



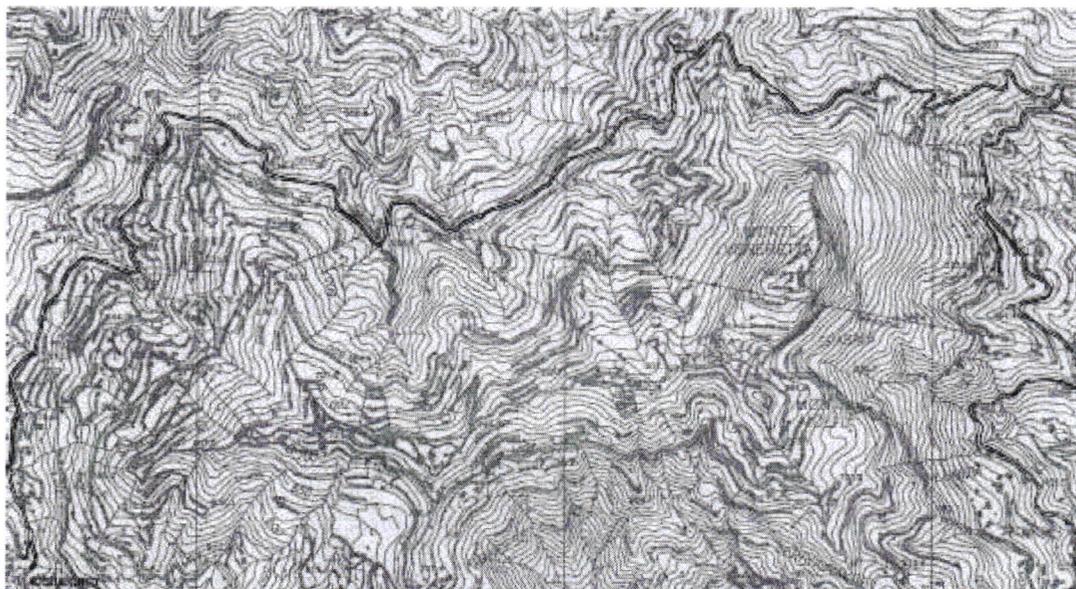
Città Metropolitana di Messina

III^a Direzione - Viabilità Metropolitana
2° Servizio - Distretto Costa Jonica

O.C.D.P.C. n° 340 del 9 Maggio 2016: Interventi urgenti sulla S.P. 19 ricadente nel territorio del Comune di Casalvecchio Siculo. **COD.340-C32**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DI PALI



Progettisti: Ing. Giovanni LENTINI - Geom. Giovanni PINTO - Geom. Pasquale CHIAIA

Direttore dei Lavori: Ing. Giovanni LENTINI

Direttore Operativo: Geom. Giovanni PINTO

Ispettore di Cantiere: Geom. Pasquale CHIAIA

Visti ed approvazioni

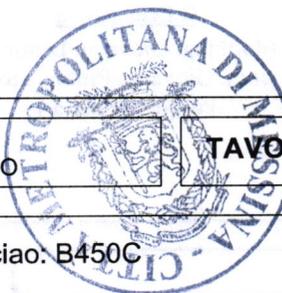
Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Rosario BONANNO

31 MAG. 2017

Il Dirigente:
Arch. Vincenzo GITTO

TAVOLA N° D

Materiali: CLS: C25/30 Acciaio: B450C



Comune di CASALVECCHIO SICULO

Provincia di MESSINA

ANALISI DI PARATIE A SBALZO ED ANCORATE

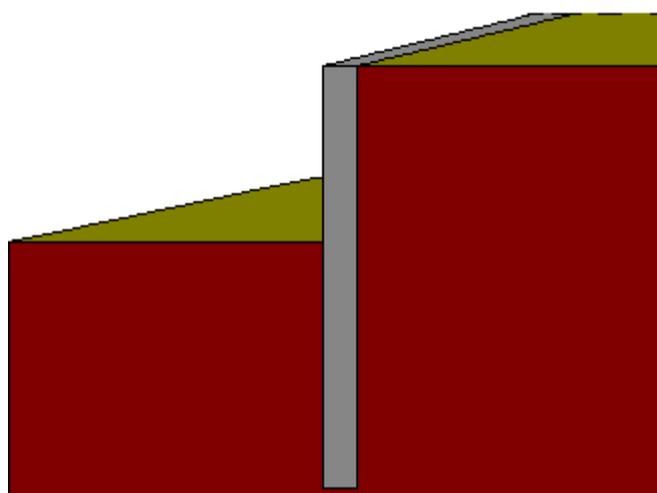
Ai sensi del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Oggetto:

O.C.D.P.C. n° 340 del 9 Maggio 2016: Interventi urgenti sulla S.P. 19
ricadente nel territorio del Comune di Casalvecchio Siculo. **COD.340-C32**

Committente: CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

Data: 23/05/2017



Il Committente
(CITTA' METROPOLITANA DI
MESSINA)

Il Progettista
(dott. ing. Giovanni Lentini -
geom. Giovanni Pinto - geom.
Pasquale Chiaia)

Il Calcolatore
(ingegnere Giovanni Lentini)

Il Direttore dei lavori
(ingegnere)

METODO DI CALCOLO LEM

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 14/01/2008:

- Norme tecniche per le costruzioni.

Circolare 617 del 02/02/2009:

- Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

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 $kh \cdot W$ (Monobe 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:

$$Ed = 1/2 \gamma t (1 \pm kv) H^2 K + Sws$$

Dove:

H = spessore dello strato;

Sws = spinta idrostatica;

γt = peso specifico del terreno;

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

Per stati di spinta attiva

se $\beta \leq (\phi - \theta)$ si ha:

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\phi - \theta - \delta) \{ 1 + \sqrt{ \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)} } \}^2}$$

se $\beta > (\phi - \theta)$ 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):

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

Con :

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

e

$$a_h = kh \cdot g = \alpha \cdot \beta_s \cdot a_{max} = S_s \cdot S_r \cdot a_{gmax} \text{ da cui si ha: } kh = a_h / g \text{ ed eventualmente se presente } Kv = 0.5Kh$$

Dove per i vari parametri si ha che:

- 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;
- 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;
- α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 par. 7.11.6.3.2 del DM 14/01/08);
- β_s = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 par. 7.11.6.3.2 del DM 14/01/08);
- S_s = Fattore di suolo funzione della categoria del suolo e di amplificazione stratigrafica ;
- S_t = Fattore di amplificazione topografica ;

a_{gmax} = 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 $kh \cdot W$, 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 | : 1 |
| Categoria topografica | : T3 |
| 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 | : 0.9157 |
| Coeff. di spostamento | : 0.5585 |
| Coefficiente sismico orizzontale (K_h) | : 0.1386 |
| 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 | Coefficiente Fo | Periodo TC* |
| | A_g | | |
| 0 | 0.188 | 2.401 | 0.000 |

3.2. DATI TOPOGRAFICI

| | |
|---------------------------|----------|
| Altezza terrapieno | = 500 cm |
| Inclinazione p.c. a monte | = 0.00 ° |

Inclinazione p.c. a valle = -15.00 °

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 = 90 cm
 Lunghezza palificata = 5700.00 cm

3.4. TRAVE DI CORONAMENTO

Base trave = 100 cm
 Altezza trave = 90 cm
 Copriferro trave = 3.00 cm

3.5. MATERIALI

CALCESTRUZZO

| Nome | Class e | Rck [daN/cm ²] | v | ps [daN/m ³] | αt [1/°C] | Ec [daN/cm ²] | γm, 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] | εc2 [%] | εcu 2 [%] |
|---------|---------|----------------------------|------|--------------------------|-----------|---------------------------|-------|---------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------|-----------|
| CLS 300 | C25/30 | 300 | 0.15 | 2500.00 | 1.0E-005 | 31475.06 | 1.50 | 0.50 | 250.00 | 141.67 | 11.97 | 17.95 | 25.65 | 2.00 | 3.50 |

ACCIAIO ARMATURE

| Nome | Tipo | γm | γE | Es [daN/cm ²] | fyk [daN/cm ²] | ftk [daN/cm ²] | fd SLU [daN/cm ²] | k | εud [%] |
|--------|-------|------|----|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|------|---------|
| Barre1 | B450C | 1.15 | - | 2100000.00 | 4500.00 | 5400.00 | 3913.04 | 1.00 | 0.00 |

3.6. FALDA ACQUIFERA

Profondità falda monte = 800.00 cm
 Profondità falda a valle = 700.00 cm

3.7. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA

| | H (cm) | c (daN/m ²) | cu (daN/m ²) | φ (°) | γt (daN/m ³) | δm (°) | δv (°) |
|----------|--------|-------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|--------|--------|
| Strato 1 | 2000 | 0 | 0 | 36 | 1980 | 18 | 18 |

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* + M2 + R1 ± Sisma

Combinazione n.6 - EQU* + M2 + 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} | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 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'unita' 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 Monte

Variabile

Qvsm = 1000.00 daN/m²
 x1m = 0 cm
 x2m = 500 cm

CARICO UNIFORME a Monte

Permanente

Q_{vm} = 1000 daN/m²

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 | 0.24 | 0.24 | 2.30 |
| Strato 2 | 0.26 | 0.26 | 2.30 |

Altezza terrapieno = 500 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 | 0.11 | 128 | 3 | 0 |
| 60 | 0.13 | 797 | 127 | -121 |
| 120 | 0.15 | 1658 | 455 | -561 |
| 180 | 0.18 | 2579 | 970 | -1441 |
| 240 | 0.20 | 3561 | 1673 | -2883 |
| 300 | 0.23 | 4604 | 2562 | -4992 |
| 360 | 0.26 | 5708 | 3639 | -7760 |
| 420 | 0.29 | 6873 | 4904 | -11118 |
| 480 | 0.32 | 8099 | 6355 | -15172 |
| 540 | 0.17 | 9400 | 7657 | -16805 |
| 600 | -0.07 | 10747 | 7988 | -21372 |
| 660 | -0.31 | 12155 | 7450 | -26307 |
| 720 | -0.55 | 13624 | 6026 | -30868 |
| 780 | -0.79 | 15154 | 3482 | -34177 |
| 840 | -0.96 | 15982 | 185 | -35579 |
| 900 | -1.21 | 16736 | -4027 | -35169 |
| 960 | -1.45 | 17490 | -9143 | -32058 |
| 1020 | -1.70 | 18244 | -15162 | -25765 |
| 1080 | -1.94 | 18998 | -22086 | -15693 |
| 1140 | -2.19 | 19752 | -29913 | -1978 |
| 1150 | -2.23 | 19877 | -31305 | 821 |

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 | 0.30 | 0.30 | 1.88 |
| Strato 2 | 0.33 | 0.33 | 1.88 |

Altezza terrapieno = 500 cm

Profondità di infissione = 740 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 888 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

| Sez (cm) | p (daN/cm ²) | N (daN) | T (daN) | M (daNm) |
|----------|--------------------------|---------|---------|----------|
| 10 | 0.10 | 128 | 3 | 0 |
| 60 | 0.12 | 796 | 123 | -107 |
| 120 | 0.14 | 1653 | 440 | -528 |
| 180 | 0.17 | 2568 | 938 | -1326 |
| 240 | 0.19 | 3543 | 1617 | -2694 |
| 300 | 0.22 | 4576 | 2477 | -4599 |
| 360 | 0.25 | 5669 | 3518 | -7069 |
| 420 | 0.28 | 6820 | 4740 | -10215 |
| 480 | 0.31 | 8030 | 6143 | -12940 |
| 540 | 0.19 | 9310 | 7453 | -15373 |
| 600 | 0.00 | 10638 | 7999 | -19998 |
| 660 | -0.19 | 12024 | 7867 | -24932 |
| 720 | -0.38 | 13469 | 7038 | -29742 |
| 780 | -0.57 | 14973 | 5278 | -33450 |
| 840 | -0.68 | 15798 | 2984 | -36415 |
| 900 | -0.88 | 16552 | -32 | -37739 |
| 960 | -1.08 | 17306 | -3758 | -37232 |
| 1020 | -1.27 | 18060 | -8196 | -34264 |
| 1080 | -1.47 | 18814 | -13345 | -28518 |
| 1140 | -1.66 | 19568 | -19206 | -19752 |
| 1200 | -1.86 | 20322 | -25777 | -7309 |
| 1240 | -1.94 | 20825 | -30471 | 3254 |

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 | 0.30 | 0.30 | 1.88 |
| Strato 2 | 0.33 | 0.33 | 1.88 |

Altezza terrapieno = 500 cm
 Profondità di infissione = 800 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 960 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

| Sez (cm) | p (daN/cm ²) | N (daN) | T (daN) | M (daNm) |
|----------|--------------------------|---------|---------|----------|
| 10 | 0.11 | 128 | 3 | 0 |
| 60 | 0.13 | 800 | 136 | -122 |
| 120 | 0.16 | 1667 | 484 | -572 |
| 180 | 0.19 | 2599 | 1032 | -1516 |
| 240 | 0.22 | 3596 | 1779 | -3048 |
| 300 | 0.25 | 4657 | 2725 | -5151 |
| 360 | 0.28 | 5783 | 3870 | -8051 |
| 420 | 0.31 | 6974 | 5214 | -11613 |
| 480 | 0.34 | 8229 | 6757 | -16007 |
| 540 | 0.23 | 9561 | 8225 | -18351 |
| 600 | 0.04 | 10946 | 8949 | -22730 |

| | | | | |
|-------------|-------|-------|--------|--------|
| 660 | -0.15 | 12396 | 9011 | -28294 |
| 720 | -0.34 | 13910 | 8395 | -33925 |
| 780 | -0.52 | 15489 | 6865 | -38648 |
| 840 | -0.63 | 16321 | 4860 | -41971 |
| 900 | -0.82 | 17075 | 2149 | -44457 |
| 960 | -1.01 | 17829 | -1259 | -45517 |
| 1020 | -1.21 | 18583 | -5363 | -44006 |
| 1080 | -1.40 | 19337 | -10163 | -40052 |
| 1140 | -1.59 | 20091 | -15659 | -33308 |
| 1200 | -1.78 | 20845 | -21852 | -23106 |
| 1260 | -1.91 | 21599 | -28566 | -8834 |
| 1300 | -1.99 | 22102 | -33272 | 2782 |

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 | 0.24 | 0.33 | 2.30 |
| Strato 2 | 0.26 | 0.35 | 2.30 |

Altezza terrapieno = 500 cm
 Profondità di infissione = 1040 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 1248 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

| Sez (cm) | p (daN/cm ²) | N (daN) | T (daN) | M (daNm) |
|-------------|--------------------------|---------|---------|----------|
| 10 | 0.08 | 128 | 21 | -2 |
| 80 | 0.11 | 1061 | 318 | -320 |
| 160 | 0.15 | 2206 | 769 | -1204 |
| 240 | 0.20 | 3435 | 1572 | -3190 |
| 320 | 0.24 | 4748 | 2668 | -6348 |
| 400 | 0.28 | 6143 | 4022 | -10998 |
| 480 | 0.33 | 7622 | 5631 | -15017 |
| 560 | 0.14 | 9198 | 7085 | -22878 |
| 640 | -0.13 | 10843 | 7023 | -32372 |
| 720 | -0.39 | 12572 | 5680 | -42777 |
| 800 | -0.63 | 14383 | 2661 | -53170 |
| 880 | -0.88 | 15236 | -1450 | -62780 |
| 960 | -1.16 | 16241 | -6965 | -70389 |
| 1040 | -1.43 | 17246 | -13792 | -75280 |
| 1120 | -1.71 | 18252 | -21930 | -77065 |
| 1200 | -2.00 | 19257 | -31379 | -74234 |
| 1280 | -2.17 | 20262 | -41843 | -66064 |
| 1360 | -2.35 | 21268 | -53144 | -52361 |
| 1440 | -2.53 | 22273 | -65302 | -31985 |
| 1520 | -2.72 | 23278 | -78314 | -4450 |
| 1540 | -2.76 | 23530 | -81701 | 2288 |

4.5. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione A2* + M2 + 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 | 0.30 | 0.39 | 1.88 |
| Strato 2 | 0.33 | 0.42 | 1.88 |

Altezza terrapieno = 500 cm
 Profondità di infissione = 1850 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 2220 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

| Sez (cm) | p (daN/cm²) | N (daN) | T (daN) | M (daNm) |
|-----------------|-------------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| 10 | 0.08 | 128 | 22 | -2 |
| 120 | 0.15 | 1653 | 611 | -748 |
| 240 | 0.23 | 3543 | 1902 | -3658 |
| 360 | 0.31 | 5669 | 4032 | -9809 |
| 480 | 0.40 | 8030 | 6885 | -18099 |
| 600 | 0.17 | 10638 | 9501 | -32803 |
| 720 | -0.11 | 13469 | 9980 | -52795 |
| 840 | -0.32 | 15798 | 8200 | -74808 |
| 960 | -0.62 | 17306 | 4561 | -99120 |
| 1080 | -0.92 | 18814 | -1091 | -123458 |
| 1200 | -1.23 | 20322 | -8756 | -146444 |
| 1320 | -1.40 | 21830 | -17957 | -165621 |
| 1440 | -1.59 | 23338 | -28376 | -179931 |
| 1560 | -1.78 | 24846 | -40025 | -188597 |
| 1680 | -1.97 | 26354 | -52904 | -189094 |
| 1800 | -2.16 | 27862 | -67012 | -179627 |
| 1920 | -2.34 | 29370 | -82352 | -160510 |
| 2040 | -2.53 | 30878 | -98921 | -130792 |
| 2160 | -2.72 | 32386 | -116721 | -89854 |
| 2280 | -2.91 | 33894 | -135749 | -35458 |
| 2350 | -3.02 | 34774 | -147418 | 2322 |

4.6. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU* + M2 + 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 | 0.30 | 0.39 | 1.88 |
| Strato 2 | 0.33 | 0.42 | 1.88 |

Altezza terrapieno = 500 cm
 Profondità di infissione = 1850 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 2220 cm

ANDAMENTO DELLE PRESSIONI E DELLE SOLLECITAZIONI

| Sez (cm) | p (daN/cm²) | N (daN) | T (daN) | M (daNm) |
|-----------------|-------------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| 10 | 0.08 | 128 | 22 | -2 |
| 120 | 0.15 | 1653 | 611 | -748 |
| 240 | 0.23 | 3543 | 1902 | -3658 |

| | | | | |
|------|-------|-------|---------|---------|
| 360 | 0.31 | 5669 | 4032 | -9809 |
| 480 | 0.40 | 8030 | 6885 | -18099 |
| 600 | 0.17 | 10638 | 9501 | -32803 |
| 720 | -0.11 | 13469 | 9980 | -52795 |
| 840 | -0.32 | 15798 | 8200 | -74808 |
| 960 | -0.62 | 17306 | 4561 | -99120 |
| 1080 | -0.92 | 18814 | -1091 | -123458 |
| 1200 | -1.23 | 20322 | -8756 | -146444 |
| 1320 | -1.40 | 21830 | -17957 | -165621 |
| 1440 | -1.59 | 23338 | -28376 | -179931 |
| 1560 | -1.78 | 24846 | -40025 | -188597 |
| 1680 | -1.97 | 26354 | -52904 | -189094 |
| 1800 | -2.16 | 27862 | -67012 | -179627 |
| 1920 | -2.34 | 29370 | -82352 | -160510 |
| 2040 | -2.53 | 30878 | -98921 | -130792 |
| 2160 | -2.72 | 32386 | -116721 | -89854 |
| 2280 | -2.91 | 33894 | -135749 | -35458 |
| 2350 | -3.02 | 34774 | -147418 | 2322 |

5. RISULTATI INFISSIONE

Profondità di infissione = 1870 cm
 Profondità di infissione aument. del 20% = 2244 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 |
|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------|
| 1650 | 25977 | -195878 | 25977 | -196050 | 1.00 |

Si armerà con: **43φ24**

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 |
|--------------|--------------|----------------|---------------|----|
| 10051 | 14199 | 10 | 22 | 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 |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|
| 39473 | 4443782 | 113 |

Si armerà con: **7φ18(Armatura inferiore) e 7φ18(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 |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|
| 1589 | 16043 | 10 | 30 | 10.10 |

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:

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

Dove: **B'** è base equivalente della fondazione circolare.

D è la profondità del piano di posa della fondazione.

γ₁ è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione.

γ₁' è il peso del terreno immerso sopra il piano di posa.

γ₂ 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.

d_w è la profondità della falda acquifera.

Combinazione A1+M1+R1

Fattori di carico limite

$$N_c = 0.00; N_q = 0.00; N_\gamma = 0.00$$

Fattori di forma

$$S_c = 0.00; S_q = 0.00; S_\gamma = 0.00$$

Fattori di profondità

$$D_c = 0.00; D_q = 0.00; D_\gamma = 0.00$$

Fattori di inclinazione dei carichi

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

Fattori di inclinazione del piano di campagna

$$G_c = 0.00; G_q = 0.00; G_\gamma = 0.00$$

Fattori di inclinazione del piano di posa

$$B_c = 0.00; B_q = 0.00; B_\gamma = 0.00$$

Fattori di portanza dell'effetto cinematico:

$$e_{\gamma k} = 0.00; e_{\gamma i} = 0.00$$

Nel caso in esame si ottiene il seguente carico limite:

$$q_{Lim} = 0.00 \text{ daN/cm}^2$$

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

$$q_{LimD} = 0.00 \text{ daN/cm}^2$$

Dati verifica

| | |
|-----------|-------------|
| Tipologia | : Circolare |
| Diam. | = 80 cm |
| Prof. | = 2244 cm |

Considerando una pressione agente pari a: **7.90 daN/cm²**

$$q_d = 7.90 \text{ daN/cm}^2 < q_{LimD} = 0.00 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica a carico limite dell'opera risulta non soddisfatta con un coefficiente di sicurezza pari a **0.00**.

| |
|-----------------|
| 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 | 2 |
| 3.3. FATTORI DI SICUREZZA RIDUTTIVI ADOTTATI | 3 |
| 3.4. TRAVE DI CORONAMENTO | 3 |
| 3.5. MATERIALI | 3 |
| 3.6. FALDA ACQUIFERA | 3 |
| 3.7. DATI GEOTECNICI STRATIGRAFIA | 3 |
| 3.8. COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI NELLA VERIFICA DELLA PARATIA | 3 |
| 3.9. 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* + M2 + R1 ± Sisma | 7 |
| 4.6. RISULTATI DI CALCOLO - Combinazione EQU* + M2 + R1 ± Sisma | 8 |
| 5. RISULTATI INFSSIONE | 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 | 9 |
| 6.3.1. VERIFICA A FLESSIONE | 9 |
| 6.3.2. VERIFICA A TAGLIO | 10 |
| 7. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE | 10 |