

## 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 COPERTURE ANTIFONICHE TOTALI

#### FONDAZIONI COPERTURA FONICA 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	—	—	APE0025		
											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 INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	2
2.2 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO.....	2
2.3 BIBLIOGRAFIA.....	3
2.4 SOFTWARE DI CALCOLO .....	3
<b>3 MATERIALI .....</b>	<b>4</b>
<b>5 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE.....</b>	<b>5</b>
5.1 VERIFICHE DI SICUREZZA STATICHE .....	7
5.1.1 Stati limite ultimi (SLU) .....	7
5.1.2 Stati limite di esercizio (SLE).....	7
5.2 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO SISMICO .....	7
5.2.1 Stati limite ultimi (SLU) .....	7
5.2.2 Stati limite di esercizio (SLE).....	8
5.3 CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DEI MICROPALI .....	8
5.4 STIMA DELLA RESISTENZA DEI MICROPALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI .....	10
5.5 DETERMINAZIONE DEL MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE $K_H$ .....	10
<b>6 AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....</b>	<b>12</b>
6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	12
6.2 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	12
6.3 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....	12
<b>7 CRITERI DI DETERMINAZIONE DELLE AZIONI DI PROGETTO.....</b>	<b>14</b>
<b>8 PALIFICATE DEI MURI 4DXE-2SXE-2DXW .....</b>	<b>15</b>
8.1 MODELLO DI CALCOLO .....	15
8.2 PORTANZA DEI MICROPALI PER CARICHI VERTICALI.....	16
8.3 VERIFICHE MICROPALI PER SLE E SLD .....	18
8.4 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MICROPALI .....	19
<b>9 PALIFICATE DEI MURI 1DXE-1SXE .....</b>	<b>29</b>
9.1 MODELLO DI CALCOLO .....	29
9.2 PORTANZA DEI MICROPALI .....	29
9.3 VERIFICHE MICROPALI PER SLE E SLD .....	32
9.4 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MICROPALI .....	33
<b>10 RACCOMANDAZIONI PER LE FASI ESECUTIVE .....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUZIONE

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

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [3] CNR-DT 203/2006 “Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di Strutture di calcestruzzo armato con barre di materiale composito fibrorinforzato”.

### 2.2 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

#### Elaborati geotecnici

- [1] Relazione Geotecnica – APE 0001
- [2] Planimetria e profilo geotecnico in carreggiata est – APE 0002
- [3] Planimetria e profilo geotecnico in carreggiata ovest – APE 0003
- [4] Sezioni geotecniche - Tavola 1/2– APE 0004
- [5] Sezioni geotecniche - Tavola 2/2 - APE 0005

#### Elaborati geologici

- [6] Relazione Geologica - GEO 0001

#### Tavole di progetto

- [7] Tipologico fondazione copertura totale – APE 0022

## 2.3 BIBLIOGRAFIA

- [8] Bustamante M. et Doix B., “Une méthode pour le calcul des tirants et des *micropieux injectés*”, Bulletin Liaison LCPC, Nov. - Dec. 1985.
- [9] Caquot A., Kerisel J. [1948] "Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations" Gautiers-Villars, Paris.
- [10] Lancellotta R. (2007), “Lower Bound approach for seismic passive earth resistance”, Geotechnique, Technical Note, 57, 1-3.
- [11] Mueller-Breslau (1906), “Erddruck an Stuetzmaern” Kroener.
- [12] Mononobe N. (1929) "Earthquake-proof construction of masonry dams", Proc. of World Engineering Conference, vol.9, p.275.
- [13] NAVFAC (1982), “Foundations and earth Structures. Design manual 7.2”. Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command.
- [14] Seed, H.B. and Whitman, R.V. (1970). Design of earth retaining structures for dynamic loads. *Proceedings*, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures. 103-147.
- [15] Taylor, D.W. (1948). Fundamental of soil mechanics. John Wiley, New York

## 2.4 SOFTWARE DI CALCOLO

- [16] SAP2000 - CSI
- [17] Ministero LLPP-Foglio elettronico “*Spettri-NTC ver.1.0.3.xls*” (<http://www.cslp.it>)

### 3 MATERIALI

I materiali che costituiscono le opere di sostegno sono i seguenti:

Calcestruzzo per cordoli, elevazioni e fondazioni:

- Caratteristica di resistenza minima C28/35
- Classe di esposizione XC2
- Eventuali additivi secondo NTA

Malta e/o miscela cementizia per micropali:

- Caratteristica di resistenza minima C25/30
- Classe di esposizione XC2
- Eventuali additivi secondo NTA

Acciaio per armature ordinarie:

- Barre nervate tipo B450C  
fyk > 450 Mpa  
ftk > 540 Mpa

Acciaio in profili a sezione cava (per micropali):

- Tipo EN 10210-1 S355 J0H+N

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo saldati:

- Tipo EN 10025-2 S355 J2+N - per spessori nominali  $t \leq 40\text{mm}$
- Tipo EN 10025-2 S355 K2+N - per spessori nominali  $t > 40\text{ mm}$

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo non saldati:

- Tipo EN 10025-2 S355 J0+N

## 5 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE

In accordo con quanto definito nel par. 6.2.3. del Doc. Rif.[1], 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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [1]})$$

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 e EQU), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3) - cfr. la 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 quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$ , assunte per le verifiche della fondazione, tali forze vengono determinate amplificando le azioni caratteristiche per i coefficienti parziali definiti in Tabella 5.1. Tali valori sono da intendersi agenti nel baricentro geometrico della palificata.

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [1]})$$

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>1</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 5.1 - Coefficienti parziali sulle azioni (A1, A2 e EQU)

(Tab. 6.2.I, Doc. Rif. [1])

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	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	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0

Tabella 5.2 - Coefficienti parziali sui terreni (M1 ed M2)

(Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [1])

Coefficiente parziale	(R2)
$\gamma_R$	1.1

Tabella 5.3 - Coefficienti parziali per le verifiche di stabilità globale (R2)

(Tab. 6.8.I, Doc. Rif. [1])

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

(Tab. 6.4.II, Doc. Rif. [1])

<sup>1</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

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

Tabella 5.5: Coefficienti parziali sulle resistenze (R1, R2 ed R3) per pali soggetti a carichi trasversali  
(Tab. 6.4.VI, Doc. Rif. [1])

## 5.1 VERIFICHE DI SICUREZZA STATICHE

### 5.1.1 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>2</sup>.

Tutte le verifiche sono state effettuate in funzione dell'**Approccio 1** di cui al Par. 6.4.3.1 del Doc. Rif. [1]:

#### Approccio 1:

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

### 5.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

Come precisato nel Par. 6.4.3.2 del Doc. Rif. [1], deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali (Par. 6.2.3.3 del Doc. Rif. [1]), che rotazioni e/o spostamenti delle strutture di fondazione, siano tali da risultare compatibili con i requisiti prestazionali della stessa e che non inducano deformazioni eccessive per le opere sovrastanti. I micropali sono stati dimensionati in modo da soddisfare i requisiti prestazionali sopra citati.

## 5.2 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO SISMICO

### 5.2.1 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. [1]).

<sup>2</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.

Come indicato al Par. 7.11.5.3 del Doc. Rif. [1], 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;
- 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 M1 per quanto concerne la valutazione dell'incremento di spinta del terreno indotto dalle azioni sismiche;
  - Coefficienti parziali A1 posti pari all'unità.
  - Coefficienti parziali R1 per la valutazione delle resistenze di progetto

### 5.2.2 Stati limite di esercizio (SLE)

Con riferimento allo stato limite di esercizio, che è associato allo Stato Limite di Danno per l'opera in oggetto, dev'essere verificata la compatibilità degli spostamenti indotti dal sisma con la funzionalità dell'opera o delle strutture eventualmente adiacenti.

Le verifiche per gli Stati Limite di Esercizio verranno condotte con riferimento allo Stato Limite di Danno (SLD) valutando gli spostamenti e rotazioni della palificata.

## 5.3 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):

- a) da risultati di prove di carico statico di progetto su pali pilota;
- b) 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.);
- c) 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:

- 1 per ogni strato sono stati scelti il valore medio e minimo dei parametri geotecnici a disposizione;
- 2 sono state calcolate la resistenza media ( $R_{MEDIA}$ ) e minima ( $R_{MIN}$ ) adottando i parametri medi e minimi ottenuti al punto precedente;
- 3 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 5.6).

Numero prove di indagine	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	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 5.6: 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 5.7.

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.

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

#### 5.4 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:

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

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

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  $\tau_{lim} < 200 \text{ kPa}$ .

#### 5.5 DETERMINAZIONE DEL MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE $K_H$

Nei modelli di calcolo l'interazione suolo-struttura è tenuta in conto attraverso molle a comportamento elastico lineare disposte sugli elementi che modellano i micropali caratterizzate da una rigidità dipendente dal coefficiente  $k_h$ .

Il valore  $k_h$  è stato stimato mediante la formula di Bowles:

$$k_h = A_s + B_s \tan^{-1} \frac{Z}{B}$$

dove:

$$A_s = 80 \frac{1}{2} B \gamma' N_\gamma \quad B_s = 80 \gamma' N_c$$

- $B = 0,24$  m è il diametro del micropalo;
- $\gamma'$  è il peso di volume del terreno;
- $N_\gamma, N_c$  sono i fattori di capacità portante secondo Hansen;
- $Z$  è la profondità alla quale è valutato il coefficiente  $k_h$ .

Considerando, vantaggio di statica la quota di falda in corrispondenza della sommità dei micropali e in funzione dell'angolo d'attrito  $\phi = 35^\circ$  si ottiene il grafico di Figura 5.1 da cui il valore assunto per  $k_h$  di  $30000 \text{ kNm}^{-3}$  costante con la profondità.

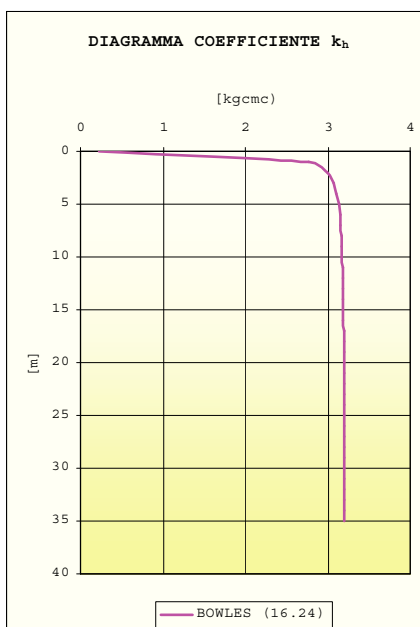


Figura 5.1

## 6 AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Per quanto concerne la definizione dell'azione sismica di progetto deve essere fatto riferimento alle Norme Tecniche (Doc. Rif. [1]), di cui è parte integrante la definizione dei valori di pericolosità sismica da adottare nelle verifiche.

### 6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Tenuto conto di quanto riportato nella Relazione di Caratterizzazione Geotecnica (APE001), verrà assunta una categoria del sottosuolo di tipo "C".

### 6.2 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale  $V_N = 50$  anni
- classe d'uso / Coefficiente d'uso  $IV / C_U = 2.0$

in base a ciò risulta:

- periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R = V_N \times C_U = 100$  anni

### 6.3 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Si riporta, nelle illustrazioni seguenti, l'identificazione sismica del sito in esame:





Figura 6.1: Identificazione del grado di sismicità del sito

Per lo stato limite di salvaguardia della vita con una probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  pari al 10%, il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  risulta:

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -100 / \ln(1-0,10) = 949 \text{ anni}$$

mentre per lo stato limite di danno in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  pari al 63%, il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  è:

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -100 / \ln(1-0,63) = 101 \text{ anni}$$

Trattandosi di zone pianeggianti, si associa al sito di riferimento una categoria topografica T1.

Di seguito si riportano i valori di accelerazione di picco e gli altri parametri significativi degli spettri di progetto, per la zona di interesse:

DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO ALLO STATO LIMITE SLV ( $T_R = 949$ ANNI)						
Sito	Sottosuolo	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]	$S_s$ [-]	$S_T$ [-]
Voltri	C	0.074	2.593	0.307	1.5	1.0

Tabella 6.1: Parametri di riferimento per la progettazione sismica (SLV)

DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO ALLO STATO LIMITE SLD ( $T_R = 101$ ANNI)						
Sito	Sottosuolo	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]	$S_s$ [-]	$S_T$ [-]
Voltri	C	0.035	2.551	0.231	1.5	1.0

Tabella 6.2: Parametri di riferimento per la progettazione sismica (SLD)

## 7 CRITERI DI DETERMINAZIONE DELLE AZIONI DI PROGETTO

Le azioni di progetto dei micropali di fondazione sono stati ottenute mediante gli stessi modelli agli elementi finiti necessari alle valutazioni di resistenza degli elementi della sovrastuttura.

Nel seguito si riassumono sinteticamente i carichi di progetto e si rimanda alla Relazione di Calcolo STR050 per una loro analisi dettagliata.

I **carichi** di progetto delle coperture antifoniche sono:

- carichi permanenti strutturali G1
- carichi permanenti non strutturali G2 (protezione al fuoco, segnaletica stradale)
- carico accidentale in copertura (manutenzione)
- carico della neve
- azione del vento
- variazioni termiche
- azioni sismiche
- urto dei veicoli in svio

La **spinta delle terre** (ove presente) è stata valutata in condizione di spinta a riposo  $K_0$  e determinata in funzione dei seguenti parametri:

peso di volume naturale del terreno spingente .....  $\gamma_t = 20$  kN/m<sup>3</sup>

angolo di attrito efficace del terreno spingente .....  $\Phi' = 35^\circ$

L'incremento di spinta sismica viene valutato secondo il metodo di Mononobe e Okabe e sommato alla spinta statica.

Le azioni da **urto dei veicoli in svio** sono state messe in conto mediante una forza orizzontale di 500 kN applicata sui muri lato carreggiata ad un'altezza di 1,25 m dal piano viario par. 3.6.3.3.1 – N.T.C. 2008.

Per le combinazioni di carico utilizzate si rimanda alla Relazione di Calcolo STR050.

## 8 PALIFICATE DEI MURI 4DXE-2SXE-2DXW<sup>3</sup>

### 8.1 MODELLO DI CALCOLO

Le sollecitazioni di progetto delle coperture foniche, appartenenti ai tratti C-H (carreggiata Ovest) ed E (carreggiata Est) (Figura 8.1) sia per quanto riguarda le strutture metalliche dell'elevazione sia le fondazioni derivano da un'analisi effettuata mediante un modello FEM complessivo nel quale:

- 1- gli elementi della carpenteria metallica sono modellati con elementi tipo "frame";
- 2- i muri e la zattera sono discretizzati con elementi "shell";
- 3- i micropali sono modellati con elementi tipo "frame" tenendo conto della reale inclinazione.

La ripartizione delle azioni sui micropali è quindi effettuata direttamente attraverso il modello di calcolo.

Le azioni trasmesse dalle colonne ai muri sono in ogni caso riportate, per tutte le combinazioni di carico, negli Allegati alla Relazione di Calcolo STR050.

L'interazione suolo struttura è stata tenuta in conto vincolando orizzontalmente i nodi delle aste che modellano i micropali con molle a comportamento elastico lineare caratterizzate da una rigidità costante con la profondità espressa attraverso il coefficiente  $k_h=30000 \text{ kNm}^{-3}$  (§ 5.5).

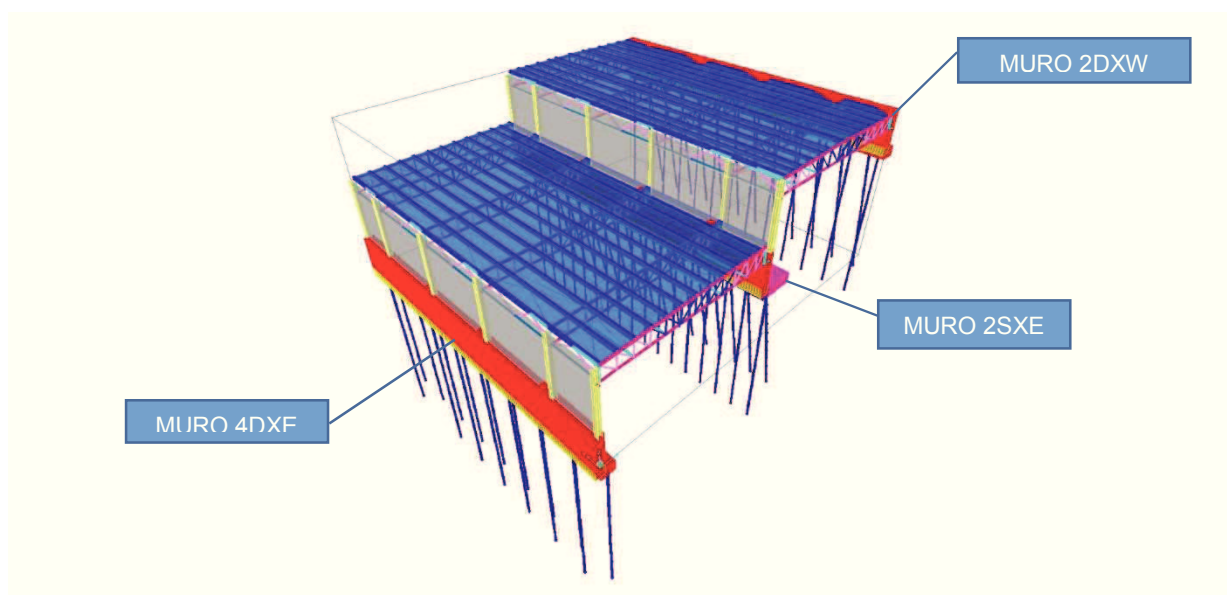


Figura 8.1 – Modello agli elementi finiti della copertura antifonica

<sup>3</sup> Le verifiche mostrate nel capitolo si ritengono significative anche per i muri 2DXE-3DXE-1DXW in quanto presentano la medesima geometria sia in elevazione che nella disposizione dei micropali

## 8.2 PORTANZA DEI MICROPALI PER CARICHI VERTICALI

La Tabella 8.1 mostra la stratigrafia riferimento usata per calcolo della portanza dei micropali.

A vantaggio di sicurezza nella determinazione della portanza è stato trascurato il contributo dei primi 3 m di terreno a partire dall'intradosso della fondazione.

Il numero di verticali di sondaggio assunte per la scelta dei coefficienti  $\zeta$  è pari a 5.

Stratigrafia di riferimento						
da [m]	a [m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/mc]	c [kPa]'	$\Phi$ [°]	Nspt
0	-10	COPERTURA	19	0	35-37	20-50 <sup>4</sup>
-10	-25	SUBSTRATO	26	0	38-40	100

Tabella 8.1 - Stratigrafia di riferimento [(\*) N.B.: La quota di zero coincide con l'intradosso della fondazione.]

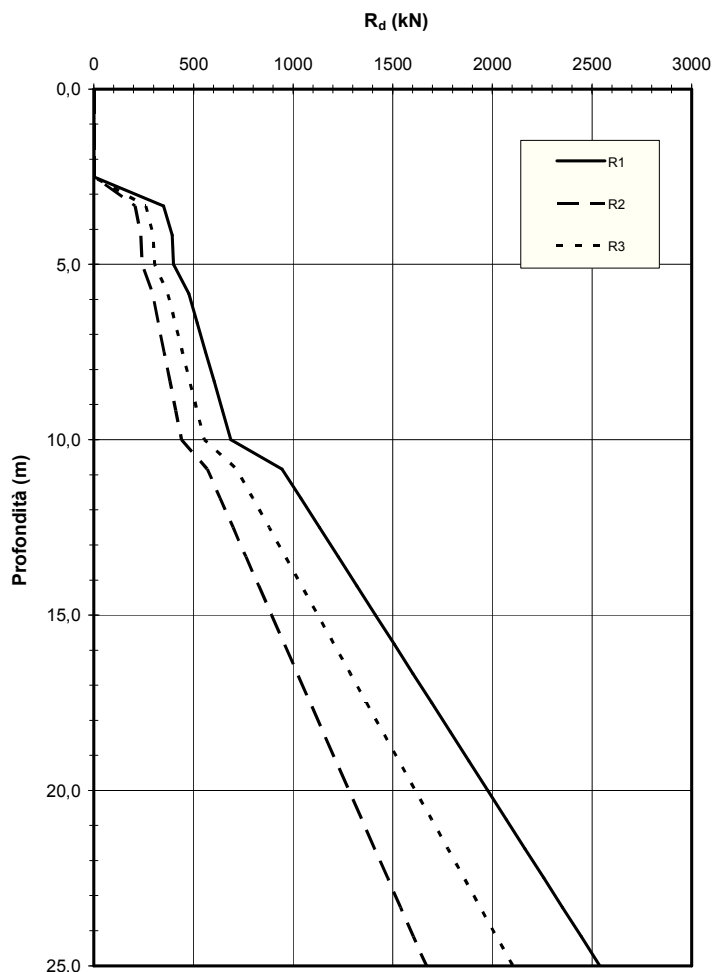


Figura 8.2 – Grafico della portanza dei micropali in compressione

<sup>4</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]

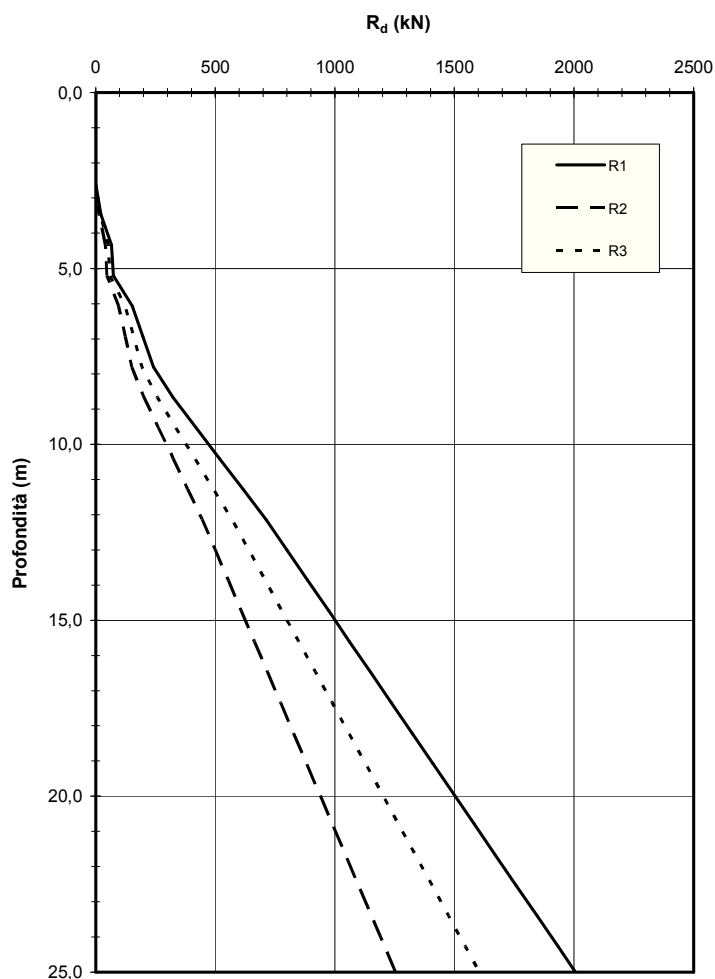


Figura 8.3 – Grafico della portanza dei micropali in trazione

Le tabelle seguenti riportano i minimi (compressione) e massimi (trazione) valori delle azioni assiali agenti sui micropali. I dati derivano dall'involuppo di 32 combinazioni dei carichi per lo SLU-GEO e 2 combinazioni di tipo sismico una a prevalente componente longitudinale una a prevalente componente trasversale.

**MURO 4DXE : PALI**

SOLLECITAZIONI	FORZA ASSIALE	
	compr.	trazione
	[kN]	
ENV SLU_GEO	-424	285
ENV SISMA	-483	343

**MURO 2DXW : PALI**

SOLLECITAZIONI	FORZA ASSIALE	
	compr.	trazione
	[kN]	
ENV SLU_GEO	-373	233
ENV SISMA	-425	293

**MURO 2SXE : PALI**

SOLLECITAZIONI	FORZA ASSIALE	
	compr.	trazione
	[kN]	
ENV SLU_GEO	-377	184
ENV SISMA	-360	193

Per i micropali con lunghezza di 13,50 m risultano in corrispondenza della curva R2 i seguenti valori di portanza (Figura 8.2 e Figura 8.3):

capacità portante in compressione..... = **763** kN  
 capacità portante in trazione ..... = **450** kN

La verifica di portanza è pertanto soddisfatta.

### 8.3 VERIFICHE MICROPALI PER SLE E SLD

Attraverso l'analisi effettuata mediante il modello agli elementi finiti, che tiene conto anche della deformabilità delle strutture di fondazione, sono stati calcolati i valori di spostamento e rotazione massimi alla sommità dei micropali riportati in Tabella 8.2.

Spostamenti e Rotazioni				
Micropali su muro	SLE (Rara)		SLD	
	[mm]	[rad]	[mm]	[rad]
4DXE	7	$1,5 \times 10^{-3}$	8	$1,5 \times 10^{-3}$
2SXE	0,5	$2,0 \times 10^{-3}$	0,3	$1,5 \times 10^{-3}$
2DXW	0,3	$2,0 \times 10^{-3}$	0,35	$2,0 \times 10^{-3}$

Tabella 8.2

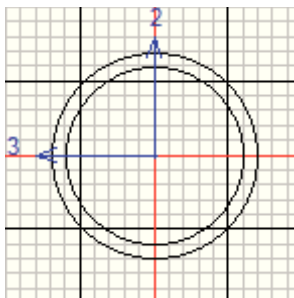
Questo campo di deformazioni risulta compatibile con l'esercizio della struttura considerato che si registrano per la copertura della galleria fonica in Carreggiata Ovest uno spostamento orizzontale di 30 mm per lo SLE e di 28,7 mm per lo SLD, mentre per quella in Carreggiata Est di 16,4 mm per lo SLE e di 14,9 mm per lo SLD.

## 8.4 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MICROPALI

Nel presente capitolo si riportano le verifiche di resistenza dei micropali nelle combinazioni di carico più gravose (STR- STR-SISMA-URTO).

### Muro 4DXE

#### COMBINAZIONI STR



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

Frame : 2210	X Mid: 0,850	Combo: COMB9	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 18,450	Shape: MICROPALO	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: -1,250	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
Consider Torsion? No		

GammaM0=1,05	GammaM1=1,05	GammaM2=1,25	
An/Ag=1,00	RLLF=1,000	PLLF=0,750	D/C Lim=0,980

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04	Weff,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04	Weff,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04	Av,z=0,004
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04	Av,y=0,004

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-459,707	-40,271	-0,145	52,665	0,094	0,000

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

D/C Ratio:  $0,616 = 0,223 + \sqrt{[(0,393)^2 + (0,001)^2]} < 1,000$  OK  
 $= (NEd/NRd) + \sqrt{[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2]} \quad (EC3 \ 6.2.1(7))$

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-459,707	2064,569	2064,569

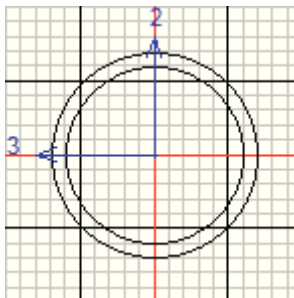
#### MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-40,271	-13,938	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,145	-0,098	102,410	102,410	102,410	

## SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	52,665	0,000	758,837	0,069	OK
Minor (y)	0,094	0,000	758,837	0,000	OK
Reduction	Vpl,Rd 758,837	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

## COMBINAZIONI SIS



## Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 2210	X Mid: 0,850	Combo: COMB_SIS_X	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 18,450	Shape: MICROPALO	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: -1,250	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	
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes	
Ignore Seismic Code? Yes			
GammaM0=1,05	GammaM1=1,05	GammaM2=1,25	
q=4,00	Omega=1,00	GammaOV=1,05	
An/Ag=1,00	RLLF=1,000	PLLF=0,750	D/C Lim=0,980
Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000	
A=0,006	Iyy=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04
			Weff,yy=2,211E-04
			Weff,zz=2,211E-04
			Av,z=0,004
			Av,y=0,004

## STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-400,872	-34,926	-0,462	40,331	-0,322	0,000

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

$$\text{D/C Ratio: } 0,535 = 0,194 + \sqrt{[(0,341)^2 + (0,005)^2]} < 1,000 \quad \text{OK}$$

$$= (\text{NEd}/\text{NRd}) + \sqrt{[(\text{My,Ed}/\text{My,Rd})^2 + (\text{Mz,Ed}/\text{Mz,Rd})^2]} \quad (\text{EC3 } 6.2.1(7))$$

## AXIAL FORCE DESIGN

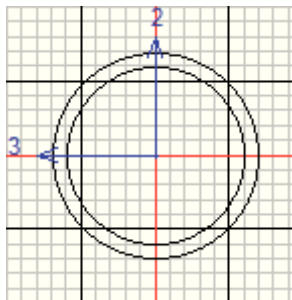
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-400,872	2064,569	2064,569

## MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-34,926	-13,275	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,462	-0,216	102,410	102,410	102,410	

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	46,242	0,000	758,837	0,061	OK
Minor (y)	0,495	0,000	758,837	0,001	OK
Reduction	Vpl,Rd 758,837	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

**COMBINAZIONE URTO VEICOLO IN SVIO**


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

Frame : 2174 X Mid: 0,850 Combo: COMB\_URTO\_4DXE Design Type: Column  
Length: 1,000 Y Mid: 24,450 Shape: MICROPALO Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 1,000 Z Mid: -1,250 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  
Consider Torsion? 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=1,858E-05 iyy=0,055 Wel,yy=2,211E-04 Weff,yy=2,211E-04  
It=3,715E-05 Izz=1,858E-05 izz=0,055 Wel,zz=2,211E-04 Weff,zz=2,211E-04  
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,168 Wpl,yy=3,029E-04 Av,z=0,004  
E=206000000,0 fy=355000,000 fu=510000,000 Wpl,zz=3,029E-04 Av,y=0,004

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-136,044	-34,890	0,814	41,107	-1,014	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))  
D/C Ratio: 0,407 = 0,066 + sqrt[(0,341)^2 + (0,008)^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 Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-136,044	2064,569	2064,569

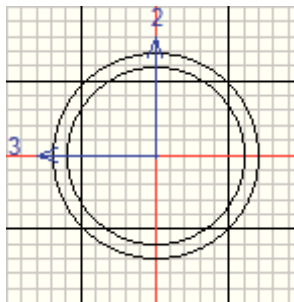
**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-34,890	-14,336	102,410	102,410	102,410	102,410

Minor (z-z)	0,814	0,307	102,410	102,410	102,410
SHEAR DESIGN					
	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	41,107	0,000	758,837	0,054	OK
Minor (y)	1,014	0,000	758,837	0,001	OK
Reduction					
	Vpl,Rd 758,837	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

## Muro 2SXE

### COMBINAZIONI STR



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

Frame : 974	X Mid: 14,582	Combo: COMB4	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 18,450	Shape: MICROPALO	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: 2,950	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=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04
			Weff,yy=2,211E-04
			Weff,zz=2,211E-04
			Av,z=0,004
			Av,y=0,004

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-530,901	-22,088	-0,431	18,705	0,454	-0,004

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

$$D/C \text{ Ratio: } 0,473 = 0,257 + \sqrt{[(0,216)^2 + (0,004)^2]} < 1,000 \quad \text{OK}$$

$$= (NEd/NRd) + \sqrt{[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2]} \quad (\text{EC3 } 6.2.1(7))$$

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-530,901	2064,569	2064,569

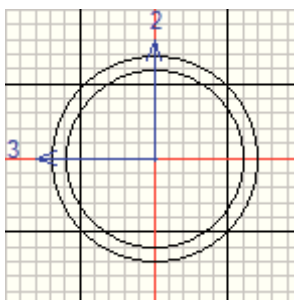
#### MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-22,088	-12,735	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,431	-0,204	102,410	102,410	102,410	

## SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	18,705	0,004	758,837	0,025	OK
Minor (y)	0,454	0,004	758,837	0,001	OK
Reduction	Vpl,Rd 758,837	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

## COMBINAZIONI SIS



## Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 974	X Mid: 14,582	Combo: COMB_SIS_X	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 18,450	Shape: MICROPALÒ	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: 2,950	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
Consider Torsion? No		

GammaM0=1,05	GammaM1=1,05	GammaM2=1,25		
q=4,00	Omega=1,00	GammaOV=1,05		
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=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04	Weff,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04	Weff,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04	Av,z=0,004
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04	Av,y=0,004

## STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-392,106	-15,591	-0,506	8,375	-0,337	-0,003

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

$$\text{D/C Ratio: } 0,342 = 0,190 + \sqrt{[(0,152)^2 + (0,005)^2]} < 1,00 \quad \text{OK}$$

$$= (\text{NEd}/\text{NRd}) + \sqrt{[(\text{My,Ed}/\text{My,Rd})^2 + (\text{Mz,Ed}/\text{Mz,Rd})^2]} \quad (\text{EC3 } 6.2.1(7))$$

## AXIAL FORCE DESIGN

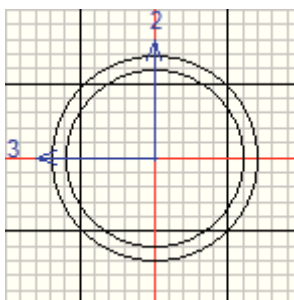
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-392,106	2064,569	2064,569

## MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-15,591	-9,193	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,506	-0,225	102,410	102,410	102,410	

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	12,797	0,001	758,837	0,017	OK
Minor (y)	0,561	0,001	758,837	0,001	OK
Reduction	Vpl,Rd 758,837	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

**COMBINAZIONE URTO VEICOLO IN SVIO**


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

Frame : 721 X Mid: 14,582 Combo: COMB\_URTO Design Type: Column  
Length: 1,000 Y Mid: 12,450 Shape: MICROPALO Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 1,000 Z Mid: 2,950 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=1,858E-05 iyy=0,055 Wel,yy=2,211E-04 Weff,yy=2,211E-04  
It=3,715E-05 Izz=1,858E-05 izz=0,055 Wel,zz=2,211E-04 Weff,zz=2,211E-04  
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,168 Wpl,yy=3,029E-04 Av,z=0,004  
E=206000000,0 fy=355000,000 fu=510000,000 Wpl,zz=3,029E-04 Av,y=0,004

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-425,255	-10,719	-0,071	6,773	0,098	-0,016

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))  
D/C Ratio:  $0,311 = 0,206 + \sqrt{[(0,105)^2 + (0,000)^2]} < 1,000$  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**

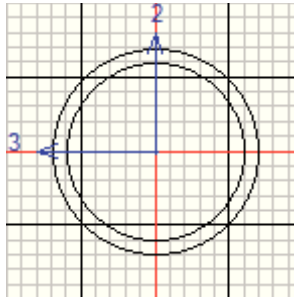
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-425,255	2064,569	2064,569

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-10,719	-7,333	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,071	-0,022	102,410	102,410	102,410	

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	6,773	0,016	758,837	0,009	OK
Minor (y)	0,098	0,016	758,837	0,000	OK
Reduction	Vpl,Rd 758,837	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

**Muro 2DXW**
**COMBINAZIONI STR**


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

Frame : 1290 X Mid: 26,897 Combo: COMB5 Design Type: Column  
Length: 1,000 Y Mid: 16,450 Shape: MICROPALO Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 0,000 Z Mid: 7,750 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=0,006 eNy=0,000 eNz=0,000  
A=0,006 Iyy=1,858E-05 iyy=0,055 Wel,yy=2,211E-04 Weff,yy=2,211E-04  
It=3,715E-05 Izz=1,858E-05 izz=0,055 Wel,zz=2,211E-04 Weff,zz=2,211E-04  
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,168 Wpl,yy=3,029E-04 Av,z=0,004  
E=206000000,0 fy=355000,000 fu=510000,000 Wpl,zz=3,029E-04 Av,y=0,004

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-476,836	-7,346	-0,001	-9,768	0,148	0,000

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

D/C Ratio: 0,303 = 0,231 + sqrt[(0,072)^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**

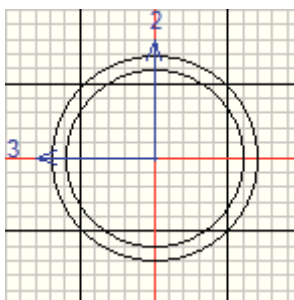
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-476,836	2064,569	2064,569

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-7,346	-2,462	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,001	-0,075	102,410	102,410	102,410	

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	9,768	0,000	758,837	0,013	OK
Minor (y)	0,148	0,000	758,837	0,000	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	758,837	1,200	0,000		

**COMBINAZIONI SIS**


Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 1266	X Mid: 26,897	Combo: COMB_SIS_X	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 12,450	Shape: MICROPALO	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 0,000	Z Mid: 7,750	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
q=4,00	Omega=1,00	GammaOV=1,05
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=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04	Weff,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04	Weff,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04	Av,z=0,004
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04	Av,y=0,004

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-390,009	-6,327	0,045	-9,723	-0,291	0,000

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

$$D/C \text{ Ratio: } 0,251 = 0,189 + \sqrt{[(0,062)^2 + (0,000)^2]} < 1,000 \quad \text{OK}$$

$$= (NEd/NRd) + \sqrt{[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2]} \quad \text{(EC3 6.2.1(7))}$$
**AXIAL FORCE DESIGN**

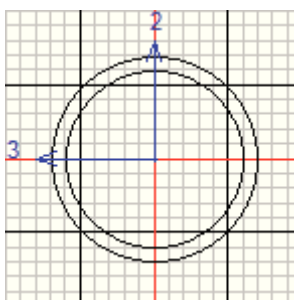
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-390,009	2064,569	2064,569

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-6,327	-1,465	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	0,045	0,102	102,410	102,410	102,410	

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	9,886	0,000	758,837	0,013	OK
Minor (y)	0,295	0,000	758,837	0,000	OK
Reduction	Vpl,Rd 758,837	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

**COMBINAZIONE URTO VEICOLO IN SVIO**

**Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)**

Units : KN, m, C

Frame : 1254	X Mid: 26,897	Combo: COMB_URTO_2DXW	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 10,450	Shape: MICROPALO	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 0,000	Z Mid: 7,750	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
Consider Torsion? 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=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04	Weff,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04	Weff,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04	Av,z=0,004
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04	Av,y=0,004

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-534,574	-9,676	6,165E-04	-14,419	0,172	0,000

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

$$D/C \text{ Ratio: } 0,353 = 0,259 + \sqrt{[(0,094)^2 + (0,000)^2]} < 1,00 \quad \text{OK}$$

$$= (NEd/NRd) + \sqrt{[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2]} \quad \text{(EC3 6.2.1(7))}$$

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial	-534,574	2064,569	2064,569			
MinorB(z-z)	a 0,210	3776812,087	0,024	0,482	1,000	2064,569
Torsional TF	a 0,210	483820,372	0,067	0,488	1,000	2064,569

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-9,676	-2,467	102,410	102,410	102,410	102,410

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	14,419	0,000	758,837	0,019	OK
Minor (y)	0,172	0,000	758,837	0,000	OK
Reduction	Vpl,Rd 758,837	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

## 9 PALIFICATE DEI MURI 1DXE-1SXE

### 9.1 MODELLO DI CALCOLO

Le sollecitazioni di progetto delle coperture foniche, appartenenti al tratto D sia per quanto riguarda le strutture metalliche dell'elevazione sia le fondazioni derivano da un'analisi effettuata mediante un modello FEM complessivo nel quale:

- 1- gli elementi della carpenteria metallica, compresa la barriera fonica installata in sommità al muro 1SXE, sono modellati con elementi tipo "frame";
- 2- i muri e le zattere sono discretizzati con elementi "shell";
- 3- i micropali sono modellati con elementi tipo "frame" tenendo conto della loro reale inclinazione.

La ripartizione delle azioni sui micropali è quindi effettuata direttamente dal modello di calcolo.

Le azioni trasmesse dalle colonne ai muri sono in ogni caso riportate, per tutte le combinazioni di carico, negli Allegati alla Relazione di Calcolo STR050.

L'interazione suolo struttura è stata tenuta in conto vincolando orizzontalmente i nodi delle aste che modellano i micropali con molle a comportamento elastico lineare caratterizzate da una rigidezza costante con la profondità espressa attraverso il coefficiente  $k_h=30000 \text{ kNm}^{-3}$  (§ 5.5).

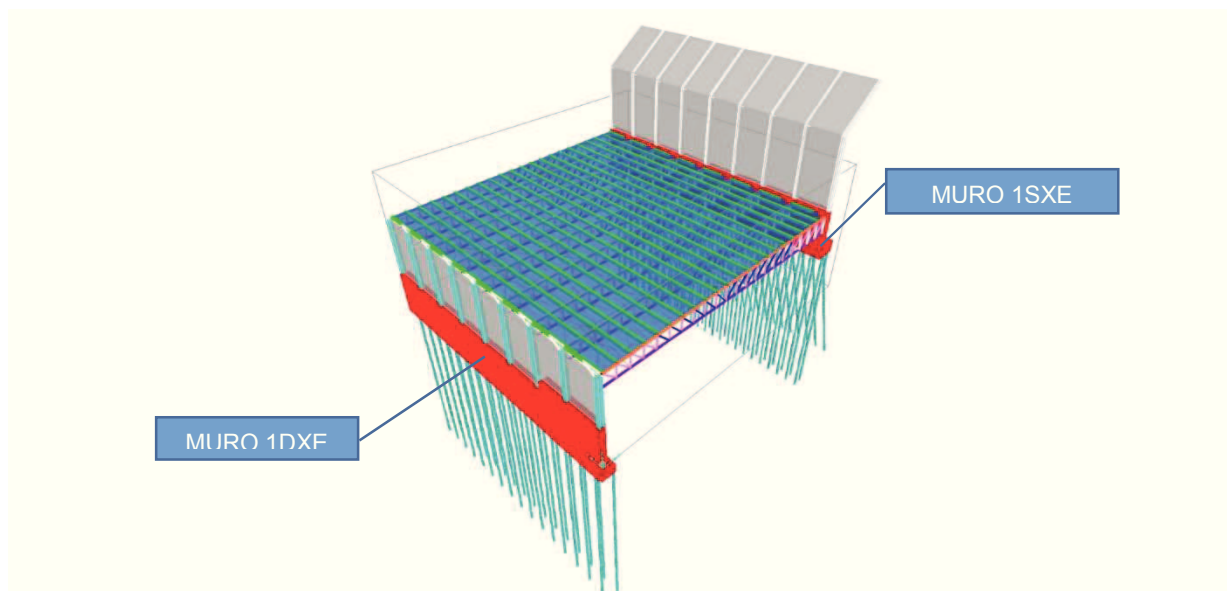


Figura 9.1 – Modello agli elementi finiti della copertura antifonica

### 9.2 PORTANZA DEI MICROPALI

La Tabella 8.1 mostra la stratigrafia riferimento usata per calcolo della portanza dei micropali.

A vantaggio di sicurezza nella determinazione della portanza è stato trascurato il contributo dei primi 3 m di terreno a partire dall'intadosso della fondazione.

Il numero di verticali di sondaggio assunte per la scelta dei coefficienti  $\zeta$  pari a 5 .

Stratigrafia di riferimento						
da [m]	a [m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/mc]	c [kPa]'	$\Phi$ [°]	Nspt
0	-10	COPERTURA	19	0	35-37	20-50
-10	-25	SUBSTRATO	26	0	38-40	100

Tabella 9.1 - Stratigrafia di riferimento [(\*) N.B.: La quota di zero coincide con l'intradosso della fondazione.]

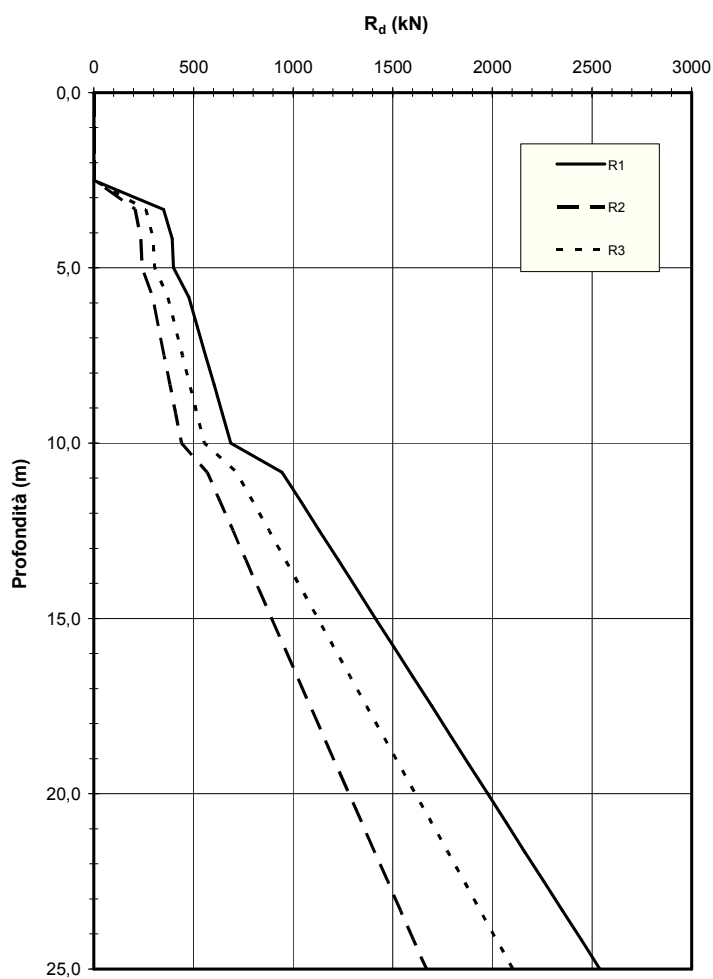


Figura 9.2 – Grafico della portanza dei micropali in compressione

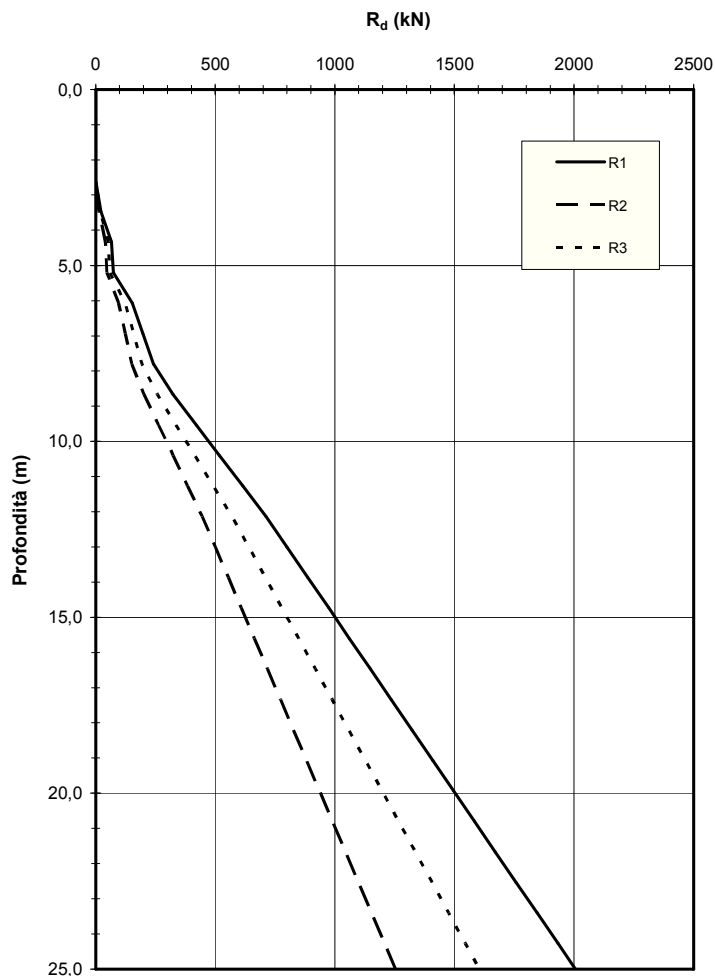


Figura 9.3 – Grafico della portanza dei micropali in trazione

Le tabelle seguenti riportano i minimi (compressione) e massimi (trazione) valori delle azioni assiali agenti sui micropali. I dati derivano dall'involuppo di 32 combinazioni dei carichi per lo SLU-GEO e 2 combinazioni di tipo sismico una a prevalente componente longitudinale una a prevalente componente trasversale.

MURO 1DXE : PALI		
SOLLECITAZIONI	FORZA ASSIALE	
	compr.	trazione
	[kN]	
ENV SLU_GEO	-301	143
ENV SISMA	-229	70

MURO 1SXE : PALI		
SOLLECITAZIONI	FORZA ASSIALE	
	compr.	trazione
	[kN]	
ENV SLU_GEO	-288	109
ENV SISMA	-154	26

La lunghezza dei pali è stata fissata in 13,50 m per quelli insistenti sul muro 1DXE e in 15 m per quelli del muro 1SXE.

Per i micropali con lunghezza di 13,50 m risultano in corrispondenza della curva R2 i seguenti valori di portanza (Figura 9.2 e Figura 9.3):

capacità portante in compressione..... = **739** kN

capacità portante in trazione ..... = **428** kN

Per i micropali con lunghezza di 15 m risultano invece in corrispondenza della curva R2 i seguenti valori di portanza):

capacità portante in compressione..... = **892** kN

capacità portante in trazione ..... = **567** kN

La verifica di portanza è pertanto soddisfatta.

### 9.3 VERIFICHE MICROPALI PER SLE E SLD

Attraverso l'analisi effettuata mediante il modello agli elementi finiti, che tiene conto anche della deformabilità delle strutture di fondazione, sono stati calcolati i valori di spostamento e rotazione massimi alla sommità dei micropali riportati in Tabella 9.2.

Spostamenti e Rotazioni				
Micropali su muro	SLE (Rara)		SLD	
	[mm]	[rad]	[mm]	[rad]
1DXE	9,7	$1,13 \times 10^{-3}$	11,5	$2,01 \times 10^{-3}$
1SXE	1,8	$2,4 \times 10^{-3}$	2	$2,6 \times 10^{-3}$

Tabella 9.2

Le deformazioni dei micropali del muro 1DXE risultano compatibili con l'esercizio della struttura considerato che si registrano per la copertura della galleria fonica spostamenti orizzontali massimi di 24 mm per lo SLE e di 27,3 mm per lo SLD.

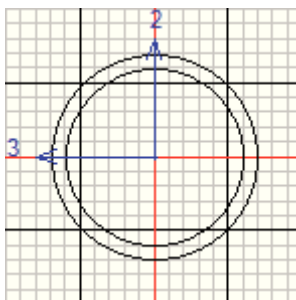
Le deformazioni dei micropali del muro 1SXE non determinano invece spostamenti della galleria fonica, in quanto tale struttura, in direzione trasversale, risulta svincolata rispetto al muro stesso.

## 9.4 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MICROPALI

Nel presente capitolo si riportano le verifiche di resistenza dei micropali nelle combinazioni di carico più gravose (STR- STR-SISMA-URTO).

### Muro 1DXE

#### COMBINAZIONI STR



Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 1714	X Mid: 0,850	Combo: COMB10	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 12,000	Shape: Tubo	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: -1,400	Class: Class 1	Rolled : Yes

Country=CEN Default  
Interaction=Method 2 (Annex B)

Combination=Eq. 6.10  
MultiResponse=Envelopes

Reliability=Class 2  
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=0,990

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04	Weff,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04	Weff,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04	Av,z=0,004
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04	Av,y=0,004

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-380,657	-50,182	-0,005	61,671	0,005	0,000

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

D/C Ratio:  $0,674 = 0,184 + \sqrt{(0,490)^2 + (0,000)^2} < 0,990$  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 Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-380,657	2064,569	2064,569

#### MOMENT DESIGN

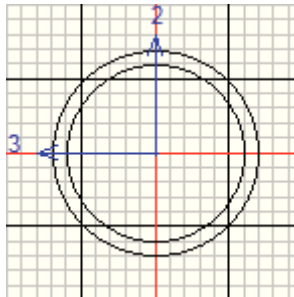
	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-50,182	-19,346	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,005	-0,002	102,410	102,410	102,410	

#### SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	61,671	0,000	758,837	0,081	OK
Minor (y)	0,005	0,000	758,837	6,549E-06	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	758,837	1,200	0,000

## COMBINAZIONI SIS



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

Frame : 1714	X Mid: 0,850	Combo: COMB_SIS_X	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 12,000	Shape: Tubo	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: -1,400	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	
q=1,00	Omega=1,00	GammaOV=1,05	
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=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04	Weff,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04	Weff,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04	Av,z=0,004
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04	Av,y=0,004

### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-241,729	-37,610	-0,839	41,249	-1,048	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))  
D/C Ratio:  $0,488 = 0,118 + \sqrt{[(0,369)^2 + (0,009)^2]} < 1,000$  OK  
= (NEd/NRd) +  $\sqrt{[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2]}$  (EC3 6.2.1(7))

### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-243,671	2064,569	2064,569

### MOMENT DESIGN

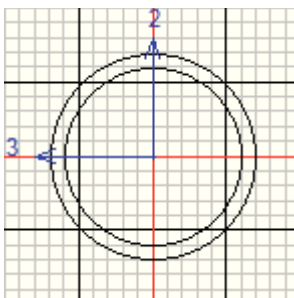
	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-37,837	-15,050	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,967	-0,374	102,410	102,410	102,410	

### SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	45,431	0,000	758,837	0,060	OK
Minor (y)	1,072	0,000	758,837	0,001	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	758,837	1,200	0,000

## COMBINAZIONE URTO VEICOLO IN SVIO



## Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 1549	X Mid: 0,850	Combo: COMB_URTO	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 13,500	Shape: Tubo	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: -1,400	Class: Class 1	Rolled : No

Interaction=Method 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=0,990

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,858E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,211E-04	Weff,yy=2,211E-04
It=3,715E-05	Izz=1,858E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,211E-04	Weff,zz=2,211E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=3,029E-04	Av,z=0,004
E=206000000,0	fy=355000,000	fu=510000,000	Wpl,zz=3,029E-04	Av,y=0,004

## STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-124,374	-17,363	-1,212	20,199	1,301	0,000

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

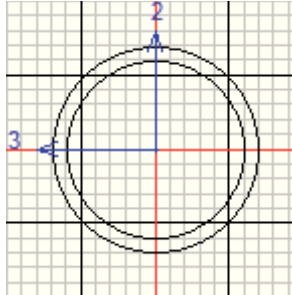
D/C Ratio:  $0,230 = 0,060 + \sqrt{[(0,170)^2 + (0,012)^2]} < 0,990$  OK  
 $= (N_{Ed}/N_{Rd}) + \sqrt{[(M_{y,Ed}/M_{y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{z,Rd})^2]}$  (EC3 6.2.1(7))

## AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd		
	Force	Capacity	Capacity		
Axial	-124,374	2064,569	2064,569		
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2064,569	2242,296	483820,372	483820,372	1,000

## MOMENT DESIGN

	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	102,410	102,410	102,410	

**Muro 1SXE**
**COMBINAZIONI STR**


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

Length: 1,064      Y Mid: 10,500      Shape: Tubo      Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 1,064      Z Mid: 4,250      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=0,990

Aeff=0,006      eNy=0,000      eNz=0,000  
A=0,006      Iyy=1,858E-05      iyy=0,055      Wel,yy=2,211E-04      Weff,yy=2,211E-04  
It=3,715E-05      Izz=1,858E-05      izz=0,055      Wel,zz=2,211E-04      Weff,zz=2,211E-04  
Iw=0,000      Iyz=0,000      h=0,168      Wpl,yy=3,029E-04      Av,z=0,004  
E=206000000,0      fy=355000,000      fu=510000,000      Wpl,zz=3,029E-04      Av,y=0,004

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,064	129,417	-22,394	-0,008	11,126	0,009	0,000

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

D/C Ratio: 0,281 =  $0,063 + \sqrt{(0,219)^2 + (0,000)^2}$  < 0,990 OK  
= (NEd/NRd) +  $\sqrt{(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2}$  (EC3 6.2.1(7))

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	129,417	2064,569	2064,569

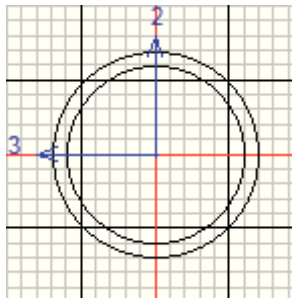
**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-22,394	-16,504	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	-0,008	-0,003	102,410	102,410	102,410	

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	11,126	0,000	758,837	0,015	OK
Minor (y)	0,009	0,000	758,837	1,236E-05	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	758,837	1,200	0,000

**COMBINAZIONI SIS**


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

Frame : 2582 X Mid: 25,264 Combo: COMB\_SIS\_X Design Type: Brace  
Length: 1,064 Y Mid: 12,500 Shape: Tubo Frame Type: DCH-MRF  
Loc : 1,064 Z Mid: 4,250 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  
Consider Torsion? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes  
Ignore Seismic Code? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25  
q=1,00 Omega=1,00 GammaOV=1,05  
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=1,858E-05 iyy=0,055 Wel,yy=2,211E-04 Weff,yy=2,211E-04  
It=3,715E-05 Izz=1,858E-05 izz=0,055 Wel,zz=2,211E-04 Weff,zz=2,211E-04  
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,168 Wpl,yy=3,029E-04 Av,z=0,004  
E=206000000,0 fy=355000,000 fu=510000,000 Wpl,zz=3,029E-04 Av,y=0,004

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,064	33,661	-8,784	0,570	4,771	-0,619	0,000

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

D/C Ratio: 0,102 = 0,016 + sqrt[(0,086)^2 + (0,006)^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 Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	33,661	2064,569	2064,569

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-8,784	-6,318	102,410	102,410	102,410	102,410
Minor (z-z)	0,570	0,241	102,410	102,410	102,410	

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	4,771	0,000	758,837	0,006	OK
Minor (y)	0,619	0,000	758,837	0,001	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	758,837	1,200	0,000

## 10 RACCOMANDAZIONI PER LE FASI ESECUTIVE

Prima di procedere alla costruzione dei micropali di fondazione, dovranno essere realizzati dei micropali di prova, al fine di mettere a punto le modalità esecutive più idonee e di ottenere un riscontro sul campo delle previsioni progettuali in termini di portata. Le lunghezze dei micropali andranno confermate / adeguate alla luce dei risultati di tali prove.