

## AUTOSTRADA A10 GENOVA – VENTIMIGLIA DA PROGR. 10+025.50 A PROGR. 10+605.800

### PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO AI SENSI DELLA LEGGE QUADRO N° 447/95

### PROGETTO ESECUTIVO

#### PARTE STRADALE



#### OPERE COMPLEMENTARI

#### MITIGAZIONI ACUSTICHE PROGETTO BARRIERE ANTIFONICHE

#### BARRIERE FONICHE RELAZIONE DI CALCOLO

<b>IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</b> Ing. Marco Pietro D'Angelantonio Ord. Ingg. Milano N.20155 <b>RESPONSABILE UFFICIO APE</b>	<b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Ing. Danilo D'Alessandro Ord. Ingg. L'Aquila N. 1503 <b>CAPO PROGETTO</b>	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 <b>RESPONSABILE DIVISIONE ESERCIZIO E NUOVE ATTIVITA'</b>
--	---	--

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO										DATA:	REVISIONE	
—	DIRETTORIO				FILE						SETTEMBRE 2016	n.	data
	codice	commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n.	progressivo	Rev.					
—	1	1	1	0	0	2	0	2	—	—	APE0024		
											SCALA:		

 					ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :		
					ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :		
	CONSULENZA A CURA DI :						

	<b>VISTO DEL COMMITTENTE</b>  RUP: Ing. Piero Indelli	<b>VISTO DEL CONCEDENTE</b>  <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--	--

## INDICE

<b>1 GENERALITÀ .....</b>	<b>3</b>
1.1 Introduzione .....	3
<b>2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
2.1 Stutture in c.a. e acciaio.....	3
2.2 Azioni sismiche .....	4
2.3 Carichi e sovraccarichi.....	5
<b>3 MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>4 DESCRIZIONE DELL'OPERE E GEOMETRIE.....</b>	<b>7</b>
4.1 Barriere integrate .....	7
4.2 Barriere disaccoppiate .....	9
<b>5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>14</b>
<b>6 STRATIGRAFIE DI RIFERIMENTO E IPOTESI.....</b>	<b>15</b>
FOA 1 .....	15
FOA 3A- 5E-5C.....	15
FOA 9A-9C .....	15
FOA 9E-6D-6B-6A .....	15
FOA 07 .....	15
FOA 08 .....	16
FOA 10 .....	16
<b>7 CRITERI DI PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE .....</b>	<b>16</b>
7.1 Verifiche di sicurezza statiche.....	18
7.1.1 Stati limite ultimi (SLU) .....	18
7.2 Verifiche di sicurezza in campo sismico.....	18
7.2.1 Stati limite ultimi (SLU) .....	18
7.3 criteri di valutazione della resistenza dei micropali .....	20
7.4 Stima della resistenza dei micropali soggetti a carichi assiali .....	22
<b>8 SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI MICROPALI.....</b>	<b>22</b>
SEZIONE TIPO 1 (FOA 06A TRATTO DI BORDO).....	23
SEZIONE TIPO 2 (FOA 09A).....	24
SEZIONE TIPO 3 (FOA 07) .....	25
SEZIONE TIPO 4 (FOA 09C-FOA 01A).....	26
SEZIONE TIPO 5 (FOA 05C) .....	27
SEZIONE TIPO 6 (FOA 08).....	28
<b>9 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MICROPALI.....</b>	<b>29</b>
SEZIONE TIPO 1 (FOA 06A TRATTO DI BORDO).....	29
SEZIONE TIPO 2 (FOA 09A).....	30
SEZIONE TIPO 3 (FOA 07) .....	31
SEZIONE TIPO 4 (FOA 09C- FOA 01A).....	32
SEZIONE TIPO 5 (FOA 05A- FOA 5C).....	33
SEZIONE TIPO 6 (FOA 08).....	33
<b>10 VERIFICHE DI PORTANZA DEI MICROPALI .....</b>	<b>34</b>
FOA 1A.....	35

FOA 3A- 5E-5C.....	36
FOA 9A-9C .....	37
FOA 9E-6D-6B-6A .....	38
FOA 07 .....	39
FOA 08 .....	40
FOA 10 .....	41

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 INTRODUZIONE

Il presente documento ha come oggetto il dimensionamento e le verifiche geotecniche delle fondazioni delle Barriere foniche previste nell'ambito della realizzazione della copertura fonica del viadotto Palmaro lungo l'autostrada A10 Genova-Ventimiglia tra la prog. km 10+025 e la prog. km 10+606.

Per quanto riguarda la sismicità dell'area si rimanda a quanto riportato nella relazione strutturale delle barriere foniche.

Le verifiche geotecniche fanno riferimento a quanto contenuto nelle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 14/01/2008 (NTC).

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### 2.1 STUTTURE IN C.A. E ACCIAIO

- **Legge 5 Novembre 1971 N°1086** – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- **D.M. LL.PP. 4 Maggio 1990** – “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali”;
- **D.M. LL.PP. 14 Febbraio 1992** - “Norme tecniche per l'esecuzione delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- **D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996** - “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- **Circolare LL.PP. 14 Febbraio 1974 n°11951** – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica – Istruzioni per l'applicazione”;
- **Circolare LL.PP. 31 Luglio 1979 n°19581** – “Legge 5.11.1971 n°1086 – Collaudo statico”;
- **Circolare LL.PP. 23 Ottobre 1979 n°19777** – “Competenza Amministrativa per la Legge 5.11.1971 n°1086 e Legge 2.2.1974 n°64”;
- **Circolare LL.PP. 9 Gennaio 1980 n°20049** – “Legge 5.11.1971 n°1086 – Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato”;
- **Circolare LL.PP. 31 Ottobre 1986 n°227996** – “Legge 5.11.1971 n°1086 – Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 27.07.1985”;
- **Circolare LL.PP. 1 Settembre 1987 n°29010** – “Legge 5.11.1971 n°1086 – D.M. 24.05.85 – Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato in particolare”;
- **Circolare LL.PP. 15 Ottobre 1996 n°252 AA.GG./S.T.C.** – “Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 9.01.1996”;

- **C.N.R. n°10025-84 del 14/12/1984** - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- **C.N.R. n°10011-85 del 18/04/1985** - Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione e successive modificazioni ed integrazioni di cui alle CNR 10011-97 del 21/12/1997;
- **C.N.R. n°10029-87** – “Costruzioni di acciaio ad elevata resistenza: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- **C.N.R. n°10030-87** – “Anime irrigidite di travi a parete piena”;
- **D.M. del 04/05/1990** – “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali”.
- **UNI ENV 1992-1-1 Gennaio 1993** – “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- **UNI ENV 1993-1-1 Giugno 1994** – “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- **UNI ENV 1991-1 31 Ottobre 1996** – “Eurocodice 1 – Basi di calcolo ed azioni sulle strutture”;
- **[1] NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI – DM 14 gennaio 2008** – “ Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- **[2] 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, (*GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27*)”;
- **UNI EN 1794-1 2004** - Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale;
- **Linee guida per l'applicazione della UNI EN 1794-1 2004** redatte da SPEA Ingegneria (si veda Allegato A alla presente relazione).

## 2.2 AZIONI SISMICHE

- **Legge 2 Febbraio 1974 n 64:** “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- **D.M. del 24 gennaio 1986** - Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche;
- **Circolare LL.PP. 19 Luglio 1986 n° 27690:** "Istruzioni per l'applicazione del D.M. 24/01/1986 recante norme tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- **D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996** - “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- **Circolare LL.PP. 5 Marzo 1985 n°25882:** "Istruzioni per l'applicazione delle tecniche sulle costruzioni sismiche”;
- **Circolare LL.PP. 10 Aprile 1997, n°65/AA.GG.** – “Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica» di cui al D.M. 16.01.1996”

- **UNI ENV 1998-1-1 Ottobre 1997** – “Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 1-1: Regole generali – Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”;
- **UNI ENV 1998-1-2 Ottobre 1997** – “Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 1-2: Regole generali per gli edifici”;
- **UNI ENV 1998-1-3 Gennaio 1998** – “Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 1-3: Regole generali - Regole specifiche per i diversi materiali ed elementi”;
- **NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI – DM 14 gennaio 2008** – “ Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- **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, (*GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27*)”.

## 2.3 CARICHI E SOVRACCARICHI

- **D.M. del 16 Gennaio 1996** - “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”;
- **Circolare LL.PP. del 24 maggio 1982 n° 22631** – “Istruzioni applicative - D.M. 12.02.82”;
- **Circolare LL.PP. del 04 luglio 1996 n° 156AA.GG./S.T.C.** – “Istruzioni per l’applicazione delle «Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»;
- **CNR 10012/85** – “Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni”;
- **UNI ENV 1991-1 Ottobre 1996** – “Eurocodice 1 - Basi di calcolo ed azioni sulle strutture. Parte 1: Basi di calcolo”;
- **UNI ENV 1991-2-1 Ottobre 1996** – “Eurocodice 1 - Basi di calcolo ed azioni sulle strutture. Parte 2-1: Azioni sulle strutture – Massa volumica, pesi propri e carichi imposti”;
- **UNI ENV 1991-2-3 Ottobre 1996** – “Eurocodice 1 - Basi di calcolo ed azioni sulle strutture. Parte 2-3: Azioni sulle strutture – Carichi da neve”;
- **UNI ENV 1991-2-4 Marzo 1997** – “Eurocodice 1 - Basi di calcolo ed azioni sulle strutture. Parte 2-3: Azioni sulle strutture – Azione del vento”;
- **NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI – DM 14 gennaio 2008** – “ Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- **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, (*GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27*)”.

### 3 MATERIALI

I materiali prescritti per l'esecuzione dell'opera sono

#### **CALCESTRUZZO**

- MAGRONE PER SOTTOFONDAZIONI  
Classe C12/15  
Classe di esposizione X0
- FONDAZIONI  
Classe C28/35  
Classe di esposizione XC2  
Copriferro nominale 40 mm
- MALTA CEMENTIZIA MICROPALI  
Classe C25/30  
Classe di esposizione XC2
- ELEVAZIONI  
Classe C32/40  
Classe di esposizione XF2  
Copriferro nominale 35 mm
- ELEVAZIONI MURI  
Classe C28/35  
Classe di esposizione XF2
- CORDOLI  
Classe C35/45  
Classe di esposizione XF4  
Copriferro nominale per solette 35mm  
Riferimento alle EN 1992-1-1 par 4.4.1 (2)P

#### **ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO**

- ACCIAIO B450C  
Riferimento alle NTC 2008;

#### **ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA**

- Acciai per carpenterie metalliche laminati del tipo S355J0 rispondenti alle norme UNI EN 10025-1÷6 con zincatura a caldo rispondente alle indicazioni delle norme UNI 5744;
- Acciai per accessori metallici delle barriere del tipo S355J0 rispondenti alle norme UNI EN 10025-1÷6 con zincatura a caldo rispondente alle indicazioni delle norme UNI 5744;

- Tirafondi costituiti da barre filettate in acciaio di caratteristiche di resistenza non inferiore alla classe 8.8 secondo UNI EN 898 parte I (riferimento UNI 5712) con dadi di classe 8 secondo UNI EN 20898 parte II (riferimento UNI 5713);
- Rosette in acciaio C50 UNI EN 10083-2/UNI 5714 temprato e rinvenuto (HRC 32÷40);
- Bulloni ad alta resistenza per le unioni acciaio-acciaio conformi per le caratteristiche dimensionali delle viti alle UNI 5712 e per quelle dei dadi alle UNI 5713 appartenenti alla classe 8.8 e 8 della UNI 3740;
- Saldature manuali effettuate ad arco con elettrodi rivestiti E44 aventi caratteristiche di classe 2, 3, 4 secondo UNI 5132, per spessori inferiori a 30 mm e classe 4B per spessori superiori.

## 4 DESCRIZIONE DELL'OPERE E GEOMETRIE

### 4.1 BARRIERE INTEGRATE

Le barriere foniche integrate hanno fondazioni costituite da cordoli su micropali individuate nel seguito come Tipo 1 e Tipo 2.

#### Fondazione Tipo 1

La fondazione è realizzata mediante un cordolo a sezione quadrata con dimensioni 80x80 cm su cui insistono micropali con diametro di 114,3 mm e spessore 10 mm disposti a quinconce ad interasse di 3,0 m. Il diametro della perforazione è di 240 mm.

Si riporta l'elenco delle barriere con fondazione Tipo 1:

FOA 06A barriera con altezza di 5,0 m e lunghezza dei micropali pari a 12 m.

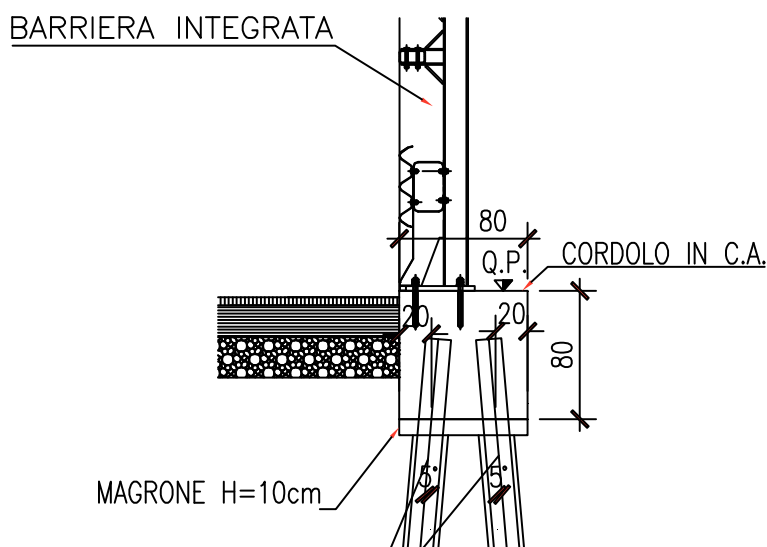


Figura 4.1 – FOA 06A: sezione

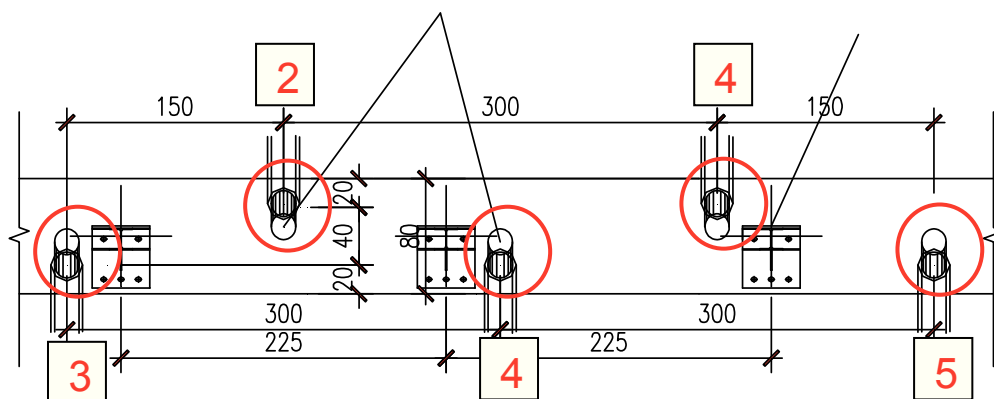


Figura 4.2 – FOA 06A: planimetria

### Fondazione Tipo 2

La fondazione è realizzata mediante un cordolo con a sezione a L con larghezza massima di 210 cm su cui insistono micropali con diametro di 114,3 mm e spessore 10 mm disposti a quinconce ad interasse di 2,25 m. Il diametro della perforazione è di 240 mm.

Si riporta l'elenco delle barriere con fondazione Tipo 2:

FOA 03A barriera con altezza 3,5 m e lunghezza dei micropali pari a 15 m

FOA 05E barriera con altezza 5 m e lunghezza dei micropali pari a 15 m

FOA 06B barriera con altezza 5,0 m e lunghezza dei micropali pari a 12 m

FOA 06D barriera con altezza 5,0 m e lunghezza dei micropali pari a 12 m

FOA 09A barriera con altezza 5,0 m e lunghezza dei micropali pari a 12 m

FOA 09E barriera con altezza 5,0 m e lunghezza dei micropali pari a 12 m

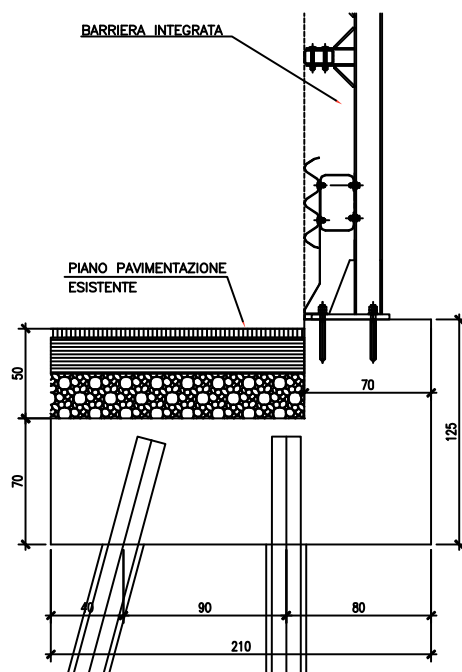


Figura 4.3 - Fondazione Tipo 2: sezione

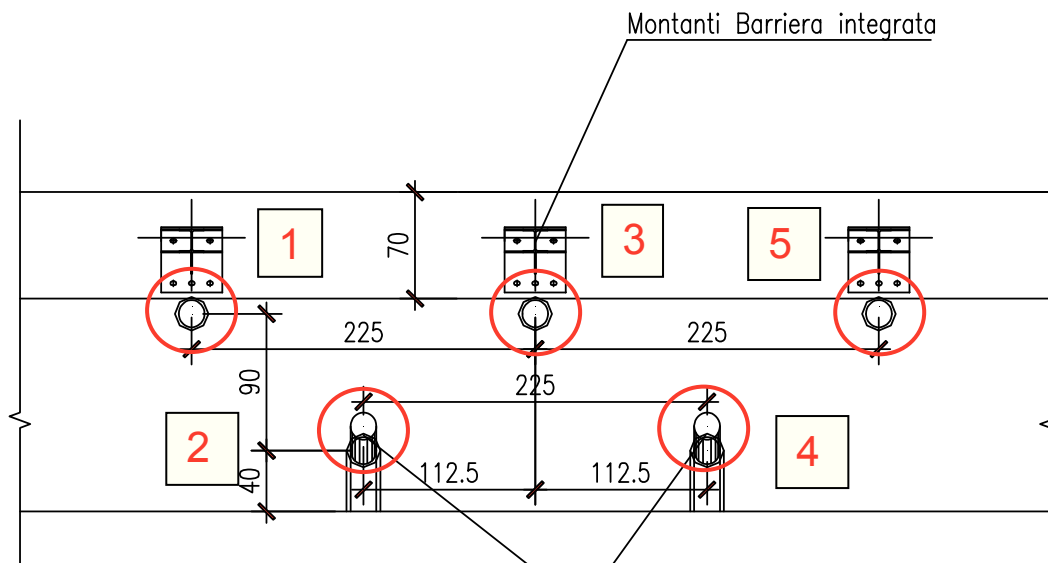


Figura 4.4 - Fondazione Tipo 2: planimetria

## 4.2 BARRIERE DISACCOPPIATE

Le barriere foniche disaccoppiate, tranne la FOA 08, sono montate alla sommità di muri aventi altezza di 2,50 m con fondazioni su micropali individuate nel seguito come Tipo 3, Tipo 4 e Tipo 5.

La FOA 08 è invece installata su un cordolo a sezione quadrata 70x70 cm denominato fondazione Tipo 6.

### Fondazione Tipo 3

La fondazione del muro è realizzata mediante un cordolo a sezione rettangolare 140x70 su cui insistono micropali con diametro di 168,3 mm e spessore 12,5 mm disposti a quinconce ad interasse di 3,0 m. Il diametro della perforazione è di 240 mm.

Si riporta l'elenco delle barriere con fondazione Tipo 3:

FOA 07 barriera con altezza<sup>1</sup> di 5,0 m e lunghezza dei micropali pari a 12 m;

FOA 010 barriera con altezza di 3,1 m e lunghezza dei micropali pari a 9 m.

<sup>1</sup> Le altezze riportate sono riferite sola barriera fonica escluse quelle dei muri su cui insistono.

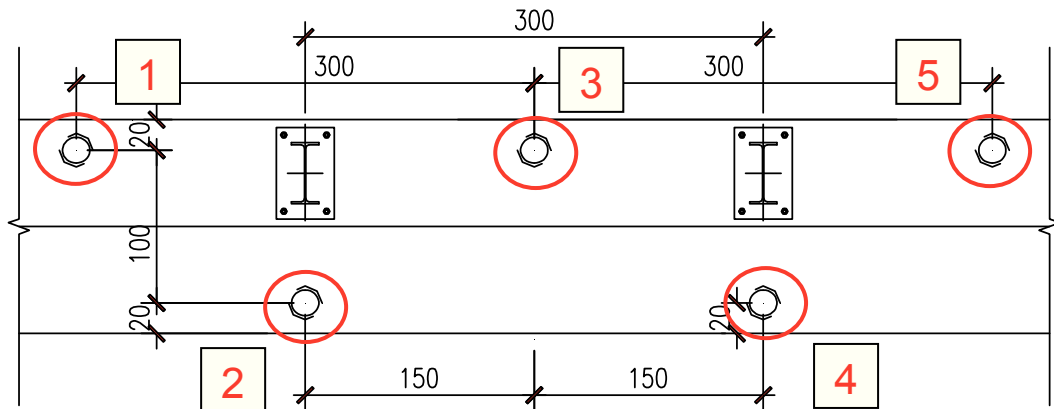


Figura 4.5 - Fondazione Tipo 3: planimetria

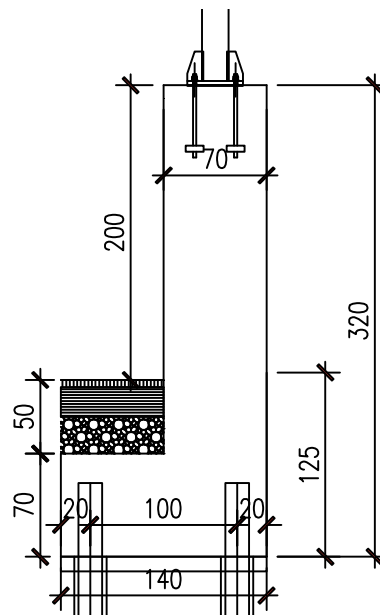


Figura 4.6 - Fondazione Tipo 3: sezione

#### Fondazione Tipo 4

La fondazione del muro è realizzata mediante un cordolo a sezione rettangolare 210x100 su cui insistono micropali con diametro di 168,3 mm e spessore 12,5 mm disposti ad interasse longitudinale di 1 m e trasversale di 1,3 m. Il diametro della perforazione è di 240 mm.

Si riporta l'elenco delle barriere con fondazione Tipo 4:

FOA 01A barriera con altezza di 9 m (5+4) e lunghezza dei micropali pari a 12 m;

FOA 09C barriera con altezza di 9 m (5+ 4) e lunghezza dei micropali pari a 12 m;

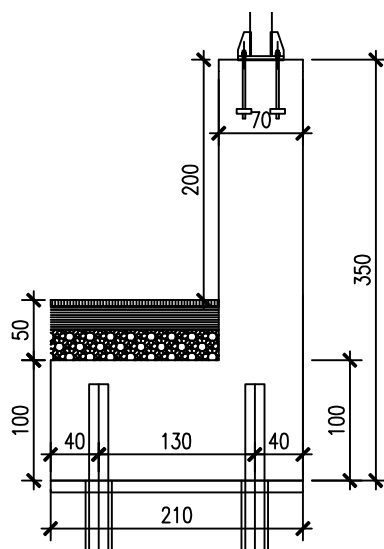


Figura 4.7 - Fondazione Tipo 4: sezione

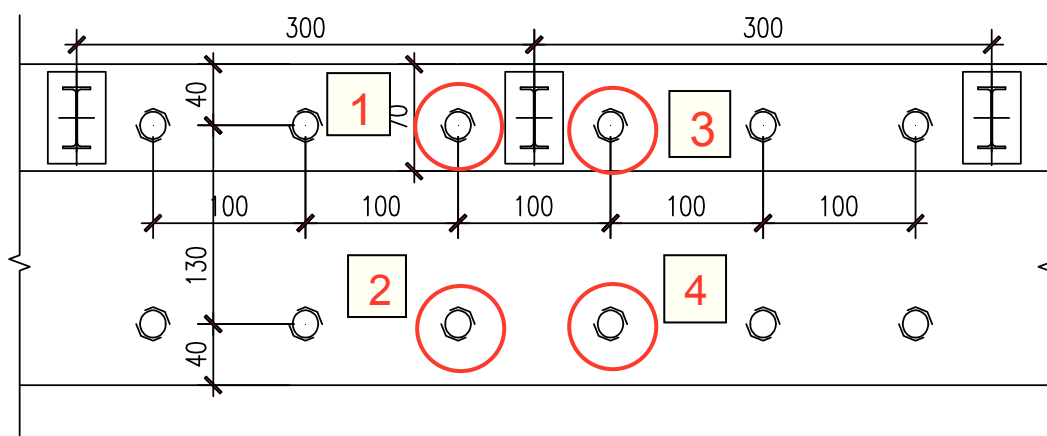


Figura 4.8 - Fondazione Tipo4: planimetria

#### Fondazione Tipo 5

La fondazione del muro è realizzata mediante un cordolo a sezione rettangolare 210x100 su cui insistono micropali con diametro di 168,3 mm e spessore 12,5 mm disposti come in Figura 4.5.

Il diametro della perforazione è di 240 mm.

Si riporta l'elenco delle barriere con fondazione Tipo 5:

FOA 05A barriera con altezza di 9 m (5+4) e lunghezza dei micropali pari a 15 m;

FOA 05C barriera con altezza di 9 m (5+4) e lunghezza dei micropali pari a 15 m;

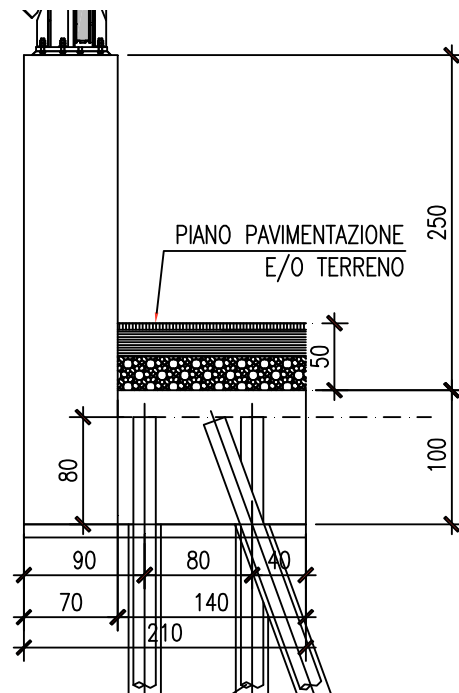


Figura 4.9 - Fondazione Tipo 5: sezione

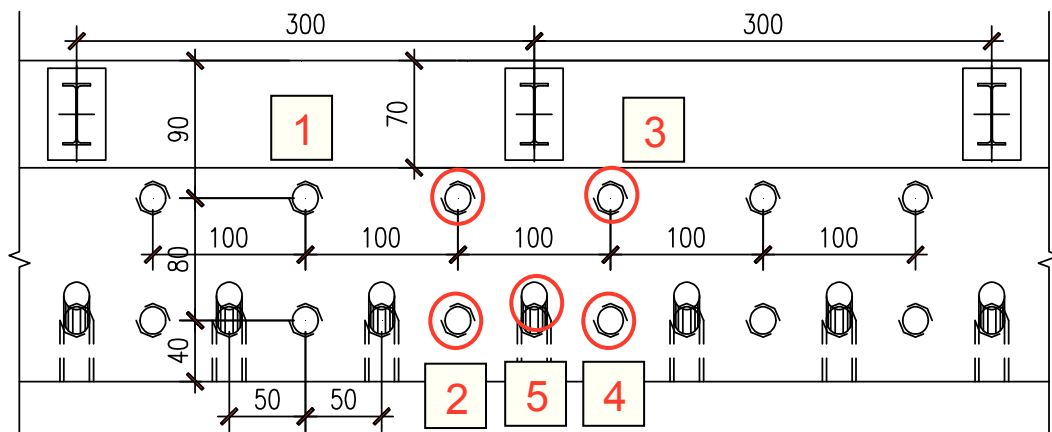
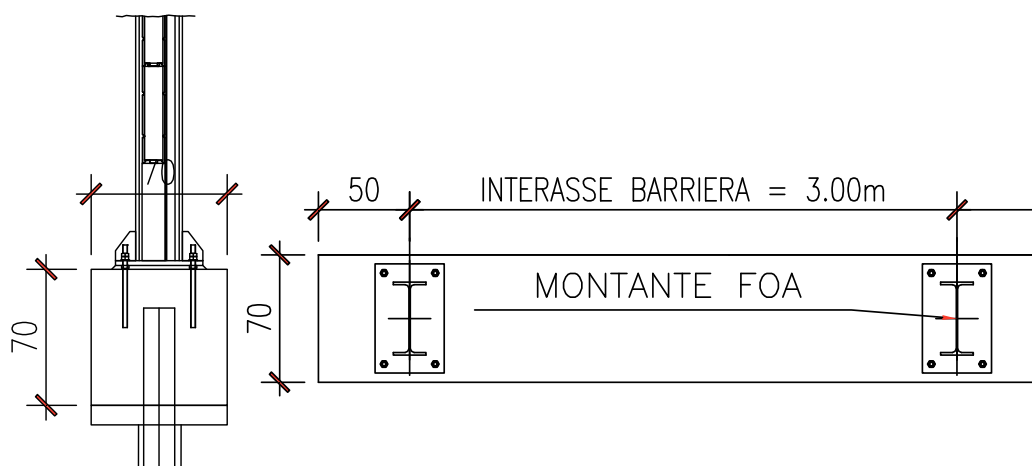


Figura 4.10 - Fondazione Tipo 5: planimetria

### Fondazione Tipo 6

La fondazione del muro è realizzata mediante un cordolo a sezione quadrata 70x70 su cui insistono micropali con diametro di 114,3 mm e spessore 10 mm disposti verticalmente in unica fila ad interasse di 3 m. Il diametro della perforazione è di 240 mm.



FOA 08 barriera con altezza variabile da 0,5 a 3 m e lunghezza dei micropali pari a 6 m;

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La relazione geotecnica allegata al progetto individua nell'area in esame le seguenti unità geotecniche di progetto:

1. materiale di copertura e di riporto (A);
2. materiale litoide alterato (B)

Le indagini dimostrano come nell'area del Viadotto lo strato di copertura abbia uno spessore variabile da 5.0 a 10.0m

In merito alle caratteristiche del substrato roccioso le descrizioni litologiche delle carote campionate, evidenziano la presenza di livelli/strati estremamente fratturati e alterati:

Relativamente alla verifica delle fondazioni si precisa quanto segue:

- la formazione di substrato appare fortemente alterata e ossidata;
- le condizioni al contorno risulta essere fortemente legata ad un contesto locale

Nelle seguenti tabelle sono riassunti i parametri geotecnici caratteristici assunti per ogni unità presente, ricavati dalla Relazione Geotecnica di progetto.

Parametri geotecnici materiale di rilevato (A)	
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0
N <sub>SPT</sub> (colpi/30 cm)	30 ÷ 50
$\phi'$ (°)	33 ÷ 35
Parametri geotecnici strato di copertura (A)	
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.0
N <sub>SPT</sub> (colpi/30 cm)	20 ÷ 50 <sup>2</sup>
$\phi'$ (°)	35 ÷ 37
Parametri geotecnici substrato (B)	
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	26
N <sub>SPT</sub> (colpi/30 cm)	100
$\phi'$ (°)	38 ÷ 40

### Simbologia:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale;

N<sub>SPT</sub> = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

<sup>2</sup> Si considera, a vantaggio di sicurezza, un intervallo di variazione del parametro NSPT [20-50] in alternativa a quanto riportato APE0001 NSPT [20-90]

$\varphi'$  = angolo di resistenza al taglio “operativo”.

## 6 STRATIGRAFIE DI RIFERIMENTO E IPOTESI

Al fine di valutare lo spessore degli strati attraversati dai micropali è stato necessario fare delle ipotesi in quanto non sono disponibili verticali indagate nei tratti interessati alle barriere foniche.

La quota zero si riferisce alla base della fondazione

### FOA 1

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-6	rilevato	20	30-50	33-35
-6	-7,5	copertura	19	20-50	35-37
-7,5	-12	substrato	26	100	38-40

### FOA 3A- 5E-5C

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-6	rilevato	20	30-50	33-35
-6	-15	copertura	19	20-50	35-37

### FOA 9A-9C

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-3	rilevato	20	30-50	33-35
-3	-12	copertura	19	20-50	35-37

### FOA 9E-6D-6B-6A

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-6	rilevato	20	30-50	33-35
-6	-7,5	copertura	19	20-50	35-37
-7,5	-12	substrato	26	100	38-40

### FOA 07

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-5	copertura	19	20-50	34-37
-5	-12	substrato	26	100	38-40

**FOA 08**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-6	copertura	19	20-50	35-37

**FOA 10**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-1	copertura	19	20-50	35-37
-1	-9	substrato	26	100	38-40

**7 CRITERI DI PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE**

Devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese:

- Verifiche agli stati limite ultimi (SLU);
- Verifiche agli stati limite d'esercizio (SLE).

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

$E_d$  = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

$R_d$  = valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione ( $E_d \leq R_d$ ) deve essere svolta impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1, A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3) - cfr. le Tabelle seguenti.

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi e sono definiti specificatamente in funzione della singola verifica.

Per ogni Stato Limite d'Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove:

$E_d$  = valore di progetto dell'effetto dell'azione;

$C_d$  = valore limite prescritto dell'effetto delle azioni (definito dal progettista strutturale).

La verifica della condizione  $E_d \leq C_d$  deve essere effettuata impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali <sup>3</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 7.1 - Coefficienti parziali sulle azioni (A1, A2 e EQU)

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{Cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.0	1.0

Tabella 7.2 - Coefficienti parziali sui terreni (M1 ed M2)

Coefficiente parziale	(R2)
$\gamma_R$	1.1

Tabella 7.3 - Coefficienti parziali per le verifiche di stabilità globale (R2)

VERIFICA	Coefficiente parziale	PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI			PALI AD ELICA		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Punta	$\gamma_b$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.7	1.35	1.00	1.6	1.3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
Totale <sup>(1)</sup>	$\gamma_t$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.6	1.30	1.00	1.55	1.25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1.00	1.60	1.25	1.00	1.6	1.25	1.00	1.6	1.25

Tabella 7.4: Coefficienti parziali sulle resistenze (R1, R2 ed R3) per pali soggetti a carichi assiali

Coefficiente parziale	(R1)	(R2)	(R3)
$\gamma_t$	1.0	1.6	1.3

<sup>3</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano completamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti

Tabella 7.5: Coefficienti parziali sulle resistenze (R1, R2 ed R3) per pali soggetti a carichi trasversali

## 7.1 VERIFICHE DI SICUREZZA STATICHE

### 7.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

Per le strutture in oggetto sono state considerate le seguenti verifiche nei confronti degli SLU:

- SLU di tipo strutturale (STR), relativo alle condizioni di raggiungimento della resistenza ultima degli elementi strutturali della copertura, dei muri di fondazione e dei micropali.
- SLU di tipo geotecnico (GEO) connesso al collasso per carico limite dei micropali di fondazione nei confronti dei carichi assiali<sup>4</sup>.

Tutte le verifiche sono state effettuate in funzione dell'**Approccio 1** di cui al Par. 6.4.3.1 del Doc. Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.:**

#### Approccio 1:

- |    |                  |                |                                  |
|----|------------------|----------------|----------------------------------|
| 1. | Combinazione 1:  | $A1 + M1 + R1$ | per SLU di tipo strutturale STR: |
| 2. | Combinazione 2 : | $A2 + M1 + R2$ | per SLU di tipo strutturale GEO. |

## 7.2 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO SISMICO

### 7.2.1 Stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di sicurezza in campo sismico devono contemplare almeno le medesime verifiche definite in campo statico, in cui tuttavia i coefficienti sulle azioni sono posti pari ad uno (Par.7.11.1 del Doc. Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Come indicato al Par. 7.11.5.3 del Doc. Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, per le verifiche della fondazione su pali, inerenti al raggiungimento della resistenza del terreno, si è assunto l'Approccio 1 - Combinazione 2, assumendo i seguenti coefficienti parziali:

- Coefficienti parziali M2 per quanto concerne la valutazione dell'incremento di spinta del terreno indotto dalle azioni sismiche;
- Coefficienti parziali A2 posti pari all'unità.
- Coefficienti parziali R2 per la valutazione delle resistenze di progetto;

<sup>4</sup> Per quanto concerne le verifiche geotecniche nei confronti dei carichi orizzontali si ritiene, in virtù della flessibilità dei pali sottoposti a tali carichi, che il meccanismo di rottura non sia possibile. Le verifiche connesse a questo Stato Limite non sono perciò effettuate.

- Per quanto concerne gli stati limite per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali o nei vincoli, le verifiche sono state svolte con l'Approccio 1 Combinazione 1, assumendo i seguenti coefficienti parziali:
- Coefficienti parziali A1 posti pari all'unità.
- Coefficienti parziali R1 per la valutazione delle resistenze di progetto .

### 7.3 CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DEI MICROPALI

I calcoli della capacità portante dei pali con riferimento ad una analisi agli stati limite sono state condotte come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del gennaio 2008.

La resistenza caratteristica ( $R_k$ ) del palo singolo può essere determinata mediante tre approcci distinti secondo quanto indicato nelle (NTC):

- da risultati di prove di carico statico di progetto su pali pilota;
- da metodi di calcolo analitici a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici oppure con relazioni empiriche che utilizzino direttamente i risultati di prove in sito (CPT, SPT, pressiometriche, ecc.);
- da risultati da prove dinamiche di progetto su pali pilota.

Nelle verifiche condotte nel presente documento la resistenza caratteristica ( $R_k$ ) è stata stimata adottando l'Approccio "b" procedendo come di seguito descritto:

- per ogni strato sono stati scelti il valore medio e minimo dei parametri geotecnici a disposizione;
- sono state calcolate la resistenza media ( $R_{MEDIA}$ ) e minima ( $R_{MIN}$ ) adottando i parametri medi e minimi ottenuti al punto precedente;
- la resistenza caratteristica ( $R_k$ ), a compressione o a trazione, è stata determinata come minimo dei valori ottenuti:

$$R_k = \min \left\{ \frac{R_{MEDIA}}{\xi_3}, \frac{R_{MIN}}{\xi_4} \right\}$$

con  $\xi_3$  e  $\xi_4$  fattori di correlazione funzione del numero di verticali indagate (Tabella 7.6).

Numero prove di indagine	1	2	3	4	5	7	≥10
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	<b>1.40</b>
$\xi_4$	<b>1.70</b>	<b>1.55</b>	<b>1.48</b>	<b>1.42</b>	<b>1.34</b>	<b>1.28</b>	<b>1.21</b>

Tabella 7.6: Fattori di correlazione  $\xi$  (vedi tab. 6.4.IV NTC)

La resistenza di progetto  $R_d$  si ottiene applicando alla resistenza caratteristica  $R_k$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati Tabella 7.7.

In seguito la resistenza di progetto  $R_d$  viene confrontata con le azioni assiali, di compressione o di trazione, provenienti dall'analisi della fondazione di pali al variare delle combinazioni di carico.

I criteri utilizzati per la stima delle curve di capacità portante a compressione e trazione sono illustrati nel successivo capitolo 7.4.

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
	$\gamma_R$	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 (compressione)	$\gamma_s$	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15
Totale	$\gamma_T$	1.0	1.45	1.15	1.0	1.6	1.30	1.0	1.55	1.25
Laterale (trazione)	$\gamma_{st}$	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25

Tabella 7.7: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche di pali soggetti a carichi assiali (vedi tab. 6.4.II NTC)

#### 7.4 STIMA DELLA RESISTENZA DEI MICROPALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

La portata limite ( $Q_{LIM}$ ) di un micropalo è stata calcolata con riferimento alle seguenti formule:

$$Q_{LIM} = Q_{B,LIM} + Q_{L,LIM} = q_b \cdot A_B + \sum_i \pi \cdot \alpha \cdot D_{Si} \cdot \Delta H_i \cdot \tau_{lim,i} \text{ compressione}$$

$$Q_{LIM} = \sum_i \pi \cdot D_{Si} \cdot \Delta H_i \cdot \tau_{lim,i} \text{ trazione}$$

con:

$Q_{B,LIM}$  = portata limite di base;

$Q_{L,LIM}$  = portata limite laterale;

$q_b$  = portata unitaria di base;

$A_B$  = area di base;

$D_{Si}$  = diametro del concio  $i^{mo}$  di palo;

$\Delta H_i$  = altezza del concio  $i^{mo}$  di micropalo della zona iniettata;

$\tau_{i}$  = attrito laterale unitario limite del concio  $i^{mo}$  di palo

$\alpha$  = coefficiente conto che tiene conto del reale diametro del micropalo

Le tensioni tangenziali sono state valutate ipotizzando per il micropalo un sistema d'iniezione a pressione con getto dell'intero palo in un'unica soluzione (IGU, *injection globale unique*) mediante un'unica valvola di fondo.

Le tensioni tangenziali d'aderenza sono state valutate in base alla seguente relazione

$$\tau_{lim,i} = 75 + 4,64(N_{SPT} - 20) \leq 200 \text{ kPa}$$

mentre la portata unitaria di base è stata determinata come:

$$q_b = 4N_{SPT} \leq 15 \text{ MPa}$$

Il coefficiente  $\alpha$  assunto nei calcoli, tenuto conto del tipo d'iniezione dei micropali e delle caratteristiche dei terreni attraversati, è pari a 1,2 per  $\tau_{lim} < 200 \text{ kPa}$ .

#### 8 SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI MICROPALI

Le sollecitazioni di progetto dei muri, dei micropali e delle strutture di collegamento sono state determinate mediante un modello agli elementi finiti di un tratto significativo di ciascuna barriera.

Nel seguito si riportano le sollecitazioni più gravose agenti sui micropali di ciascuna fondazione. Tipo limitatamente quelli indicati in Figura 4.4, Figura 4.5, Figura 4.8 e Figura 4.10.

Per il dettaglio delle combinazioni di carico si veda STR092-Relazione di Calcolo delle Barriere Foniche.

### SEZIONE TIPO 1 (FOA 06A TRATTO DI BORDO<sup>5</sup>)

SEZIONE TIPO 1 (FOA 06A)					
SOLLECITAZIONI STR-SISMA					
Micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP2	0	V. EST. G UNI. STR	217,63	-0,79	-8,53
MP2	0	V. EST. G AMPL. STR	208,70	-0,82	-8,56
MP2	0	V. INT. G UNI. STR	-273,28	0,65	8,37
MP2	0	V. INT. G AMPL. STR	-282,21	0,62	8,34
MP2	0	SISMA SLV	35,00	1,44	3,10
MP2	0	SISMA SLV	-90,64	-1,58	-3,25
MP2	0	COMB. URTO	-167,71	-8,14	-1,92
MP3	0	V. EST. G UNI. STR	-291,90	-0,48	7,63
MP3	0	V. EST. G AMPL. STR	-301,94	-0,45	7,67
MP3	0	V. INT. G UNI. STR	231,12	0,57	-7,48
MP3	0	V. INT. G AMPL. STR	221,08	0,60	-7,44
MP3	0	SISMA SLV	35,56	1,49	3,22
MP3	0	SISMA SLV	-96,34	-1,39	-3,07
MP3	0	COMB. URTO	126,51	11,16	4,07
MP4	0	V. EST. G UNI. STR	224,22	1,69	-6,74
MP4	0	V. EST. G AMPL. STR	214,88	1,65	-6,78
MP4	0	V. INT. G UNI. STR	-281,79	-1,88	6,55
MP4	0	V. INT. G AMPL. STR	-291,13	-1,92	6,51
MP4	0	SISMA SLV	34,02	1,38	3,04
MP4	0	SISMA SLV	-91,60	-1,57	-3,23
MP4	0	COMB. URTO	-186,88	-14,16	-6,22
MP2	1	V. EST. G UNI. STR	217,38	-0,77	-7,75
MP2	1	V. EST. G AMPL. STR	208,36	-0,79	-7,75
MP2	1	V. INT. G UNI. STR	-273,53	0,68	7,71
MP2	1	V. INT. G AMPL. STR	-282,55	0,65	7,70
MP2	1	SISMA SLV	34,75	1,46	1,69
MP2	1	SISMA SLV	-90,90	-1,55	-1,73
MP2	1	COMB. URTO	-167,97	-8,12	6,21
MP3	1	V. EST. G UNI. STR	-292,16	-0,45	8,09
MP3	1	V. EST. G AMPL. STR	-302,27	-0,42	8,10
MP3	1	V. INT. G UNI. STR	230,86	0,60	-8,06
MP3	1	V. INT. G AMPL. STR	220,75	0,63	-8,06
MP3	1	SISMA SLV	35,30	1,51	1,72
MP3	1	SISMA SLV	-96,60	-1,37	-1,69
MP3	1	COMB. URTO	126,25	11,18	-7,10
MP4	1	V. EST. G UNI. STR	223,96	1,71	-8,44
MP4	1	V. EST. G AMPL. STR	214,54	1,68	-8,45
MP4	1	V. INT. G UNI. STR	-282,05	-1,86	8,42
MP4	1	V. INT. G AMPL. STR	-291,47	-1,89	8,41
MP4	1	SISMA SLV	33,77	1,40	1,70
MP4	1	SISMA SLV	-91,85	-1,55	-1,73
MP4	1	COMB. URTO	-187,13	-14,13	7,92

<sup>5</sup> Le sollecitazioni sono state determinate considerando l'azione del vento agente sulle zone di bordo della barriera in quanto maggiori rispetto al tratto corrente (cfr. STR092)

SEZIONE TIPO 1 (FOA 06A)					
SOLLECITAZIONI GEO-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP2	0	V. EST. G UNI. GEO	184,90	-0,69	-7,40
MP2	0	V. EST. G AMPL. GEO	184,02	-0,70	-7,41
MP2	0	V. INT. G UNI. GEO	-240,54	0,55	7,24
MP2	0	V. INT. G AMPL. GEO	-241,43	0,54	7,22
MP2	0	SISMA SLV	35,001	1,43	3,09
MP2	0	SISMA SLV	-90,64	-1,57	-3,25
MP3	0	V. EST. G UNI. GEO	-257,03	-0,40	6,62
MP3	0	V. EST. G AMPL. GEO	<b>-258,40</b>	-0,39	6,64
MP3	0	V. INT. G UNI. GEO	<b>196,24</b>	0,50	-6,47
MP3	0	V. INT. G AMPL. GEO	194,87	0,51	-6,45
MP3	0	SISMA SLV	35,55	1,48	3,22
MP3	0	SISMA SLV	-96,34	-1,39	-3,07
MP4	0	V. EST. G UNI. GEO	190,48	1,45	-5,85
MP4	0	V. EST. G AMPL. GEO	189,42	1,43	-5,87
MP4	0	V. INT. G UNI. GEO	-248,05	-1,64	5,66
MP4	0	V. INT. G AMPL. GEO	-249,11	-1,65	5,64
MP4	0	SISMA SLV	34,02	1,38	3,04
MP4	0	SISMA SLV	-91,59	-1,56	-3,23

## SEZIONE TIPO 2 (FOA 09A<sup>6</sup>)

SEZIONE TIPO 2 (FOA 09A)					
SOLLECITAZIONI STR-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP2	0	V. EST. G UNI. STR	-113,42	0,46	1,04
MP2	0	V. EST. G AMPL. STR	-112,04	0,29	0,56
MP2	0	V. INT. G UNI. STR	119,73	-1,29	-3,86
MP2	0	V. INT. G AMPL. STR	121,11	-1,47	-4,34
MP2	0	SISMA SLV	49,40	11,85	7,43
MP2	0	SISMA SLV	-43,08	-12,68	-10,24
MP2	0	COMB. URTO	141,95	6,24	1,67
MP3	0	V. EST. G UNI. STR	-31,43	0,51	1,05
MP3	0	V. EST. G AMPL. STR	-76,45	0,31	0,54
MP3	0	V. INT. G UNI. STR	-258,34	-1,48	-4,01
MP3	0	V. INT. G AMPL. STR	-303,36	-1,68	-4,52
MP3	0	SISMA SLV	-97,36	11,73	7,27
MP3	0	SISMA SLV	-192,40	-12,70	-10,23
MP3	0	COMB. URTO	-277,93	6,04	1,47
MP4	0	V. EST. G UNI. STR	-113,42	0,46	1,04
MP4	0	V. EST. G AMPL. STR	-112,04	0,29	0,56
MP4	0	V. INT. G UNI. STR	119,73	-1,29	-3,86
MP4	0	V. INT. G AMPL. STR	121,11	-1,47	-4,34
MP4	0	SISMA SLV	49,40	11,85	7,43
MP4	0	SISMA SLV	-43,08	-12,68	-10,24
MP4	0	COMB. URTO	141,95	6,24	1,67

<sup>6</sup> Sollecitazioni significative, a vantaggio di sicurezza, anche per FOA 03A - 05E - 06B - 06D – 09E

SEZIONE TIPO 2 (FOA 09A)					
SOLLECITAZIONI GEO-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP2	0	V. EST. G UNI. GEO	-97,88	0,35	0,72
MP2	0	V. EST. G AMPL. GEO	-97,23	0,27	0,63
MP2	0	V. INT. G UNI. GEO	104,19	-1,18	-3,53
MP2	0	V. INT. G AMPL. GEO	104,84	-1,26	-3,62
MP2	0	SISMA SLV	49,40	11,85	7,43
MP2	0	SISMA SLV	-43,08	-12,68	-10,24
MP3	0	V. EST. G UNI. GEO	-46,55	0,38	0,71
MP3	0	V. EST. G AMPL. GEO	-48,90	0,30	0,62
MP3	0	V. INT. G UNI. GEO	-243,21	-1,35	-3,68
MP3	0	V. INT. G AMPL. GEO	-245,55	-1,43	-3,76
MP3	0	SISMA SLV	-97,36	11,73	7,27
MP3	0	SISMA SLV	-192,40	-12,70	-10,23
MP4	0	V. EST. G UNI. GEO	-97,88	0,35	0,72
MP4	0	V. EST. G AMPL. GEO	-97,23	0,27	0,63
MP4	0	V. INT. G UNI. GEO	104,19	-1,18	-3,53
MP4	0	V. INT. G AMPL. GEO	104,84	-1,26	-3,62
MP4	0	SISMA SLV	49,40	11,85	7,43
MP4	0	SISMA SLV	-43,08	-12,68	-10,24

### SEZIONE TIPO 3 (FOA 07<sup>7</sup>)

SEZIONE TIPO 3 (FOA 07)					
SOLLECITAZIONI STR-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP2	0	V. EST. G UNI. STR	-233,74	-16,51	-10,44
MP2	0	V. EST. G AMPL. STR	-253,29	-16,53	-10,97
MP2	0	V. INT. G UNI. STR	-233,74	-16,51	-10,44
MP2	0	V. INT. G AMPL. STR	-253,29	-16,53	-10,97
MP2	0	SISMA SLV	68,21	25,70	16,24
MP2	0	SISMA SLV	-196,88	-25,84	-19,68
MP2	0	COMB. URTO	268,94	60,58	39,51
MP3	0	V. EST. G UNI. STR	1,56	-16,36	-10,23
MP3	0	V. EST. G AMPL. STR	-50,71	-16,36	-10,74
MP3	0	V. INT. G UNI. STR	1,56	-16,36	-10,23
MP3	0	V. INT. G AMPL. STR	-50,71	-16,36	-10,74
MP3	0	SISMA SLV	-32,63	25,75	16,28
MP3	0	SISMA SLV	-307,51	-25,73	-19,53
MP3	0	COMB. URTO	-511,90	60,84	39,63
MP4	0	V. EST. G UNI. STR	-233,74	-16,51	-10,44
MP4	0	V. EST. G AMPL. STR	-253,29	-16,53	-10,97
MP4	0	V. INT. G UNI. STR	-233,74	-16,51	-10,44
MP4	0	V. INT. G AMPL. STR	-253,29	-16,53	-10,97
MP4	0	SISMA SLV	68,21	25,70	16,24
MP4	0	SISMA SLV	-196,88	-25,84	-19,68
MP4	0	COMB. URTO	268,94	60,58	39,51

<sup>7</sup> Sollecitazioni sigificative, a vantaggio di sicurezza, anche per FOA 010

SEZIONE TIPO 3 (FOA 07)					
SOLLECITAZIONI GEO-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP2	0	V. EST. G UNI. GEO	-211,15	-14,32	-9,27
MP2	0	V. EST. G AMPL. GEO	-211,54	-14,32	-9,30
MP2	0	V. INT. G UNI. GEO	-211,15	-14,32	-9,27
MP2	0	V. INT. G AMPL. GEO	-211,54	-14,32	-9,30
MP2	0	SISMA SLV	68,21	25,70	16,24
MP2	0	SISMA SLV	-196,88	-25,84	-19,68
MP3	0	V. EST. G UNI. GEO	-21,33	-14,18	-9,09
MP3	0	V. EST. G AMPL. GEO	-23,20	-14,18	-9,11
MP3	0	V. INT. G UNI. GEO	-21,33	-14,18	-9,09
MP3	0	V. INT. G AMPL. GEO	-23,20	-14,18	-9,11
MP3	0	SISMA SLV	-32,63	25,75	16,28
MP3	0	SISMA SLV	-307,51	-25,73	-19,53
MP4	0	V. EST. G UNI. GEO	-211,15	-14,32	-9,27
MP4	0	V. EST. G AMPL. GEO	-211,54	-14,32	-9,30
MP4	0	V. INT. G UNI. GEO	-211,15	-14,32	-9,27
MP4	0	V. INT. G AMPL. GEO	-211,54	-14,32	-9,30
MP4	0	SISMA SLV	68,21	25,70	16,24
MP4	0	SISMA SLV	-196,88	-25,84	-19,68

#### SEZIONE TIPO 4 (FOA 09C-FOA 01A)

SEZIONE TIPO 4 (FOA 09C-FOA 01A)					
SOLLECITAZIONI STR-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP1	0	V. EST. G UNI. STR	66,21	-12,15	-7,20
MP1	0	V. EST. G AMPL. STR	40,41	-12,15	-7,40
MP1	0	V. INT. G UNI. STR	-234,79	12,13	5,93
MP1	0	V. INT. G AMPL. STR	-260,60	12,13	5,73
MP1	0	SISMA SLV	-45,67	4,42	2,19
MP1	0	SISMA SLV	-123,26	-4,43	-3,48
MP1	0	COMB. URTO	-182,83	21,13	14,99
MP2	0	V. EST. G UNI. STR	-191,48	-12,40	-7,52
MP2	0	V. EST. G AMPL. STR	-201,21	-12,41	-7,72
MP2	0	V. INT. G UNI. STR	128,58	12,37	6,22
MP2	0	V. INT. G AMPL. STR	118,85	12,36	6,03
MP2	0	SISMA SLV	7,97	4,46	2,24
MP2	0	SISMA SLV	-69,37	-4,49	-3,56
MP2	0	COMB. URTO	66,40	21,28	15,19

SEZIONE TIPO 4 (FOA 09C-FOA 1A)					
SOLLECITAZIONI GEO					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP1	0	SISMA SLV	-45,67	4,42	2,19
MP1	0	SISMA SLV	-123,26	-4,43	-3,48
MP1	0	V. EST. G UNI. GEO	46,12	-10,53	-6,33
MP1	0	V. EST. G AMPL. GEO	45,42	-10,53	-6,33
MP1	0	V. INT. G UNI. GEO	<b>-214,75</b>	10,51	5,05
MP1	0	V. INT. G AMPL. GEO	-215,45	10,51	5,05
MP2	0	SISMA SLV	7,97	4,46	2,24
MP2	0	SISMA SLV	-69,37	-4,49	-3,56
MP2	0	V. EST. G UNI. GEO	-170,04	-10,75	-6,61
MP2	0	V. EST. G AMPL. GEO	-170,82	-10,75	-6,61
MP2	0	V. INT. G UNI. GEO	<b>107,34</b>	10,72	5,31
MP2	0	V. INT. G AMPL. GEO	106,56	10,71	5,30

**SEZIONE TIPO 5 (FOA 05C)**

SEZIONE TIPO 5 (FOA 05C)					
SOLLECITAZIONI STR-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP1	0	V. EST. G UNI. STR	63,98	4,11	6,69
MP1	0	V. EST. G AMPL. STR	22,09	3,39	5,30
MP1	0	V. INT. G UNI. STR	-337,82	-8,84	-15,80
MP1	0	V. INT. G AMPL. STR	-379,71	-9,56	-17,18
MP1	0	SISMA SLV	-91,50	-1,30	-2,41
MP1	0	SISMA SLV	-182,65	-3,51	-6,78
MP1	0	COMB. URTO	-240,13	-0,75	-5,80
MP2	0	V. EST. G UNI. STR	-97,85	3,98	6,53
MP2	0	V. EST. G AMPL. STR	-100,17	3,27	5,15
MP2	0	V. INT. G UNI. STR	83,04	-8,65	-15,55
MP2	0	V. INT. G AMPL. STR	80,71	-9,36	-16,92
MP2	0	SISMA SLV	10,68	-1,30	-2,41
MP2	0	SISMA SLV	-24,63	-3,44	-6,69
MP2	0	COMB. URTO	23,22	-0,64	-5,66
MP5	0	V. EST. G UNI. STR	-106,26	3,60	6,33
MP5	0	V. EST. G AMPL. STR	-100,14	2,91	4,99
MP5	0	V. INT. G UNI. STR	146,46	-8,13	-15,13
MP5	0	V. INT. G AMPL. STR	152,58	-8,82	-16,47
MP5	0	SISMA SLV	48,34	-1,33	-2,37
MP5	0	SISMA SLV	-7,51	-3,28	-6,51
MP5	0	COMB. URTO	102,23	-0,42	-5,40

SEZIONE TIPO 5 (FOA 05C)					
SOLLECITAZIONI GEO-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP1	0	V. EST. G UNI. GEO	37,18	3,24	5,19
MP1	0	V. EST. G AMPL. GEO	36,03	3,24	5,17
MP1	0	V. INT. G UNI. GEO	-311,06	-7,98	-14,30
MP1	0	V. INT. G AMPL. GEO	<b>-312,21</b>	-7,98	-14,32
MP1	0	SISMA SLV	-91,50	-1,30	-2,41
MP1	0	SISMA SLV	-182,65	-3,51	-6,78
MP2	0	V. EST. G UNI. GEO	-85,73	3,13	5,05
MP2	0	V. EST. G AMPL. GEO	-86,07	3,13	5,04
MP2	0	V. INT. G UNI. GEO	71,03	-7,81	-14,08
MP2	0	V. INT. G AMPL. GEO	70,69	-7,81	-14,10
MP2	0	SISMA SLV	10,68	-1,30	-2,41
MP2	0	SISMA SLV	-24,63	-3,44	-6,69
MP5	0	V. EST. G UNI. GEO	-89,37	2,81	4,89
MP5	0	V. EST. G AMPL. GEO	-89,38	2,81	4,88
MP5	0	V. INT. G UNI. GEO	<b>129,66</b>	-7,36	-13,71
MP5	0	V. INT. G AMPL. GEO	129,64	-7,35	-13,72
MP5	0	SISMA SLV	48,34	-1,33	-2,37
MP5	0	SISMA SLV	-7,51	-3,28	-6,51

### SEZIONE TIPO 6 (FOA 08)

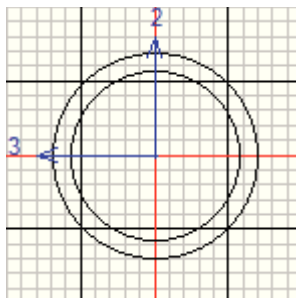
FOA 08					
SOLLECITAZIONI STR-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP1	0	V. EST. G UNI. STR	-44,75	-4,95	-3,50
MP1	0	V. EST. G AMPL. STR	-59,08	-4,95	-3,50
MP1	0	V. INT. G UNI. STR	-44,75	4,95	3,50
MP1	0	V. INT. G AMPL. STR	-59,08	4,95	3,50
MP1	0	P. VEIC. STR	-59,08	2,15	1,52
MP1	0	SISMA SLV	-44,76	8,33	6,18
MP1	0	SISMA SLV	-44,76	-8,33	-6,18

FOA 08					
SOLLECITAZIONI GEO-SISMA					
micropalo	z(m)	combinazioni	N(kN)(-comp)	V2(kN)	M3(kNm)
MP1	0	V. EST. G UNI. GEO	-44,75	-4,29	-3,03
MP1	0	V. EST. G AMPL. GEO	-46,10	-4,29	-3,03
MP1	0	V. INT. G UNI. GEO	-44,75	4,29	3,03
MP1	0	V. INT. G AMPL. GEO	<b>-46,10</b>	4,29	3,03
MP1	0	P. VEIC. GEO	<b>-46,10</b>	1,86	1,31
MP1	0	SISMA SLV	-44,76	8,33	6,18
MP1	0	SISMA SLV	-44,76	-8,33	-6,18

## 9 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MICROPALI

Nel presente capitolo sono mostrate le verifiche di resistenza dei micropali in funzione delle sollecitazioni determinate per le combinazioni di carico STR e SISMA-SLV.

### SEZIONE TIPO 1 (FOA 06A TRATTO DI BORDO)



Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : MP3	X Mid: 29,756	Combo: <b>V. EST. G AMPL.STR</b>	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 0,375	Shape: <b>tubo De 114,3 mm</b>	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: -0,498	Class: Class 1	Rolled : Yes

Country=CEN Default	Combination=Eq. 6.10	Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No

GammaM0=1,05	GammaM1=1,05	GammaM2=1,25	
An/Ag=1,00	RLLF=1,000	PLLF=0,750	D/C Lim=1,000

Aeff=0,003	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,003	Iyy=4,458E-06	iyy=0,037	Wel,yy=7,821E-05	Weff,yy=7,821E-05
It=8,916E-06	Izz=4,458E-06	izz=0,037	Wel,zz=7,821E-05	Weff,zz=7,821E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,114	Wpl,yy=1,085E-04	Av,z=0,002
E=210000000,0	fy=355000,000	fu=430000,000	Wpl,zz=1,085E-04	Av,y=0,002

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-302,267	8,102	0,044	-0,422	-0,207	0,000

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio: 0,495 =  $0,274 + \sqrt{(0,221)^2 + (0,001)^2}$  < 1,000 OK  
=  $(NEd/NRd) + \sqrt{(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2}$  (EC3 6.2.1(7))

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-302,267	1104,644	1011,543

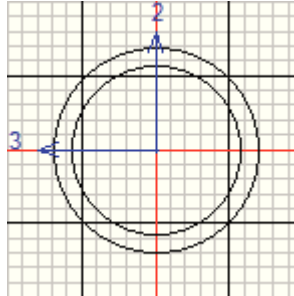
#### MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	8,102	7,887	36,681	36,681	36,681	36,681
Minor (z-z)	0,044	0,044	36,681	36,681	36,681	

#### SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	0,422	0,000	406,015	0,001	OK
Minor (y)	0,207	0,000	406,015	0,001	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	406,015	1,200	0,000

**SEZIONE TIPO 2 (FOA 09A)**


Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : MP3      X Mid: 0,450      Combo: **SISMA SLV**      Design Type: Column  
Length: 1,000      Y Mid: 0,000      Shape: **tubo De 114,3 mm**      Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 0,000      Z Mid: -1,750      Class: Class 1      Rolled : Yes

Country=CEN Default      Combination=Eq. 6.10      Reliability=Class 2  
Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No

GammaM0=1,05      GammaM1=1,05      GammaM2=1,25  
An/Ag=1,00      RLLF=1,000      PLLF=0,750      D/C Lim=1,000

Aeff=0,003	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,003	Iyy=4,458E-06	iyy=0,037	Wel,yy=7,821E-05	Weff,yy=7,821E-05
It=8,916E-06	Izz=4,458E-06	izz=0,037	Wel,zz=7,821E-05	Weff,zz=7,821E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,114	Wpl,yy=1,085E-04	Av,z=0,002
E=210000000,0	fy=355000,000	fu=399895,958	Wpl,zz=1,085E-04	Av,y=0,002

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-192,403	-10,233	0,000	-12,696	0,000	0,000

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))**

D/C Ratio: 0,481 =  $0,178 + \sqrt{(0,303)^2 + (0,000)^2}$  < 1,000 OK  
= (NEd/NRd) +  $\sqrt{(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2}$  (EC3 6.2.1(7))

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-197,155	1104,644	940,725

**MOMENT DESIGN**

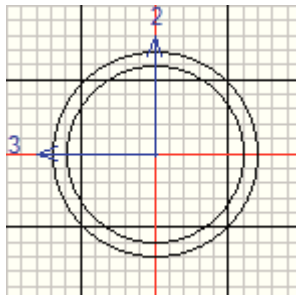
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-11,108	-3,892	36,681	36,681	36,681	36,681
Minor (z-z)	0,000	0,000	36,681	36,681	36,681	

**SHEAR DESIGN**

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	12,696	0,000	406,015	0,031	OK
Minor (y)	0,000	0,000	406,015	0,000	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	406,015	1,200	0,000

### SEZIONE TIPO 3 (FOA 07)



Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : MP3      X Mid: -0,150      Combo: **COMB. URTO**      Design Type: Column  
Length: 1,000      Y Mid: 0,000      Shape: **tubo De 168.3 mm**      Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 0,000      Z Mid: -0,500      Class: Class 1      Rolled : Yes

Country=CEN Default      Combination=Eq. 6.10      Reliability=Class 2  
Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No

GammaM0=1,05      GammaM1=1,05      GammaM2=1,25  
An/Ag=1,00      RLLF=1,000      PLLF=0,750      D/C Lim=1,000

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,868E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,220E-04	Weff,yy=2,220E-04
It=3,737E-05	Izz=1,868E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,220E-04	Weff,zz=2,220E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,041E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=355000,000	fu=430000,000	Wpl,zz=3,041E-04	Av,y=0,004

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-511,904	39,630	0,000	60,840	0,000	0,000

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio: 0,633 =  $0,247 + \sqrt{(0,385)^2 + (0,000)^2}$  < 1,000 OK  
=  $(N_{Ed}/N_{Rd}) + \sqrt{(M_{y,Ed}/M_{y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{z,Rd})^2}$  (EC3 6.2.1(7))

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-511,904	2068,552	1894,211

#### MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	39,630	9,210	102,805	102,805	102,805	102,805
Minor (z-z)	0,000	0,000	102,805	102,805	102,805	

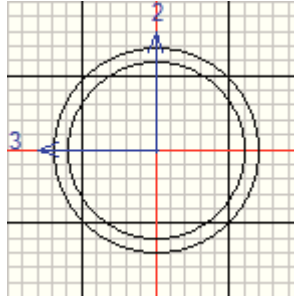
#### SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	60,840	0,000	760,301	0,080	OK
Minor (y)	0,000	0,000	760,301	0,000	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	760,301	1,200	0,000

## SEZIONE TIPO 4 (FOA 09C- FOA 01A)



Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : MP1      X Mid: 0,050      Combo: **COMB. URTO**      Design Type: Column  
Length: 1,000      Y Mid: -0,500      Shape: **tubo De 168.3 mm**      Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 0,000      Z Mid: -3,500      Class: Class 1      Rolled : Yes

Country=CEN Default      Combination=Eq. 6.10      Reliability=Class 2  
Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No

GammaM0=1,05      GammaM1=1,05      GammaM2=1,25  
An/Ag=1,00      RLLF=1,000      PLLF=0,750      D/C Lim=1,000

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,868E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,220E-04	Weff,yy=2,220E-04
It=3,737E-05	Izz=1,868E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,220E-04	Weff,zz=2,220E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,041E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=355000,000	fu=399895,958	Wpl,zz=3,041E-04	Av,y=0,004

### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-182,830	14,986	-0,031	21,126	-0,032	0,000

### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio:  $0,234 = 0,088 + \sqrt{(0,146)^2 + (0,000)^2} < 1,000$  OK  
 $= (N_{Ed}/N_{Rd}) + \sqrt{(M_{y,Ed}/M_{y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{z,Rd})^2}$  (EC3 6.2.1(7))

### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-182,830	2068,552	1761,598

### MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	14,986	4,423	102,805	102,805	102,805	102,805
Minor (z-z)	-0,031	-0,031	102,805	102,805	102,805	

### SHEAR DESIGN

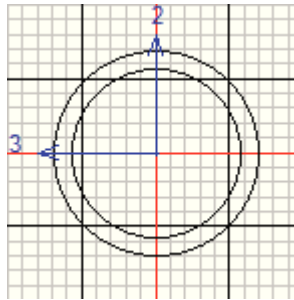
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	21,126	0,000	760,301	0,028	OK
Minor (y)	0,032	0,000	760,301	4,193E-05	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	760,301	1,200	0,000

**SEZIONE TIPO 5 (FOA 05A- FOA 5C)**

La verifica di resistenza dei micropali della sezione Tipo 5 è inclusa nel documento APE025 “Relazione Fondazioni Copertura Fonica”.

**SEZIONE TIPO 6 (FOA 08)**

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : MP1 X Mid: 0,000 Combo: **SISMA SLV** Design Type: Column  
Length: 1,000 Y Mid: 0,000 Shape: tubo De 114,3 mm Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 0,000 Z Mid: -0,850 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10 Reliability=Class 2  
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25  
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=1,000

Aeff=0,003	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,003	Iyy=4,458E-06	iyy=0,037	Wel,yy=7,821E-05	Weff,yy=7,821E-05
It=8,916E-06	Izz=4,458E-06	izz=0,037	Wel,zz=7,821E-05	Weff,zz=7,821E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,114	Wpl,yy=1,085E-04	Av,z=0,002
E=210000000,0	fy=355000,000	fu=430000,000	Wpl,zz=1,085E-04	Av,y=0,002

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-44,756	-6,179	0,000	-8,328	0,000	0,000

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))**

D/C Ratio: 0,209 =  $0,041 + \sqrt{(0,168)^2 + (0,000)^2}$  < 1,000 OK  
=  $(N_{ed}/N_{Rd}) + \sqrt{(M_{y,ed}/M_{y,Rd})^2 + (M_{z,ed}/M_{z,Rd})^2}$  (EC3 6.2.1(7))

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-44,756	1104,644	1011,543

**MOMENT DESIGN**

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-6,179	-6,179	36,681	36,681	36,681	36,681
Minor (z-z)	0,000	0,000	36,681	36,681	36,681	

**SHEAR DESIGN**

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	8,328	0,000	406,015	0,021	OK
Minor (y)	0,000	0,000	406,015	0,000	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	406,015	1,200	0,000

## 10 VERIFICHE DI PORTANZA DEI MICROPALI

In accordo a quanto descritto, di seguito è condotta la stima della resistenza di progetto dei micropali  $R_d$ , in funzione della profondità.

Utilizzando le formulazioni è possibile ottenere i profili di resistenza caratteristica e di progetto riportate nel seguito. La resistenza caratteristica è stimata adottando i coefficienti parziali  $\xi_3$  e  $\xi_4$  relativi a 1 verticale di indagini a disposizione per sistema di fondazione.

I valori delle resistenze di progetto, così trovati sono poi confrontati con i valori delle sollecitazioni assiali determinate secondo l'Approccio 1, combinazione 2 (A2+M1+R2).

A vantaggio di sicurezza nella determinazione della portanza è stato trascurato il contributo dei primi 2 m di terreno a partire dall'intradosso della fondazione.

	pali infissi			pali trivellati		
resistenza	R1	R2	R3	R1	R2	R3
base: $\gamma_b$	1	1.45	1.2	1	1.7	1.35
laterale: $\gamma_s$	1	1.45	1.2	1	1.45	1.15
lat.trazione	1	1.6	1.3	1	1.6	1.25

Tabella 10.1 - Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

numero verticali	1	2	3	4	5	7	>10
$\xi_3$	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4
$\xi_4$	1.7	1.55	1.5	1.42	1.34	1.28	1.2

Tabella 10.2 - fattori di correzione  $\xi$  per in funzione del numero di verticali indagate

TIPO BARRIERA	SEZIONE TIPO FONDAZIONE	MASSIMA COMPRESSIONE	MASSIMA TRAZIONE
FOA 01A	4	-215	107
FOA 03A	2	-246	105
FOA 05C	5	-312	130
FOA 05E	2	-246	105
FOA 06A	1	-258	196
FOA 06B	2	-246	105
FOA 06D	2	-246	105
FOA 07	3	-308	68
FOA 08	6	-59	-
FOA 09A	2	-246	105
FOA 09C	5	-215	107
FOA 09E	2	-246	105
FOA 010	3	-308	68

Tabella 10.3 – Massimi carichi assiali sui micropali

**FOA 1A**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-6	rilevato	20	30-50	33-35
-6	-7,5	copertura	19	25-50	34-37
-7,5	-12	substrato	26	100	38-40

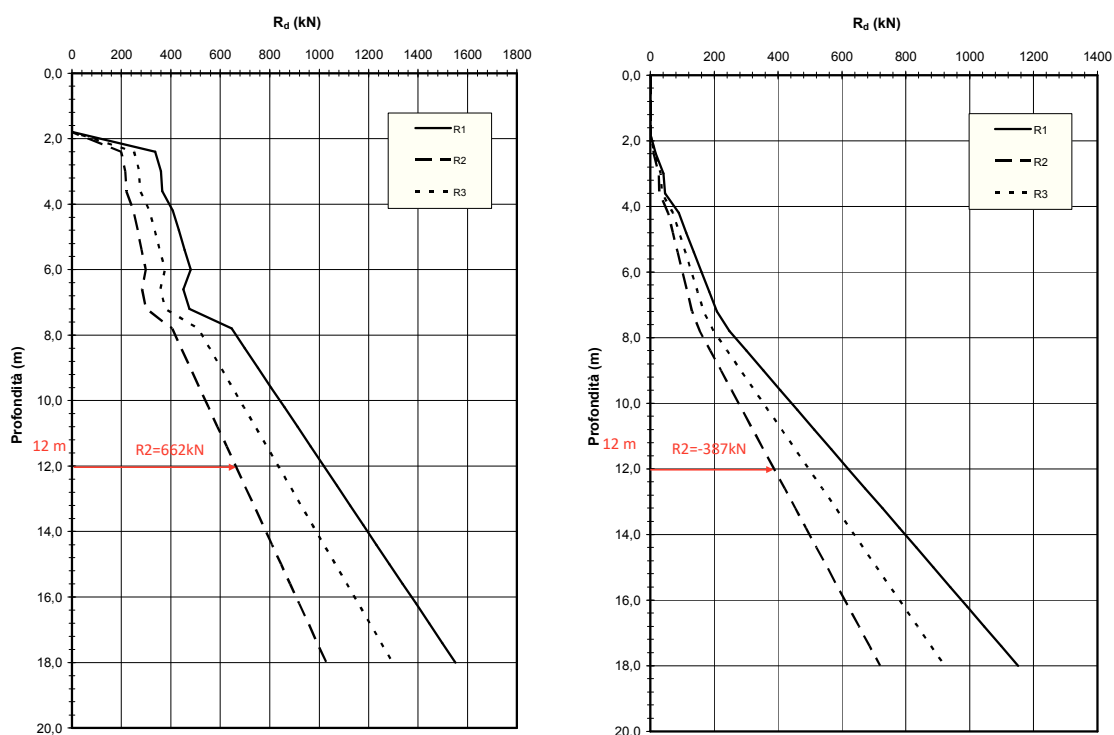


Figura 10.1 – Grafici delle resistenze caratteristiche a compressione (a sinistra) e trazione (a destra) dei micropali

Resistenza a compressione -662 kN

Resistenza a trazione 387 kN

In relazione ai dati di Tabella 10.3 le verifiche risultano soddisfatte.

**FOA 3A- 5E-5C**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-6	rilevato	20	30-50	33-35
-6	-15	copertura	19	25-50	34-37

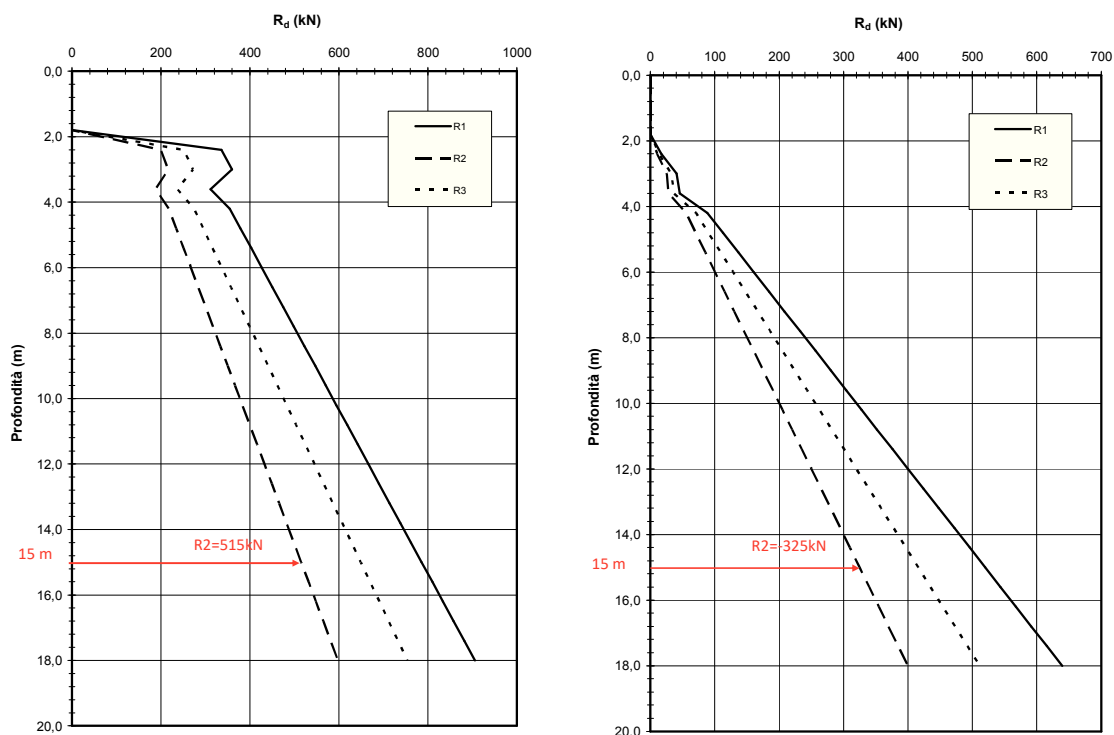


Figura 10.2 – Grafici delle resistenze caratteristiche a compressione (a sinistra) e trazione (a destra) dei micropali

Resistenza a compressione -515 kN

Resistenza a trazione 325 kN

In relazione ai dati di Tabella 10.3 le verifiche risultano soddisfatte.

**FOA 9A-9C**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-3	rilevato	20	30-50	33-35
-3	-12	copertura	19	25-50	34-37

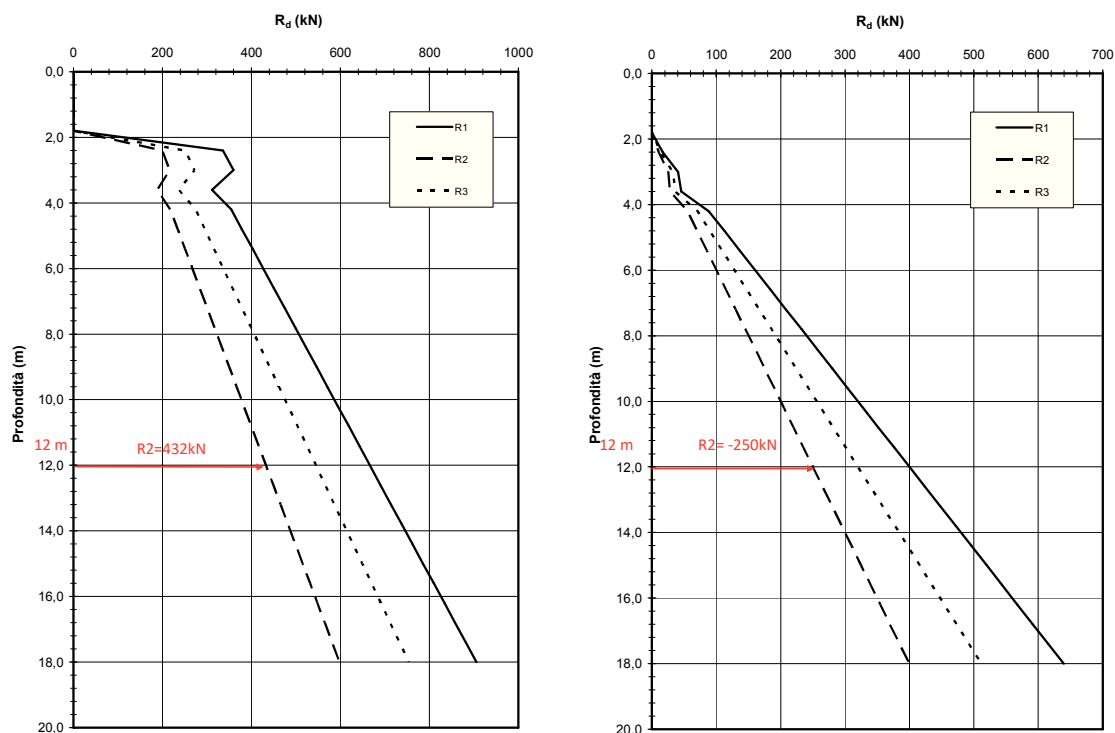


Figura 10.3 – Grafici delle resistenze caratteristiche a compressione (a sinistra) e trazione (a destra) dei micropali

Resistenza a compressione -432 kN

Resistenza a trazione 250 kN

In relazione ai dati di Tabella 10.3 le verifiche risultano soddisfatte.

**FOA 9E-6D-6B-6A**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-6	rilevato	20	30-50	33-35
-6	-7,5	copertura	19	25-50	34-37
-7,5	-12	substrato	26	100	38-40

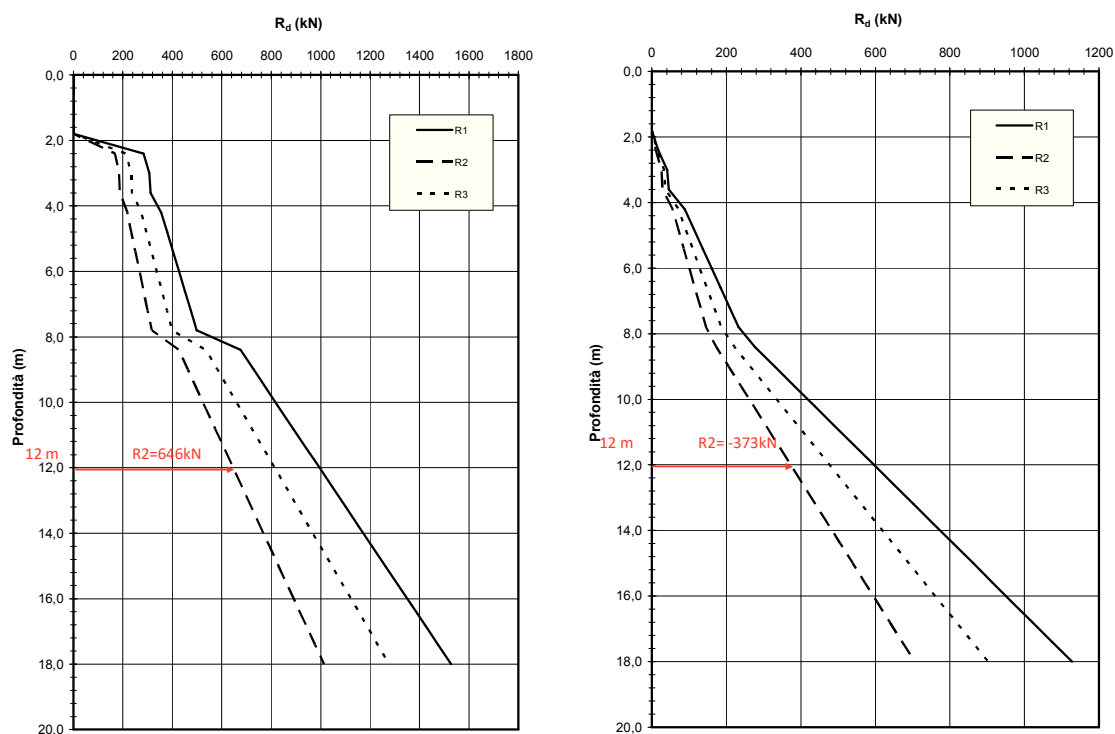


Figura 10.4 – Grafici delle resistenze caratteristiche a compressione (a sinistra) e trazione (a destra) dei micropali

Resistenza a compressione -646 kN

Resistenza a trazione 373 kN

In relazione ai dati di Tabella 10.3 le verifiche risultano soddisfatte.

**FOA 07**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-5	copertura	19	25-50	34-37
-5	-12	substrato	26	100	38-40

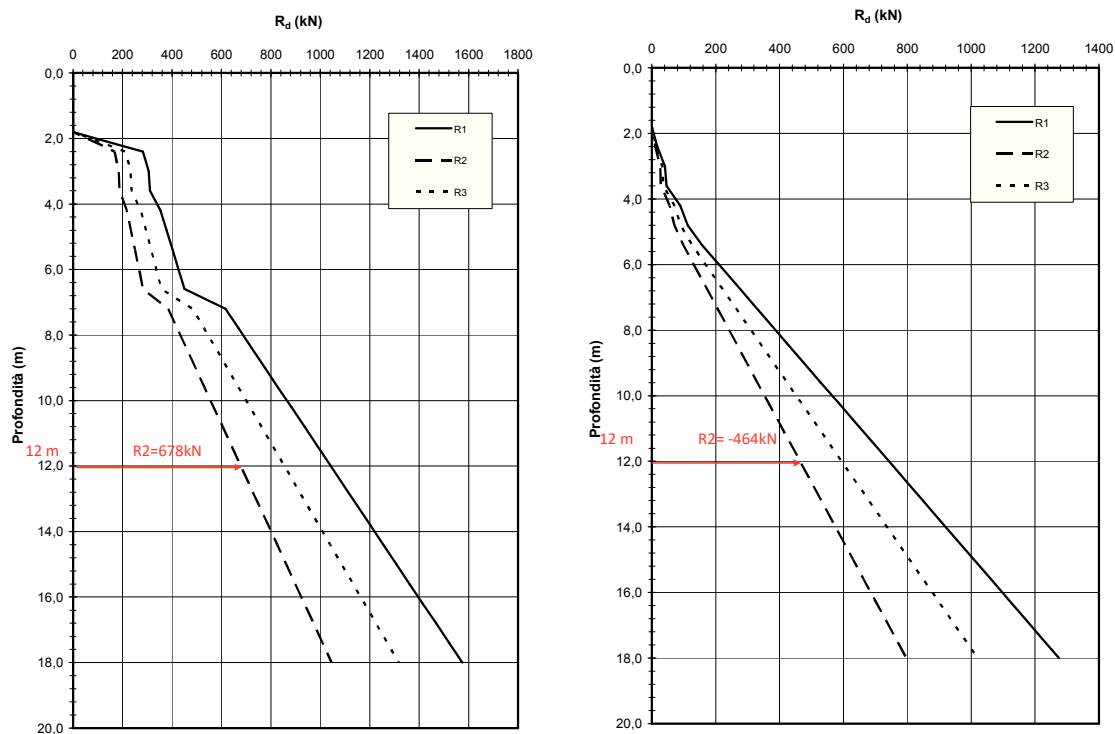


Figura 10.5 – Grafici delle resistenze caratteristiche a compressione (a sinistra) e trazione (a destra) dei micropali

Resistenza a compressione -678 kN

Resistenza a trazione 464 kN

In relazione ai dati di Tabella 10.3 le verifiche risultano soddisfatte.

**FOA 08**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-6	copertura	19	25-50	34-37

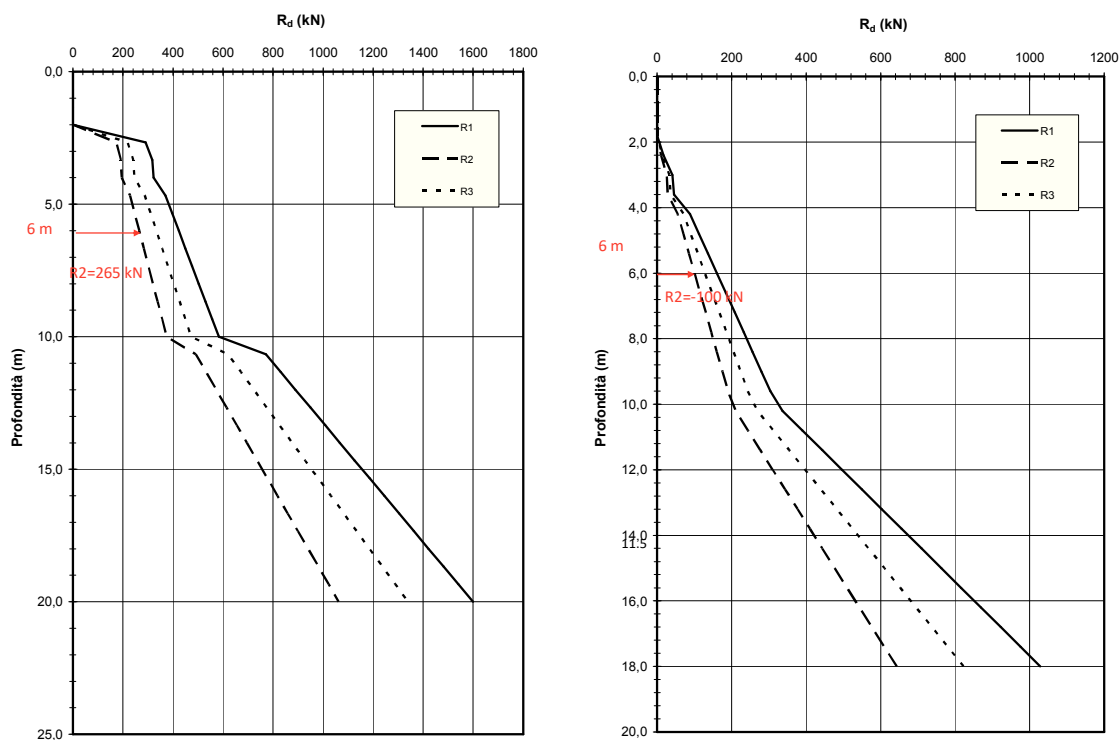


Figura 10.6 – Grafici delle resistenze caratteristiche a compressione (a sinistra) e trazione (a destra) dei micropali

Resistenza a compressione -265 kN

Resistenza a trazione 100 kN

In relazione ai dati di Tabella 10.3 le verifiche risultano soddisfatte.

**FOA 10**

da(m)	a(m)	formazione	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	Nspt	$\Phi(^{\circ})$
0	-1	copertura	19	25-50	34-37
-1	-9	substrato	26	100	38-40

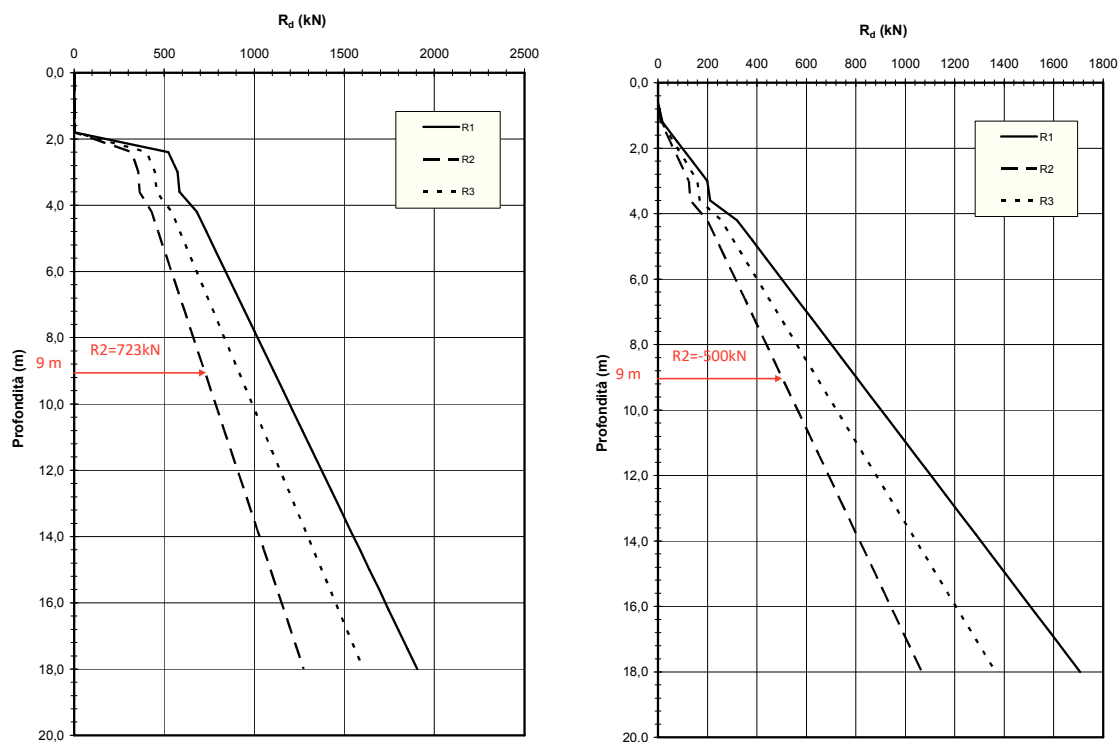


Figura 10.7 – Grafici delle resistenze caratteristiche a compressione (a sinistra) e trazione (a destra) dei micropali

Resistenza a compressione -723 kN

Resistenza a trazione 500 kN

In relazione ai dati di Tabella 10.3 le verifiche risultano soddisfatte.