ²)	φ (°)	γ _t (daN/m ³)	δ _m (°)	δ _v (°)
Strato 1	20000	1	1	36	2000	24	24

3.8. 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 ± Sisma

Combinazione n.5 - A2* + M1 + R1 ± Sisma

Combinazione n.6 - EQU* + M1 + R1 ± 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	γ_{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	γ_{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	γ_{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	$\tan\phi$	1.00	1.25
Coesione	C	1.00	1.25
Coesione non drenata	C_u	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	1.00	1.00

Coefficienti parziali resistenze

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

3.9. SOVRACCARICHI

STRISCE DI CARICO a Valle

VariabileQ_{sv} = 2000.00 daN/m²x_{1v} = 100 cmx_{2v} = 400 cm**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	0.23	0.23	3.85

Altezza terrapieno = 430 cm

Profondità di infissione = 280 cm

Profondità di infissione aument. del 20% = 336 cm

Reazione tirante = 2328 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 123 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0
40	0.02	539	76	-13
80	0.04	1130	-2516	598
120	0.07	1770	-2209	1481
160	0.09	2457	-1794	2307
200	0.11	3192	-1272	2980
240	0.13	3975	-643	3441
280	0.16	4805	93	3636
320	0.18	5683	936	3561
360	0.20	6609	1886	3102
400	0.22	7582	2944	2274
440	0.17	8634	4078	1045
480	-0.08	10160	4322	-508
520	-0.34	12190	3649	-2075
560	-0.60	14698	2117	-3285
600	-0.86	17683	-272	-4088
640	-1.12	21145	-3520	-3466
680	-1.38	25085	-7626	-1662
710	-1.57	28353	-11268	419

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;

	K_a	K_{as}	K_p
--	----------------------	-----------------------	----------------------

Strato 1	0.29	0.29	3.02
-----------------	------	------	------

Altezza terrapieno = 430 cm
 Profondità di infissione = 330 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 396 cm
 Reazione tirante = 2326 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 60.08°rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 55 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0
40	0.02	537	74	-13
80	0.04	1126	-2524	600
120	0.06	1760	-2228	1487
160	0.09	2441	-1828	2322
200	0.11	3167	-1326	3011
240	0.13	3940	-720	3495
280	0.15	4758	-11	3723
320	0.17	5622	802	3691
360	0.19	6533	1717	3289
400	0.21	7489	2736	2531
440	0.18	8515	3834	1385
480	-0.02	9921	4253	-105
520	-0.22	11732	3973	-1696
560	-0.42	13925	3038	-3105
600	-0.62	16501	1450	-4105
640	-0.82	19460	-792	-4656
680	-1.01	22802	-3687	-3922
720	-1.21	26527	-7236	-2124
760	-1.41	30635	-11438	896

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	0.29	0.29	3.02

Altezza terrapieno = 430 cm
 Profondità di infissione = 360 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 432 cm
 Reazione tirante = 2478 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 60.08°rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 37 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0

40	0.02	541	81	-14
80	0.05	1138	-2680	637
120	0.07	1786	-2354	1577
160	0.09	2484	-1914	2458
200	0.12	3233	-1361	3177
240	0.14	4032	-695	3661
280	0.17	4882	85	3880
320	0.19	5783	979	3808
360	0.21	6734	1986	3326
400	0.24	7735	3106	2454
440	0.20	8811	4317	1154
480	0.01	10272	4859	-539
520	-0.19	12142	4711	-2381
560	-0.39	14399	3920	-4093
600	-0.58	17043	2485	-5454
640	-0.78	20075	407	-6234
680	-0.98	23495	-2314	-6233
720	-1.17	27302	-5678	-4955
760	-1.37	31496	-9686	-2394
790	-1.52	34896	-13114	136

4.4. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1* + 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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 430 cm
 Profondità di infissione = 130 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 156 cm
 Reazione tirante = 4828 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 206 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
30	0.02	393	103	-39
60	0.04	811	-5529	367
90	0.06	1250	-5321	1542
120	0.08	1709	-5066	2891
150	0.10	2189	-4834	4260
180	0.12	2690	-4556	5535
210	0.14	3211	-4232	6668
240	0.16	3753	-3862	7592
270	0.18	4316	-3376	8234
300	0.20	4899	-2843	8610
330	0.22	5503	-2263	8820
360	0.24	6127	-1638	8541
390	0.26	6773	-966	7991
420	0.28	7438	-248	7064

450	0.15	8209	665	5761
480	-0.04	9319	695	4214
510	-0.22	10692	303	2488
540	-0.40	12327	-510	731
560	-0.51	13563	-1286	-536

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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 430 cm
 Profondità di infissione = 130 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 156 cm
 Reazione tirante = 4828 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 206 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
30	0.02	393	103	-39
60	0.04	811	-5529	367
90	0.06	1250	-5321	1542
120	0.08	1709	-5066	2891
150	0.10	2189	-4834	4260
180	0.12	2690	-4556	5535
210	0.14	3211	-4232	6668
240	0.16	3753	-3862	7592
270	0.18	4316	-3376	8234
300	0.20	4899	-2843	8610
330	0.22	5503	-2263	8820
360	0.24	6127	-1638	8541
390	0.26	6773	-966	7991
420	0.28	7438	-248	7064
450	0.15	8209	665	5761
480	-0.04	9319	695	4214
510	-0.22	10692	303	2488
540	-0.40	12327	-510	731
560	-0.51	13563	-1286	-536

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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 430 cm
 Profondità di infissione = 130 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 156 cm
 Reazione tirante = 4828 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00°rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 206 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
30	0.02	393	103	-39
60	0.04	811	-5529	367
90	0.06	1250	-5321	1542
120	0.08	1709	-5066	2891
150	0.10	2189	-4834	4260
180	0.12	2690	-4556	5535
210	0.14	3211	-4232	6668
240	0.16	3753	-3862	7592
270	0.18	4316	-3376	8234
300	0.20	4899	-2843	8610
330	0.22	5503	-2263	8820
360	0.24	6127	-1638	8541
390	0.26	6773	-966	7991
420	0.28	7438	-248	7064
450	0.15	8209	665	5761
480	-0.04	9319	695	4214
510	-0.22	10692	303	2488
540	-0.40	12327	-510	731
560	-0.51	13563	-1286	-536

5. RISULTATI INFISSIONE

Profondità di infissione = 360 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 432 cm
 Reazione tirante = 4828 daN/m

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
330	5503	8820	5503	61892	7.02

Si armerà con: 27φ16

6.2. VERIFICA A TAGLIO

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

Vsd (daN)	Vrd (daN)	ϕ (mm)	Passo (cm)	cs
5529	13830	10	19	3

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
97538	7803870	80

Si armerà con: **10 ϕ 16(Armatura inferiore) e 10 ϕ 16(Armatura superiore)**

6.3.2. VERIFICA A TAGLIO

Vsd = Sforzo di taglio di calcolo;
 ϕ_{staffe} = diametro acciaio armature staffe;
passo = passo staffe;
cs = coefficiente di sicurezza;

Vsd (daN)	Vrd (daN)	ϕ (mm)	Passo (cm)	cs
6703	13572	8	30	2.02

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:

$$q_{lim} = 0.5 \cdot B' \cdot \gamma_2 \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot g_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot z_{\gamma} \cdot e_{\gamma k} \cdot e_{\gamma i} + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot z_c + (q + \gamma_1 \cdot D) \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot z_q$$

Dove: B' è base equivalente della fondazione circolare.

D è la profondità del piano di posa della fondazione.

γ_1 è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione.

γ_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

$$N_c = 50.59; N_q = 37.75; N_{\gamma} = 50.59$$

Fattori di forma

$$S_c = 1.63; S_q = 1.62; S_{\gamma} = 0.66$$

Fattori di profondità

$$D_c = 1.57; D_q = 1.35; D_{\gamma} = 1.00$$

Fattori di inclinazione dei carichi

$$I_c = 1.00; I_q = 0.00; I_{\gamma} = 1.00$$

Fattori di inclinazione del piano di campagna

$$G_c = 1.00; G_q = 1.00; G_{\gamma} = 1.00$$

Fattori di inclinazione del piano di posa

$$B_c = 1.00; B_q = 1.00; B_{\gamma} = 1.00$$

Fattori di portanza dell'effetto cinematico:

$$e_{\gamma k} = 1.00; e_{\gamma i} = 1.00$$

Nel caso in esame si ottiene il seguente carico limite:

$$q_{Lim} = 73.00 \text{ daN/cm}^2$$

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

$$q_{LimD} = 31.74 \text{ daN/cm}^2$$

Dati verifica

Tipologia : Circolare

Diam. = 80 cm

Prof. = 432 cm

Considerando una pressione agente pari a: **7.12 daN/cm²**

$$q_d = 7.12 \text{ daN/cm}^2 < q_{LimD} = 31.74 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica a carico limite dell'opera risulta soddisfatta con un coefficiente di sicurezza pari a **4.46**.

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:

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

Dove:

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

8.1. RISULTATI DI CALCOLO

Ascissa critica = 2015 cm
Ordinata critica = 1178 cm
Raggio critico = 1012 cm
Coeff. sic. min. = 2.98

B = Larghezza del concio
 α = 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)	α (°)	Li (cm)	W (daN/m)	U (daN/m)	N (daN/m)	T (daN/m)
1	186.96	-50.19	291.72	4798.49	0.00	3075.38	-3683.42
2	186.96	-35.39	229.24	11151.29	0.00	9094.92	-6452.40
3	186.96	-23.11	203.25	15031.27	0.00	13827.12	-5894.91
4	186.96	-11.92	191.08	17223.80	0.00	16852.90	-3555.16
5	258.38	0.84	258.41	24914.01	0.00	24911.35	364.18
6	80.00	10.48	81.36	14326.06	0.00	14087.35	2604.38
7	222.51	19.49	236.01	38055.00	0.00	35878.40	12685.56
8	186.96	32.48	221.56	28277.86	0.00	23862.54	15172.88
9	186.96	46.48	271.28	22603.90	0.00	15578.35	16378.38
10	186.96	69.30	527.29	12542.00	0.00	4447.05	11727.12

SOMMARIO

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2. CENNI TEORICI	2
2.1. CALCOLO DELLE SPINTE	2
2.2. SPINTA IN PRESENZA DI FALDA	3
3. DATI GENERALI	3
3.1. DATI SISMICI	3
3.2. DATI TOPOGRAFICI	4
3.3. FATTORI DI SICUREZZA RIDUTTIVI ADOTTATI	4
3.4. DATI TIRANTE	4
3.5. TRAVE DI CORONAMENTO	4
3.6. MATERIALI	4
3.7. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA	4
3.8. COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI NELLA VERIFICA DELLA PARATIA	4
3.9. SOVRACCARICHI	5
4. RISULTATI DI CALCOLO	6
4.1. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1 + M1 + R1	6
4.2. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2 + M2 + R1	6
4.3. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU + M2 + R1	7
4.4. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1* + M1 + R1 ± Sisma	8
4.5. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2* + M1 + R1 ± Sisma	9
4.6. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU* + M1 + R1 ± Sisma	9
5. RISULTATI INFISSIONE	10
6. RISULTATI VERIFICHE	10
6.1. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE SEZ. PIU' SOLLECITATA	10
6.2. VERIFICA A TAGLIO	10
6.3. VERIFICA TRAVE DI CORONAMENTO	11
6.3.1. VERIFICA A FLESSIONE	11
6.3.2. VERIFICA A TAGLIO	11
7. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE	11
8. VERIFICA A STABILITA' GLOBALE	13
8.1. RISULTATI DI CALCOLO	14

Comune di FICARRA

Provincia di MESSINA

ANALISI DI PARATIE A SBALZO ED ANCORATE

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Oggetto:

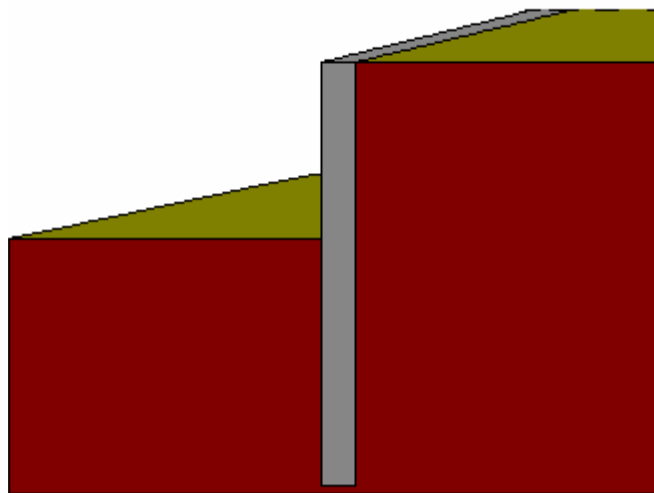
PARATIA DI PALI H=5,00m

Committente:

COMUNE DI FICARRA

Data:

16/07/2022



Il Committente
(COMUNE DI FICARRA)

Il Progettista

()

Il Calcolatore

()

Il Direttore dei lavori

()

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 e' 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 E_d esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno, vale:

$$E_d = 1/2 \gamma_t (1 \pm k_v) H^2 K + S_{ws}$$

Dove:

H = spessore dello strato;

S_{ws} = spinta idrostatica;

γ_t = peso specifico del terreno;

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

Per stati di spinta attiva

$$\text{se } \beta \leq (\phi - \theta) \text{ si ha: } K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\phi - \theta - \delta) \left\{ 1 + \sqrt{\left[\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)} \right]} \right\}^2}$$

$$\text{se } \beta > (\phi - \theta) \text{ si ha: } K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

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

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi + \theta) \left\{ 1 - \sqrt{\left[\frac{\sin(\phi) \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \sin(\psi + \theta)} \right]} \right\}^2}$$

Con :

$$\tan \theta = (kh) / (1 \pm K_v)$$

e

$$a_h = kh \cdot g = \alpha \cdot \beta_s \cdot a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_{g_{\max}} \text{ da cui si ha: } kh = a_h / g \text{ ed eventualmente se presente } K_v = 0.5 K_h$$

Dove per i vari parametri si ha che:

ϕ = angolo attrito del terreno;

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete dell'opera di sostegno;

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno;

δ = angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro;

θ = angolo definito dalle espressioni precedenti;

a_h = componente orizzontale dell'accelerazione equivalente;

a_v = componente verticale dell'accelerazione equivalente;

k_h = coefficiente sismico orizzontale;

k_v = coefficiente sismico verticale;

g = accelerazione di gravità;

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

β_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 ;

$a_{g_{max}}$ = 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 $\theta = 0$, 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 $k_h \cdot W$, 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:

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

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

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

$$\gamma'_t = \gamma_{saturo} - \gamma_w$$

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}) = $S_s \cdot S_T \cdot A_g$	: 0.271
Aliquota di accelerazione sismica	: 0.271
Coeff. deformabilità	: 1.0000
Coeff. di spostamento	: 0.6820
Coefficiente sismico orizzontale (K_h)	: 0.1848
Coefficiente sismico verticale (K_v)	: 0.0000
Spostamento max ammesso [m]	: 0.0300

COORDINATE DEL SITO (Datum ED50): LONGITUDINE: 0.0000° - LATITUDINE: 0.0000°			
Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito			
Numero punto		Longitudine [°]	Latitudine [°]
Dati SLV			
Tempo di ritorno	Accelerazione sismica Ag	Coefficiente Fo	Periodo TC*
0	0.188	2.401	0.000

3.2. DATI TOPOGRAFICI

Altezza terrapieno = 500 cm

Altezza terrapieno di calcolo = 540 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 = 0.00 °

Inclinazione p.c. a valle = 0.00 °

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 = 5.00 cm

Interasse longitudinale = 120 cm

Lunghezza palificata = 1000.00 cm

3.4. DATI TIRANTE

Lunghezza tirante = 600 cm

Inclinazione tirante = 15.00 °

Posizione tirante (Profondità) = 60 cm

PARATIA TIRANTATA ESTREMO FISSO

3.5. TRAVE DI CORONAMENTO

Base trave = 100 cm

Altezza trave = 120 cm

Copriferro trave = 5.00 cm

3.6. MATERIALICALCESTRUZZO

Nom e	Class e	Rck [daN/ cm ²]	v	ps [daN/m ³]	α [1/°C]	Ec [daN/cm ²]	γ _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]	ε _{c2} [%]	ε _{cu} 2 [%]
Cls1	C25/30	300	0.15	2500.00	1.0E-005	314758.06	1.50	0.50	250.00	141.67	11.97	17.95	25.65	2.00	3.50

ACCIAIO ARMATURE

Nome	Tipo	γ _m	γ _E	Es [daN/cm ²]	f _{yk} [daN/cm ²]	f _{tk} [daN/cm ²]	f _d SLU [daN/cm ²]	k	ε _{ud} [%]
Barre1	B450C	1.15	-	210000.00	4500.00	5400.00	3913.04	1.00	10.00

3.7. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA

	H (cm)	c (daN/m ²)	cu (daN/m ²)	φ (°)	γ _t (daN/m ³)	δ _m (°)	δ _v (°)
Strato 1	20000	1	1	36	2000	24	24

3.8. 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 ± Sisma

Combinazione n.5 - A2* + M1 + R1 ± Sisma

Combinazione n.6 - EQU* + M1 + R1 ± 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	γ_{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	γ_{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	γ_{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	$\tan\phi$	1.00	1.25
Coesione	C	1.00	1.25
Coesione non drenata	C_u	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	1.00	1.00

Coefficienti parziali resistenze

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

3.9. SOVRACCARICHI

STRISCE DI CARICO a Valle

VariabileQ_{sv} = 2000.00 daN/m²x_{1v} = 100 cmx_{2v} = 400 cm**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	0.23	0.23	3.85

Altezza terrapieno = 540 cm

Profondità di infissione = 380 cm

Profondità di infissione aument. del 20% = 456 cm

Reazione tirante = 3141 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 166 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0
50	0.03	682	117	104
100	0.06	1444	-3352	1445
150	0.08	2281	-2884	2995
200	0.11	3192	-2248	4347
250	0.14	4178	-1445	5368
300	0.17	5238	-475	5972
350	0.20	6373	663	6108
400	0.22	7582	1968	5596
450	0.25	8866	3440	4442
500	0.28	10225	5080	2543
550	0.24	11688	6857	-208
600	-0.09	13841	7381	-3543
650	-0.41	16766	6506	-6981
700	-0.74	20438	4289	-9856
750	-1.06	24855	732	-11440
800	-1.38	30019	-4166	-11369
850	-1.71	35928	-10405	-8339
900	-2.03	42583	-17984	-2325
920	-2.16	45454	-21391	884

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	0.29	0.29	3.02

Altezza terrapieno = 540 cm
 Profondità di infissione = 430 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 516 cm
 Reazione tirante = 3253 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 60.08°rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 86 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0
50	0.03	680	112	109
100	0.05	1437	-3501	1506
150	0.08	2267	-3050	3131
200	0.11	3167	-2438	4569
250	0.13	4140	-1665	5689
300	0.16	5185	-730	6407
350	0.19	6301	366	6709
400	0.21	7489	1623	6322
450	0.24	8749	3041	5343
500	0.27	10080	4621	3649
550	0.24	11507	6338	1133
600	-0.01	13489	7104	-1996
650	-0.26	16089	6801	-5394
700	-0.51	19288	5477	-8545
750	-0.76	23085	3132	-10888
800	-1.01	27480	-235	-12039
850	-1.25	32473	-4622	-11397
900	-1.50	38065	-10031	-8382
950	-1.75	44255	-16461	-2882
970	-1.85	46899	-19319	387

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	0.29	0.29	3.02

Altezza terrapieno = 540 cm
 Profondità di infissione = 470 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 564 cm
 Reazione tirante = 3533 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 60.08°rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 62 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0
50	0.03	685	124	118
100	0.06	1456	-3797	1634
150	0.09	2305	-3301	3395
200	0.12	3233	-2628	4950
250	0.15	4240	-1777	6149
300	0.18	5326	-749	6917
350	0.21	6491	457	7223
400	0.24	7735	1840	6769
450	0.27	9058	3400	5665
500	0.30	10460	5138	3775
550	0.27	11965	7029	979
600	0.02	14031	7985	-2514
650	-0.22	16723	7889	-6375
700	-0.47	20021	6787	-10095
750	-0.72	23924	4681	-13117
800	-0.96	28433	1569	-15073
850	-1.21	33547	-2548	-15411
900	-1.45	39266	-7670	-13420
950	-1.70	45591	-13797	-8834
1000	-1.95	52522	-20929	-1831
1010	-2.00	53980	-22476	621

4.4. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1* + 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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 540 cm
 Profondità di infissione = 560 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 672 cm
 Reazione tirante = 6377 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 66 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
60	0.04	811	-7388	532
120	0.08	1709	-6924	4020
180	0.12	2690	-6415	7766
240	0.16	3753	-5720	10937
300	0.20	4899	-4701	13070
360	0.24	6127	-3497	14084
420	0.28	7438	-2106	13828
480	0.31	8832	-531	12031
540	0.35	10308	1230	8463
600	-0.03	12542	2180	3294
660	-0.38	15876	1033	-2797

720	-0.71	20259	-1800	-8991
780	-1.05	25692	-6319	-14412
840	-1.38	32174	-12525	-18644
900	-1.72	39706	-20419	-21371
960	-2.05	48287	-29998	-19370
1020	-2.39	57917	-41264	-14258
1080	-2.73	68597	-54218	-4764
1100	-2.84	72390	-58910	31

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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 540 cm
 Profondità di infissione = 560 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 672 cm
 Reazione tirante = 6377 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 66 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
60	0.04	811	-7388	532
120	0.08	1709	-6924	4020
180	0.12	2690	-6415	7766
240	0.16	3753	-5720	10937
300	0.20	4899	-4701	13070
360	0.24	6127	-3497	14084
420	0.28	7438	-2106	13828
480	0.31	8832	-531	12031
540	0.35	10308	1230	8463
600	-0.03	12542	2180	3294
660	-0.38	15876	1033	-2797
720	-0.71	20259	-1800	-8991
780	-1.05	25692	-6319	-14412
840	-1.38	32174	-12525	-18644
900	-1.72	39706	-20419	-21371
960	-2.05	48287	-29998	-19370
1020	-2.39	57917	-41264	-14258
1080	-2.73	68597	-54218	-4764
1100	-2.84	72390	-58910	31

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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 540 cm
Profondità di infissione = 560 cm
Profondità di infissione aument. del 20% = 672 cm
Reazione tirante = 6377 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00°rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 66 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
60	0.04	811	-7388	532
120	0.08	1709	-6924	4020
180	0.12	2690	-6415	7766
240	0.16	3753	-5720	10937
300	0.20	4899	-4701	13070
360	0.24	6127	-3497	14084
420	0.28	7438	-2106	13828
480	0.31	8832	-531	12031
540	0.35	10308	1230	8463
600	-0.03	12542	2180	3294
660	-0.38	15876	1033	-2797
720	-0.71	20259	-1800	-8991
780	-1.05	25692	-6319	-14412
840	-1.38	32174	-12525	-18644
900	-1.72	39706	-20419	-21371
960	-2.05	48287	-29998	-19370
1020	-2.39	57917	-41264	-14258
1080	-2.73	68597	-54218	-4764
1100	-2.84	72390	-58910	31

5. RISULTATI INFISSIONE

Profondità di infissione = 560 cm
Profondità di infissione aument. del 20% = 672 cm
Reazione tirante = 6377 daN/m

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
900	39706	-21371	39706	-68032	3.18

Si armerà con: **27 ϕ 16**

6.2. VERIFICA A TAGLIO

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

Vsd (daN)	Vrd (daN)	ϕ (mm)	Passo (cm)	cs
7388	13830	10	19	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
97538	7803870	80

Si armerà con: **10 ϕ 16(Armatura inferiore) e 10 ϕ 16(Armatura superiore)**

6.3.2. VERIFICA A TAGLIO

Vsd = Sforzo di taglio di calcolo;
 ϕ_{staffe} = diametro acciaio armature staffe;
passo = passo staffe;
cs = coefficiente di sicurezza;

Vsd (daN)	Vrd (daN)	ϕ (mm)	Passo (cm)	cs
8776	13572	8	30	1.55

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:

$$q_{lim} = 0.5 \cdot B' \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot z_\gamma \cdot e_{\gamma k} \cdot e_{\gamma i} + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot z_c + (q + \gamma_1 \cdot D) \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot z_q$$

Dove: B' è base equivalente della fondazione circolare.

D è la profondità del piano di posa della fondazione.

γ_1 è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione.

γ_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

$N_c = 50.59$; $N_q = 37.75$; $N_\gamma = 50.59$

Fattori di forma

$S_c = 1.63$; $S_q = 1.62$; $S_\gamma = 0.66$

Fattori di profondità

$D_c = 1.59$; $D_q = 1.36$; $D_\gamma = 1.00$

Fattori di inclinazione dei carichi

$I_c = 1.00$; $I_q = 0.00$; $I_\gamma = 1.00$

Fattori di inclinazione del piano di campagna

$G_c = 1.00$; $G_q = 1.00$; $G_\gamma = 1.00$

Fattori di inclinazione del piano di posa

$B_c = 1.00$; $B_q = 1.00$; $B_\gamma = 1.00$

Fattori di portanza dell'effetto cinematico:

$e_{\gamma k} = 0.98$; $e_{\gamma i} = 0.88$

Nel caso in esame si ottiene il seguente carico limite:

$$q_{Lim} = 109.80 \text{ daN/cm}^2$$

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

$$q_{LimD} = 47.74 \text{ daN/cm}^2$$

Dati verifica

Tipologia : Circolare

Diam. = 80 cm

Prof. = 672 cm

Considerando una pressione agente pari a: **14.68 daN/cm²**

$$q_d = 14.68 \text{ daN/cm}^2 < q_{LimD} = 47.74 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica a carico limite dell'opera risulta soddisfatta con un coefficiente di sicurezza pari a **3.25**.

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:

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

Dove:

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

8.1. RISULTATI DI CALCOLO

Ascissa critica = 3014 cm
Ordinata critica = 1648 cm
Raggio critico = 1375 cm
Coeff. sic. min. = 2.74

B = Larghezza del concio
 α = 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)	α (°)	Li (cm)	W (daN/m)	U (daN/m)	N (daN/m)	T (daN/m)
1	258.82	-53.27	432.24	10421.46	0.00	6873.70	-7873.02
2	258.82	-37.41	325.68	23665.45	0.00	19897.41	-12937.21
3	258.82	-24.65	284.72	31644.20	0.00	29766.53	-11003.38
4	258.82	-13.15	265.78	36200.06	0.00	35876.98	-5552.69
5	258.82	-2.19	259.01	37993.81	0.00	38076.13	1431.51
6	138.00	6.12	138.79	20070.44	0.00	19794.23	3651.10
7	379.64	17.34	397.68	92174.16	0.00	85912.77	34117.29
8	258.82	32.04	305.22	55323.52	0.00	44688.44	32882.48
9	258.82	46.24	373.91	44584.23	0.00	28420.35	34517.86
10	258.82	69.99	753.83	25368.48	0.00	6902.22	24487.23

SOMMARIO

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	17
2. CENNI TEORICI	17
2.1. CALCOLO DELLE SPINTE	17
2.2. SPINTA IN PRESENZA DI FALDA	18
3. DATI GENERALI	18
3.1. DATI SISMICI	18
3.2. DATI TOPOGRAFICI	19
3.3. FATTORI DI SICUREZZA RIDUTTIVI ADOTTATI	19
3.4. DATI TIRANTE	19
3.5. TRAVE DI CORONAMENTO	19
3.6. MATERIALI	19
3.7. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA	19
3.8. COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI NELLA VERIFICA DELLA PARATIA	19
3.9. SOVRACCARICHI	20
4. RISULTATI DI CALCOLO	21
4.1. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1 + M1 + R1	21
4.2. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2 + M2 + R1	21
4.3. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU + M2 + R1	22
4.4. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1* + M1 + R1 ± Sisma	23
4.5. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2* + M1 + R1 ± Sisma	24
4.6. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU* + M1 + R1 ± Sisma	24
5. RISULTATI INFISSIONE	25
6. RISULTATI VERIFICHE	25
6.1. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE SEZ. PIU' SOLLECITATA	25
6.2. VERIFICA A TAGLIO	26
6.3. VERIFICA TRAVE DI CORONAMENTO	26
6.3.1. VERIFICA A FLESSIONE	26
6.3.2. VERIFICA A TAGLIO	26
7. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE	26
8. VERIFICA A STABILITA' GLOBALE	28
8.1. RISULTATI DI CALCOLO	29

Comune di FICARRA

Provincia di MESSINA

ANALISI DI PARATIE A SBALZO ED ANCORATE

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Oggetto:

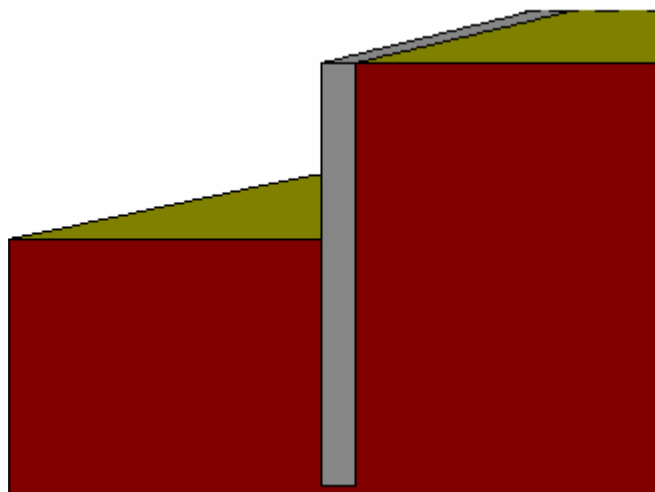
PARATIA DI PALI H=6,00m

Committente:

COMUNE DI FICARRA

Data:

16/07/2022



Il Committente
(COMUNE DI FICARRA)

Il Progettista

()

Il Calcolatore

()

Il Direttore dei lavori

()

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 e' 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 E_d esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno, vale:

$$E_d = 1/2 \gamma_t (1 \pm k_v) H^2 K + S_{ws}$$

Dove:

H = spessore dello strato;

S_{ws} = spinta idrostatica;

γ_t = peso specifico del terreno;

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

Per stati di spinta attiva

$$\text{se } \beta \leq (\phi - \theta) \text{ si ha: } K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\phi - \theta - \delta) \left\{ 1 + \sqrt{\left[\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)} \right]} \right\}^2}$$

$$\text{se } \beta > (\phi - \theta) \text{ si ha: } K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

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

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi + \theta) \left\{ 1 - \sqrt{\left[\frac{\sin(\phi) \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \sin(\psi + \theta)} \right]} \right\}^2}$$

Con :

$$\tan \theta = (kh) / (1 \pm K_v)$$

e

$$a_h = kh \cdot g = \alpha \cdot \beta_s \cdot a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_{g_{\max}} \text{ da cui si ha: } kh = a_h / g \text{ ed eventualmente se presente } K_v = 0.5 K_h$$

Dove per i vari parametri si ha che:

ϕ = angolo attrito del terreno;

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete dell'opera di sostegno;

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno;

δ = angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro;

θ = angolo definito dalle espressioni precedenti;

a_h = componente orizzontale dell'accelerazione equivalente;

a_v = componente verticale dell'accelerazione equivalente;

k_h = coefficiente sismico orizzontale;

k_v = coefficiente sismico verticale;

g = accelerazione di gravità;

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

β_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 ;

$a_{g_{max}}$ = 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 $\theta = 0$, 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 $k_h \cdot W$, 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:

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

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

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

$$\gamma'_t = \gamma_{saturo} - \gamma_w$$

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}) = $S_s \cdot S_T \cdot A_g$	: 0.271
Aliquota di accelerazione sismica	: 0.271
Coeff. deformabilità	: 1.0000
Coeff. di spostamento	: 0.6820
Coefficiente sismico orizzontale (K_h)	: 0.1848
Coefficiente sismico verticale (K_v)	: 0.0000
Spostamento max ammesso [m]	: 0.0300

COORDINATE DEL SITO (Datum ED50): LONGITUDINE: 0.0000° - LATITUDINE: 0.0000°			
Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito			
Numero punto	Longitudine [°]	Latitudine [°]	
Dati SLV			
Tempo di ritorno	Accelerazione sismica Ag	Coefficiente Fo	Periodo TC*
0	0.188	2.401	0.000

3.2. DATI TOPOGRAFICI

Altezza terrapieno = 600 cm

Altezza terrapieno di calcolo = 650 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 = 0.00 °

Inclinazione p.c. a valle = 0.00 °

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 = 5.00 cm

Interasse longitudinale = 120 cm

Lunghezza palificata = 1000.00 cm

3.4. DATI TIRANTE

Lunghezza tirante = 700 cm

Inclinazione tirante = 15.00 °

Posizione tirante (Profondità) = 60 cm

PARATIA TIRANTATATA ESTREMO FISSO

3.5. TRAVE DI CORONAMENTO

Base trave = 100 cm

Altezza trave = 120 cm

Copriferro trave = 5.00 cm

3.6. MATERIALICALCESTRUZZO

Nome	Class	Rck [daN/cm ²]	v	ps [daN/m ³]	α [1/°C]	Ec [daN/cm ²]	γ _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]	ε _{c2} [%]	ε _{cu} 2 [%]
Cls1	C25/30	300	0.15	2500.00	1.0E-005	314758.06	1.50	0.50	250.00	141.67	11.97	17.95	25.65	2.00	3.50

ACCIAIO ARMATURE

Nome	Tipo	γ _m	γ _E	Es [daN/cm ²]	f _{yk} [daN/cm ²]	f _{tk} [daN/cm ²]	f _d SLU [daN/cm ²]	k	ε _{ud} [%]
Barre1	B450C	1.15	-	2100000.00	4500.00	5400.00	3913.04	1.00	10.00

3.7. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA

	H (cm)	c (daN/m ²)	cu (daN/m ²)	φ (°)	γ _t (daN/m ³)	δ _m (°)	δ _v (°)
Strato 1	20000	1	1	36	2000	24	24

3.8. 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 ± Sisma

Combinazione n.5 - A2* + M1 + R1 ± Sisma

Combinazione n.6 - EQU* + M1 + R1 ± 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	γ_{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	γ_{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	γ_{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	$\tan\phi$	1.00	1.25
Coesione	C	1.00	1.25
Coesione non drenata	C_u	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	1.00	1.00

Coefficienti parziali resistenze

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

3.9. SOVRACCARICHI

STRISCE DI CARICO a Valle

Variabile

Q _{sv}	= 2000.00 daN/m ²
x _{1v}	= 100 cm
x _{2v}	= 400 cm

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	0.23	0.23	3.85

Altezza terrapieno	= 650 cm
Profondità di infissione	= 470 cm
Profondità di infissione aument. del 20%	= 564 cm
Reazione tirante	= 4193 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 165 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0
60	0.03	829	-4869	413
120	0.07	1770	-4448	2842
180	0.10	2819	-3785	5353
240	0.13	3975	-2882	7471
300	0.17	5238	-1738	9003
360	0.20	6609	-353	9815
420	0.23	8087	1273	9793
480	0.27	9672	3141	8698
540	0.30	11365	5249	6462
600	0.33	13165	7598	2969
660	0.30	15103	10158	-1977
720	-0.09	17978	11057	-8099
780	-0.48	21954	9965	-14397
840	-0.87	27004	6943	-19779
900	-1.26	33128	1990	-23004
960	-1.65	40326	-4894	-23136
1020	-2.04	48599	-13708	-18625
1080	-2.42	57946	-24452	-8542
1120	-2.68	64773	-32688	1202

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	0.29	0.29	3.02

Altezza terrapieno = 650 cm
 Profondità di infissione = 550 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 660 cm
 Reazione tirante = 4169 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 60.08°rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 55 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0
60	0.03	826	-4846	412
120	0.06	1760	-4440	2832
180	0.10	2798	-3802	5344
240	0.13	3940	-2932	7478
300	0.16	5185	-1830	9047
360	0.19	6533	-495	9922
420	0.23	7984	1071	9995
480	0.26	9539	2870	9033
540	0.29	11197	4901	6972
600	0.32	12959	7164	3701
660	0.30	14848	9636	-972
720	0.00	17491	10848	-6856
780	-0.30	21016	10543	-13189
840	-0.60	25403	8767	-19140
900	-0.90	30651	5521	-23764
960	-1.20	36761	804	-26244
1020	-1.49	43732	-5384	-25801
1080	-1.79	51565	-13042	-21142
1140	-2.09	60260	-22171	-11845
1200	-2.39	69816	-32770	2603

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	0.29	0.29	3.02

Altezza terrapieno = 650 cm
 Profondità di infissione = 590 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 708 cm
 Reazione tirante = 4600 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 60.08°rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 31 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	129	3	0
60	0.04	833	-5347	455
120	0.07	1786	-4901	3126
180	0.11	2852	-4199	5898
240	0.14	4032	-3242	8247
300	0.18	5326	-2029	9991
360	0.21	6734	-562	10965
420	0.25	8255	1162	11055
480	0.28	9890	3141	10006
540	0.32	11639	5375	7750
600	0.35	13501	7864	4161
660	0.33	15501	10586	-970
720	0.04	18265	12071	-7467
780	-0.26	21923	12061	-14581
840	-0.55	26452	10605	-21494
900	-0.85	31852	7701	-27275
960	-1.14	38125	3350	-31121
1020	-1.44	45270	-2449	-32410
1080	-1.73	53286	-9695	-29438
1140	-2.03	62174	-18389	-22206
1200	-2.33	71934	-28529	-9465
1240	-2.52	78925	-36094	2024

4.4. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1* + 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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 650 cm
 Profondità di infissione = 700 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 840 cm
 Reazione tirante = 8523 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 37 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
70	0.05	955	-9898	1425
140	0.09	2027	-9350	7372
210	0.14	3211	-8666	13319
280	0.18	4508	-7636	18139
350	0.23	5917	-6285	21467
420	0.28	7438	-4681	23076
490	0.32	9072	-2825	22673
560	0.37	10818	-716	19874
630	0.41	12676	1644	14454
700	0.10	15135	3625	5997
770	-0.31	19099	2848	-4298

840	-0.70	24491	-224	-15209
910	-1.09	31312	-5592	-25443
980	-1.48	39561	-13257	-34349
1050	-1.87	49239	-23216	-39634
1120	-2.26	60345	-35472	-40952
1190	-2.66	72879	-50023	-35694
1260	-3.05	86842	-66871	-23669
1330	-3.45	102233	-86013	-3583
1350	-3.56	106893	-91905	3381

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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 650 cm
 Profondità di infissione = 700 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 840 cm
 Reazione tirante = 8523 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 37 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
70	0.05	955	-9898	1425
140	0.09	2027	-9350	7372
210	0.14	3211	-8666	13319
280	0.18	4508	-7636	18139
350	0.23	5917	-6285	21467
420	0.28	7438	-4681	23076
490	0.32	9072	-2825	22673
560	0.37	10818	-716	19874
630	0.41	12676	1644	14454
700	0.10	15135	3625	5997
770	-0.31	19099	2848	-4298
840	-0.70	24491	-224	-15209
910	-1.09	31312	-5592	-25443
980	-1.48	39561	-13257	-34349
1050	-1.87	49239	-23216	-39634
1120	-2.26	60345	-35472	-40952
1190	-2.66	72879	-50023	-35694
1260	-3.05	86842	-66871	-23669
1330	-3.45	102233	-86013	-3583
1350	-3.56	106893	-91905	3381

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	0.23	0.36	3.85

Altezza terrapieno = 650 cm
 Profondità di infissione = 700 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 840 cm
 Reazione tirante = 8523 daN/m

La lunghezza del tirante deve essere tale che la parte terminale risulti ricadere in zone sicuramente stabili oltre la superficie critica del cuneo di spinta. La superficie critica che parte dal piede della paratia forma un angolo di 63.00° rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del tratto attivo indica la parte del tirante ancorata in terreno stabile e risulta pari a 37 cm.

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

Sez (cm)	p (daN/cm ²)	N (daN)	T (daN)	M (daNm)
10	0.01	128	26	-2
70	0.05	955	-9898	1425
140	0.09	2027	-9350	7372
210	0.14	3211	-8666	13319
280	0.18	4508	-7636	18139
350	0.23	5917	-6285	21467
420	0.28	7438	-4681	23076
490	0.32	9072	-2825	22673
560	0.37	10818	-716	19874
630	0.41	12676	1644	14454
700	0.10	15135	3625	5997
770	-0.31	19099	2848	-4298
840	-0.70	24491	-224	-15209
910	-1.09	31312	-5592	-25443
980	-1.48	39561	-13257	-34349
1050	-1.87	49239	-23216	-39634
1120	-2.26	60345	-35472	-40952
1190	-2.66	72879	-50023	-35694
1260	-3.05	86842	-66871	-23669
1330	-3.45	102233	-86013	-3583
1350	-3.56	106893	-91905	3381

5. RISULTATI INFISSIONE

Profondità di infissione = 700 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 840 cm
 Reazione tirante = 8523 daN/m

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.	Ns	Ms	Nrd	Mrd	cs
------	----	----	-----	-----	----

(cm)	(daN)	(daNm)	(daN)	(daNm)	
1110	58671	-41248	58671	-71138	1.72

Si armerà con: **27 ϕ 16**

6.2. VERIFICA A TAGLIO

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

Vsd (daN)	Vrd (daN)	ϕ (mm)	Passo (cm)	cs
9963	13830	10	19	1

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
97538	7803870	80

Si armerà con: **10 ϕ 16(Armatura inferiore) e 10 ϕ 16(Armatura superiore)**

6.3.2. VERIFICA A TAGLIO

Vsd = Sforzo di taglio di calcolo;
 ϕ_{staffe} = diametro acciaio armature staffe;
passo = passo staffe;
cs = coefficiente di sicurezza;

Vsd (daN)	Vrd (daN)	ϕ (mm)	Passo (cm)	cs
11744	13572	8	30	1.16

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:

$$q_{lim} = 0.5 \cdot B' \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot z_\gamma \cdot e_{\gamma k} \cdot e_{\gamma i} + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot z_c + (q + \gamma_1 \cdot D) \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot z_q$$

Dove: B' è base equivalente della fondazione circolare.

D è la profondità del piano di posa della fondazione.

γ_1 è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione.

γ_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

$N_c = 50.59$; $N_q = 37.75$; $N_\gamma = 50.59$

Fattori di forma

$S_c = 1.63$; $S_q = 1.62$; $S_\gamma = 0.66$

Fattori di profondità

$D_c = 1.60$; $D_q = 1.37$; $D_\gamma = 1.00$

Fattori di inclinazione dei carichi

$I_c = 1.00$; $I_q = 0.00$; $I_\gamma = 1.00$

Fattori di inclinazione del piano di campagna

$G_c = 1.00$; $G_q = 1.00$; $G_\gamma = 1.00$

Fattori di inclinazione del piano di posa

$B_c = 1.00$; $B_q = 1.00$; $B_\gamma = 1.00$

Fattori di portanza dell'effetto cinematico:

$e_{\gamma k} = 0.98$; $e_{\gamma i} = 0.88$

Nel caso in esame si ottiene il seguente carico limite:

$q_{Lim} = 137.36 \text{ daN/cm}^2$

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

$q_{LimD} = 59.72 \text{ daN/cm}^2$

Dati verifica

Tipologia : Circolare

Diam. = 80 cm

Prof. = 840 cm

Considerando una pressione agente pari a: **21.62 daN/cm²**

$q_d = 21.62 \text{ daN/cm}^2 < q_{LimD} = 59.72 \text{ daN/cm}^2$

La verifica a carico limite dell'opera risulta soddisfatta con un coefficiente di sicurezza pari a **2.76**.

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:

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

Dove:

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

8.1. RISULTATI DI CALCOLO

Ascissa critica = 3744 cm
Ordinata critica = 2010 cm
Raggio critico = 1662 cm
Coeff. sic. min. = 2.79

B = Larghezza del concio
 α = 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)	α (°)	Li (cm)	W (daN/m)	U (daN/m)	N (daN/m)	T (daN/m)
1	314.13	-53.98	533.54	15819.79	0.00	10284.57	-12080.33
2	314.13	-37.85	397.66	35701.55	0.00	29863.69	-19750.95
3	314.13	-24.99	346.50	47634.35	0.00	44710.28	-16825.17
4	314.13	-13.41	322.93	54459.18	0.00	53934.21	-8601.15
5	314.13	-2.40	314.41	57183.78	0.00	57315.16	1945.67
6	179.39	6.15	180.43	32366.08	0.00	31917.10	5907.07
7	448.87	17.41	470.39	133511.35	0.00	124376.13	49583.19
8	314.13	31.96	370.13	82531.65	0.00	66734.21	48961.59
9	314.13	46.21	453.58	66743.67	0.00	42570.75	51653.63
10	314.13	70.35	931.00	38423.85	0.00	10220.11	37154.30

SOMMARIO

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	32
2. CENNI TEORICI	32
2.1. CALCOLO DELLE SPINTE	32
2.2. SPINTA IN PRESENZA DI FALDA	33
3. DATI GENERALI	33
3.1. DATI SISMICI	33
3.2. DATI TOPOGRAFICI	34
3.3. FATTORI DI SICUREZZA RIDUTTIVI ADOTTATI	34
3.4. DATI TIRANTE	34
3.5. TRAVE DI CORONAMENTO	34
3.6. MATERIALI	34
3.7. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA	34
3.8. COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI NELLA VERIFICA DELLA PARATIA	34
3.9. SOVRACCARICHI	35
4. RISULTATI DI CALCOLO	36
4.1. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1 + M1 + R1	36
4.2. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2 + M2 + R1	36
4.3. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU + M2 + R1	37
4.4. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A1* + M1 + R1 ± Sisma	38
4.5. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2* + M1 + R1 ± Sisma	39
4.6. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU* + M1 + R1 ± Sisma	39
5. RISULTATI INFISSIONE	40
6. RISULTATI VERIFICHE	40
6.1. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE SEZ. PIU' SOLLECITATA	40
6.2. VERIFICA A TAGLIO	41
6.3. VERIFICA TRAVE DI CORONAMENTO	41
6.3.1. VERIFICA A FLESSIONE	41
6.3.2. VERIFICA A TAGLIO	41
7. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE	41
8. VERIFICA A STABILITA' GLOBALE	43
8.1. RISULTATI DI CALCOLO	44