

**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



**PRO  
ITER**  
Progetto  
Infrastrutture  
Territorio s.r.l.

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

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

LOPLSQ E 1901

NOME FILE

T00PO04STRRE03B

CODICE  
ELAB.

T00PO04STRRE03

REVISIONE

SCALA

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

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	2
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>6</b>
3.1	CALCESTRUZZO.....	6
3.1.1	Spalle – fondazioni.....	6
3.1.2	Muri d'ala – fondazioni .....	7
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEL TERRENO</b> .....	<b>8</b>
4.1	TERRENO DI RIEMPIMENTO .....	8
4.2	STRATO DI BASE .....	8
<b>5</b>	<b>SOLLECITAZIONI ALLA BASE DELLE FONDAZIONI DELLE SPALLE</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>5 VERIFICHE GEOTECNICHE</b> .....	<b>15</b>
	Carico assiale.....	18
	Carico orizzontale .....	23
<b>7</b>	<b>MURI D'ALA</b> .....	<b>25</b>
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.

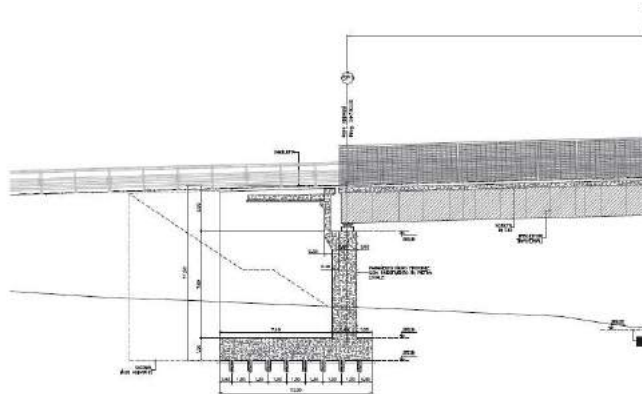


Figura 1 – stralcio Profilo longitudinale

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.

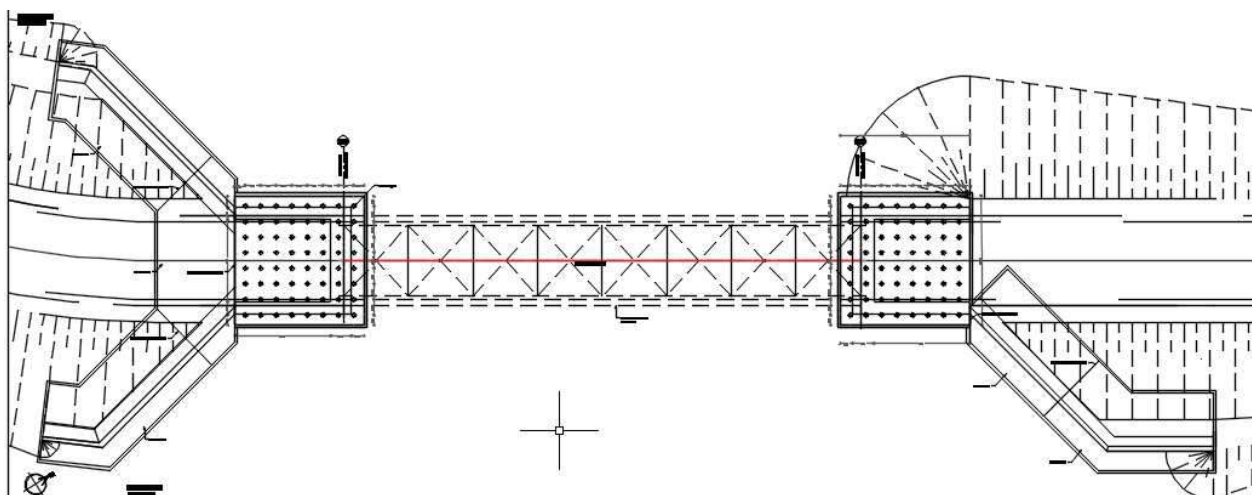


Figura 22 – stralcio pianta

## 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

$\gamma$  = 25 kN/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> 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 <sup>q</sup> ]

### 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 <sup>q</sup> ]

#### 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

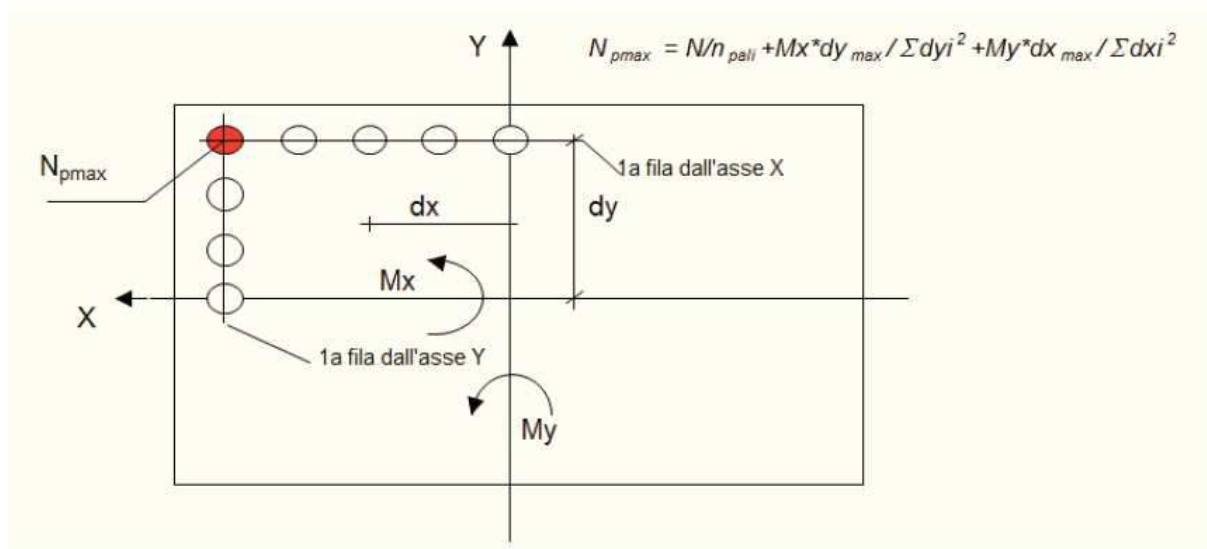
**Mandante**

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 <sub>x,Ed</sub> KN	M <sub>y,Ed</sub>		M <sub>z,Ed</sub>		N <sub>x,Ed</sub> /n <sub>p</sub> KN	M <sub>tot,y</sub> KN-m	M <sub>tot,z</sub> KN-m	M <sub>tot,y</sub> Z <sub>max</sub> /I <sub>y</sub> KN	M <sub>tot,z</sub> Y <sub>max</sub> /I <sub>z</sub> KN	N <sub>p,max</sub> KN	N <sub>p,min</sub> KN	N <sub>p,max</sub> KN	N <sub>p,min</sub> KN
	KN-m	KN-m	KN-m	KN-m									
-25371	-4621	-1365	-1350,000	-1350,000	-396,422	4621,000	-1350,000	-40,113	-11,719	-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		
-25100	-5622	-1682	-1682,000	-1682,000	-392,188	5622,000	-1682,000	-48,802	-14,601	-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		
-25100	-4544	-1353	-1353,000	-1353,000	-392,188	4544,000	-1353,000	-39,444	-11,745	-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		
-19043	-3066	-897	-897,000	-897,000	-297,547	3066,000	-897,000	-26,615	-7,786	-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		
-18811	-4869	-1458	-1458,000	-1458,000	-293,922	4869,000	-1458,000	-42,266	-12,656	-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		
-18811	-3000	-887	-887,000	-887,000	-293,922	3000,000	-887,000	-26,042	-7,700	-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		
-21063	-4621	-1365	-1365,000	-1365,000	-329,109	4621,000	-1365,000	-40,113	-11,849	-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		
-20792	-5622	-1682	-1682,000	-1682,000	-324,875	5622,000	-1682,000	-48,802	-14,601	-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		
-20792	-4544	-1353	-1353,000	-1353,000	-324,875	4544,000	-1353,000	-39,444	-11,745	-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		
-18718	-3104	-914	-914,000	-914,000	-292,469	3104,000	-914,000	-26,944	-7,934	-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		
-18517	-3765	-1124	-1124,000	-1124,000	-289,328	3765,000	-1124,000	-32,682	-9,757	-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		
-18517	-3046	-905	-905,000	-905,000	-289,328	3046,000	-905,000	-26,441	-7,856	-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 $\gamma_F$ (o $\gamma_R$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> 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  $\gamma_{c2}$



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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_{kt}$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_f$	1,0	1,0

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  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	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_c$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale <sup>(*)</sup>	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{ct}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

<sup>(\*)</sup> 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  $\gamma_R$  (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	<b>1,35</b>
Laterale in compressione	1,0	1,45	<b>1,15</b>
Laterale in trazione	1,0	1,6	<b>1,25</b>

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  $\xi$ , 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  $\xi$  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	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	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 -  $\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

$\alpha$  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  $\alpha$  = .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 orizzontale****Caratteristiche micropalo**

L 16.00 m

Diametro micropalo  $\Phi 300$ **Caratteristiche armatura** $\Phi 219.1$  mm – spessore s 10 mmArea armatura 3569 mm<sup>2</sup>Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm) 3.59E07 mm<sup>4</sup>Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>) 328.47 mm<sup>3</sup>

Tipo di acciaio S 355 (fe 510)

Tensione di snervamento acciaio F<sub>y</sub> 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente parziale acciaio 1.05

Tensione ammissibile acciaio  $\sigma_{lim}$  338 (N/mm<sup>2</sup>)Modulo di elasticità acciaio E<sub>arm</sub> 210.000 (N/mm<sup>2</sup>)Coefficiente di reazione laterale (winkler) k=150 (MN/m<sup>3</sup>)

Sollecitazioni massime sul singolo micropalo

	F <sub>h</sub>	N <sub>max</sub>	(KN)
Spalla ponte monocampata:	<b>62.5</b>	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

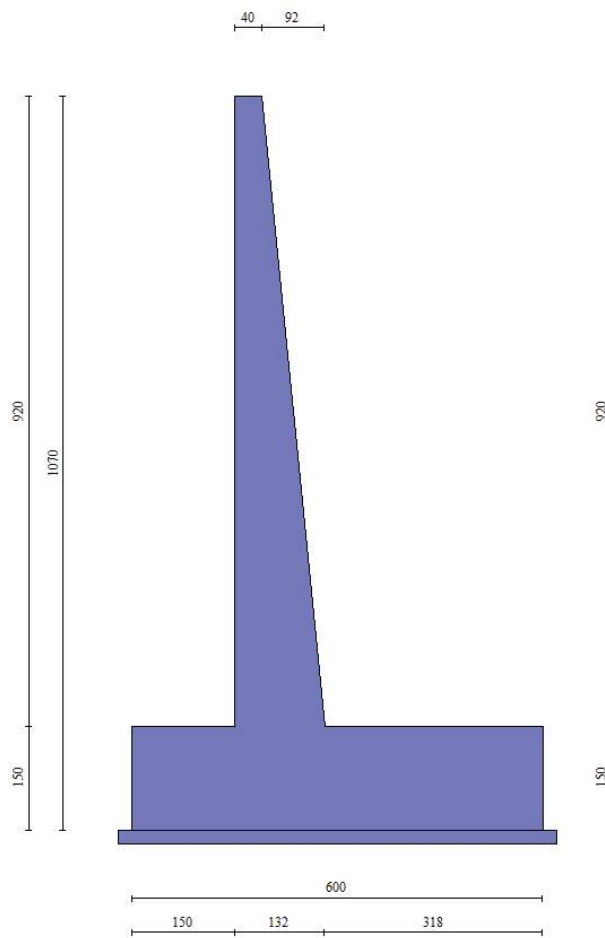


Figura 3 – Geometria del muro d'ala

## 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  $\delta_f$  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,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  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<sub>γ</sub> Fattori di capacità portanteic, iq, i<sub>γ</sub> Fattori di inclinazione del caricodc, dq, d<sub>γ</sub> Fattori di profondità del piano di posagc, gq, g<sub>γ</sub> Fattori di inclinazione del profilo topograficobc, bq, b<sub>γ</sub> Fattori di inclinazione del piano di posasc, sq, s<sub>γ</sub> Fattori di forma della fondazionepc, pq, p<sub>γ</sub> Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesicr<sub>γ</sub> 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<sup>q</sup>]

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

n°	Nc Nq N <sub>γ</sub>	ic iq i <sub>γ</sub>	dc dq d <sub>γ</sub>	gc gq g <sub>γ</sub>	bc bq b <sub>γ</sub>	sc sq s <sub>γ</sub>	pc pq p <sub>γ</sub>	r <sub>γ</sub>	D	H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kg/m <sup>c</sup> ]	[°]	[kg/c <sup>m</sup> 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  $\phi_i$  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  $\eta$ . Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  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

## 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]

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

$\phi$  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]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	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



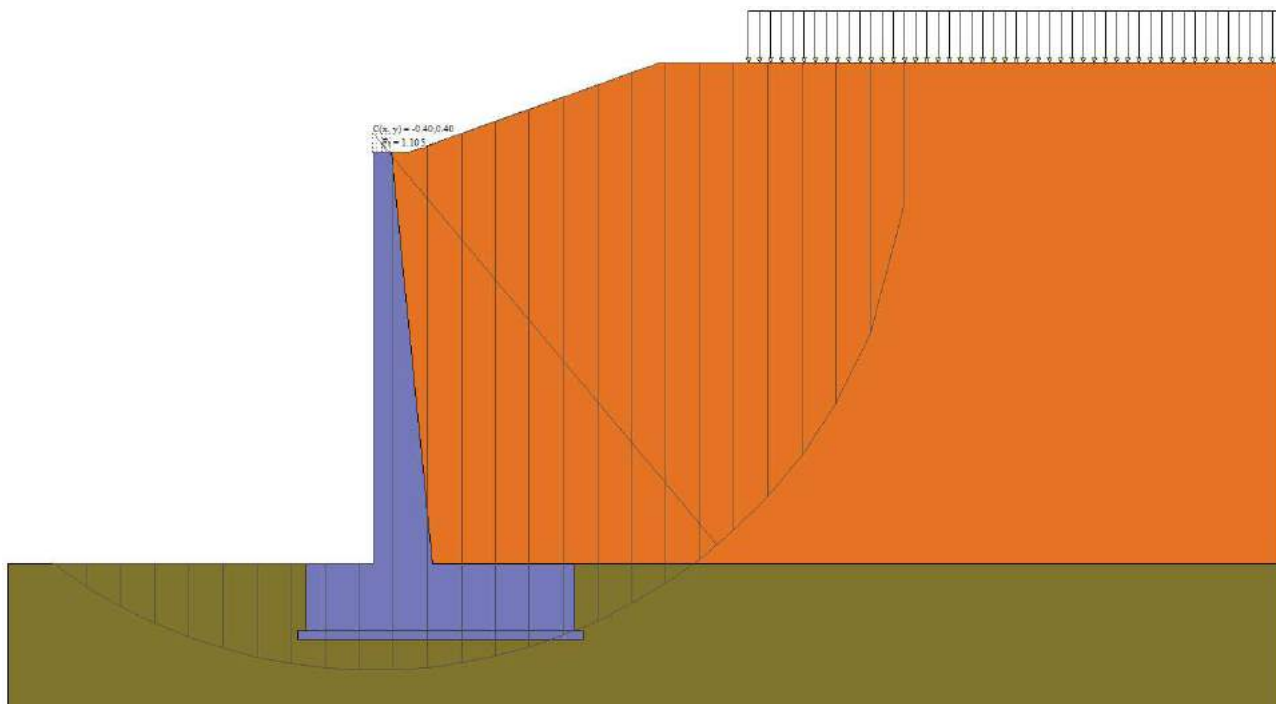


Figura 4 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

## Combinazione n° 8 - GEO A2-M2-R2

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	u [kg/cm <sup>2</sup> ]	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

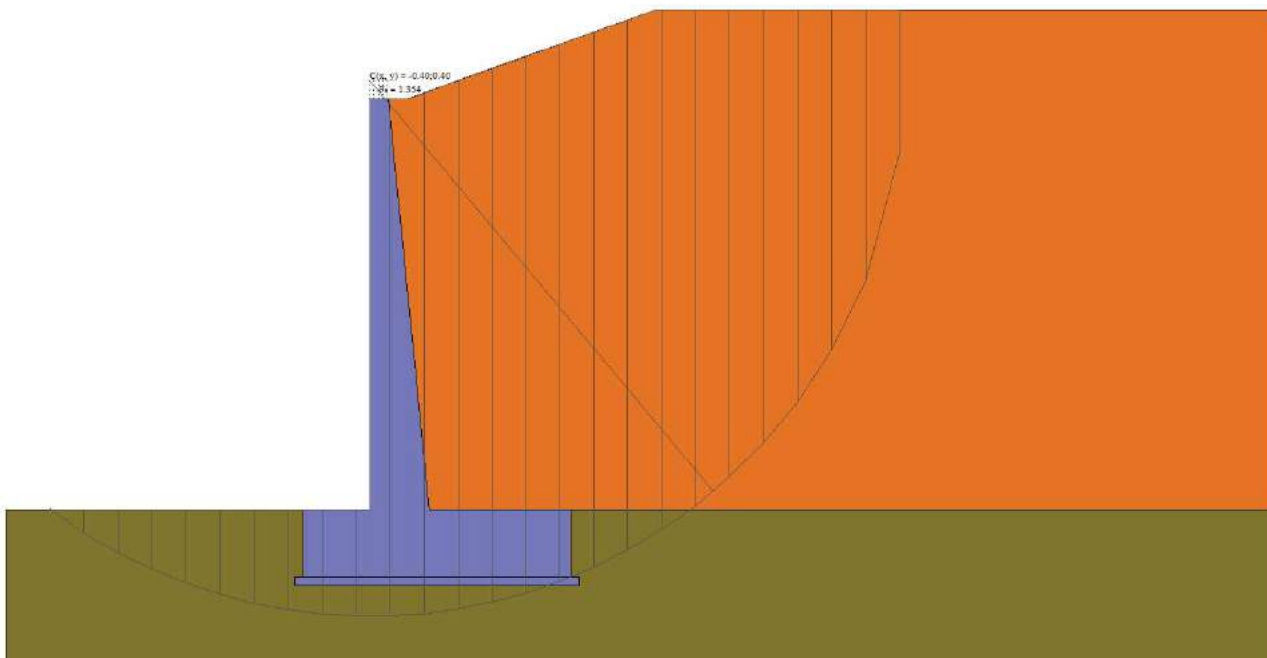


Figura 5 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 8)

## Combinazione n° 9 - GEO A2-M2-R2

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	u [kg/cm <sup>2</sup> ]	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

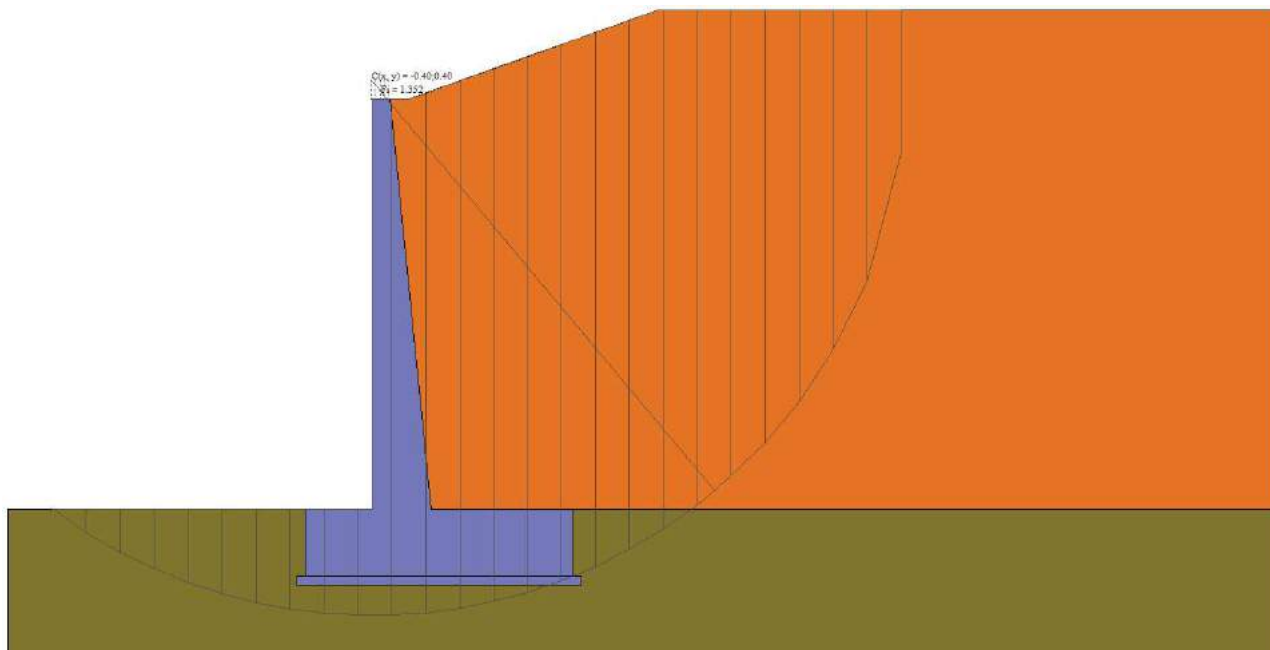


Figura 6 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 9)

**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