

COMUNE DI CASTIGLIONE DELLA PESCAIA  
Provincia di Grosseto  
Area Tecnica  
Ufficio Lavori Pubblici



## LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE LUOGHI DI SBARCO ED OPERE ACCESSORIE ALLA PESCA

*Il Committente*

Comune di Castiglione della Pescaia  
Strada Provinciale del Padule 3  
58043 Castiglione della Pescaia (GR)

Area Tecnica - Ufficio Lavori Pubblici  
RUP: Arch. Nadia Poltronieri



PRIMA INGEGNERIA STP  
Società Semplice  
*Progettazione idraulica e marittima*

Via G. Civinini, 8 – 57128 Livorno  
Tel/Fax 0586 372660  
E-mail: [info@primaingegneria.it](mailto:info@primaingegneria.it);  
[www.primaingegneria.it](http://www.primaingegneria.it)  
Società Certificato ISO 9001:2015



Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Pietro Chiavaccini

Ing. Nicola Buchignani

Ing. Nicola Verzoni

## RELAZIONE DI CALCOLO

Rev.	Cod. Elaborato	Data	Redatto	Verificato	Approvato
00	PT253-18-CDP-PE-RC-00	Mag. 2018	N. Buchignani	N. Verzoni	M. Verzoni



## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	4
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	4
3.	AZIONI SULLA COSTRUZIONE E LORO COMBINAZIONI .....	5
4.	ANALISI DEI CARICHI E DELLE FORZE AGENTI.....	8
5.	MATERIALI.....	11
6.	VERIFICA DELLA TRAVE DI CORONAMENTO .....	12
7.	VERIFICA DEI MICROPALI .....	17

## 1. INTRODUZIONE

Il progetto prevede come principali opere strutturali, l'infissione per rotopercussione di micropali di lunghezza 13 metri (di cui almeno 3 mt nello strato dell'unità 2 dove sono presenti sabbie addensate) realizzati con armatura metallica in acciaio S355, di diametro 88.9 mm e spessore 10 mm, valvolati ogni 50 cm. I pali attraverseranno un primo tratto costituito da strato di riporto, dello spessore di circa 2/3 mt, un secondo costituito da sabbie sciolte, dello spessore di circa 6 mt e un terzo tratto di sabbie addensate dallo spessore di circa 5 m. L'interasse tipico tra i micropali è di 1.45 m.

I pali sostengono una trave in c.a. C35/45, di altezza variabile tra 35 e 45 cm e larghezza 80 cm con armatura longitudinale costituita da n° 12 ferri diam.16 e staffe di diametro 8 passo 15. Il clacestruzzo ha classe di esposizione XS3+XC4 e ad una classe di resistenza caratteristica C35/45-consistenza S4/S5. Al di sopra della trave viene posto un basolato in granito o, in caso di difficoltà di reperimento di un granito simile a quello già in opera, di materiale simile. Delle canalizzazioni in pvc affogate nel getto consentiranno la distribuzione di acqua e/o energia elettrica lungo la banchina. Sono previsti dei pozzetti di ispezione lungo la banchina, circa 4 nei tratti da 30 m e 2 nel tratto da 15 m.

La banchina è accessoriata con 2 scalette di risalita in acciaio zincato posizionate agli estremi dei tratti da 30 m ed una al centro nel tratto da 15 m. Sulla banchina sono inoltre presenti delle bitte fissate alla trave tramite delle barre M20.

Nel presente progetto le opere strutturali dimensionate e verificate sono la trave del nuovo coronamento di banchina e i micropali che la sostengono. L'obiettivo è quello di migliorare strutturalmente la banchina esistente (intervento di miglioramento ai sensi delle NTC 2008) e certamente di non peggiorare la struttura: per tale motivo il peso della nuova trave in c.a. di coronamento viene affidato completamente ai micropali e non alla banchina esistente. Analogamente, anche il tiro orizzontale dovuto all'ormeggio dei piccoli natanti viene affidato completamente alla nuova struttura trave + micropali: tale modo di procedere è certamente a favore di sicurezza in quanto già allo stato attuale, le banchine sono comunque impegnate dal tiro dei piccoli natanti ormeggiati.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Poiché il progetto esecutivo è stato affidato prima del 22 Marzo 2018 e la consegna dei lavori è prevista entro il 22/03/2023, si utilizzano le NTC 2008.

Il dimensionamento e le verifiche sono stati eseguiti nel rispetto delle leggi e dei decreti vigenti in materia, tra cui:

- NTC 2008 – Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 14 Gennaio 2008;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Decreto Ministeriale 11-03-1988 – 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;

- DPR 06-01-2011 n°380, Testo unico sulle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A).
- Legge Regionale Toscana 03-01-2005 n°1, Norme per il governo del territorio; Deliberazione n°431 del 19 giugno 2006 della Giunta Regionale della Toscana – Classificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28.04.2006 pubblicata sulla G.U. dell'11.05.2006;
- DPRG luglio 2009, n. 36/R, Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n.1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.

### 3. AZIONI SULLA COSTRUZIONE E LORO COMBINAZIONI

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza espresso dall'equazione:

$$R_d \geq E_d$$

Dove  $R_d$  è la resistenza di progetto e  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni. Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2}$$

- combinazione frequente (SLE):

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$$

- combinazione sismica (SLV e SLD) in funzione dell'azione sismica E:

$$E + G_1 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$$

dove:

$G_{1,2}$ = valore caratteristico della j-esima azione permanente (peso, proprio, carichi permanenti portati, ecc..);

$Q_{k1}$ = valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;

$Q_{ki}$ = valore caratteristico della i-esima azione variabile;

P= valore caratteristico della azione di pretensione e precompressione;

$\gamma_G, \gamma_Q$  e  $\gamma_P$ = coefficienti parziali

$\psi_{0i}$ =coefficienti di combinazione

Nel caso in esame, con il termine  $G_1$  si identificano le azioni permanenti (nel caso in esame il peso

proprio della nuova trave di coronamento e del micropalo stesso),  $G_2$  il carico permanente portato (basolato), con  $P$  le azioni di precompressione non presenti nel caso in esame e con  $Q_{ik}$  le azioni variabili (nel caso in esame il carico di esercizio relativo alla categoria C3 - Tab.3.1.II delle NTC e l'azione del vento sulle imbarcazioni che tirano in orizzontale la banchina),  $\psi_{0i}$  sono definiti coefficienti di combinazione che sono funzione della tipologia di azione e della categoria di appartenenza dell'opera (Tab 2.5.I delle norme). Per il carico di esercizio si considera  $\psi_{0i} = 0.7$ , mentre per il carico vento  $\psi_{0i} = 0.6$ .

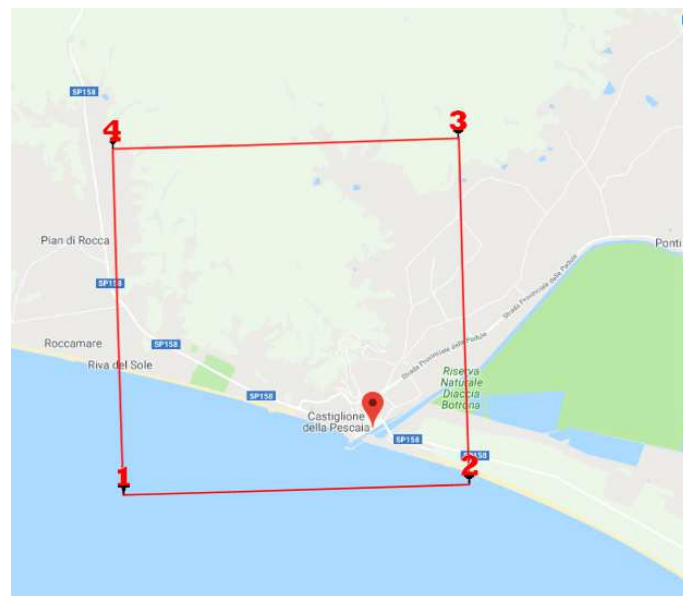
Le verifiche geotecniche vengono eseguite ricorrendo all'approccio del punto 6.2.3.1 e 6.4.3.1 delle norme in cui si prevede un'unica combinazione di coefficienti da adottare sia nelle verifiche strutturali che in quelle geotecniche (combinazioni A1, M1 e R3).

Pertanto le combinazioni non sismiche sono le 2 seguenti:

$$1) \quad S = 1.3 \cdot G_1 + 1.5 \cdot G_2 + 1.5 \cdot Q_{\text{tiroimbarcazioni}} + 1.5 \cdot 0.7 \cdot Q_{\text{esercizio}}$$

$$2) \quad S = 1.3 \cdot G_1 + 1.5 \cdot G_2 + 1.5 \cdot Q_{\text{esercizio}} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Q_{\text{tiroimbarcazioni}}$$

Da un punto di vista sismico, si riportano di seguito i principali dati e risultati derivanti dalla zonazione sismica in base alle NTC 2008:



**Figura 1. Individuazione della zona di costruzione all'interno della maglia di zonazione sismica**

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 42,763839

longitudine: 10,883249

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 24492	Lat: 42,7543	Lon: 10,8341	Distanza: 4152,766
Sito 2	ID: 24493	Lat: 42,7559	Lon: 10,9021	Distanza: 1776,977
Sito 3	ID: 24271	Lat: 42,8058	Lon: 10,9000	Distanza: 4865,640
Sito 4	ID: 24270	Lat: 42,8043	Lon: 10,8319	Distanza: 6144,460

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,023 g

Fo: 2,638

Tc\*: 0,181[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,028 g

Fo: 2,700

Tc\*: 0,196[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,051 g

Fo: 2,803

Tc\*: 0,283[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,059 g

Fo: 2,843

Tc\*: 0,300[s]

## Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

## SLO:

Ss: 1,500  
Cc: 1,850  
St: 1,000  
Kh: 0,007  
Kv: 0,003  
Amax: 0,341  
Beta: 0,200

## SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,800  
St: 1,000  
Kh: 0,008  
Kv: 0,004  
Amax: 0,410  
Beta: 0,200

## SLV:

Ss: 1,500  
Cc: 1,590  
St: 1,000  
Kh: 0,015  
Kv: 0,008  
Amax: 0,743  
Beta: 0,200

## SLC:

Ss: 1,500  
Cc: 1,560  
St: 1,000  
Kh: 0,018  
Kv: 0,009  
Amax: 0,867  
Beta: 0,200

## 4. ANALISI DEI CARICHI E DELLE FORZE AGENTI

Segue l'analisi dei carichi e la determinazione delle forze agenti sia sui micropali che sulle travi (su quest'ultima anche le principali caratteristiche di sollecitazione), sia in condizioni sismiche che non.

L'azione sismica  $E$  si determina applicando lo spettro di risposta e considerando la semplicità della struttura si può applicare il metodo statico (cap 7.3.2) a partire dallo spettro di progetto (definito al



punto 3.2.4.3 per struttura non dissipativa).

La forza sismica orizzontale statica si può determinare secondo la presente espressione:

$$F_h = W \cdot S_d(T_1) \cdot \frac{\lambda}{g}$$

dove W è il peso della struttura, S è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto definito al 3.2.3.5, T<sub>1</sub> è il periodo del primo modo di vibrare, λ è un coefficiente che vale 1 (punto 7.3.2.2 della norma).

T<sub>1</sub> si determina con la seguente relazione:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

con C<sub>1</sub> che vale 0.05 e H altezza della struttura.

Segue l'esplicitazione dei calcoli al fine di determinare le azioni agenti sui micropali.

#### SPETTRO ACCELERAZIONE SISMICA ORIZZONTALE

##### PARAMETRI SPETTRO SISMICO ORIZZONTALE SITO DIPENDENTI

ag	0.051	g	accelerazione orizz. max su sito di riferimento rigido orizzontale
F0	2.803		fattore di amplificazione spettrale massima
Tc*	0.283	sec	periodo di inizio del tratto a vel.costante dello spettro acc.orizzontale

##### PARAMETRI DI CALCOLO

Cc	1.593		coeff.funzione categoria sottosuolo (tab 3.2.V)
SS	1.500		coeff.amplificazione stratigrafica (categoria C – tab 3.2.V)
Tc	0.451	sec	periodo di inizio del tratto a vel.costante dello spettro acc.orizzontale considerando categoria del sottosuolo
2.5Tc	1.127	sec	
T <sub>B</sub>	0.150	sec	periodo di inizio del tratto dello spettro ad acc.costante
T <sub>D</sub>	1.804	sec	periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro
ST	1		coeff.amplificazione topografica cat T1 tab 3.2.VI)
η	1		fattore di alterazione dello spettro elastico per smorzamento (in fondazione =1)
S=SS*ST	1.5		

##### CALCOLO PERIODO PROPRIO STRUTTURA (punto 7.3.3.2)

C1	0.05		
H	12	mt	
T1	0.32	sec	< 2.5T <sub>c</sub> < T <sub>D</sub>

$$TB < T1 < TC - Se(T1) = 2.10 \quad m/sec^2$$

#### ANALISI DEI CARICHI PER VERIFICA DI UN MICROPALO

##### GEOMETRIA TRAVE DI CORONAMENTO

l	0.8	m	larghezza
s	0.45	m	spessore
i	1.45	m	interasse pali tipico (per calcolo carico verticale)

massa volumica	2500	kg/m <sup>3</sup>
----------------	------	-------------------

**BASOLATO**

l	0.8	m	larghezza sulla trave
s	0.2	m	spessore medio

massa volumica	2500	kg/m <sup>3</sup>
----------------	------	-------------------

**CARICHI PERMANENTI**

G1	1305	kg	peso proprio della trave che insiste su un palo (valore caratteristico)
----	------	----	--

G2	580	kg	peso proprio del basolato che insiste su un palo (valore caratteristico)
----	-----	----	---

**CARICHI VARIABILI**

qk	5	kN/mq	carichi verticali uniformemente distribuiti – Cat. C3 (tab. 3.1.II)
----	---	-------	---

Q1k	580	kg	carico di esercizio per palo (valore caratteristico)
-----	-----	----	--

F tiro k=	350	kg/mt	Trattandosi di nautica minore, ai fini dell'azione orizzontale di tiro è sufficiente considerare 350 kg/mt di forza per metro di banchina come valore caratteristico
-----------	-----	-------	--

Q2k	508	kg	tiro imbarcazione per palo (valore caratteristico)
-----	-----	----	--

**CALCOLO AZIONE SISMICA ORIZZONTALE**

Calcolo forza sismica orizzontale statica

Se(T1)=	2.104	m/sec <sup>2</sup>	Ordinata dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali
---------	-------	--------------------	--

$\psi_{21}$ =	0.6		coeff. di combinazione per sisma categoria C (tab. 2.5.I)
---------------	-----	--	---

W	2233	kg	massa sismica su palo (peso proprio trave e basolato + carichi variabili su area di competenza)
---	------	----	--

E	479	kg	forza sismica orizzontale statica
---	-----	----	-----------------------------------

A1+M1+R3

**Combinazione SLU 1 (azione principale tiro di ormeggio)**

Fv -SLU=	3176	kg	forza verticale di progetto
----------	------	----	--------------------------------

Fo - SLU=	761	kg	forza orizzontale di progetto
-----------	-----	----	-------------------------------

**Combinazione SLU 2 (azione principale carico variabile verticale)**

Fv -SLU=	3437	kg	forza verticale di progetto
----------	------	----	--------------------------------

Fo - SLU=	457	kg	forza orizzontale di progetto
-----------	-----	----	-------------------------------

**Combinazione SLV**

Fv -SLV=	2233	kg	forza verticale di progetto
----------	------	----	--------------------------------

Fo - SLV=	479	kg	forza orizzontale di progetto
-----------	-----	----	-------------------------------

Analogamente, segue l'esplicitazione dei calcoli al fine di determinare le azioni e principali sollecitazioni agenti sulla trave. Prudenzialmente, si considera la trave come semplicemente appoggiata tra due micropali.

**ANALISI DEI CARICHI PER VERIFICA DELLA TRAVE**

Si considera prudenzialmente trave semplicemente appoggiata su lungh. 1.45 mt (armatura superiore = ad inferiore)

L=	1.45	mt
----	------	----

## CARICHI PERMANENTI

G1k	900 kg/mt	peso proprio della trave (valore caratteristico)
G2k	400 kg/mt	peso proprio del basolato (valore caratteristico)

## CARICHI VARIABILI

qk	5 kN/mq	carichi verticali uniformemente distribuiti – Cat. C3 (tab. 3.1.II)
Q1k	400 kg/mt	carico variabile verticale (valore caratteristico)
Q2k=	350 kg/mt	carico variabile orizzontale (valore caratteristico)

## AZIONE SISMICA

E	330 kg/mt	azione orizzontale da sisma unif. distribuita su trave
---	-----------	--

## A1+M1+R3

## Combinazione SLU 1 (azione principale tiro di ormeggio)

Qv -SLU=	2190 kg/mt	carico verticale di progetto unif. distribuito
Qo - SLU=	525 kg/mt	carico orizzontale di progetto unif. distribuito
<b>Mmax_v=</b>	<b>576 kgxmt</b>	<b>momento massimo in mezzeria piano verticale</b>
<b>Tmax_v=</b>	<b>1588 kg</b>	<b>taglio massimo sugli appoggi piano verticale</b>
<b>Mmax_o=</b>	<b>138 kgxmt</b>	<b>momento massimo in mezzeria piano orizzontale</b>
<b>Tmax_o=</b>	<b>381 kg</b>	<b>taglio massimo sugli appoggi piano orizzontale</b>

## Combinazione SLU 2 (azione principale carico verticale)

Qv -SLU=	2370 kg/mt	carico verticale di progetto unif. distribuito
Qo - SLU=	368 kg/mt	carico orizzontale di progetto unif. distribuito
<b>Mmax_v=</b>	<b>623 kgxmt</b>	<b>momento massimo in mezzeria piano verticale</b>
<b>Tmax_v=</b>	<b>1718 kg</b>	<b>taglio massimo sugli appoggi piano verticale</b>
<b>Mmax_o=</b>	<b>97 kgxmt</b>	<b>momento massimo in mezzeria piano orizzontale</b>
<b>Tmax_o=</b>	<b>266 kg</b>	<b>taglio massimo sugli appoggi piano orizzontale</b>

## Combinazione SLV

Qv -SLV=	1540 kg/mt	carico verticale di progetto unif. distribuito
Qo - SLV=	330 kg/mt	carico orizzontale di progetto unif. distribuito
<b>Mmax_v=</b>	<b>405 kgxmt</b>	<b>momento massimo in mezzeria piano verticale</b>
<b>Tmax_v=</b>	<b>1117 kg</b>	<b>taglio massimo sugli appoggi piano verticale</b>
<b>Mmax_o=</b>	<b>87 kgxmt</b>	<b>momento massimo in mezzeria piano orizzontale</b>
<b>Tmax_o=</b>	<b>239 kg</b>	<b>taglio massimo sugli appoggi piano orizzontale</b>

## Combinazione rara (verticale)

Qv -SLE Rara	1700 kg/mt	carico verticale di progetto unif. distribuito
<b>Mmax_v=</b>	<b>447 kgxmt</b>	<b>momento massimo in mezzeria piano verticale</b>

## Combinazione frequente e quasi permanente (verticale)

Qv -SLE frequente	1580 kg/mt	carico verticale di progetto unif. distribuito
<b>Mmax_v=</b>	<b>415 kgxmt</b>	<b>momento massimo in mezzeria piano verticale</b>

## 5. MATERIALI

I materiali impiegati per la realizzazione dei micropali sono i seguenti:

- Tubi metallici di armatura in acciaio S355:  $f_k=355$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{tk}=510$  N/mm<sup>2</sup>;
- Iniezione di miscela cementizia a pressione e volumi controllati. L'ordine di esecuzione dei pali di piccolo diametro, per gruppi di pali – da sottoporre preventivamente al Direttore dei lavori – deve garantire la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento. Il rapporto acqua/cemento dovrà essere inferiore a 0,5 e la resistenza cubica della malta > 25 MPa.

I materiali impiegati per la realizzazione della trave di coronamento in c.a. sono i seguenti:

- Barre in acciaio B450C zincate a caldo:  $f_k=450$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{tk}\geq 540$  N/mm<sup>2</sup>;
- Calcestruzzo per strutture con caratteristiche atte a soddisfare le linee guida sul calcestruzzo strutturale emanate nel marzo 2008 dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP. ed in particolare:
  - Calcestruzzo a prestazione garantita;
  - Classe di resistenza C35/45
  - Classi di esposizione ambientale: XC4 + XS3;
  - Rapporto a/c: max 0.45;
  - Controllo di accettazione: tipo A o tipo B (per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m<sup>3</sup>);
  - dosaggio minimo di cemento 360 kg/m<sup>3</sup>;
  - aria intrappolata: max 2.5%;
  - diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm);
  - classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: CI 0.4;
  - classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento 230±30 mm;
  - volume di acqua di bleeding (UNI 7122): <0.1%.

## 6. VERIFICA DELLA TRAVE DI CORONAMENTO

La trave in c.a. poggia su micropali posti ad interasse tipico di 1.45 m. Vi sono 3 diversi tipi di travi a seconda dell'area di costruzione: nell'area 1 sono presenti travi 0.8 x 0.45 m, nell'area 2 le travi hanno dimensioni 0.8 x 0.35 m e nell'area 3 0.8 x 0.4 m. A livello del piano di calpestio la trave è ricoperta da un basolato in granito uguale a quello esistente, in modo da creare continuità visiva tra il vecchio e il nuovo coronamento di banchina.

La trave è realizzata in calcestruzzo (classe di esposizione ambientale XC4, classe di resistenza caratteristica C35/45 Mpa) e armata con 12 ferri longitudinali diam.16 mm e staffe diam. 8 mm, passo

15 cm, acciaio B450C.

Ai fini della verifica si considera la trave semplicemente appoggiata sui micropali (condizione questa più gravosa dell'appoggio multiplo).

Volendo operare in assoluta condizione di sicurezza, la larghezza della trave al fine della verifica strutturale è ridotta da 0.8 a 0.55 mt per non considerare la parte di trave che ospita le tubazioni dei cavidotti di servizio. A seguire si riportano i risultati del calcolo eseguito con RC-SEC della Geo-Stru per la trave di sezione più piccola 0.55 x 0.35 m, dai quali si evince che le sezioni, così come progettate, soddisfano le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio.

#### Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	158.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	79.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	323080	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	27.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	140.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	140.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-27.5	0.0
2	-27.5	35.0
3	27.5	35.0
4	27.5	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
---------	--------	--------	-----------

1	-21.9	5.6	16
2	-21.9	29.4	16
3	21.9	29.4	16
4	21.9	5.6	16

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	1	16
2	2	3	1	16
3	1	2	1	16
4	3	4	1	16

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 12.1 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

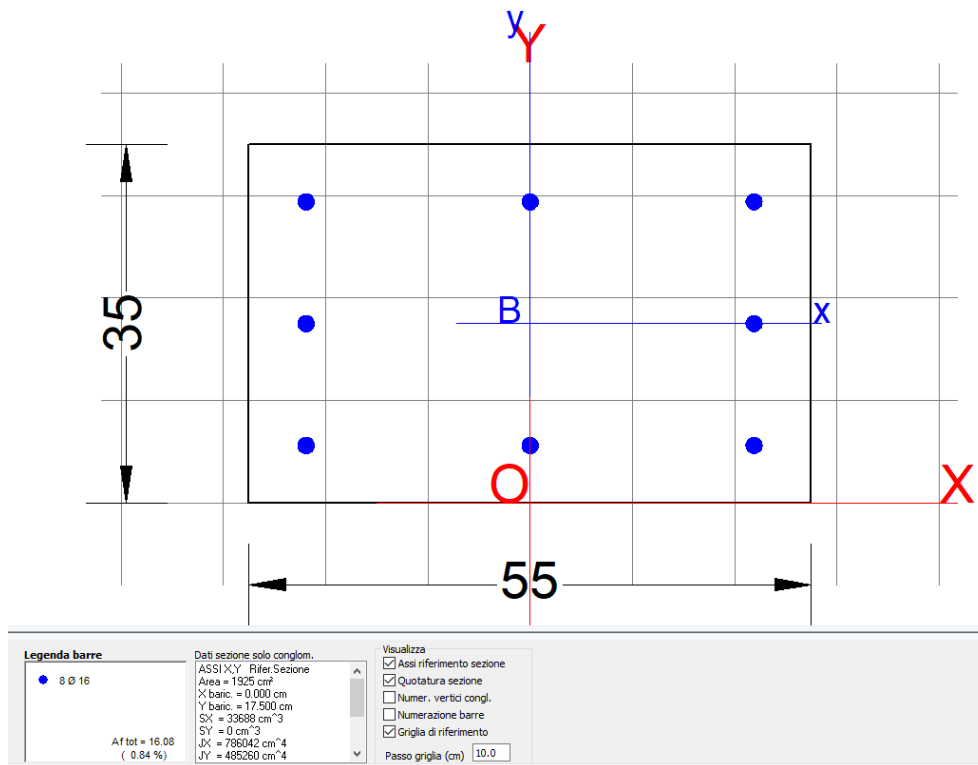


Figura 2. Sezione di verifica

### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia

				con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.	
Vy				Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y	
Vx				Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x	
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	576	138	1588	381
2	0	623	97	1718	266
3	0	405	87	1117	239

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	447	0

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	415 (3503)	0 (0)

**RISULTATI DEL CALCOLO****Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.3	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0	cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Tesa	Area armature [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-21	6742	1228	0	8730	2086	15.155	10.1(3.9)
2	S	-7	6882	773	0	8764	1342	14.062	10.1(3.9)
3	S	5	6789	1094	0	8735	1869	21.564	10.1(3.9)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)



Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00442	27.5	35.0	0.00062	21.9	29.4	-0.01210	-21.9	5.6
2	0.00350	-0.00491	27.5	35.0	0.00041	21.9	29.4	-0.01304	-21.9	5.6
3	0.00350	-0.00456	27.5	35.0	0.00056	21.9	29.4	-0.01238	-21.9	5.6

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000024974	0.000488556	-0.014286252	0.224	0.720
2	0.000016957	0.000534085	-0.015659317	0.212	0.705
3	0.000022470	0.000502321	-0.014699157	0.220	0.716

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 12.1 cm [Passo massimo di normativa = 23.3 cm]

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio di progetto [daN] = proiezione di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lunghezza legatura proiettata sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz. del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1605	39555	21317	29.1	55.2	21.80°	1.000	0.6	8.3(0.0)
2	S	1726	39445	21402	29.3	54.8	21.80°	1.000	0.7	8.3(0.0)
3	S	1127	39613	21387	29.2	55.1	21.80°	1.000	0.4	8.3(0.0)

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.9	27.5	35.0	-245	-21.9	5.6	688	6.0	11.9	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.4	-27.5	35.0	-228	-21.9	5.6	688	6.0	11.9	1.00

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [daN/cm <sup>2</sup> ] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [daN/cm <sup>2</sup> ] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	= $1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot srm$ . Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.3	0	0.125	16	48	-70.266	0.00005 (0.00005)	211	0.016 (0.20)	3503	0

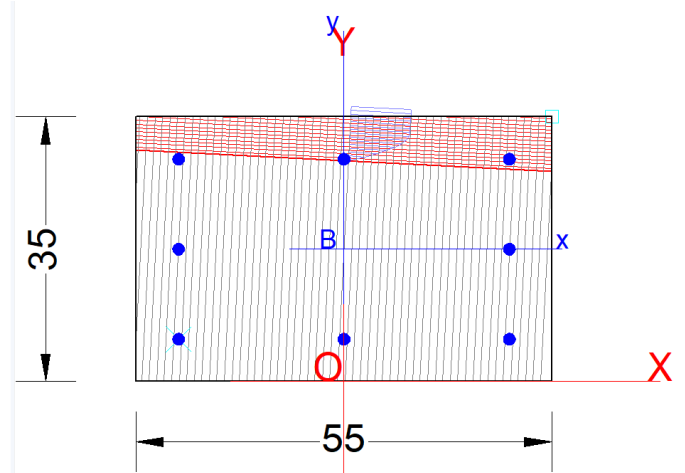
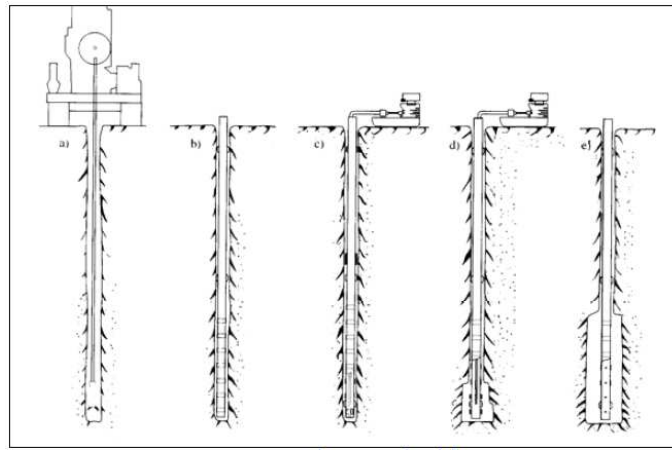


Figura 3. Sezione trasversale sotto combinazione 1 SLU

## 7. VERIFICA DEI MICROPALI

Si è scelto di utilizzare micropali di tipo Tubifix, costituiti da elementi tubolari, sigillati nel terreno per mezzo di iniezione di malte cementizie eseguite in più riprese, ad alta pressione, attraverso apposite valvole di non ritorno localizzate nella parte più profonda del micropalo in modo da realizzare un bulbo idoneo a trasmettere i carichi in profondità qualunque sia la natura del terreno di fondazione.

Dalle indagini geognostiche è emerso che il terreno è costituito da uno strato iniziale di riporto, seguito da uno strato di sabbie sciolte e come ultimo vi è presente uno strato di sabbie addensate. I pali vengono calcolati e verificati considerandoli infissi ad una profondità di 11 m.



**Figura 4. Fasi esecutive di un palo tubifix**

La miscela cementizia iniettata normalmente ha la seguente composizione:

- Cemento                    100 kg
- Acqua                        50 l
- Additivo                    0.5 ÷ 1 kg

La capacità portante dovuta alla resistenza a compressione (o a trazione) e allo svergolamento è praticamente indipendente dalla natura del terreno, purché l'iniezione sia condotta in fasi successive a pressioni crescenti. Pertanto sono le dimensioni trasversali dell'anima tubolare in acciaio che determinano la capacità portante dei micropali Tubifix.

Per il calcolo delle portate a compressione si assume la sezione nominale del tubo, mentre per il calcolo della portata a trazione si assume la minima sezione reagente in corrispondenza del filetto di giunzione.

Il calcolo della portanza geotecnica del micropalo TUBIFIX è sviluppato con le metodologie in uso per la stima della portanza dei pali; per i micropali, però, si assumono le seguenti correzioni:

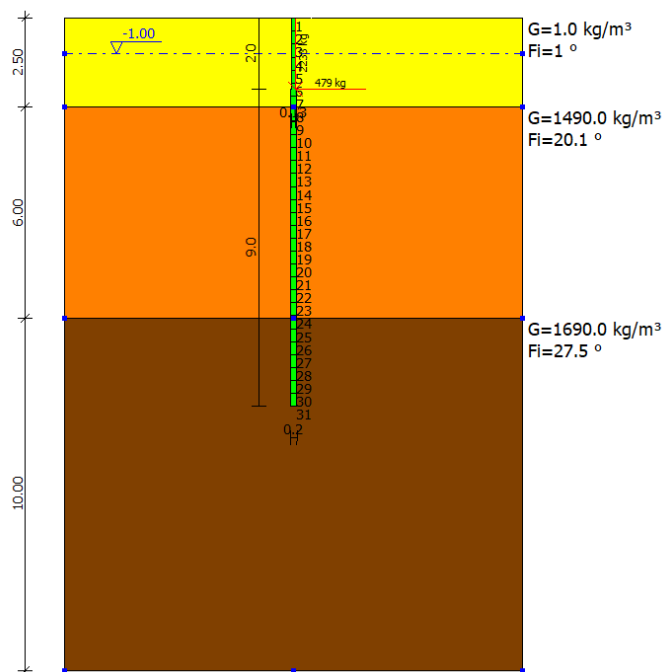
- Si trascura la portata di punta a causa delle limitate dimensioni della sezione;
- Si introducono nel calcolo la lunghezza e il diametro del bulbo iniettato e non quello medio del palo;
- Si considera che le pressioni di iniezione portino ad un aumento della resistenza laterale unitaria.

Il carico limite viene valutato come sommatoria sui singoli tratti della tensione tangenziale moltiplicata per la superficie laterale del tratto medesimo. Tale sommatoria è estesa solo al tratto iniettato e nel computo viene trascurato il contributo della resistenza di punta.

Per quel che riguarda le azioni agenti, vale quanto riportato nel relativo paragrafo. Nel calcolo del micropalo sotto l'azione dei carichi orizzontali (tiro ormeggio e sisma), si verifica la resistenza della sezione del micropalo alla forza orizzontale e il carico limite orizzontale.

A seguire si riportano i risultati dei calcoli eseguiti col software Mp della Geostru..

Come è possibile osservare dal report di calcolo che seguono, le verifiche a carico limite verticale e orizzontale del terreno sono soddisfatte per le tre combinazioni di carico così come le verifiche strutturali del palo.



**Figura 5. Stratigrafia di calcolo**

### Condizione non sismica SLU

#### Micropalo

Descrizione	
Tipologia	TUBIFIX
Iniezione	IRS: Iniezione ripetitiva e selettiva
Pressione limite di iniezione	3.00 kg/cm²
Diametro di perforazione	0.13 m
Alfa	1.40
Diametro bulbo	0.20 m
Lunghezza bulbo	9.00 m
Lunghezza fusto	2.00 m
Diametro esterno tubolare	88.90 mm
Spessore tubolare	10.00 mm
Calcestruzzo tipo	1
Acciaio tipo	6

#### Archivio materiali

##### Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Kg/cm²]	Ec [Kg/cm²]	fck [Kg/cm²]	fed [Kg/cm²]	fctd [Kg/cm²]	fctm [Kg/cm²]
1	C20/25	250	299600	200	113.3	10.1	22.1
2	C25/30	300	314750	250	141.6	11.4	25.6
3	C28/35	350	323080	280	158.6	12.6	27.6

4	C40/50	500	352200	400	226.6	16.3	35
---	--------	-----	--------	-----	-------	------	----

Acciai:

Nr.	Classe Acciaio	Es [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fyk [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fyd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ftk [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ftd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 in.	β1*β2 fin.
1	B450C	2000000	4500	3913	4500	3913	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	2000000	4500	3913	5400	4500	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	2000000	4500	3913	4582	3985	.012	.01	1	0.5
4	S235H	2141370	2447.28	2128.11	3670.92	2128.11	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	2141370	2855.16	2482.97	4384.71	2482.97	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	2141370	3670.92	3191.66	5200.47	3670.92	0.012	0.01	1	0.5

**Stratigrafia**

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

**Strat. 1**

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kg/m <sup>3</sup> ]	Peso Unità di volume Saturo [kg/m <sup>3</sup> ]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico [kg/cm <sup>2</sup> ]	Vs [m/s]	Descrizione litologica
1	2.50	1.00	1.00	0.00	1.00	No	0.00	1.00	250	strato riporto
2	6.00	1490.00	1820.00	0.00	20.10	No	0.00	124.00	600	sabbie sciolte
3	10.00	1690.00	1860.00	0.00	27.50	No	0.00	268.00	700	sabbie addensate

**Carico limite**

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kg/cm <sup>2</sup> ]	Peso palo [kg]	Carico limite punta [kg]	Carico limite laterale [kg]	Carico limite [kg]	Attrito negativo [kg]	Carico limite orizzontale [kg]
A1+M1+R3	16.82	30.39	27.5/0.00	952.47	0.00	29945.73	28993.26	--	2229.54 [Lungo]

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

**RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI**

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:				A1+M1+R3
Numero verticali di indagine				1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)				1.70
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)				1.70
Rc, Min [kg]		Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]	
Base		--	--	
Laterale		29945.73	29945.73	
Totale		28993.26	28993.26	
Coefficiente parziale resistenza caratteristica				R3
Laterale				1.60
Resistenza di progetto laterale				11009.46 kg
Resistenza di progetto				10056.99 kg
Azioni di progetto				3176.00 kg
Fattore sicurezza verticale				3.17

**Resistenza di progetto carichi trasversali**

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:		A1+M1+R3
---	--	----------

Numero verticali di indagine	1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)	1.70	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)	1.70	
Momento plasticizzazione	2115.00 kgm	
Rc, Min	Rc, Media	Rc, Max
[kg]	[kg]	[kg]
2229.544	2229.544	2229.544
Coefficiente parziale resistenza caratteristica	1.3	
Resistenza di progetto	1008.84 kg	
Azioni di progetto	761.00 kg	
Fattore sicurezza orizzontale	1.33	

**Cedimento (Fleming 1992)**

Lunghezza	9.00 m
Diametro testa	0.18 m
Diametro punta	0.18 m
Tratto attrito laterale nullo	0.00 m
Modulo elastico sezione	2.94E+07 kN/mq
Punto di applicazione risultante resistenza attiva	0.45
Fattore flessibilità terreno/palo	1.00E-03
Carico applicato	48.40 kN
Carico limite laterale	100.00 kN
Modulo elastico terreno corrispondente	9.81E+01 kN/mq
Accorciamento elastico	0.26 mm
Cedimento rigido	0.17 mm
Cedimento totale	0.43 mm

**Modello ad elementi finiti**

Max spostamento lineare del terreno	0.127 cm
Tipo analisi	Lineare
Massimo numero di iterazioni	20.00
Fattore di riduzione molla fondo scavo	1.00
Numero di elementi	30.00
Nodo sulla superficie del terreno [< n° nodi]	1.00
Modulo di reazione Ks	Bowles

**Carichi**

**Forze orizzontali (Fo) positive dirette da destra a sinistra. Forze verticali (Fv) positive dirette verso il basso. Coppie (M) positive orarie.**

Nodo	Fo [kg]	M [kgm]	Fv [kg]
6	761.00	0.00	3176.00

**ANALISI AD ELEMENTI FINITI [Stratigrafia di riferimento...1]**

El. No	Lunghezza a [m]	Ks [kg/cm³]	Sforzo normale [kg]	Momento [kgm]	Taglio [kg]	Reazione terreno [kg]	Rotazione (°)	Spostame nto [m]	Pressione terreno [kg/cm²]
1	0.37	0	0	-0.2	-1.09	0	-0.372	0.0424	0
2	0.37	0	27.38	0.2	0.54	0	-0.372	0.04	0
3	0.37	0	54.75	0.4	1.09	0	-0.372	0.0376	0
4	0.37	0	82.13	0.6	2.72	0	-0.372	0.0352	0
5	0.37	0	109.5	-0.2	1.09	0	-0.372	0.0328	0
6	0.37	0	3312.88	-0.6	770.21	-7.21	-0.372	0.0305	0
7	0.37	0	3340.26	-282.81	742.51	26.62	-0.37	0.0281	0
8	0.37	0.08	3367.63	-555.26	615.13	128.04	-0.364	0.0257	0.205
9	0.37	0.08	3395.01	-780.71	481.51	133.25	-0.355	0.0234	0.186
10	0.37	0.08	3422.38	-957.26	362.29	120.56	-0.343	0.0212	0.169
11	0.37	0.08	3449.76	-1090.1	254.2	108.35	-0.328	0.0191	0.152
12	0.37	0.08	3477.14	-1183.21	158.6	96.69	-0.313	0.017	0.135
13	0.37	0.08	3504.51	-1241.07	74.41	85.62	-0.296	0.0151	0.12
14	0.37	0.08	3531.89	-1268.1	-1.77	75.16	-0.279	0.0132	0.105
15	0.37	0.08	3559.26	-1267.41	-65.99	65.35	-0.261	0.0115	0.091
16	0.37	0.08	3586.64	-1243.06	-122.76	56.17	-0.244	0.0099	0.079

17	0.37	0.08	3614.02	-1197.95	-170.01	47.61	-0.227	0.0084	0.067
18	0.37	0.08	3641.39	-1135.61	-209.8	39.65	-0.211	0.007	0.055
19	0.37	0.08	3668.77	-1058.64	-241.3	32.26	-0.196	0.0057	0.045
20	0.37	0.08	3696.14	-970.06	-266.29	25.41	-0.182	0.0045	0.036
21	0.37	0.08	3723.52	-872.4	-285.47	19.04	-0.169	0.0033	0.027
22	0.37	0.08	3750.9	-767.71	-298.59	13.11	-0.157	0.0023	0.018
23	0.37	0.08	3778.27	-658.22	-305.52	6.89	-0.148	0.0013	0.011
24	0.37	0.08	3805.65	-546.19	-308.69	3.19	-0.139	0.0004	0.003
25	0.37	0.25	3833.02	-433.01	-301.29	-7.45	-0.133	-0.0005	-0.011
26	0.37	0.25	3860.4	-322.55	-278.34	-22.97	-0.127	-0.0013	-0.032
27	0.37	0.25	3887.78	-220.51	-241.1	-37.29	-0.124	-0.0021	-0.052
28	0.37	0.25	3915.15	-132.14	-189.7	-51.26	-0.121	-0.0029	-0.072
29	0.37	0.25	3942.53	-62.61	-124.72	-65.02	-0.12	-0.0036	-0.091
30	0.37	0.25	3969.9	-16.88	-46.1	-78.67	-0.119	-0.0044	-0.11
31		0.25	3997.28	-0.02	0	0	0	0	0

**ARMATURE**

Nodo	Z [m]	Nd [kg]	Md [kgm ]	Td [kg]	Nr. Barre Diam etro	Nu [kg]	Mu [kgm ]	Cond · Verif ica Flessi one	Ver. Press o- Flessi one	Def. Max Cls	Def. Max Fe	Asse Neutr o [cm]	Passo Staff e [cm]	Res. Tagli o [kg]	Sicur ezza taglio	Cond · Verif ica Tagli o
1	0	--	-0.20	-1.09		--	--	2928 1.85	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	2632 9.00	Verif icata
2	0.37	27.38	0.20	0.54		--	--	2789. 22	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	5265 8.01	Verif icata
3	0.73	54.75	0.40	1.09		--	--	1394. 61	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	2632 9.00	Verif icata
4	1.1	82.13	0.60	2.72		--	--	929.8 1	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	1053 1.60	Verif icata
5	1.47	109.5 0	-0.20	1.09		--	--	789.4 6	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	2632 9.00	Verif icata
6	1.83	3312. 88	-0.60	770.2 1		--	--	27.05	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	37.14	Verif icata
7	2.2	3340. 26	- 282.8 1	742.5 1		--	--	7.09	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	38.52	Verif icata
8	2.57	3367. 63	- 555.2 6	615.1 3		--	--	3.74	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	46.50	Verif icata
9	2.93	3395. 01	- 780.7 1	481.5 1		--	--	2.69	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	59.40	Verif icata
10	3.3	3422. 38	- 957.2 6	362.2 9		--	--	2.20	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	78.95	Verif icata
11	3.67	3449. 76	- 1090. 10	254.2 0		--	--	1.94	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	112.5 2	Verif icata
12	4.03	3477. 14	- 1183. 21	158.6 0		--	--	1.79	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	180.3 4	Verif icata
13	4.4	3504. 51	- 1241. 07	74.41		--	--	1.71	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	384.3 7	Verif icata
14	4.77	3531. 89	- 1268. 10	-1.77		--	--	1.67	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	1620 2.46	Verif icata
15	5.13	3559. 26	- 1267. 41	- 65.99		--	--	1.67	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	433.4 0	Verif icata
16	5.5	3586. 64	- 1243. 06	- 122.7 6		--	--	1.71	Verif icata	--	--	--	--	2860 1.94	233.0 0	Verif icata
17	5.87	3614.	-	-		--	--	1.77	Verif	--	--	--	--	2860	168.2	Verif

		02	1197.95	170.01					icata					1.94	4	icata
18	6.23	3641.39	-1135.61	-209.80		--	--	1.86	Verificata	--	--	--	--	28601.94	136.33	Verificata
19	6.6	3668.77	-1058.64	-241.30		--	--	2.00	Verificata	--	--	--	--	28601.94	118.53	Verificata
20	6.97	3696.14	-970.06	-266.29		--	--	2.17	Verificata	--	--	--	--	28601.94	107.41	Verificata
21	7.33	3723.52	-872.40	-285.47		--	--	2.41	Verificata	--	--	--	--	28601.94	100.19	Verificata
22	7.7	3750.90	-767.71	-298.59		--	--	2.73	Verificata	--	--	--	--	28601.94	95.79	Verificata
23	8.07	3778.27	-658.22	-305.52		--	--	3.16	Verificata	--	--	--	--	28601.94	93.62	Verificata
24	8.43	3805.65	-546.19	-308.69		--	--	3.78	Verificata	--	--	--	--	28601.94	92.66	Verificata
25	8.8	3833.02	-433.01	-301.29		--	--	4.72	Verificata	--	--	--	--	28601.94	94.93	Verificata
26	9.17	3860.40	-322.55	-278.34		--	--	6.21	Verificata	--	--	--	--	28601.94	102.76	Verificata
27	9.53	3887.78	-220.51	-241.10		--	--	8.35	Verificata	--	--	--	--	28601.94	118.63	Verificata
28	9.9	3915.15	-132.14	-189.70		--	--	11.79	Verificata	--	--	--	--	28601.94	150.77	Verificata
29	10.27	3942.53	-62.61	-124.72		--	--	15.97	Verificata	--	--	--	--	28601.94	229.32	Verificata
30	10.63	3969.90	-16.88	-46.10		--	--	20.62	Verificata	--	--	--	--	28601.94	620.42	Verificata
31	11	3997.28	-0.02	--		--	--	22.47	Verificata	--	--	--	--	28601.94	--	Verificata

### Condizione sismica SLV

#### Micropalo

=====

Descrizione	
Tipologia	TUBIFIX
Iniezione	IRS: Iniezione ripetitiva e selettiva
Pressione limite di iniezione	3.00 kg/cm <sup>2</sup>
Diametro di perforazione	0.13 m
Alfa	1.40
Diametro bulbo	0.20 m
Lunghezza bulbo	9.00 m
Lunghezza fusto	2.00 m
Diametro esterno tubolare	88.90 mm
Spessore tubolare	10.00 mm
Calcestruzzo tipo	1

Acciaio tipo

6

**SISMA**

Accelerazione sismica	0.076
Coefficiente di intensità sismico [Kh]	0.0153
Coefficiente di intensità sismico [Kv]	0.0076

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.23	2.64	0.18
S.L.D.	50.0	0.27	2.7	0.2
S.L.V.	475.0	0.5	2.8	0.28
S.L.C.	975.0	0.58	2.84	0.3

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.345	0.2	0.007	0.0035
S.L.D.	0.405	0.2	0.0083	0.0041
S.L.V.	0.75	0.2	0.0153	0.0076
S.L.C.	0.87	0.2	0.0177	0.0089

**Archivio materiali****Conglomerati**

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ec [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fck [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fcd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fctd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fctm [Kg/cm <sup>2</sup> ]
1	C20/25	250	299600	200	113.3	10.1	22.1
2	C25/30	300	314750	250	141.6	11.4	25.6
3	C28/35	350	323080	280	158.6	12.6	27.6
4	C40/50	500	352200	400	226.6	16.3	35

**Acciai:**

Nr.	Classe Acciaio	Es [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fyk [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fyd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ftk [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ftd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 in.	β1*β2 fin.
1	B450C	2000000	4500	3913	4500	3913	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	2000000	4500	3913	5400	4500	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	2000000	4500	3913	4582	3985	.012	.01	1	0.5
4	S235H	2141370	2447.28	2128.11	3670.92	2128.11	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	2141370	2855.16	2482.97	4384.71	2482.97	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	2141370	3670.92	3191.66	5200.47	3670.92	0.012	0.01	1	0.5

**Stratigrafia**

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

**Strat. 1**

Nr.	Hs	Peso unità di	Peso Unità di	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico	Vs [m/s]	Descrizio ne
-----	----	------------------	------------------	----------------------------	-----------	---------------------	------	--------------------	-------------	-----------------



		Volume [kg/m³]	volume Saturato [kg/m³]					[kg/cm²]		litologica
1	2.50	1.00	1.00	0.00	1.00	No	0.00	1.00	1	stratodi
2	6.00	1490.00	1820.00	0.00	20.10	No	0.00	124.00	600	riporto
3	10.00	1690.00	1860.00	0.00	27.50	No	0.00	268.00	700	sabbie sciolte sabbie addensat e

**Carico limite**

Stratigrafi a	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kg/cm ²]	Peso palo [kg]	Carico limite punta [kg]	Carico limite laterale [kg]	Carico limite [kg]	Attrito negativo [kg]	Carico limite orizzontal e [kg]
A1+M1+ R3	16.82	30.39	27.5/0.00	952.47	0.00	29945.73	28993.26	--	2229.54 [Lungo]

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

**RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI**

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:				A1+M1+R3
Numero verticali di indagine				1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)				1.70
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)				1.70
	Rc, Min	Rc, Media	Rc, Max	
	[kg]	[kg]	[kg]	
Base	--	--	--	
Laterale	29945.73	29945.73	29945.73	
Totale	28993.26	28993.26	28993.26	
Coefficiente parziale resistenza caratteristica				R3
Laterale				1.60
Resistenza di progetto laterale				11009.46 kg
Resistenza di progetto				10056.99 kg
Azioni di progetto				2233.00 kg
Fattore sicurezza verticale				4.50

**Resistenza di progetto carichi trasversali**

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione				A1+M1+R3
Numero verticali di indagine				1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)				1.70
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)				1.70
Momento plasticizzazione				2115.00 kgm
	Rc, Min	Rc, Media	Rc, Max	
	[kg]	[kg]	[kg]	
	2229.544	2229.544	2229.544	
Coefficiente parziale resistenza caratteristica				1.3
Resistenza di progetto				1008.84 kg
Azioni di progetto				479.00 kg
Fattore sicurezza orizzontale				2.11

**Modello ad elementi finiti**

Max spostamento lineare del terreno	0.127 cm
Tipo analisi	Lineare
Massimo numero di iterazioni	20.00
Fattore di riduzione molla fondo scavo	1.00
Numero di elementi	30.00
Nodo sulla superficie del terreno [< n° nodi]	1.00
Modulo di reazione Ks	Bowles

**Carichi**

**Forze orizzontali (Fo) positive dirette da destra a sinistra. Forze verticali (Fv) positive dirette verso il basso. Coppie (M) positive orarie.**

Nodo	Fo [kg]	M [kgm]	Fv [kg]
6	479.00	0.00	2233.00

**ANALISI AD ELEMENTI FINITI [Stratigrafia di riferimento...1]**

El. No	Lunghezza [m]	Ks [kg/cm³]	Sforzo normale [kg]	Momento [kgm]	Taglio [kg]	Reazione terreno [kg]	Rotazione (°)	Spostamento [m]	Pressione terreno [kg/cm²]
1	0.37	0	0	0.2	1.09	0	-0.234	0.0267	0
2	0.37	0	27.38	0	0	0	-0.234	0.0252	0
3	0.37	0	54.75	0.3	0.81	0	-0.234	0.0237	0
4	0.37	0	82.13	0.2	1.09	0	-0.234	0.0222	0
5	0.37	0	109.5	-0.1	0.81	0	-0.234	0.0207	0
6	0.37	0	2369.88	-0.3	485.32	-4.54	-0.234	0.0192	0
7	0.37	0	2397.26	-177.95	467.39	16.75	-0.233	0.0177	0
8	0.37	0.08	2424.63	-349.53	387	80.59	-0.229	0.0162	0.129
9	0.37	0.08	2452.01	-491.23	303.9	83.87	-0.223	0.0148	0.117
10	0.37	0.08	2479.38	-602.46	228.26	75.89	-0.216	0.0133	0.106
11	0.37	0.08	2506.76	-686.11	160.23	68.2	-0.207	0.012	0.095
12	0.37	0.08	2534.14	-744.71	100.08	60.86	-0.197	0.0107	0.085
13	0.37	0.08	2561.51	-781.31	46.03	53.89	-0.186	0.0095	0.075
14	0.37	0.08	2588.89	-798.08	-0.54	47.31	-0.175	0.0083	0.066
15	0.37	0.08	2616.26	-797.79	-41.69	41.13	-0.164	0.0072	0.058
16	0.37	0.08	2643.64	-782.43	-77.2	35.35	-0.153	0.0062	0.049
17	0.37	0.08	2671.02	-754.07	-107.14	29.97	-0.143	0.0053	0.042
18	0.37	0.08	2698.39	-714.76	-131.92	24.96	-0.133	0.0044	0.035
19	0.37	0.08	2725.77	-666.34	-151.92	20.31	-0.123	0.0036	0.028
20	0.37	0.08	2753.14	-610.61	-167.74	15.99	-0.114	0.0028	0.022
21	0.37	0.08	2780.52	-549.1	-179.6	11.98	-0.106	0.0021	0.017
22	0.37	0.08	2807.9	-483.23	-187.95	8.25	-0.099	0.0015	0.012
23	0.37	0.08	2835.27	-414.31	-192.29	4.34	-0.093	0.0008	0.007
24	0.37	0.08	2862.65	-343.79	-194.3	2	-0.088	0.0003	0.002
25	0.37	0.25	2890.02	-272.55	-189.63	-4.69	-0.083	-0.0003	-0.007
26	0.37	0.25	2917.4	-203.03	-175.2	-14.46	-0.08	-0.0008	-0.02
27	0.37	0.25	2944.78	-138.79	-151.68	-23.47	-0.078	-0.0013	-0.033
28	0.37	0.25	2972.15	-83.17	-119.43	-32.27	-0.076	-0.0018	-0.045
29	0.37	0.25	2999.53	-39.4	-78.45	-40.92	-0.075	-0.0023	-0.057
30	0.37	0.25	3026.9	-10.63	-28.99	-49.51	-0.075	-0.0028	-0.069
31		0.25	3054.28	0	0	0	0	0	0

**ARMATURE**

Nodo	Z [m]	Nd [kg]	Md [kgm]	Td [kg]	Nr. Barre Diametro	Nu [kg]	Mu [kgm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Presso- Flessione	Def. Max Cls	Def. Max Fe	Asse Neutro [cm]	Passo Staffe [cm]	Res. Taglio [kg]	Sicurezza taglio	Cond. Verifica Taglio
1	0	--	0.20	1.09		--	--	1.00	Verificata	--	--	--	--	2860 1.94	2632 9.00	Verificata
2	0.37	27.38	--	--		--	--	3282.39	Verificata	--	--	--	--	2860 1.94	--	Verificata
3	0.73	54.75	0.30	0.81		--	--	1457.29	Verificata	--	--	--	--	2860 1.94	3510 5.34	Verificata
4	1.1	82.13	0.20	1.09		--	--	1038.13	Verificata	--	--	--	--	2860 1.94	2632 9.00	Verificata
5	1.47	109.50	-0.10	0.81		--	--	806.29	Verificata	--	--	--	--	2860 1.94	3510 5.34	Verificata
6	1.83	2369.88	-0.30	485.32		--	--	37.84	Verificata	--	--	--	--	2860 1.94	58.93	Verificata
7	2.2	2397.26	-	467.39		--	--	11.02	Verificata	--	--	--	--	2860	61.19	Verificata

		26	177.9	9					icata					1.94		icata
8	2.57	2424.63	-349.53	387.00		--	--	5.91	Verificata	--	--	--	--	28601.94	73.91	Verificata
9	2.93	2452.01	-491.23	303.90		--	--	4.26	Verificata	--	--	--	--	28601.94	94.12	Verificata
10	3.3	2479.38	-602.46	228.26		--	--	3.49	Verificata	--	--	--	--	28601.94	125.30	Verificata
11	3.67	2506.76	-686.11	160.23		--	--	3.07	Verificata	--	--	--	--	28601.94	178.50	Verificata
12	4.03	2534.14	-744.71	100.08		--	--	2.84	Verificata	--	--	--	--	28601.94	285.80	Verificata
13	4.4	2561.51	-781.31	46.03		--	--	2.71	Verificata	--	--	--	--	28601.94	621.33	Verificata
14	4.77	2588.89	-798.08	-0.54		--	--	2.65	Verificata	--	--	--	--	28601.94	52658.01	Verificata
15	5.13	2616.26	-797.79	-41.69		--	--	2.65	Verificata	--	--	--	--	28601.94	686.10	Verificata
16	5.5	2643.64	-782.43	-77.20		--	--	2.70	Verificata	--	--	--	--	28601.94	370.50	Verificata
17	5.87	2671.02	-754.07	-107.14		--	--	2.80	Verificata	--	--	--	--	28601.94	266.96	Verificata
18	6.23	2698.39	-714.76	-131.92		--	--	2.95	Verificata	--	--	--	--	28601.94	216.81	Verificata
19	6.6	2725.77	-666.34	-151.92		--	--	3.16	Verificata	--	--	--	--	28601.94	188.27	Verificata
20	6.97	2753.14	-610.61	-167.74		--	--	3.44	Verificata	--	--	--	--	28601.94	170.52	Verificata
21	7.33	2780.52	-549.10	-179.60		--	--	3.81	Verificata	--	--	--	--	28601.94	159.25	Verificata
22	7.7	2807.90	-483.23	-187.95		--	--	4.31	Verificata	--	--	--	--	28601.94	152.18	Verificata
23	8.07	2835.27	-414.31	-192.29		--	--	4.99	Verificata	--	--	--	--	28601.94	148.74	Verificata
24	8.43	2862.65	-343.79	-194.30		--	--	5.96	Verificata	--	--	--	--	28601.94	147.21	Verificata
25	8.8	2890.02	-272.55	-189.63		--	--	7.41	Verificata	--	--	--	--	28601.94	150.83	Verificata
26	9.17	2917.40	-203.03	-175.20		--	--	9.52	Verificata	--	--	--	--	28601.94	163.25	Verificata
27	9.53	2944.78	-138.79	-151.68		--	--	12.60	Verificata	--	--	--	--	28601.94	188.57	Verificata
28	9.9	2972.15	-83.17	-119.43		--	--	17.00	Verificata	--	--	--	--	28601.94	239.49	Verificata
29	10.27	2999.	-	-		--	--	22.24	Verif	--	--	--	--	2860	364.5	Verif

		53	39.40	78.45					icata					1.94	7	icata
30	10.63	3026.90	-10.63	-28.99		--	--	27.49	Verificata	--	--	--	--	2860	986.5	Verificata
31	11	3054.28	--	--		--	--	29.42	Verificata	--	--	--	--	2860	--	Verificata
														1.94		

Volendo anche effettuare una verifica sugli eventuali cedimenti verticali della struttura (trave + micropali), si utilizza l'approccio del calcolo dei cedimenti con il metodo iperbolico modificato (Fleming 1992). Si esegue la verifica con il massimo carico verticale presente agli stati limite ultimi e utilizzando il modulo elastico medio ridotto a metà delle sabbie sciolte/molto sciolte con una lunghezza del palo di 9 mt. La verifica è ampiamente soddisfatta in quanto si aspettano cedimenti anche inferiori al mm.

Calcolo dei cedimenti con il metodo iperbolico.

Carico applicato	Q=	34.50 [kN]
Carico limite laterale	Qsu=	100.00 [kN]
Carico limite di punta	Qbu=	0.00 [kN]
Lunghezza palo	L=	9.00 [m]
Diametro testa	Ds=	0.18 [m]
Diametro punta	db=	0.18 [m]
Modulo elastico sezione	Ec=	80740.00 [kN/m <sup>2</sup> ]
Punto di applicazione risultante resistenza attiva	Ke=	0.45 [-]
Tratto attrito laterale nullo	La=	0.00 [m]
Fattore flessibilità terreno/palo [0.001-0.0015]	Ms=	0.001 [-]
Modulo elastico terreno	Eb=	6200.00 [kN/m <sup>2</sup> ]

Accorciamento elastico	Se=	0.19 [mm]
Cedimento rigido	St=	0.09 [mm]
Cedimento totale	[Se + St]=	0.28 [mm]

**Calcolo dei cedimenti con il metodo iperbolico.**  
 Il metodo iperbolico modificato (Fleming 1992) è stato originariamente sviluppato da Chin (1970, 1972, 1983) assume una curva carico Cedimento di tipo Iperbolico.

Spostamento massimo  [mm]      Altezza testo

Carico applicato = 93 kN, Se = 0.5 [mm], St = 2.1 [mm], Se+St = 2.6 [mm]

**Calcola**    **Esci**    **?**