



## LAVORI DI ADEGUAMENTO DELL'OPERA D'ARTE (PONTE N. 178) SULLA S.P. 18 "JESI-MONTERADO" AL KM 24+225 SUL TORRENTE NEVOLA - COD. INT. 80.02

CUP: H61B19000370003 - CIG: 85379191A6

### PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

## RELAZIONE DI CALCOLO DEI RACCORDI

Visti:

Impresa Appaltatrice



**ACREIDE**  
CONSORZIO STABILE  
S.C.A.R.L.

Consoziata Esecutrice



**CIANTARTI**  
INFRASTRUTTURE EVOLUTE

Impresa Appaltatrice: **CONSORZIO ACREIDE s.c.a.r.l.**  
sede: Via Michelangelo Buonarroti n. 56, Zola Predosa (BO)  
C.F./P.IVA : 03811731201

Responsabile dell'Area e R.U.P. :

Ing. Monica Ulissi

Direttore dei Lavori :

Ing. Stefano Vignati

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti:

Arch. Alfonso Sorrento (Capogruppo-Mandatario)

Ing. Marco Santangelo (Mandante)

Ing. Luigi Fazio (Mandante)

Ing. Giuseppe Montecristo (Mandante)

Ing. Antonino Carmelo Milazzo (Mandante)

Consulenza Strutturale

Ing. Nicola Del Ciotto (società Valeo s.r.l.)

Staff di Progettazione :

Ing. Giuseppe Riggio

Geom. Enrico Leonardi

argomento tavola:

## RELAZIONE

data:

Gennaio 2024

revisione:

01\_12-04-2024

scala:

elaborato:

**26**

allegato / tavola :

**26- STR**

# Sommario

<b>1 ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>2</b>
1.1 PESO PROPRIO.....	2
1.2 SOVRACCARICO PERMANENTE.....	2
1.3 SOVRACCARICO VARIABILE.....	2
1.4 SPINTA DEL TERRENO .....	2
1.5 SPINTA DEI CARICHI DA TRAFFICO.....	2
1.6 SPINTA TOTALE .....	2
<b>2 COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3 SOLLECITAZIONI .....</b>	<b>4</b>
<b>4 VERIFICHE SLU .....</b>	<b>5</b>
4.1 PIEDRITTO.....	5
4.2 SOLETTA.....	5
4.3 PALO DI FONDAZIONE.....	6
<b>5 VERIFICHE SLE.....</b>	<b>7</b>
5.1 PIEDRITTO – COMBINAZIONE RARA .....	7
5.2 PIEDRITTO – COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE .....	8
5.3 SOLETTA – COMBINAZIONE RARA.....	9
5.4 SOLETTA – COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE.....	10
5.5 PALO DI FONDAZIONE – COMBINAZIONE RARA.....	11
5.6 PALO DI FONDAZIONE – COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE.....	12
<b>6 VERIFICA GEOTECNICA .....</b>	<b>13</b>

## 1 ANALISI DEI CARICHI

### 1.1 Peso Proprio

Il peso proprio è determinato dal volume degli elementi strutturali moltiplicato per il peso specifico del calcestruzzo assunto pari a 25 kN/mc. In questo caso sia ha:

$$- G_1 = 0,20 \text{ m}^3 * 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 5 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{500 \text{ kg/ml}}$$

### 1.2 Sovraccarico permanente

Per il sovraccarico permanente sono stati assunti i seguenti valori:

$$- G_2 = \mathbf{100 \text{ kg/ml}}$$

### 1.3 Sovraccarico variabile

Per il sovraccarico variabile sono stati assunti i seguenti valori:

$$- Q = \mathbf{600 \text{ kgm}}$$
 (vedi cap.5 NTC 2018)

### 1.4 Spinta del terreno

I dati del terreno utili per calcolare la spinta attiva sono i seguenti:

- $\gamma_t = \mathbf{2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$  (peso di volume)
- $\phi = \mathbf{30^\circ}$  (angolo di resistenza al taglio)
- $K_a = \mathbf{tg^2 * (\frac{90-30}{2})} = \mathbf{0,577}$  (coefficiente di spinta attiva)
- $H = \mathbf{1,50 \text{ m}}$  (altezza)

La spinta attiva sarà:

$$S_a = \frac{1}{2} * \gamma_t * H^2 * K_a = \frac{1}{2} * 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (1,5 \text{ m})^2 * 0,577 = \mathbf{1300 \text{ kg}}$$

### 1.5 Spinta dei carichi da traffico

La spinta dei carichi da traffico sarà:

$$S_t = \gamma_t * K_a = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,577 = \mathbf{1155 \text{ kg}}$$

### 1.6 Spinta totale

La spinta totale sarà data dalla somma della spinta attiva e dalla spinta dei carichi da traffico:

$$S_{TOT} = S_a + S_t = 1300 \text{ kg} + 1155 \text{ kg} = \mathbf{2454 \approx 2500 \text{ kg}}$$

## 2 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono delle combinazioni delle azioni (punto 2.5.3 del D. M. 17 gennaio 2018) e i valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$  sono dati dalla Tab. 2.6.I del D.M. 17 gennaio 2018.

In questo calcolo si sono utilizzate le seguenti combinazioni:

*Combinazione fondamentale impiegata per gli Stati Limite Ultimi:*

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \dots \dots$$

*Combinazione caratteristica (rara) impiegata per gli Stati Limite di Esercizio irreversibili:*

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \dots \dots$$

*Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:*

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \dots \dots$$

I coefficienti  $\psi$  sono stati ricavati dalla tabella 5.1.VI del D.M. 17 gennaio 2018:

**Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

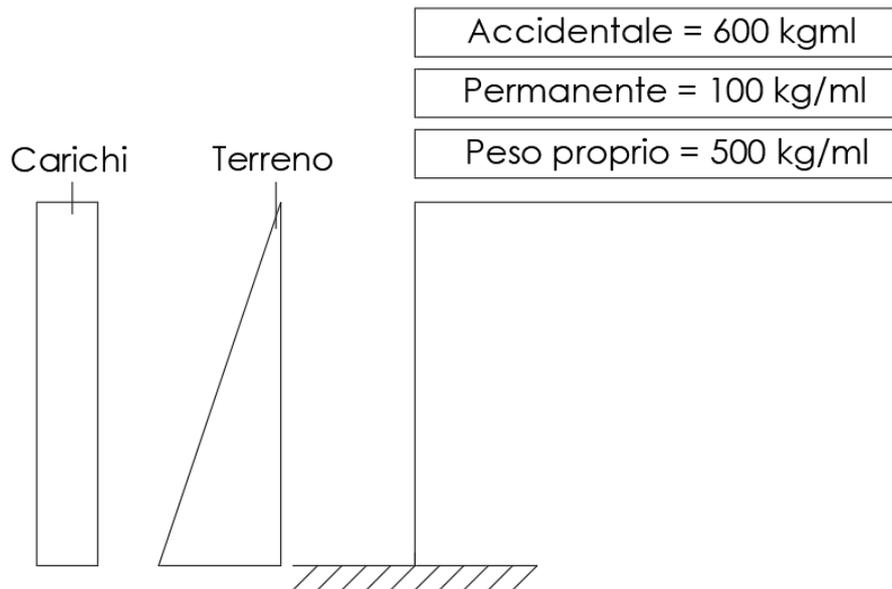
$$Q_{SLU} = 1,3 \cdot 500 \frac{\text{kg}}{\text{ml}} + 1,5 \cdot (600 \text{ kg} + 100 \frac{\text{kg}}{\text{ml}}) = 650 \text{ kg} + 1050 \text{ kg} = \mathbf{1700 \text{ kg}}$$

$$Q_{RARA} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{ml}} + 600 \text{ kg} + 100 \frac{\text{kg}}{\text{ml}} = \mathbf{1200 \text{ kg}}$$

$$Q_{\text{QUASI PERMANENTE}} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{ml}} + 100 \frac{\text{kg}}{\text{ml}} = \mathbf{600 \text{ kg}}$$

### 3 SOLLECITAZIONI

Lo schema statico utilizzato è quello a mensola, come riportato di seguito:



Combinazione	Piedritto		
	Nsd (kN)	Msd (kNm)	Vsd (kN)
SLU	131,77	86,23	61,39
SLE Rara	115,19	58,62	40,92
SLE Quasi permanente	95,30	25,26	17,82

Soletta	
Combinazione	Msd (kNm)
SLU	33,25
SLE Rara	23,30
SLE Quasi permanente	13,04

## 4 VERIFICHE SLU

### 4.1 Piedritto

A vantaggio di sicurezza si trascura il contributo stabilizzante del carico assiale.

**Titolo:** Piedritto

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	3
2	15,71	67

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M**  $M_{xRd}$  399,6 kNm  
 $\sigma_c$  -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  60,87 ‰  
 d 67 cm  
 x 3,643 x/d 0,05437  
 $\delta$  0,7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

### 4.2 Soletta

**Titolo:** Soletta

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	3
2	15,71	17

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M**  $M_{xRd}$  92,26 kNm  
 $\sigma_c$  -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  12,8 ‰  
 d 17 cm  
 x 3,65 x/d 0,2147  
 $\delta$  0,7084

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

### 4.3 Palo di fondazione

**Titolo :** Palo raccordo

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 30 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 10  
 Diametro barre: 2 [cm]  
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 131,77 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	3,5 ‰
$E_s$	200.000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	14,17
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0,8
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,63
$\sigma_{s,adm}$	215 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	0,7536
		$\tau_{c1}$	2,158

M<sub>xRd</sub>: 290,4 kN m

$\sigma_c$ : -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3,5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 8,629 ‰  
 d: 55 cm  
 x: 15,87 x/d: 0,2886  
 $\delta$ : 0,8007

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

Elemento	Msd (kNm)	Mrd	C/D
Piedritto	86,23	399,6	4,63
Soletta	33,25	92,26	2,77
Palo di fondazione	86,23	290,40	3,36

## 5 VERIFICHE SLE

### 5.1 Piedritto – combinazione rara

**Titolo:** Piedritto

N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	3
2	15,71	67

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 58,62 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14,17 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 ?  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
 σ<sub>s,adm</sub> 215 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
 τ<sub>c1</sub> 1,829

σ<sub>c</sub> -1,053 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 59,54 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,2977 ‰  
 d 67 cm  
 x 14,05 x/d 0,2097  
 δ 0,7022

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Verifica**  
 N° iterazioni: 5  
 Precompresso

Calcestruzzo:

$$\sigma_{c,max} = 1,053 \text{ Mpa} \leq 0,60 * f_{ck} = 15 \text{ MPa}$$

Acciaio:

$$\sigma_{s,max} = 59,54 \text{ MPa} \leq 0,80 * f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

## 5.2 Piedritto – combinazione quasi permanente

**Titolo:** Piedritto

N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	3
2	15,71	67

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 25,26 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Materiali**

B450C		C25/30	
ε <sub>su</sub>	67,5 ‰	ε <sub>c2</sub>	2 ‰
f <sub>yd</sub>	391,3 N/mm <sup>2</sup>	ε <sub>cu</sub>	3,5 ‰
E <sub>s</sub>	200.000 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>cd</sub>	14,17
ε <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0,8
ε <sub>syd</sub>	1,957 ‰	σ <sub>c,adm</sub>	9,75
σ <sub>s,adm</sub>	215 N/mm <sup>2</sup>	τ <sub>co</sub>	0,6
		τ <sub>c1</sub>	1,829

σ<sub>c</sub> -0,454 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 25,66 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>s</sub> 0,1283 ‰  
d 67 cm  
x 14,05 x/d 0,2097  
δ 0,7022

**Verifica**  
N° iterazioni: 5

Precompresso

Calcestruzzo:

$$\sigma_{c,max} = 0,454 \text{ MPa} \leq 0,45 * f_{ck} = 11,25 \text{ MPa}$$

Acciaio:

$$\sigma_{s,max} = 25,66 \text{ MPa} \leq 0,80 * f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$



## 5.4 Soletta – combinazione quasi permanente

**Titolo:** Soletta

N° figure elementari:  Zoom

N° strati barre:  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	3
2	15,71	17

**Tipo Sezione**

Rettan.re    Trapezi

a T    Circolare

Rettangoli    Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U.    Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**

Centro    Baricentro cls

Coord.[cm]   xN    yN

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+    S.L.U.-

Metodo n

**Materiali**

B450C    C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰   ε<sub>c2</sub>  ‰

f<sub>yd</sub>  N/mm²   ε<sub>cu</sub>  ‰

E<sub>s</sub>  N/mm²   f<sub>cd</sub>  N/mm²

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>    f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?

ε<sub>syd</sub>  ‰   σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²

σ<sub>s,adm</sub>  N/mm²   τ<sub>co</sub>  N/mm²

τ<sub>c1</sub>  N/mm²

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x    x/d    δ

**Verifica**

N° iterazioni:

Precompresso

Calcestruzzo:

$$\sigma_{c,max} = 2,096 \text{ MPa} \leq 0,45 * f_{ck} = 11,25 \text{ MPa}$$

Acciaio:

$$\sigma_{s,max} = 56,47 \text{ MPa} \leq 0,80 * f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

## 5.5 Palo di fondazione – combinazione rara

**Titolo :** Palo raccordo

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 30 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 10  
 Diametro barre: 2 [cm]  
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 115,19 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 58,62 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Materiali**

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	3,5 ‰
$E_s$	200.000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	14,17
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0,8 ?
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,63
$\sigma_{s,adm}$	215 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	0,7536
		$\tau_{c1}$	2,158

$\sigma_c$ : -3,938 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 79,63 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 52  
 Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

$\epsilon_s$ : 0,3981 ‰  
 d: 55 cm  
 x: 23,42 x/d: 0,4259  
 $\delta$ : 0,9724

### Calcestruzzo

$$\sigma_{c,max} = 3,938 \text{ Mpa} \leq 0,60 * f_{ck} = 15 \text{ MPa}$$

### Acciaio:

$$\sigma_{s,max} = 79,63 \text{ MPa} \leq 0,80 * f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

## 5.6 Palo di fondazione – combinazione quasi permanente

**Titolo :** Palo raccordo

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 30 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 10  
 Diametro barre: 2 [cm]  
 Copriferro [baric.]: 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 95,30 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 25,26 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

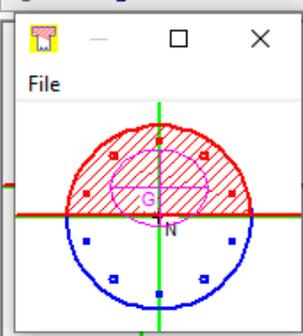
**Materiali**

B450C C25/30

ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 14,17  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8 ?  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 12,63  
 σ<sub>s,adm</sub>: 215 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0,7536  
 τ<sub>c1</sub>: 2,158

σ<sub>c</sub>: -1,637 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>: 21,02 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>s</sub>: 0,1051 ‰  
 d: 55 cm  
 x: 29,63 w/d: 0,5388  
 δ: 1

Vertici: 52  
 Verifica  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso



Calcestruzzo:

$$\sigma_{c,max} = 1,637 \text{ Mpa} \leq 0,45 * f_{ck} = 11,25 \text{ MPa}$$

Acciaio:

$$\sigma_{s,max} = 21,02 \text{ MPa} \leq 0,80 * f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

## 6 VERIFICA GEOTECNICA

La portanza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo. E' data dalla somma della portata alla punta e la portata per attrito laterale. I calcoli sono eseguiti secondo le norme A.G.I. La formula di seguito riportata è un'estensione di quella classica in quanto tiene conto del fatto che il terreno può presentare strati con caratteristiche differenti. Gli angoli vanno espressi in radianti.

Nel caso di terreni coesivi ( $c_m > 0$ ):

$$Ra = \pi \cdot D \cdot l \cdot \alpha \cdot c_m$$

$$Rb = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot (9 \cdot c_b + \pi m \cdot l)$$

essendo (esprimendo  $c_m$  in Kg/cm<sup>2</sup>):

$$\alpha = 0,9 \text{ per } c_m < 0,25$$

$$\alpha = 0,8 \text{ per } 0,25 < c_m < 0,50$$

$$\alpha = 0,6 \text{ per } 0,50 < c_m < 0,75$$

$$\alpha = 0,4 \text{ per } c_m > 0,75$$

Nel caso di terreni incoerenti ( $c_m = 0$ ):

$$Ra = \pi \cdot D \cdot \frac{l}{2} \cdot \sum [K \cdot \tau \cdot h^2 \cdot \tan \phi + 2 \cdot h \cdot \tan \phi \cdot \sum (\tau \cdot h)]$$

essendo:

$$K = \frac{1}{7} \cdot \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot \frac{1}{1 - \tan(0,8 \cdot \phi) \cdot (1 - \sin \phi)}$$

con la prima sommatoria estesa a tutti gli strati e la seconda a tutti quelli soprastanti lo strato  $i$ -esimo.

$$Rb = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \pi m \cdot l \cdot Nq$$

il termine  $Nq$  è funzione di  $f_b$  e del rapporto  $h / D$ , ricavato per interpolazione lineare in base alla seguente tabella (valida nel caso di  $D$  minore o uguale al diametro limite impostato nei dati generali, pari a 60 o 80 cm):

$f_b$	0	28	30	32	34	36	38	40			
		$Nq$	0	12	17	25	40	58	89	137	per $h / D = 25$
		$Nq$	0	9	14	22	37	56	88	136	per $h / D = 50$

o in base a quest'altra (per D maggiore del diametro limite):

$f_b$	0	25	30	35	40			
		$N_q$	0	4,0	10,0	18,8	32,8	per $h / D = 4$
		$N_q$	0	5,2	8,8	15,2	28,5	per $h / DS = 32$

In presenza di fenomeni di attrito negativo, al carico agente sul palo va aggiunto il seguente termine:

$$R_{neg} = \rho \cdot D \cdot t_m \cdot l \cdot Lambe$$

La simbologia usata nella formula precedente è la seguente:

- $D$  = diametro del palo
- $L$  = lunghezza del palo
- $H$  = spessore dello strato di terreno attraversato
- $R_a$  = portanza per attrito laterale
- $R_b$  = portanza alla base
- $t$  = peso specifico del terreno del singolo strato
- $t_m$  = peso specifico in media pesata sugli strati
- $f$  = angolo di attrito interno del terreno del singolo strato
- $cb$  = coesione del terreno dello strato di base
- $cm$  = coesione in media pesata sugli strati
- $Lambe$  = coefficiente di Lambe per il calcolo dell'attrito negativo

Tale formula si riferisce alla portata del singolo palo isolato; nel caso di pali ravvicinati, si considera un coefficiente riduttivo di gruppo, funzione dell'interasse tra i pali rapportato al diametro. Ai fini del calcolo del coefficiente di sicurezza alla portanza, al carico di esercizio agente sul palo si somma il peso proprio del palo stesso.

La resistenza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo. I calcoli sono eseguiti secondo la teoria di Broms. Gli angoli vanno espressi in radianti. In generale la pressione resistente lungo il fusto del palo viene calcolata in base alle due seguenti espressioni, valide per condizioni non drenate e drenate. La resistenza complessiva si ricava integrando tale pressione per la lunghezza del palo, tenendo così conto della presenza di diversi

strati. Nei tabulati verrà riportato il valore minimo del carico limite tra condizioni drenata e non drenata. In condizioni non drenate si ha:

$$P_u = 9 * C_u * D$$

Il carico limite si ricava da tale valore della pressione limite, estesa per tutto lo sviluppo del palo con eccezione del tratto iniziale per una lunghezza di 1,5 diametri. In condizioni drenate invece si ha:

$$P = (3 * K_p * g * z + 9 * C) * D$$

Il carico limite si ricava da tale valore della pressione limite, estesa per tutto lo sviluppo del palo.

La simbologia usata è la seguente:

$D$  = diametro del palo

$C_u$  = coesione non drenata

$C$  = coesione drenata

$K_p$  = costante di spinta passiva

$g$  = peso specifico del terreno

$z$  = profondità

Tali formule si riferiscono alla portata del singolo palo isolato; nel caso di pali ravvicinati, si considera un coefficiente riduttivo di gruppo, funzione dell'interasse tra i pali rapportato al diametro.

STRATIGRAFIA		Peso specifico $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Angolo d'attrito $\phi$ (°)	Coesione drenata $c'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata $c_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,00 m	Riperto	1,70	15°	0,00	0,00
-0,60÷2,80 m	Depositi prevalentemente limosi	1,85	26°	0,05	0,70
-3,20÷7,00 m	Depositi prevalentemente ghiaiosi con lenti limo-sabbiose e limo-argillose	1,95	35°	0,00	0,00
-12,60÷14,60	Substrato: Formazione Plio-Pleistocenica inalterata	2,05	24°	0,40	3,00

Le sollecitazioni sul palo sono quelle alla base del piedritto e riportate di seguito:

Combinazione	Piedritto		
	Nsd (kN)	Msd (kNm)	Vsd (kN)
SLU	131,77	86,23	61,39
SLE Rara	115,19	58,62	40,92
SLE Quasi permanente	95,30	25,26	17,82

VERIFICA PORTANZA PALI																								
VERIFICA PORTANZA PALI E MICROPALI																								
IDENTIFICAT		CARICO LUNGO L'ASSE DEL PALO										CARICO ORTOGONALE ALL'ASSE						VERIFICA SLD				Q MAX SLE		
Filo N.	Fi cm	Int cm	Cm as	Qpunt	Qlat t	Coef Grup	Qlim t	QEule t	Qes t	Coef Sic.	Cm or	Qag t	Coef Grup	Qlim t	Qeso t	Coef Sicu	STA TUS	Co mb	Qlim t	Qmax SLD	Coef Sic.	STA TUS	Cmb SLE	Qmax SLE t
1	60	0	1	11,5	6,8	1,00	18,2	999,9	17,5	1,0	1	21,6	1,00	16,6	6,1	2,7	OK	0	0,0	0,0	100000,0	OK	0	0,0

La verifica risulta soddisfatta