

S.S.131 DI "CARLO FELICE"
Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131
Risoluzione dei nodi critici 2° stralcio
dal km 108+300 al km 158+000

PROGETTO ESECUTIVO

CA284

R.T.I. di PROGETTAZIONE:

Mandataria



Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it

Mandante



Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Formichi - Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Nicola D'Alessandro - Delta Ingegneria srl
Ordine Ing. di Agrigento n. A995

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Massimo Mezzanatica - Pro Iter srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Diego Ceccherelli
Ordine Ing. di Milano n. 15813

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore Frasca

PROTOCOLLO

DATA



OPERE D'ARTE MINORI
Ponticello idraulico L=40.00 m Km 138+970 - PO04 su S07
RELAZIONE DI CALCOLO - OPERE DI FONDAZIONE

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

T00PO04STRRE03B

LOPLSQ E 1901

CODICE ELAB. T00PO04STRRE03

B

.

| | | | | | |
|------|--|-------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| D | | | | | |
| C | | | | | |
| B | REVISIONE PER ISTRUTTORIA, VERIFICA E CONTROLLI D.LGS. 35/11 | Aprile 2021 | Ing.D. D'ALESSANDRO | Ing. M. CARLINO | Ing.N. D'ALESSANDRO |
| A | Emissione | Marzo 2020 | Ing.D. D'ALESSANDRO | Ing. M. CARLINO | Ing.N. D'ALESSANDRO |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

Indice

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 2 |
| 1.1 | DESCRIZIONE DELL'OPERA | 2 |
| 2 | NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 6 |
| 3.1 | CALCESTRUZZO..... | 6 |
| 3.1.1 | Spalle – fondazioni..... | 6 |
| 3.1.2 | Muri d'ala – fondazioni | 7 |
| 4 | CARATTERISTICHE DEL TERRENO | 8 |
| 4.1 | TERRENO DI RIEMPIMENTO | 8 |
| 4.2 | STRATO DI BASE | 8 |
| 5 | SOLLECITAZIONI ALLA BASE DELLE FONDAZIONI DELLE SPALLE | 9 |
| 6 | 5 VERIFICHE GEOTECNICHE | 15 |
| | Carico assiale..... | 18 |
| | Carico orizzontale | 23 |
| 7 | MURI D'ALA | 25 |
| 7.1 | GENERALITÀ..... | 25 |
| 7.2 | VERIFICHE GEOTECNICHE..... | 26 |
| 7.2.1 | Verifica a ribaltamento | 26 |
| 7.2.2 | Verifica a scorrimento | 27 |
| 7.2.3 | Verifica al carico limite | 28 |
| 7.2.4 | Verifica alla stabilità globale..... | 30 |

RTI di progettazione:**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

1 PREMESSA

Nella presente relazione sono riportati i calcoli e le verifiche relative alle fondazioni delle spalle e dei muri d'ala del ponte da realizzarsi alla progressiva 138.970 della S.S. 131.

Il manufatto sarà realizzato nell'ambito del progetto di adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131, ed in particolare all'interno dello Stralcio 2, riguardante il tratto dal Km 108+300 al Km 158+000.

I carichi agenti sono stati valutati in accordo con quanto previsto dalla vigente normativa; in particolare le azioni sono quelle tipiche di un ponte stradale, ai sensi delle NTC 2008.

L'opera ricade in zona sismica, pertanto, saranno applicate le azioni di rito previste dalla norma, così come riportato nei capitoli successivi.

1.1 Descrizione dell'opera

Il tracciato si sviluppa planimetricamente in corrispondenza di un rettilineo, mentre altimetricamente è caratterizzato da una livelletta a pendenza costante.

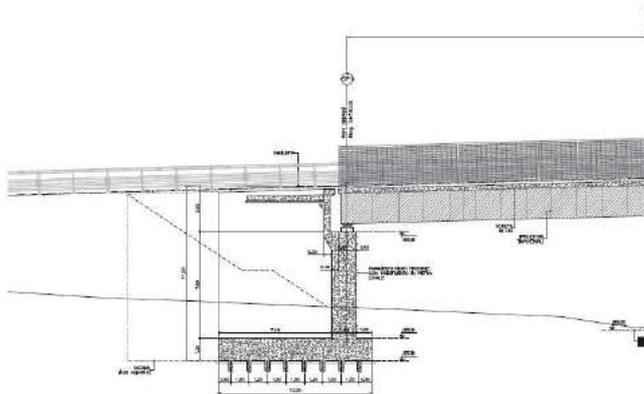


Figura 1 – stralcio Profilo longitudinale

Entrambe le spalle sono costituite da un muro paraghiaia di spessore pari a 0.40 m ed altezza massima di circa 3.00 m, da un paramento frontale di spessore pari a 1.60 m ed altezza massima di 8.10 m, da muri andatori spessi 1.00 m e da una zattera di fondazione di altezza pari a 1.50 m e di dimensioni in pianta pari a 10.00 m x 10.00 m. Le spalle sono fondate su 64 micropali $\Phi 300$ di lunghezza 12.00 m.

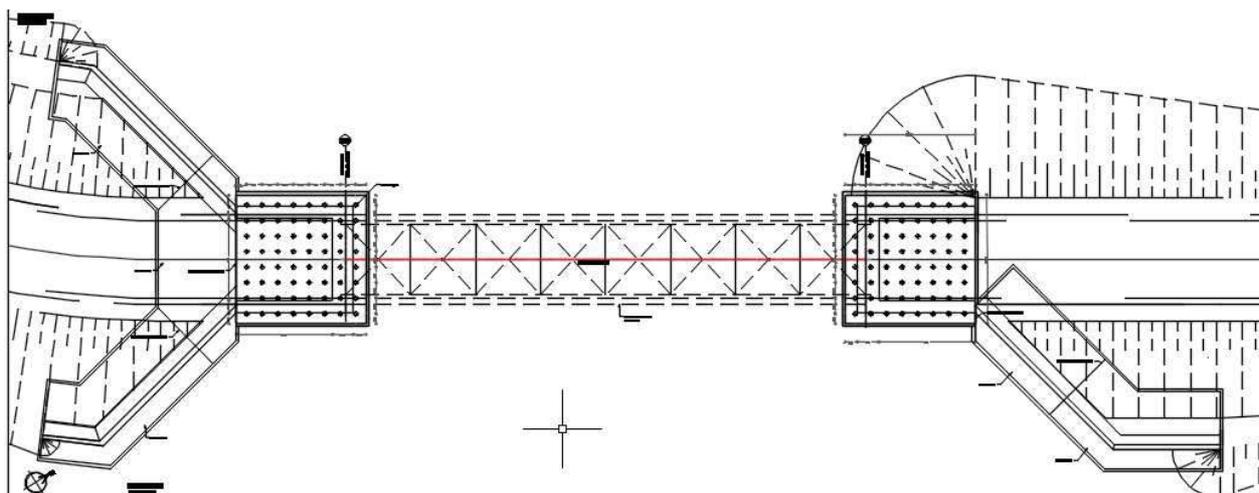


Figura 22 – stralcio pianta

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nella progettazione sono state tenute in conto le seguenti normative:

- Legge 05/11/71 n. 1086 – "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- Legge 02/02/74 n. 64 – "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 14-2-1974 n.11951 – "Applicazione delle norme sul cemento armato"
- D.M. del 11-3-1988 – "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- D.M. del 4-5-1990 – "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali"
- Circolare 25-2-1991 n.34233 – "Istruzioni relative alla normativa dei ponti stradali"
- D.M. del 16-1-1996 – "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi"
- Circolare del 4-7-1996 – "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. del 16-1-1996"
- D.M. del 16-1-1996 – "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- Circolare del 15-10-1996 – "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. del 9-1-1996"
- Circolare del 10-4-1997 – "Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al D.M. 16 gennaio 1996"
- O.P.C.M. del 20-3-2003 – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di norme tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- D.M. del 14-9-2005 – "Norme tecniche per le costruzioni"

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

- D.M. del 14-1-2008 – "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2008)
- Circolare 2-2-2009 – "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
- Servizio Tecnico Centrale presso la Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, settembre 2017 – "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale"
- CNR 10024/86 – "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione della relazioni di calcolo"
- UNI EN 1990:2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1991 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture
- UNI EN 1992 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 1993 Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- UNI EN 1994 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo
- UNI EN 1997 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica
- UNI EN 1998 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- "Linee guida per sistemi costruttivi a pannelli portanti basati sull'impiego di blocchi cassero e calcestruzzo debolmente armato gettato in opera", C.S.LL.PP., luglio 2011
- "Linee guida per l'utilizzo di travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante e procedure di rilascio dell'autorizzazione all'impiego" riferite al punto 4.6 del D.M. 14.1.2008 Norme tecniche per le costruzioni, approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, con voto n.116/2009

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Calcestruzzo

3.1.1 Spalle – fondazioni

C28/35 classe di resistenza

R_{ck} = 35.00 MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$ = 29.05 MPa resistenza caratteristica cilindrica a compressione

γ = 25 kN/m³ peso specifico

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} = 16.46 \text{ MPa}$$

In accordo con le NTC2018, il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare viene posto pari a 1.5.

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$\sigma_c = 0.6 f_{ck} = 17.43 \text{ MPa}$ (combinazione rara)

$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 13.07 \text{ MPa}$ (combinazione quasi-permanente)

Stato limite di apertura delle fessure SLF:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$ (ambiente aggressivo, armatura sensibile, comb. quasi-permanente)

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$ (ambiente aggressivo, armatura sensibile, combinazione frequente)

a favore di sicurezza, è stato considerato un ambiente aggressivo, anche se in realtà la classe di esposizione è corrispondente a condizioni ambientali ordinarie.

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Classe minima di consistenza | S4 |
| Classe di esposizione ambientale | XC2 |
| Copriferro minimo | 35 mm |
| Diametro massimo inerti | 32 mm |
| Rapporto acqua/cemento massimo | 0.60 |
| Contenuto minimo di cemento | 300 kg/mc |

3.1.2 Muri d'ala – fondazioni

C25/30 classe di resistenza

 $R_{ck} = 30.00$ MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 24.90$ MPa resistenza caratteristica cilindrica a compressione $\gamma = 25$ kN/m³ peso specifico

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} = 14.11 \text{ MPa}$$

In accordo con le NTC2018, il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare viene posto pari a 1.5.

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$$\sigma_c = 0.6 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione rara})$$

$$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 11.20 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione quasi-permanente})$$

Stato limite di apertura delle fessure SLF:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, comb. quasi-permanente})$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, combinazione frequente})$$

a favore di sicurezza, anche per le fondazioni dei muri è stato considerato un ambiente aggressivo, anche se in realtà la classe di esposizione è corrispondente a condizioni ambientali ordinarie.

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Classe minima di consistenza | S4 |
| Classe di esposizione ambientale | XC2 |
| Copriferro minimo | 50 mm |
| Diametro massimo inerti | 32 mm |
| Rapporto acqua/cemento massimo | 0.60 |
| Contenuto minimo di cemento | 300 kg/mc |

4 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

4.1 Terreno di riempimento

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| Spessore dello strato | 0.30 [m] |
| Peso di volume | 19.0000 [kN/mc] |
| Peso di volume saturo | 21.0000 [kN/mc] |
| Angolo di attrito | 30.00[°] |
| Coesione | 0.000[N/mm ^q] |

4.2 Strato di base

| | |
|-------------------------------------|--|
| Descrizione | Terreno di base (Coltri eluvio – colluviali) |
| Peso di volume | 18.0000 [kN/mc] |
| Peso di volume saturo | 20.0000 [kN/mc] |
| Angolo di attrito | 27.00[°] |
| Angolo di attrito terreno struttura | 27.00[°] |
| Coesione | 0.000[N/mm ^q] |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

5 SOLLECITAZIONI ALLA BASE DELLE FONDAZIONI DELLE SPALLE

Si riportano di seguito le sollecitazioni derivanti dal modello di calcolo desunto in corrispondenza del baricentro della base della fondazione per le differenti combinazioni.

Le convenzioni sono le seguenti:

- L'asse x è longitudinale, l'asse y è trasversale, l'asse z è verticale.
- Forze agenti in direzione x con verso positivo sono concordi alla spinta del terreno, e pertanto tendono a fare spostare la spalla verso l'impalcato.
- Le forze agenti in direzione z sono negative se sono concordi con la forza peso, e pertanto tendono a fare spostare la spalla verso il basso.

| Combinazione | | Fx kN | Fy kN | Fz kN | Mx kN m | My kN m | Mz kN m |
|--------------|-----|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| SLU_A1_1 | Min | 1422 | -31 | -25371 | -4621 | -14837 | -1365 |
| | Max | 3898 | 408 | -17201 | 310 | 17572 | 1413 |
| SLU_A1_2 | Max | 1501 | -23 | -25100 | -5622 | -13930 | -1682 |
| | Min | 3669 | 495 | -17209 | 232 | 15980 | 1718 |
| SLU_A1_3 | Max | 1391 | -23 | -25100 | -4544 | -14924 | -1353 |
| | Min | 3780 | 401 | -17209 | 232 | 16975 | 1389 |
| SLU_A2_1 | Max | 2007 | -26 | -19043 | -3066 | -11961 | -897 |
| | Min | 3597 | 272 | -17206 | 264 | 14290 | 938 |
| SLU_A2_2 | Max | 2074 | -20 | -18811 | -4869 | -11012 | -1458 |
| | Min | 3373 | 429 | -17212 | 198 | 12759 | 1488 |
| SLU_A2_3 | Max | 1978 | -20 | -18811 | -3000 | -11874 | -887 |
| | Min | 3468 | 265 | -17212 | 198 | 13621 | 917 |
| SLU_EQU_1 | Max | 1220 | -31 | -21063 | -4621 | -12642 | -1365 |
| | Min | 3374 | 408 | -15478 | 310 | 15376 | 1413 |
| SLU_EQU_2 | Max | 1299 | -23 | -20792 | -5622 | -11734 | -1682 |
| | Min | 3145 | 495 | -15485 | 232 | 13785 | 1718 |
| SLU_EQU_3 | Max | 1188 | -23 | -20792 | -4544 | -12728 | -1353 |
| | Min | 3255 | 401 | -15485 | 232 | 14779 | 1389 |
| SLE_Rara_1 | Max | 1614 | -23 | -18718 | -3104 | -8016 | -914 |
| | Min | 2866 | 275 | -17209 | 229 | 10042 | 949 |
| SLE_Rara_2 | Max | 1673 | -17 | -18517 | -3765 | -7344 | -1124 |
| | Min | 2696 | 332 | -17215 | 172 | 8863 | 1151 |
| SLE_Rara_3 | Max | 1599 | -17 | -18517 | -3046 | -8007 | -905 |
| | Min | 2770 | 269 | -17215 | 172 | 9526 | 931 |
| SLE_Freq_1 | Max | -421 | -17 | -18517 | -172 | -8427 | -27 |

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo opere di fondazione

9

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

| Combinazione | | Fx kN | Fy kN | Fz kN | Mx kN m | My kN m | Mz kN m |
|--------------|-----|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| SLE_Freq_1 | Min | 566 | 17 | -17215 | 172 | 9978 | 53 |
| SLE_Freq_2 | Max | 1867 | 0 | -17913 | -719 | -5161 | -220 |
| SLE_Freq_2 | Min | 2169 | 63 | -17232 | 0 | 5161 | 220 |
| SLE_Freq_3 | Max | 1848 | 0 | -17913 | 0 | -5327 | 0 |
| SLE_Freq_3 | Min | 2187 | 0 | -17232 | 0 | 5327 | 0 |
| SLE_Perm_1 | Max | 1867 | 0 | -17913 | 0 | -5161 | 0 |
| SLE_Perm_1 | Min | 2169 | 0 | -17232 | 0 | 5161 | 0 |
| SLU_Sism_1 | Max | 1652 | -103 | -17984 | -722 | -8558 | -252 |
| SLU_Sism_1 | Min | 2697 | 103 | -17162 | 722 | 8558 | 252 |
| SLU_Sism_2 | Max | 1652 | -103 | -17984 | -722 | -8558 | -252 |
| SLU_Sism_2 | Min | 2697 | 103 | -17162 | 722 | 8558 | 252 |
| SLU_Sism_3 | Max | 1912 | -342 | -17957 | -2408 | -6642 | -841 |
| SLU_Sism_3 | Min | 2437 | 342 | -17189 | 2408 | 6642 | 841 |
| SLU_Sism_4 | Max | 1912 | -342 | -17957 | -2408 | -6642 | -841 |
| SLU_Sism_4 | Min | 2437 | 342 | -17189 | 2408 | 6642 | 841 |
| SLU_Sism_5 | Max | 1910 | -103 | -18047 | -722 | -6649 | -252 |
| SLU_Sism_5 | Min | 2439 | 103 | -17099 | 722 | 6649 | 252 |
| SLU_Sism_6 | Max | 1910 | -103 | -18047 | -722 | -6649 | -252 |
| SLU_Sism_6 | Min | 2439 | 103 | -17099 | 722 | 6649 | 252 |
| SLD_Sism_1 | Max | 1832 | -53 | -17947 | -372 | -7231 | -130 |
| SLD_Sism_1 | Min | 2517 | 53 | -17199 | 372 | 7231 | 130 |
| SLD_Sism_2 | Max | 1832 | -53 | -17947 | -372 | -7231 | -130 |
| SLD_Sism_2 | Min | 2517 | 53 | -17199 | 372 | 7231 | 130 |
| SLD_Sism_3 | Max | 1966 | -177 | -17930 | -1241 | -6244 | -433 |
| SLD_Sism_3 | Min | 2383 | 177 | -17216 | 1241 | 6244 | 433 |
| SLD_Sism_4 | Max | 1966 | -177 | -17930 | -1241 | -6244 | -433 |
| SLD_Sism_4 | Min | 2383 | 177 | -17216 | 1241 | 6244 | 433 |
| SLD_Sism_5 | Max | 1965 | -53 | -17962 | -372 | -6245 | -130 |
| SLD_Sism_5 | Min | 2384 | 53 | -17184 | 372 | 6245 | 130 |
| SLD_Sism_6 | Max | 1965 | -53 | -17962 | -372 | -6245 | -130 |
| SLD_Sism_6 | Min | 2384 | 53 | -17184 | 372 | 6245 | 130 |

Tabella 1 – Sollecitazioni alla base della fondazione

RTI di progettazione:**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it

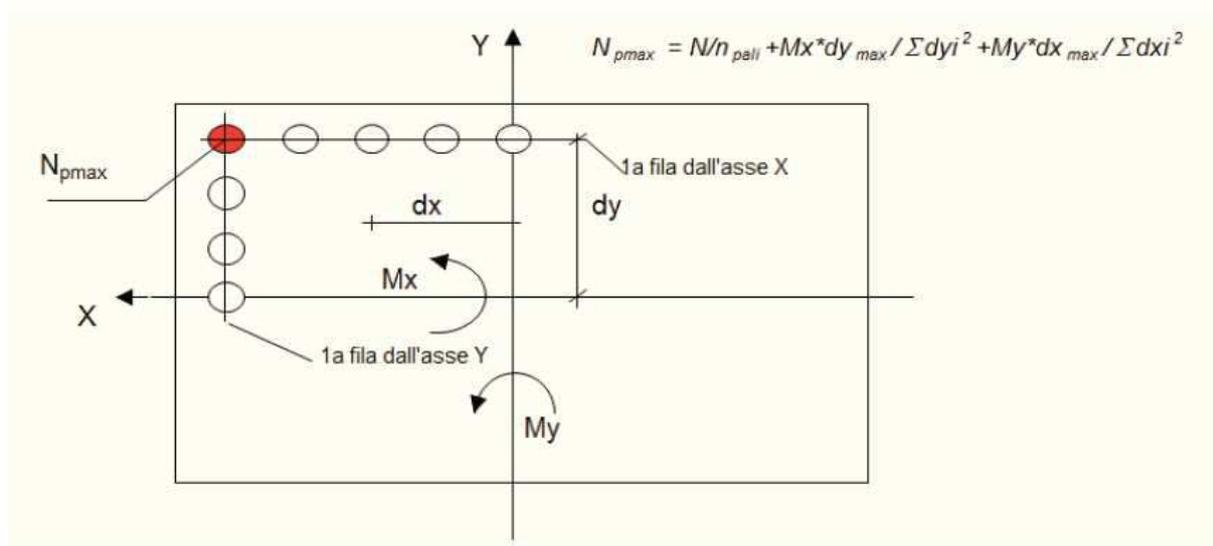
**Mandante**

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

Dalle sollecitazioni agenti nel baricentro all'intradosso della fondazione, si ripartisce il carico sui micropali.

Le spalle sono fondate su 64 micropali, \varnothing 300 di lunghezza 16 .00 m e armatura tubolare \varnothing 219,1 mm di spessore 10 mm.

Nota la disposizione geometrica dei pali di fondazione, si può quindi determinare la sollecitazione agente sul singolo palo tramite la seguente relazione per lo sforzo normale:



Le caratteristiche della sollecitazione risultanti sul palo più sollecitato sono riportate nelle tabelle delle pagine successive.

Da esse si ricava che le sollecitazioni massime allo SLU sul singolo micropalo sono:

Nmax **455 KN (46 T)**

Tmax **62.5 KN (6 T)**

Di seguito si riporta il calcolo della capacità portate del micropalo più sollecitato e la stima dei coefficienti di sicurezza.

| N _{x,Ed} KN | M _{y,Ed} | | M _{z,Ed} | | N _{x,Ed} /n _p KN | M _{tot,y} | | M _{tot,z} | | M _{tot,y} max/ly | | M _{tot,z} max/lz | | N _{p,max} KN | N _{p,min} KN |
|-------------------------|-------------------|-------|-------------------|-----------|---|--------------------|-----------|--------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|
| | KN-m | KN-m | KN-m | KN-m | | KN-m | KN-m | KN-m | KN | KN | KN | KN | KN | | |
| -25371 | -4621 | -1365 | -1350,000 | -1350,000 | -396,422 | 4621,000 | -1350,000 | -40,113 | -11,719 | -344,59 | -448,25 | -344,59 | -448,25 | 0,00 | -455,59 |
| -17201 | 310 | 1413 | 1413,000 | 1413,000 | -268,766 | 310,000 | 1413,000 | 2,691 | 12,266 | -253,81 | -283,72 | -253,81 | -283,72 | | |
| -25100 | -5622 | -1682 | -1682,000 | -1682,000 | -392,188 | 5622,000 | -1682,000 | -48,802 | -14,601 | -328,78 | -455,59 | -328,78 | -455,59 | | |
| -17209 | 232 | 1718 | 1718,000 | 1718,000 | -268,891 | 232,000 | 1718,000 | 2,014 | 14,913 | -251,96 | -285,82 | -251,96 | -285,82 | | |
| -25100 | -4544 | -1353 | -1353,000 | -1353,000 | -392,188 | 4544,000 | -1353,000 | -39,444 | -11,745 | -341,00 | -443,38 | -341,00 | -443,38 | | |
| -17209 | 232 | 1389 | 1389,000 | 1389,000 | -268,891 | 232,000 | 1389,000 | 2,014 | 12,057 | -254,82 | -282,96 | -254,82 | -282,96 | | |
| -19043 | -3066 | -897 | -897,000 | -897,000 | -297,547 | 3066,000 | -897,000 | -26,615 | -7,786 | -263,15 | -331,95 | -263,15 | -331,95 | | |
| -17206 | 264 | 938 | 938,000 | 938,000 | -268,844 | 264,000 | 938,000 | 2,292 | 8,142 | -258,41 | -279,28 | -258,41 | -279,28 | | |
| -18811 | -4869 | -1458 | -1458,000 | -1458,000 | -293,922 | 4869,000 | -1458,000 | -42,266 | -12,656 | -239,00 | -348,84 | -239,00 | -348,84 | | |
| -17212 | 198 | 1488 | 1488,000 | 1488,000 | -268,938 | 198,000 | 1488,000 | 1,719 | 12,917 | -254,30 | -283,57 | -254,30 | -283,57 | | |
| -18811 | -3000 | -887 | -887,000 | -887,000 | -293,922 | 3000,000 | -887,000 | -26,042 | -7,700 | -260,18 | -327,66 | -260,18 | -327,66 | | |
| -17212 | 198 | 917 | 917,000 | 917,000 | -268,938 | 198,000 | 917,000 | 1,719 | 7,960 | -259,26 | -278,62 | -259,26 | -278,62 | | |
| -21063 | -4621 | -1365 | -1365,000 | -1365,000 | -329,109 | 4621,000 | -1365,000 | -40,113 | -11,849 | -277,15 | -381,07 | -277,15 | -381,07 | | |
| -15478 | 310 | 1413 | 1413,000 | 1413,000 | -241,844 | 310,000 | 1413,000 | 2,691 | 12,266 | -226,89 | -256,80 | -226,89 | -256,80 | | |
| -20792 | -5622 | -1682 | -1682,000 | -1682,000 | -324,875 | 5622,000 | -1682,000 | -48,802 | -14,601 | -261,47 | -388,28 | -261,47 | -388,28 | | |
| -15485 | 232 | 1718 | 1718,000 | 1718,000 | -241,953 | 232,000 | 1718,000 | 2,014 | 14,913 | -225,03 | -258,88 | -225,03 | -258,88 | | |
| -20792 | -4544 | -1353 | -1353,000 | -1353,000 | -324,875 | 4544,000 | -1353,000 | -39,444 | -11,745 | -273,69 | -376,06 | -273,69 | -376,06 | | |
| -15485 | 232 | 1389 | 1389,000 | 1389,000 | -241,953 | 232,000 | 1389,000 | 2,014 | 12,057 | -227,88 | -256,02 | -227,88 | -256,02 | | |
| -18718 | -3104 | -914 | -914,000 | -914,000 | -292,469 | 3104,000 | -914,000 | -26,944 | -7,934 | -257,59 | -327,35 | -257,59 | -327,35 | | |
| -17209 | 229 | 949 | 949,000 | 949,000 | -268,891 | 229,000 | 949,000 | 1,988 | 8,238 | -258,66 | -279,12 | -258,66 | -279,12 | | |
| -18517 | -3765 | -1124 | -1124,000 | -1124,000 | -289,328 | 3765,000 | -1124,000 | -32,682 | -9,757 | -246,89 | -331,77 | -246,89 | -331,77 | | |
| -17215 | 172 | 1151 | 1151,000 | 1151,000 | -268,984 | 172,000 | 1151,000 | 1,493 | 9,991 | -257,50 | -280,47 | -257,50 | -280,47 | | |
| -18517 | -3046 | -905 | -905,000 | -905,000 | -289,328 | 3046,000 | -905,000 | -26,441 | -7,856 | -255,03 | -323,63 | -255,03 | -323,63 | | |

CARICHI VERTICALI

Progetto Esecutivo

| | | | | | | | | | |
|--------|-------|------|----------|-----------|----------|---------|--------|---------|---------|
| -17215 | 172 | 931 | -268,984 | 172,000 | 931,000 | 1,493 | 8,082 | -259,41 | -278,56 |
| -18517 | -172 | -27 | -289,328 | -172,000 | -27,000 | -1,493 | -0,234 | -287,60 | -291,06 |
| -17215 | 172 | 53 | -268,984 | 172,000 | 53,000 | 1,493 | 0,460 | -267,03 | -270,94 |
| -17913 | -719 | -220 | -279,891 | -719,000 | -220,000 | -6,241 | -1,910 | -271,74 | -288,04 |
| -17232 | 0 | 220 | -269,250 | 0,000 | 220,000 | 0,000 | 1,910 | -267,34 | -271,16 |
| -17913 | 0 | 0 | -279,891 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | -279,89 | -279,89 |
| -17232 | 0 | 0 | -269,250 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | -269,25 | -269,25 |
| -17913 | 0 | 0 | -279,891 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | -279,89 | -279,89 |
| -17232 | 0 | 0 | -269,250 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | -269,25 | -269,25 |
| -17984 | -722 | -252 | -281,000 | -722,000 | -252,000 | -6,267 | -2,188 | -272,55 | -289,45 |
| -17162 | 722 | 252 | -268,156 | 722,000 | 252,000 | 6,267 | 2,188 | -259,70 | -276,61 |
| -17984 | -722 | -252 | -281,000 | -722,000 | -252,000 | -6,267 | -2,188 | -272,55 | -289,45 |
| -17162 | 722 | 252 | -268,156 | 722,000 | 252,000 | 6,267 | 2,188 | -259,70 | -276,61 |
| -17957 | -2408 | -841 | -280,578 | -2408,000 | -841,000 | -20,903 | -7,300 | -252,38 | -308,78 |
| -17189 | -2408 | 841 | -268,578 | 2408,000 | 841,000 | -20,903 | 7,300 | -240,38 | -296,78 |
| -17957 | -2408 | -841 | -280,578 | -2408,000 | -841,000 | -20,903 | -7,300 | -252,38 | -308,78 |
| -17189 | 2408 | 841 | -268,578 | 2408,000 | 841,000 | 20,903 | 7,300 | -240,38 | -296,78 |
| -18047 | -722 | -252 | -281,984 | -722,000 | -252,000 | -6,267 | -2,188 | -273,53 | -290,44 |
| -17099 | 722 | 252 | -267,172 | 722,000 | 252,000 | 6,267 | 2,188 | -258,72 | -275,63 |
| -18047 | -722 | -252 | -281,984 | -722,000 | -252,000 | -6,267 | -2,188 | -273,53 | -290,44 |
| -17099 | 722 | 252 | -267,172 | 722,000 | 252,000 | 6,267 | 2,188 | -258,72 | -275,63 |
| -17947 | -372 | -130 | -280,422 | -372,000 | -130,000 | -3,229 | -1,128 | -276,06 | -284,78 |
| -17199 | 372 | 130 | -268,734 | 372,000 | 130,000 | 3,229 | 1,128 | -264,38 | -273,09 |
| -17947 | -372 | -130 | -280,422 | -372,000 | -130,000 | -3,229 | -1,128 | -276,06 | -284,78 |
| -17199 | 372 | 130 | -268,734 | 372,000 | 130,000 | 3,229 | 1,128 | -264,38 | -273,09 |
| -17930 | -1241 | -433 | -280,156 | -1241,000 | -433,000 | -10,773 | -3,759 | -265,63 | -294,69 |
| -17216 | 1241 | 433 | -269,000 | 1241,000 | 433,000 | 10,773 | 3,759 | -254,47 | -283,53 |
| -17930 | -1241 | -433 | -280,156 | -1241,000 | -433,000 | -10,773 | -3,759 | -265,63 | -294,69 |
| -17216 | 1241 | 433 | -269,000 | 1241,000 | 433,000 | 10,773 | 3,759 | -254,47 | -283,53 |
| -17962 | -372 | -130 | -280,656 | -372,000 | -130,000 | -3,229 | -1,128 | -276,30 | -285,01 |
| -17184 | 372 | 130 | -268,500 | 372,000 | 130,000 | 3,229 | 1,128 | -264,14 | -272,86 |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

CARICHI ORIZZONTALI

| Fx | Fy | F | | |
|------|-----|------|---------|-------|
| 1422 | 31 | 1422 | | |
| 3978 | 408 | 3999 | MAX SLU | 62,48 |
| 1501 | 23 | 1501 | | |
| 3669 | 495 | 3702 | | |
| 1391 | 23 | 1391 | | |
| 3780 | 401 | 3801 | | |
| 2007 | 26 | 2007 | | |
| 3597 | 272 | 3607 | | |
| 2074 | 20 | 2074 | | |
| 3373 | 419 | 3399 | | |
| 1978 | 20 | 1978 | | |
| 3468 | 265 | 3478 | | |
| 1220 | 31 | 1220 | | |
| 3374 | 408 | 3399 | | |
| 1299 | 23 | 1299 | | |
| 3145 | 495 | 3184 | | |
| 1188 | 23 | 1188 | | |
| 3255 | 401 | 3280 | | |
| 1614 | 23 | 1614 | MAX SLE | 44,99 |
| 2866 | 275 | 2879 | | |
| 1673 | 17 | 1673 | | |
| 2696 | 332 | 2716 | | |
| 1599 | 17 | 1599 | | |
| 2770 | 269 | 2783 | | |
| 421 | 17 | 421 | | |
| 566 | 17 | 566 | | |
| 1867 | 0 | 1867 | | |
| 2169 | 63 | 2170 | | |
| 1848 | 0 | 1848 | | |
| 2187 | 0 | 2187 | | |
| 1867 | 0 | 1867 | | |
| 2169 | 0 | 2169 | | |
| 1652 | 103 | 1655 | | |
| 2697 | 103 | 2699 | | |
| 1652 | 103 | 1655 | | |
| 2697 | 103 | 2699 | | |
| 1912 | 342 | 1942 | | |
| 2437 | 342 | 2461 | | |
| 1912 | 342 | 1942 | | |
| 2437 | 342 | 2461 | | |
| 1910 | 103 | 1913 | | |
| 2439 | 103 | 2441 | | |
| 1910 | 103 | 1913 | | |
| 2439 | 103 | 2441 | | |
| 1832 | 53 | 1833 | | |
| 2517 | 53 | 2518 | | |
| 1832 | 53 | 1833 | | |
| 2517 | 53 | 2518 | | |
| 1966 | 177 | 1974 | | |
| 2383 | 177 | 2390 | | |
| 1966 | 177 | 1974 | | |
| 2383 | 177 | 2390 | | |
| 1965 | 53 | 1966 | | |
| 2384 | 53 | 2385 | | |
| 1965 | 53 | 1966 | | |
| 2384 | 53 | 2385 | | |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

6 VERIFICHE GEOTECNICHE

Viene qui di seguito effettuata la verifica nei confronti degli SLU per i pali di fondazione

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d$

Con: E_d valore di progetto dell'azione ed R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

La verifica della condizione va effettuata impiegando diverse combinazioni dei gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 ed M2) e per le resistenze (R1, R2 ed R3).

I diversi gruppi di coefficienti vanno scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti. Gli approcci possibili sono i seguenti:

Approccio 1: sono previste due combinazioni di gruppi di coefficienti.

Approccio 2: è prevista una unica combinazione di gruppi di coefficienti.

La norma impone differenti coefficienti parziali nei confronti delle azioni (A), dei parametri geotecnici del terreno (M) e delle resistenze caratteristiche (R).

Nel caso in oggetto si adotta l'approccio 2, per il quale i coefficienti da utilizzare sono i seguenti:

Coefficienti A1, M1 e R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_R) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{cs}

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE γ_{kt} | (M1) | (M2) |
|--|---|---|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$ | $\gamma_{\phi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ | γ_f | 1,0 | 1,0 |

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

| Resistenza | Simbolo | Pali infissi | | | Pali trivellati | | | Pali ad elica continua | | |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
| | | (R1) | (R2) | (R3) | (R1) | (R2) | (R3) | (R1) | (R2) | (R3) |
| Base | γ_b | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,7 | 1,35 | 1,0 | 1,6 | 1,3 |
| Laterale in compressione | γ_c | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,45 | 1,15 |
| Totale ^(*) | γ_t | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,6 | 1,30 | 1,0 | 1,55 | 1,25 |
| Laterale in trazione | γ_{ct} | 1,0 | 1,6 | 1,25 | 1,0 | 1,6 | 1,25 | 1,0 | 1,6 | 1,25 |

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

La verifica viene effettuata nei confronti degli stati limite ultimi SLU di tipo strutturale:

Raggiungimento della resistenza dei pali;

Il valore di progetto R_d della resistenza è ottenuto a partire dal valore caratteristico applicando i coefficienti parziali γ_R (tab. 6.4.II). Nella tabella seguente si riportano i coefficienti relativi ai pali trivellati.

Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche (tab. 6.4.II).

| Resistenza | R1 | R2 | R3 |
|--------------------------|-----|------|-------------|
| Base | 1,0 | 1,7 | 1,35 |
| Laterale in compressione | 1,0 | 1,45 | 1,15 |
| Laterale in trazione | 1,0 | 1,6 | 1,25 |

Il valore della resistenza caratteristica R_k del singolo palo è determinata con metodi di calcolo analitici, applicando alle resistenze calcolate i fattori di correlazione ξ , che dipendono dal numero di verticali indagate e riportati nella tabella 6.4.IV del DM 2016.

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tabella 6-1 Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate (tab. 6.4.IV del DM 2018).

| Numero di verticali indagate | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥ 10 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| ξ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| ξ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 |

Nel caso in oggetto il fattore di correlazione scelto è relativo alla colonna con numero di verticali indagate =1 ed è quindi pari a:

fattore di correlazione $\xi_4=1.70$

Ricapitolando, nei successivi calcoli analitici della portanza dei pali vengono utilizzati i seguenti parametri per la determinazione della portanza del singolo palo:

Coefficiente parziale $R_3=1,35$ base

Coefficiente parziale $R_3=1,15$ laterale in compressione

Coefficiente parziale $R_3=1,25$ laterale in trazione

fattore di correlazione $\xi_4=1.70$

RTI di progettazione:**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

Carico assiale

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove P_{lim} e S_{lim} , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s \tan \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza- D diametro del palo - σ_v tensione verticale agente

N_q , N_c , N_γ fattori di capacità portante funzioni di ϕ e c .

α coefficiente di adesione

TRATTANDOSI DI MICROPALI NON SI TIENE CONTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA

La caratterizzazione geotecnica che si utilizzerà per i calcoli di portanza dei pali a partire la piano di fondazione è la seguente, desunta dalla relazione geotecnica.

(si verifica la fondazione in corrispondenza della spalla 1 che presenta una stratigrafia più sfavorevole)

RTI di progettazione:**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

STRATIGRAFIA DI CALCOLO

| | Descrizione e parametri geotecnici |
|--------------|--|
| 0.00 - 6.00 | coltre elu-colluviale $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso dell'unità di volume $c' = 10 \text{ kPa}$ coesione efficace $f' = 25^\circ$ angolo di resistenza al taglio |
| 6.00 - 8.00 | basalti alterati $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso dell'unità di volume $c' = 10 \text{ kPa}$ coesione efficace $f' = 34^\circ$ angolo di resistenza al taglio |
| 6.00 - 12.00 | basalti non alterati $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$ peso dell'unità di volume $c' = 50 \text{ kPa}$ coesione efficace $f' = 40^\circ$ angolo di resistenza al taglio |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

*** CALCOLO DELLA PORTANZA DEL PALO ***

DIAMETRO DEL PALO D= 300 MM

(UNITA' DI MISURA)

PESI DI VOLUMI =T/MC

LUNGHEZZE =M

TENSIONI =T/MQ

CARICHI =T

ANGOLI =GRADI

STRATIGRAFIA DI CALCOLO

STRATO N. 1

PROFONDITA' FINALE = 6

RAGGIO DEL PALO = .15

ANGOLO DI ATTRITO = 25

PESO-VOLUME = 1.9

COESIONE = 1

COEFF.DI ADESIONE à = .95

COEFF.ADIMENSIONALE K = .5773816

COEFF.ATTRITO TERRENO-PALO = .466

COEFF.ADIMENSIONALE NQ = 0

COEFF.ADIMENSIONALE NC = 0

STRATO N. 2

PROFONDITA' FINALE = 8

RAGGIO DEL PALO = .15 .15.

ANGOLO DI ATTRITO = 34

PESO-VOLUME = 2

COESIONE = 1

COEFF.DI ADESIONE à = .95

COEFF.ADIMENSIONALE K = .440807

COEFF.ATTRITO TERRENO-PALO = .674

COEFF.ADIMENSIONALE NQ = 0

COEFF.ADIMENSIONALE NC = 0

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo opere di fondazione

20

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5

20125 - Milano

Tel. 02 6787911

email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3

92100 Agrigento

Tel. 0922 421007

email: deltaingegneria@pec.it

STRATO N. 3

PROFONDITA' FINALE = 16
 RAGGIO DEL PALO = .15
 ANGOLO DI ATTRITO = 40
 PESO-VOLUME = 2.2
 COESIONE = 5
 COEFF.DI ADESIONE α = .95
 COEFF.ADIMENSIONALE K = .3572122
 COEFF.ATTRITO TERRENO-PALO = .839
 COEFF.ADIMENSIONALE NQ = 64
 COEFF.ADIMENSIONALE NC = 75

CALCOLO DELLA PORTANZA DEI SINGOLI STRATI

| STRATO | L | QI |
|--------|-------|-------|
| 1 | 6.00 | 14.04 |
| 2 | 8.00 | 9.63 |
| 3 | 12.00 | 95.47 |

L = PROFONDITA' DA P.C. DELLA BASE DELLO STRATO

QI = PORTANZA LATERALE

Ricapitolando, i valori caratteristici di portanza ottenuti sono i seguenti:

| | punta | laterale (t) |
|--------|-------|--------------|
| spalla | - | 119 |

RTI di progettazione:**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5
 20125 - Milano
 Tel. 02 6787911
 email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3
 92100 Agrigento
 Tel. 0922 421007
 email: deltaingegneria@pec.it

Il valore R_d della resistenza è ottenuto a partire dai valori caratteristici applicando i seguenti coefficienti parziali:

Coefficiente parziale $R_3=1,35$ base

Coefficiente parziale $R_3=1,15$ laterale in compressione

Coefficiente parziale $R_3=1,25$ laterale in trazione

fattore di correlazione $\xi_4=1.70$

Si ottiene:

R_d per compressione $=119/(1.15*1.7)= 60.8$ T

I valori di progetto allo SLU per approccio 2 delle azioni E_d ricavati dal calcolo della sovrastrutture e desunti dai tabulati di calcolo, agenti sul singolo micropalo sono i seguenti:

| | Fh | Nmax | (KN) |
|---------------------------|------|------|------|
| Spalla ponte monocampata: | 62.5 | 455 | |

Si ottiene:

E_d per compressione=45.5 t < $R_d=60.8$ t

Carico orizzontaleCaratteristiche micropalo

L 16.00 m

Diametro micropalo $\Phi 300$ Caratteristiche armatura $\Phi 219.1$ mm – spessore s 10 mmArea armatura 3569 mm²Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm) 3.59E07 mm⁴Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm) 328.47 mm³

Tipo di acciaio S 355 (fe 510)

Tensione di snervamento acciaio Fy 355 (N/mm²)

Coefficiente parziale acciaio 1.05

Tensione ammissibile acciaio σ_{lim} 338 (N/mm²)Modulo di elasticità acciaio Earm 210.000 (N/mm²)Coefficiente di reazione laterale (winkler) k=150 (MN/m³)

Sollecitazioni massime sul singolo micropalo

| | Fh | Nmax | (KN) |
|---------------------------|-------------|------|------|
| Spalla ponte monocampata: | 62.5 | 455 | |

RTI di progettazione:**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5

20125 - Milano

Tel. 02 6787911

email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3

92100 Agrigento

Tel. 0922 421007

email: deltaingegneria@pec.it

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reazione laterale per unità di lunghezza e di spostamento

$$\beta = k \cdot D_{arm} = 150 \cdot 0.219 = 32.87 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0.5} = 31518.35 \text{ (MN)}$$

$$n = pk/N = 31518.35/455 = 69.27$$

Con $N = 455 \text{ kN}$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali M

(ipotesi di testa micropalo impedita di ruotare)

$$M = T / (2b)$$

Con $T = 62.5 \text{ kN}$

$$b = (kD / (4E_{arm}J_{arm}))^{0.25} = 1.105$$

$$M = 28.28 \text{ kNm}$$

VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2T/A_{arm}$$

$$\sigma_{max} = 155.48 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{min} = -16.96 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\tau = 19.03 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0.5} = 158.93 \text{ (N/mm}^2\text{)} < 338$$

VERIFICA SODDISFATTA

RTI di progettazione:**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5

20125 - Milano

Tel. 02 6787911

email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3

92100 Agrigento

Tel. 0922 421007

email: deltaingegneria@pec.it

7 MURI D'ALA

7.1 Generalità

Nel presente capitolo vengono riportate le verifiche relative alle fondazioni dei muri d'ala.

La geometria del muro oggetto di verifica è riportata di seguito.

Paramento

| | |
|--|------------|
| Materiale | Cls Armato |
| Altezza paramento | 10.70[m] |
| Altezza paramento libero | 9.20 [m] |
| Spessore in sommità | 0.40 [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 1.32 [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 0.00 [°] |
| Inclinazione paramento interno | 5.70 [°] |

Fondazione

| | |
|----------------------------|------------|
| Materiale | Cls Armato |
| Lunghezza mensola di valle | 1.50 [m] |
| Lunghezza mensola di monte | 3.18 [m] |
| Lunghezza totale | 6.00 [m] |
| Inclinazione piano di posa | 0.00 [°] |
| Spessore | 1.50 [m] |
| Spessore magrone | 0.20 [m] |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

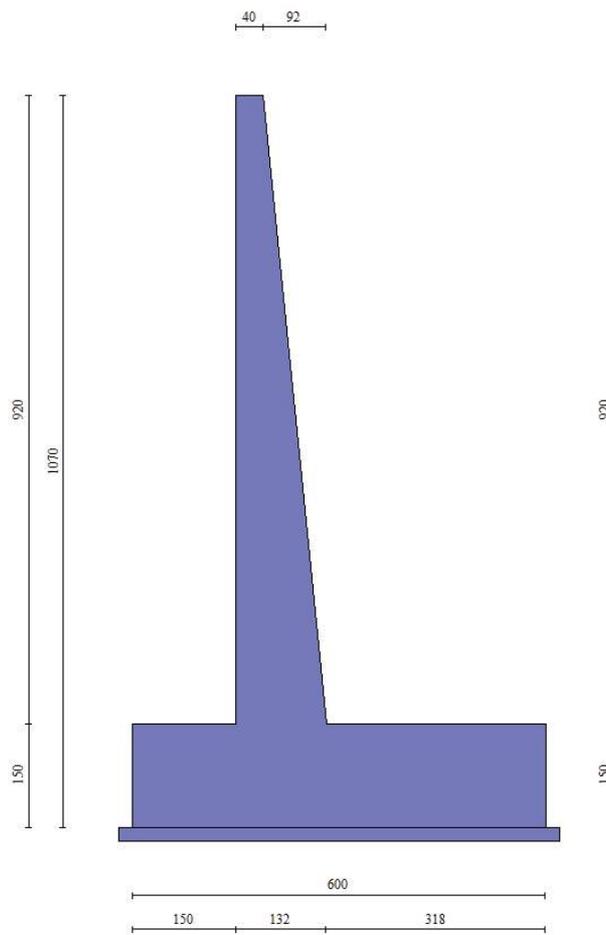


Figura 3 – Geometria del muro d'ala

7.2 Verifiche geotecniche

Dalla relazione di calcolo dei muri d'ala si sono ricavate le sollecitazioni sul piano fondale, con le quali vengono appresso eseguite le verifiche geotecniche delle fondazioni.

7.2.1 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza. Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq FS_{RIB}$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro è positivo, ribaltante se è negativo.

Simbologia adottata

| | |
|----|--|
| n° | Indice combinazione |
| Ms | Momento stabilizzante, espresso in [kgm] |
| Mr | Momento ribaltante, espresso in [kgm] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante) |

| n° | Ms [kgm] | Mr [kgm] | FS |
|----|-------------|-------------|--------|
| 10 | 10 | 488147 | 276581 |
| 11 | 11 | 523585 | 234654 |
| 12 | 12 | 510894 | 230849 |

7.2.2 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza:

$$\frac{F_r}{F_s} \geq FS_{SCOR}$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione

terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Simbologia adottata

| | |
|-----|---|
| n° | Indice combinazione |
| Rsa | Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg] |
| Rpt | Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg] |
| Rps | Resistenza passiva sperone, espresso in [kg] |
| T | Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg] |
| Rt | Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps), espresso in [kg] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto tra resistenza allo scorrimento e carico parallelo al piano di posa) |

| n° | Rsa [kg] | Rpt [kg] | Rps [kg] | Rt [kg] | T [kg] | FS |
|----|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|-------|
| 1 | 72361 | 2749 | 0 | 75110 | 62269 | 1.162 |
| 2 | 70036 | 2749 | 0 | 72786 | 49972 | 1.401 |
| 3 | 68200 | 2749 | 0 | 70950 | 48758 | 1.399 |
| 4 | 89458 | 2749 | 0 | 92207 | 62269 | 1.437 |
| 5 | 82999 | 2749 | 0 | 85748 | 62269 | 1.333 |
| 6 | 78819 | 2749 | 0 | 81569 | 62269 | 1.266 |

7.2.3 Verifica al carico limite

Si rimanda a quanto riportato nel § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Simbologia adottata

| | |
|----|---|
| n° | Indice combinazione |
| N | Carico verticale totale, espresso in [kg] |
| Qu | carico limite del terreno, espresso in [kg] |
| Qd | Portanza di progetto, espresso in [kg] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa) |

| n° | N [kg] | Qu [kg] | Qd [kg] | FS |
|----|-----------|------------|------------|-------|
| 1 | 136620 | 384716 | 384716 | 2.816 |
| 2 | 132058 | 355105 | 355105 | 2.689 |
| 3 | 128455 | 356482 | 356482 | 2.775 |
| 4 | 170175 | 367661 | 367661 | 2.160 |
| 5 | 157499 | 367226 | 367226 | 2.332 |
| 6 | 149296 | 348833 | 348833 | 2.337 |

Simbologia adottata

n° Indece combinazione

Nc, Nq, N_γ Fattori di capacità portanteic, iq, i_γ Fattori di inclinazione del caricodc, dq, d_γ Fattori di profondità del piano di posagc, gq, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topograficobc, bq, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posasc, sq, s_γ Fattori di forma della fondazionepc, pq, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesicr_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_{\gamma}N_{\gamma}$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]

γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kg/mc]

φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]

c Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm^q]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

| n° | Nc Nq N _γ | ic iq i _γ | dc dq d _γ | gc gq g _γ | bc bq b _γ | sc sq s _γ | pc pq p _γ | r _γ | D | H | γ | φ | c |
|----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|------|------|----------------------|-------|-----------------------|
| | | | | | | | | | [m] | [m] | [kg/m ^c] | [°] | [kg/c ^m q] |
| 1 | 29.236 15.896 11.555 | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | 1.300 1.000 0.800 | -- -- -- | 0.901 | 1.50 | 1.27 | 1835 | 27.00 | 0.00 |
| 2 | 29.236 15.896 11.555 | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | 1.300 1.000 0.800 | -- -- -- | 0.901 | 1.50 | 1.27 | 1835 | 27.00 | 0.00 |
| 3 | 29.236 15.896 11.555 | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | 1.300 1.000 0.800 | -- -- -- | 0.901 | 1.50 | 1.27 | 1835 | 27.00 | 0.00 |
| 4 | 29.236 15.896 11.555 | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | 1.300 1.000 0.800 | -- -- -- | 0.901 | 1.50 | 1.27 | 1835 | 27.00 | 0.00 |
| 5 | 29.236 15.896 11.555 | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | 1.300 1.000 0.800 | -- -- -- | 0.901 | 1.50 | 1.27 | 1835 | 27.00 | 0.00 |
| 6 | 29.236 15.896 11.555 | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | -- -- -- | 1.300 1.000 0.800 | -- -- -- | 0.901 | 1.50 | 1.27 | 1835 | 27.00 | 0.00 |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

7.2.4 Verifica alla stabilità globale

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

con

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i ed a_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop** contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Simbologia adottata

| | |
|----|---|
| Ic | Indice combinazione |
| C | Centro superficie di scorrimento, espresso in [m] |
| R | Raggio, espresso in [m] |
| FS | Fattore di sicurezza |

| Ic | C | R | FS |
|----|-------------|-------|-------|
| | [m] | [m] | |
| 7 | -0.40; 0.40 | 11.99 | 1.105 |
| 8 | -0.40; 0.40 | 11.99 | 1.354 |
| 9 | -0.40; 0.40 | 11.99 | 1.352 |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

Qy carico sulla striscia espresso in [kg]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cmq]

Combinazione n° 7 - GEO A2-M2-R2

| n° | W [kg] | Qy [kg] | b [m] | α [°] | ϕ [°] | c [kg/cmq] | u [kg/cmq] | Tx; Ty [kg] |
|----|-----------|------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 6810 | 1790 | 11.49 - 0.76 | 75.359 | 24.791 | 0.00 | 0.000 | |
| 2 | 10124 | 1790 | 0.76 | 63.965 | 24.791 | 0.00 | 0.000 | |
| 3 | 12131 | 1790 | 0.76 | 56.500 | 24.791 | 0.00 | 0.000 | |
| 4 | 13664 | 1790 | 0.76 | 50.335 | 24.791 | 0.00 | 0.000 | |
| 5 | 14907 | 1018 | 0.76 | 44.900 | 24.791 | 0.00 | 0.000 | |
| 6 | 15942 | 0 | 0.76 | 39.945 | 24.791 | 0.00 | 0.000 | |
| 7 | 16800 | 0 | 0.76 | 35.329 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 8 | 17368 | 0 | 0.76 | 30.965 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 9 | 17563 | 0 | 0.76 | 26.794 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 10 | 17971 | 0 | 0.76 | 22.772 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 11 | 18419 | 0 | 0.76 | 18.866 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 12 | 18342 | 0 | 0.76 | 15.049 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 13 | 18190 | 0 | 0.76 | 11.300 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 14 | 18002 | 0 | 0.76 | 7.599 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 15 | 19853 | 0 | 0.76 | 3.930 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 16 | 14202 | 0 | 0.76 | 0.278 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 17 | 4066 | 0 | 0.76 | -3.374 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 18 | 3620 | 0 | 0.76 | -7.039 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 19 | 3041 | 0 | 0.76 | -10.734 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 20 | 2802 | 0 | 0.76 | -14.475 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 21 | 2487 | 0 | 0.76 | -18.280 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 22 | 2093 | 0 | 0.76 | -22.171 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 23 | 1612 | 0 | 0.76 | -26.174 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 24 | 1037 | 0 | 0.76 | -30.320 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |
| 25 | 355 | 0 | -7.59 - 0.76 | -34.122 | 22.177 | 0.00 | 0.000 | |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

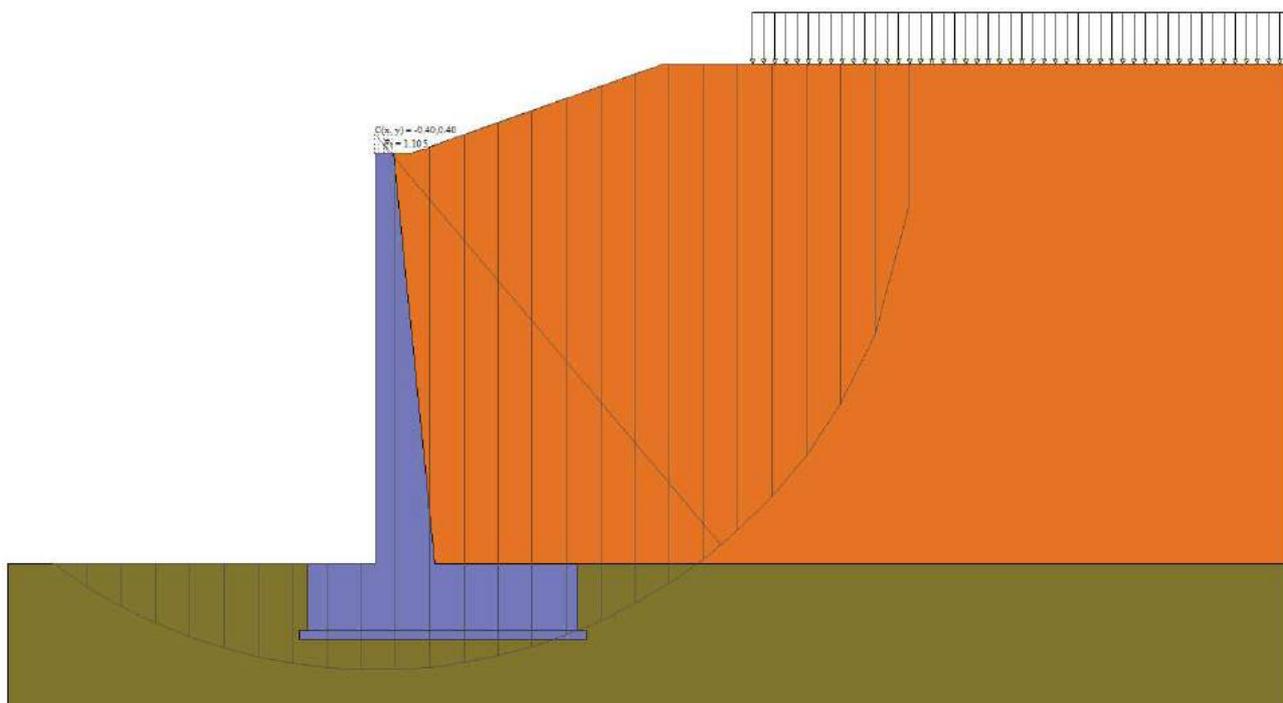


Figura 4 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Combinazione n° 8 - GEO A2-M2-R2

| n° | W [kg] | Qy [kg] | b [m] | α [°] | ϕ [°] | c [kg/cm ²] | u [kg/cm ²] | Tx; Ty [kg] |
|----|-----------|------------|--------------|-----------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| 1 | 6810 | 0 | 11.49 - 0.76 | 75.359 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 2 | 10124 | 0 | 0.76 | 63.965 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 3 | 12131 | 0 | 0.76 | 56.500 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 4 | 13664 | 0 | 0.76 | 50.335 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 5 | 14907 | 0 | 0.76 | 44.900 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 6 | 15942 | 0 | 0.76 | 39.945 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 7 | 16800 | 0 | 0.76 | 35.329 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 8 | 17368 | 0 | 0.76 | 30.965 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 9 | 17563 | 0 | 0.76 | 26.794 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 10 | 17971 | 0 | 0.76 | 22.772 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 11 | 18419 | 0 | 0.76 | 18.866 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 12 | 18342 | 0 | 0.76 | 15.049 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 13 | 18190 | 0 | 0.76 | 11.300 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 14 | 18002 | 0 | 0.76 | 7.599 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 15 | 19853 | 0 | 0.76 | 3.930 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 16 | 14202 | 0 | 0.76 | 0.278 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 17 | 4066 | 0 | 0.76 | -3.374 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 18 | 3620 | 0 | 0.76 | -7.039 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 19 | 3041 | 0 | 0.76 | -10.734 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 20 | 2802 | 0 | 0.76 | -14.475 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 21 | 2487 | 0 | 0.76 | -18.280 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 22 | 2093 | 0 | 0.76 | -22.171 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 23 | 1612 | 0 | 0.76 | -26.174 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 24 | 1037 | 0 | 0.76 | -30.320 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 25 | 355 | 0 | -7.59 - 0.76 | -34.122 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo opere di fondazione

32

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

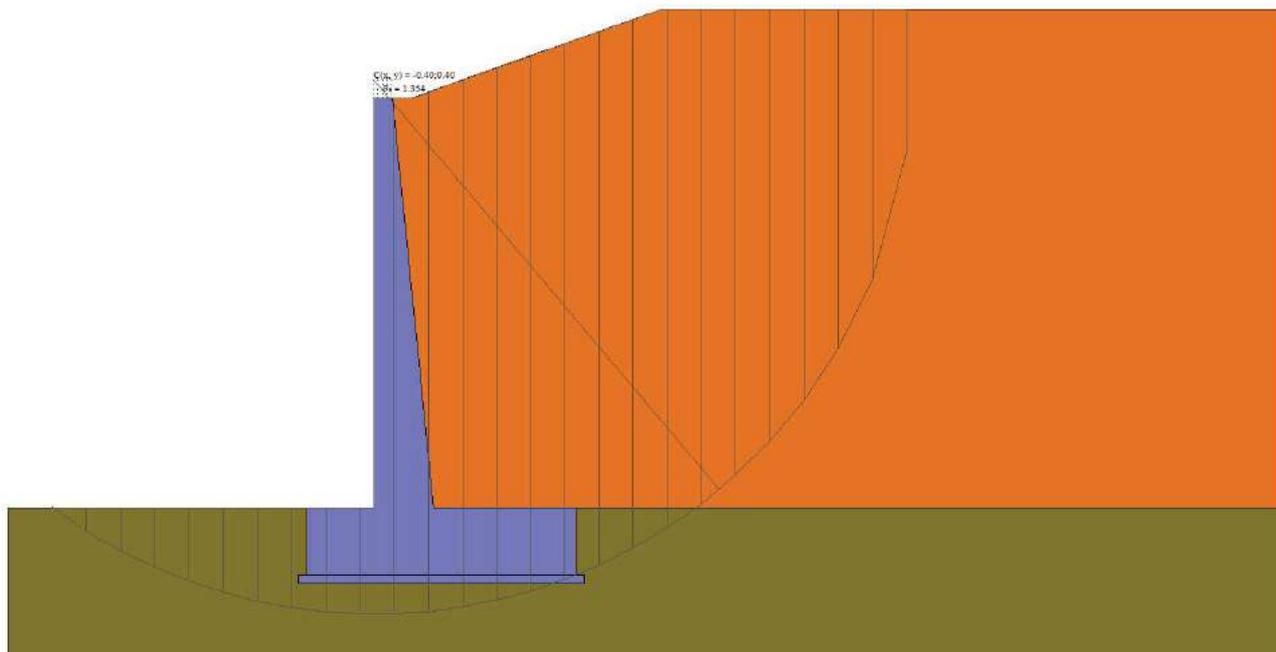


Figura 5 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 8)

Combinazione n° 9 - GEO A2-M2-R2

| n° | W [kg] | Qy [kg] | b [m] | α [°] | ϕ [°] | c [kg/cm ²] | u [kg/cm ²] | Tx; Ty [kg] |
|----|-----------|------------|--------------|-----------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| 1 | 6810 | 0 | 11.49 - 0.76 | 75.359 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 2 | 10124 | 0 | 0.76 | 63.965 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 3 | 12131 | 0 | 0.76 | 56.500 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 4 | 13664 | 0 | 0.76 | 50.335 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 5 | 14907 | 0 | 0.76 | 44.900 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 6 | 15942 | 0 | 0.76 | 39.945 | 30.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 7 | 16800 | 0 | 0.76 | 35.329 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 8 | 17368 | 0 | 0.76 | 30.965 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 9 | 17563 | 0 | 0.76 | 26.794 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 10 | 17971 | 0 | 0.76 | 22.772 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 11 | 18419 | 0 | 0.76 | 18.866 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 12 | 18342 | 0 | 0.76 | 15.049 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 13 | 18190 | 0 | 0.76 | 11.300 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 14 | 18002 | 0 | 0.76 | 7.599 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 15 | 19853 | 0 | 0.76 | 3.930 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 16 | 14202 | 0 | 0.76 | 0.278 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 17 | 4066 | 0 | 0.76 | -3.374 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 18 | 3620 | 0 | 0.76 | -7.039 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 19 | 3041 | 0 | 0.76 | -10.734 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 20 | 2802 | 0 | 0.76 | -14.475 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 21 | 2487 | 0 | 0.76 | -18.280 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 22 | 2093 | 0 | 0.76 | -22.171 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 23 | 1612 | 0 | 0.76 | -26.174 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 24 | 1037 | 0 | 0.76 | -30.320 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |
| 25 | 355 | 0 | -7.59 - 0.76 | -34.122 | 27.000 | 0.00 | 0.000 | |

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

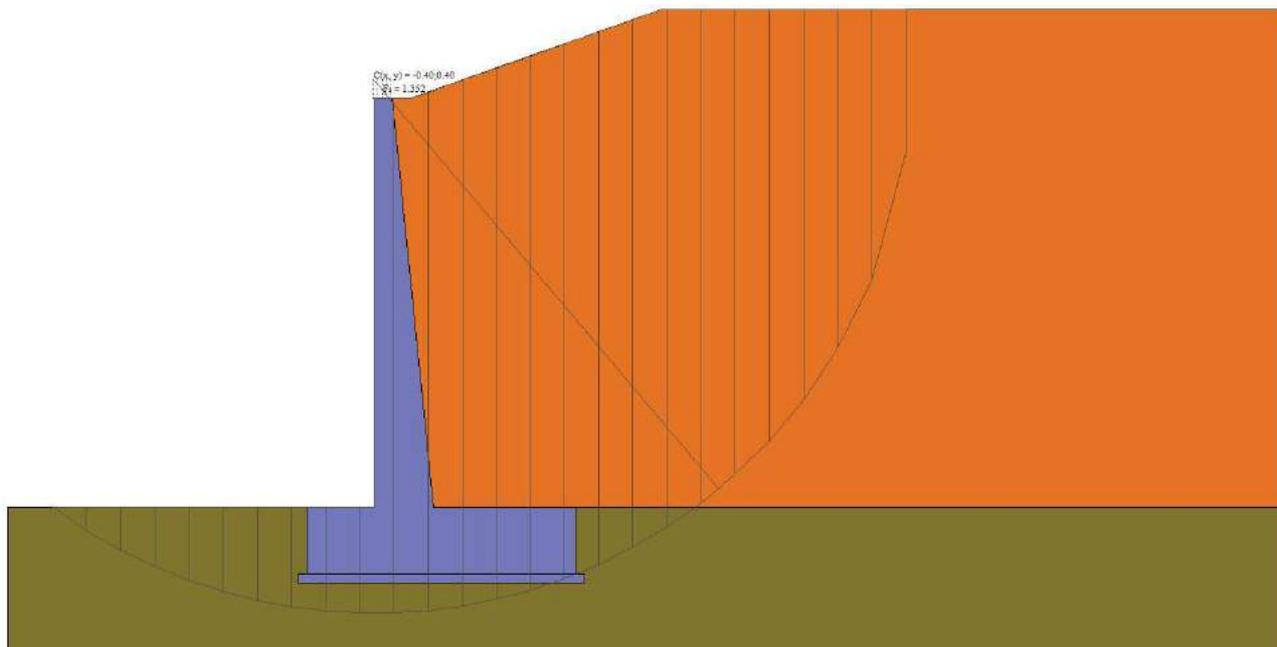


Figura 6 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 9)

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it