

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 D'ARTE MAGGIORI

VI01 – VIADOTTO PALMARO

FONDAZIONI RELAZIONE DI CALCOLO

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

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	—	—	APE0010		
											SCALA:		

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

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

Indice

1. PREMESSA.....	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1 NORMATIVA	5
2.2 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO	5
2.3 SOFTWARE DI CALCOLO.....	6
3. MATERIALI.....	6
4. PROFILO STRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'AREA.....	7
4.1 PREMESSA	7
4.2 INDAGINI E PROVE DI LABORATORIO DI RIFERIMENTO	7
4.3 MISURE PIEZOMETRICHE E LIVELLI DI FALDA	7
4.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	8
4.5 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO.....	9
5. TIPOLOGIA DI FONDAZIONE ADOTTATE.....	9
5.1 CARATTERISTICHE DELLE FONDAZIONI	9
5.1.2 Definizione delle necessità/criticità operative per la scelta della tipologia di fondazioni	10
6. CRITERI DI VERIFICA E DI CALCOLO	11
6.1 VERIFICHE DI SICUREZZA.....	13
6.1 CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DEI MICROPALI	14
6.2 STIMA DELLA RESISTENZA DEI MICROPALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI	16
7. PARAMETRI DEL MODELLO GEOTECNICO DELLE PALIFICATE.....	17
8. STIMA DELLA RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI.....	18
9. RISULTATI ANALISI PALIFICATE E VERIFICHE	24
9.1 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO	24
9.2 FONDAZIONI SPALLA GE NEW	25
9.2.1 Verifiche geotecniche.....	25
9.2.2 Verifiche strutturali.....	26
9.3 FONDAZIONI PILA 1A NEW	27
9.3.1 Verifiche geotecniche.....	27
9.3.2 Verifiche strutturali.....	28
9.4 FONDAZIONI PILA 1B NEW	29
9.4.1 Verifiche geotecniche.....	29
9.4.2 Verifiche strutturali.....	30
9.5 FONDAZIONI PILA 1C NEW	31
9.5.1 Verifiche geotecniche.....	31
9.5.2 Verifiche strutturali.....	32
9.6 FONDAZIONI PILA 2 NEW	33
9.6.1 Verifiche geotecniche.....	33
9.6.2 Verifiche strutturali.....	34
9.7 FONDAZIONI PILA 3 NEW	35
9.7.1 Verifiche geotecniche.....	35

9.7.2 Verifiche strutturali.....	36
9.8 FONDAZIONI PILA 8 NEW	37
9.8.1 Verifiche geotecniche.....	37
9.8.2 Verifiche strutturali.....	38
9.9 FONDAZIONI PILA 9 NEW	39
9.9.1 Verifiche geotecniche.....	39
9.9.2 Verifiche strutturali.....	40
9.10 FONDAZIONI PILA PV DX.....	41
9.10.1 Verifiche geotecniche.....	41
9.10.2 Verifiche strutturali.....	42
9.11 FONDAZIONI PILA PV SX	43
9.11.1 Verifiche geotecniche.....	43
9.11.2 Verifiche strutturali.....	44
9.12 FONDAZIONI PILA 3 SX	45
9.12.1 Verifiche geotecniche.....	45
9.12.2 Verifiche strutturali.....	46
9.13 FONDAZIONI PILA 4 SX	48
9.13.1 Verifiche geotecniche.....	48
9.13.2 Verifiche strutturali.....	49
9.14 FONDAZIONI PILA 4 DX.....	51
9.14.1 Verifiche geotecniche.....	51
9.14.2 Verifiche strutturali.....	52
9.15 FONDAZIONI PILA 5 SX	54
9.15.1 Verifiche geotecniche.....	54
9.15.2 Verifiche strutturali.....	55
9.16 FONDAZIONI PILA 5 DX.....	57
9.16.1 Verifiche geotecniche.....	57
9.16.2 Verifiche strutturali.....	58
9.17 FONDAZIONI PILA 6 SX	60
9.17.1 Verifiche geotecniche.....	60
9.17.2 Verifiche strutturali.....	61
9.18 FONDAZIONI PILA 6 DX.....	63
9.18.1 Verifiche geotecniche.....	63
9.18.2 Verifiche strutturali.....	64
9.19 FONDAZIONI PILA 7 SX	66
9.19.1 Verifiche geotecniche.....	66
9.19.2 Verifiche strutturali.....	67
9.20 FONDAZIONI PILA 7 DX.....	69
9.20.1 Verifiche geotecniche.....	69
9.20.2 Verifiche strutturali.....	70

9.21 FONDAZIONI PILA 8 SX	72
9.21.1 Verifiche geotecniche.....	72
9.21.2 Verifiche strutturali.....	73
9.22 FONDAZIONI PILA 8 DX.....	75
9.22.1 Verifiche geotecniche.....	75
9.22.2 Verifiche strutturali.....	76

1. PREMESSA

Il presente documento riporta le verifiche geotecniche delle fondazioni delle opere previste per l'adeguamento del viadotto Palmaro nell'ambito della realizzazione della copertura fonica lungo l'autostrada A10 Genova-Ventimiglia tra la prog. km 10+025 e la prog. km 10+606.

Le verifiche sono state condotte ai sensi della Normativa vigente (Doc. Rif.[1] e [2]).

Sono state previste fondazioni profonde realizzate con micropali di $D_{perf} = 240$ mm, con lunghezza variabile 12 a 27m, armati con tubolare $\varnothing = 168$ mm e spessore $s = 12,5$ mm. Tale tipologia è stata scelta in funzione dell'entità dei carichi agenti a livello di imposta delle fondazioni, della natura dei terreni presenti e della necessità di operare in ambiente urbano a partire dalla sede viaria riducendo, per quanto possibile minimi, le occupazioni fuori sede.

L'intervento prevede l'adozione delle seguenti tipologie di nuove fondazioni:

- per la Spalla Ge new sono previsti n° 6 micropali di lunghezza L= 15.00m;
- per la Pila 1a new sono previsti n° 9 micropali di lunghezza L= 18.00m;
- per la Pila 1b new sono previsti n° 8 micropali di lunghezza L=18.00m;
- per la Pila 1c new sono previsti n° 9 micropali di lunghezza L=15.00m;
- per la Pila 2 new sono previsti n° 9 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 3 new sono previsti n° 9 micropali di lunghezza L=27.00m;
- per la Pila 8 new sono previsti n° 9 micropali di lunghezza L=24.00m;
- per la Pila 9 new sono previsti n° 9 micropali di lunghezza L=18.00m;
- per la Pila PV dx new sono previsti n° 9 micropali di lunghezza L=12.00m;
- per la Pila PV sx new sono previsti n° 10 micropali di lunghezza L=15.00m.

Inoltre si prevede di adeguare le pile esistenti con le seguenti tipologie di fondazioni:

- per la Pila 3 sx sono previsti n° 5 micropali di lunghezza L=18.00m;
- per la Pila 4 sx sono previsti n° 5 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 4 dx sono previsti n° 7 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 5 sx sono previsti n° 5 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 5 dx sono previsti n° 7 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 6 sx sono previsti n° 7 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 6 dx sono previsti n° 7 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 7 sx sono previsti n° 5 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 7 dx sono previsti n° 7 micropali di lunghezza L=21.00m;
- per la Pila 8 sx sono previsti n° 5 micropali di lunghezza L=15.00m;
- per la Pila 8 dx sono previsti n° 4 micropali di lunghezza L=18.00m;

Le opere in oggetto ricadono nel comune di Genova caratterizzato da una accelerazione di progetto su suolo di categoria C associata ad un tempo di ritorno di 475 anni e periodo di riferimento di 50 anni pari a 0.06g (1). Per quanto riguarda le informazioni relative alla vita nominale, classe d'uso, il corrispondente coefficiente d'uso ed il periodo di riferimento per l'azione sismica della struttura in esame si rimanda alla relazione di calcolo strutturale.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA

- [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] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [4] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

2.2 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

Elaborati geotecnici

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

Elaborati geologici

- [10] Relazione Geologica - GEO 0001

Tavole di progetto

- [11] Fondazioni - stato di fatto – APE 0012
- [12] Fondazioni - Nuove pile – APE 0013
- [13] Fondazioni - pianta scavi e sezioni - Tavola 1/2– APE 0014
- [14] Fondazioni - pianta scavi e sezioni - Tavola 2/2– APE 0015
- [15] Opere provvisionali- planimetria e prospetti – APE 0016

(1) Fonte: Allegato B alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni – Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica.

Contabilità di progetto

- [16] Genova-Savona - Raddoppio - Lotto 3 OPERA 18 bis Viadotto Palmaro Fondazioni Pali □100 e pozzi - disegno 10 allegato 5
- [17] Genova-Savona - Raddoppio -Lotto 3 OPERA 18 bis Viadotto Palmaro Fondazioni micropali - disegno 11 allegato 6

2.3 SOFTWARE DI CALCOLO

- [18] SAP2000 – CSI

3. MATERIALIAcciaio per micropali (acciaio in profili a sezione cava)

- Tipo EN 10210-1 S355 J0H+N.

Malta e/o miscela cementizia per micropali:

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

4. PROFILO STRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'AREA

4.1 PREMESSA

Di seguito viene esposta la caratterizzazione geotecnica e la stratigrafia di riferimento utilizzata nei calcoli per la verifica/dimensionamento delle fondazioni su micropali.

I valori caratteristici dei parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento sono stati ottenuti mediante l'interpretazione di prove e misure effettuate in sito. Per eventuali approfondimenti si rimanda alla Relazione Geotecnica allegata al progetto (elaborato: APE-001).

4.2 INDAGINI E PROVE DI LABORATORIO DI RIFERIMENTO

In corrispondenza dell'opera in progetto sono disponibili i risultati di n. 11 sondaggi geognostici a carotaggio continuo SV01, SV02, SV03, SV04, SV05, SM01, SM02, SM02a, SM03, SM04 e SM05 (data esecuzione febbraio 2002).

Le indagini a disposizione sono riassunte nella Tabella 4.1.

Sondaggio	quota (m s.l.m.)	lunghezza (m)	Piezometri A = tubo aperto C= tipo Casagrande
SV01	20.34	15	-
SV02	20.53	15	A(15.00m)
SV03	20.89	15	-
SV04	20.86	15	A(15.00m)
SV05	20.97	15	-
SM01	27.24	20	-
SM02	27.69	20	A (20.00m)
SM02a	28.11	20	-
SM03	23.59	20	-
SM04	24.52	20	A (20.00m)
SM05	28.33	20	-

Tabella 4.1

4.3 MISURE PIEZOMETRICHE E LIVELLI DI FALDA

Tenuto conto delle misurazioni piezometriche, in via cautelativa il dimensionamento delle opere di fondazione è stato effettuato considerando il livello di falda coincidente con il piano di imposta delle stesse.

4.4 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 delle unità geotecniche presenti, ricavati dalla Relazione Geotecnica di progetto.

Parametri geotecnici strato di copertura A	
γ_t (kN/m ³)	19.0÷20.0
N _{SPT} (colpi/30 cm)	20 ÷ 90
ϕ' (°)	35 ÷ 37
c' (kPa)	0
k_v (m/s)	$1 \times 10^{-5} \div 5 \times 10^{-5}$
V_s (m/s)	140 ÷ 290
E_{op} (MPa)	20 ÷ 80
ν' (-)	0.25

Tabella 4.2

Parametri geotecnici substrato roccioso B	
γ_t (kN/m ³)	26.2 ÷ 26.4
GSI	20 ÷ 30
σ_c (MPa)	5 ÷ 25
m_i (-)	8
ϕ_{ammasso} (°)	39 per $\sigma'_n = 100$ kPa 34 per $\sigma'_n = 200$ kPa 31 per $\sigma'_n = 300$ kPa 28 per $\sigma'_n = 400$ kPa 27 per $\sigma'_n = 500$ kPa
C_{ammasso} (kPa)	27 per $\sigma'_n = 100$ kPa 20 per $\sigma'_n = 200$ kPa 54 per $\sigma'_n = 300$ kPa 65 per $\sigma'_n = 400$ kPa 75 per $\sigma'_n = 500$ kPa

Tabella 4.3

Simbologia:

γ_t	= peso di volume naturale;
NSPT	= resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;
ϕ'	= angolo di resistenza al taglio "operativo";
c'	= intercetta di coesione "operativa";
k_v	= coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;
V_s	= velocità di propagazione delle onde di taglio;
E_{op}	= modulo di Young "operativo";
ν	= rapporto di Poisson.

4.5 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO

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

5. TIPOLOGIA DI FONDAZIONE ADOTTATE**5.1 CARATTERISTICHE DELLE FONDAZIONI**

Le nuove fondazioni sono previste su micropali di lunghezza variabile.

Le fondazioni delle pile esistenti sono anche esse sia su micropali che su pali (rif.[16]e[17]).

L'analisi delle fondazioni attuali in micropali con i carichi aggiornati hanno evidenziato una criticità strutturale marcata che ha confermato la necessità di un rinforzo attraverso l'inserimento di nuovi micropali.

La lunghezza totale dell'armatura dei micropali è variabile da 12,00 a 27,00 m e verranno iniettati a gravità.

In questa sede si omette la verifica delle fondazioni profonde di pali delle pile esistenti 1, 2, 3dx e delle spalle lato Genova e Savona.

5.1.2 Definizione delle necessità/criticità operative per la scelta della tipologia di fondazioni

Nella definizione delle tipologie delle opere è stato tenuto conto delle seguenti necessità/criticità operative:

- operare in ambiente urbano caratterizzato dalla presenza continua di traffico veicolare, commerciale e turistico;
- operare per lo più a partire dalla sede viaria, riducendo, per quanto possibile, gli scavi e le occupazioni fuori sede in modo da minimizzare le aree di cantiere;
- il vincolo di dover operare in spazi decisamente ridotti sia perché come già detto è in ambiente urbano (presenza di traffico) sia per la presenza di strutture esistenti (edifici, infrastrutture ferroviarie e stradali);
- si è prediletto l'utilizzo di macchine di lavoro caratterizzate da ridotte dimensioni indirizzando le soluzioni proposte ad un uso diffuso dei micropali, a scapito di altre lavorazioni (ad es. pali, ecc.);
- la necessità di limitare, per quanto possibile, le demolizioni delle opere esistenti, soprattutto quando queste sono di altezza elevata e la loro demolizione richiede opere provvisoriale/protezione impegnative;
- la necessità di verificare con saggi preventivi la presenza di eventuali sottoservizi prima dell'inizio delle lavorazioni (scavi e perforazioni);
- necessità di immorsarsi nel sub-strato.

Si raccomanda, prima dell'inizio delle lavorazioni di scavo/perforazione di

- verificare con saggi preventivi la presenza/posizione di eventuali sottoservizi;
- verificare l'esatta geometria delle fondazioni esistenti in modo da confermare le ipotesi progettuali.

6. CRITERI DI VERIFICA E DI CALCOLO

Le verifiche contenute nel presente documento fanno riferimento a quanto descritto per i sistemi di fondazione nel Doc. rif. [1] e successiva circolare esplicativa (doc. rif. [2]).

Le verifiche, sia per il caso statico e sia per quello sismico, sono state eseguite adottando l'Approccio 1 delle NTC (Doc. rif. [1]) nei confronti degli stati limiti ultimi (SLU), riferiti allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione, e degli stati limite di esercizio (SLE), in modo da verificare la compatibilità tra requisiti prestazionali dell'opera e gli spostamenti e distorsioni previste. 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

$$E_d \leq R_d$$

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 6.1. Tali valori sono da intendersi agenti nel baricentro geometrico della palificata.

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

$$E_d \leq C_d$$

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 γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali ²	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 6.1 - Coefficienti parziali sulle azioni (A1, A2 e EQU)

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	γ_{Cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.0	1.0

Tabella 6.2 - Coefficienti parziali sui terreni (M1 ed M2)
 (Tab. 6.2.II, Doc. Rif.[1])

VERIFICA	Coefficiente parziale	PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI			PALI AD ELICA		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Punta	γ_b	1.00	1.45	1.15	1.00	1.7	1.35	1.00	1.6	1.3
Laterale in compressione	γ_s	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
Totale ⁽¹⁾	γ_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 6.3: Coefficienti parziali sulle resistenze (R1, R2 ed R3) per pali soggetti a carichi assiali

² 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

Per l'approccio progettuale adottato (*Approccio 1*) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti:

- la prima combinazione (STR), per la quale si adottano i coefficienti parziali sulle azioni del gruppo (A1), è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno,
- la seconda combinazione (GEO), per la quale si adottano i coefficienti parziali sulle azioni del gruppo (A2), è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Per entrambe le combinazioni i coefficienti parziali sui materiali (M1) sono identici, mentre sulle resistenze (R1) e (R2) sono definiti specificatamente in funzione della differente combinazione.

Sinteticamente le verifiche di cui sopra devono essere svolte considerando:

Approccio 1:

- Combinazione 1: $A1 + M1 + R1$
- Combinazione 2 : $A2 + M1 + R2$

tenendo conto dei coefficienti parziali estratti dalle NTC (Doc. rif. [1]) e riportati in Tabella 6.1, Tabella 6.2, Tabella 6.3.

Le verifiche di sicurezza in campo sismico devono contemplare 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]).

6.1 VERIFHE DI SICUREZZA

Come riportato al par. 6.4.3.1 della Normativa di riferimento (Doc. Rif.[1]), per le opere di fondazione su micropali, sono state prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi in campo statico e in campo sismico (SLU) e agli stati limite di esercizio (SLE):

- SLU di tipo Geotecnico (Comb. GEO), relative a condizioni di:
 - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali di compressione – la verifica del collasso per carico limite nei confronti dei carichi assiali è condotta confrontando la massima azione di compressione agente in testa al palo E_d con la resistenza di progetto a compressione del palo singolo $R_{c,d}$;
 - collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione – la verifica del collasso per carico limite nei confronti dei carichi assiali di trazione è condotta confrontando la massima azione di trazione agente in testa al palo E_d con la resistenza di progetto a trazione del palo singolo $R_{t,d}$.

- SLU di tipo strutturale (Comb. STR), relative a condizioni di:
 - Verifica della resistenza strutturale dei micropali – valutata confrontando le resistenze strutturali di progetto con la massima azione agente sui singoli micropali;
- SLE relative a condizioni statiche:
 - verifica dei requisiti prestazionali della fondazione.

6.1 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".

Si è proceduto come di seguito descritto.

Caso b) con riferimento alle procedure analitiche di seguito illustrate (paragrafo. 0), il valore caratteristico della resistenza a compressione e a trazione è ottenuto come:

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

con: R_{MEDIA} e R_{MIN} le resistenze calcolate e i fattori di correlazione ξ in funzione del numero di verticali indagate.

Qualora si abbiano a disposizione prove in sito continue (prova tipo CPT o DMT) o discontinue (SPT, pressiometriche, ecc.), ma con passi di campionamenti sufficientemente fitti da considerare una misura continua con la profondità, la stima della resistenza caratteristica è condotta secondo i seguenti passi:

- 1 per ogni verticale di indagine si calcola il profilo di resistenza con la profondità in funzione delle prove in sito e di laboratorio assumendo i valori medi a disposizione nella singola verticale
- 2 stima, tra quelli calcolati, del profilo di resistenza medio (R_{MEDIA}) e di resistenza minimo (R_{MIN});
- 3 la resistenza caratteristica R_k , a compressione o a trazione, sarà il minore dei valori ottenuti:

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

con ξ_3 e ξ_4 fattori di correlazione funzione del numero di verticali indagate (Tabella 6.4).

Qualora, invece, si abbiano a disposizione prove in sito o di laboratorio discrete si procederà secondo il seguente schema:

- 1 per ogni strato vengono scelti il valore medio e minimo tra tutti i valori a disposizione necessari per il calcolo del profilo di resistenza con la profondità;
- 2 stima del profilo di resistenza medio (R_{MEDIA}) e di resistenza minimo (R_{MIN}) adottando i parametri medi e minimi ottenuti al punto presedente;
- 3 la resistenza caratteristica (R_k), a compressione o a trazione, sarà il minore dei valori ottenuti:

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

con ξ_3 e ξ_4 fattori di correlazione funzione del numero di verticali indagate (Tabella 6.4).

Numero prove di indagine	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Tabella 6.4: Fattori di correlazione ξ (vedi tab. 6.4.IV NTC)

La resistenza di progetto R_d si ottiene applicando alla resistenza caratteristica R_k i coefficienti parziali γ_R indicati Tabella 6.5.

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

I criteri utilizzati per la stima delle curve di capacità portante a compressione e trazione sono illustrati al capitolo 6.2.

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
	γ_R	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Base	γ_b	1.0	1.45	1.15	1.0	1.7	1.35	1.0	1.6	1.3
Laterale (compressione)	γ_s	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15
Totale	γ_T	1.0	1.45	1.15	1.0	1.6	1.30	1.0	1.55	1.25
Laterale (trazione)	γ_{st}	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25

Tabella 6.5: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche di pali soggetti a carichi assiali (vedi tab. 6.4.II NTC)

6.2 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:

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

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

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;

ΔH_i = altezza del concio i^{mo} di micropalo della zona iniettata;

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

Le tensioni tangenziali sono state valutate ipotizzando per il micropalo un sistema d'iniezione a gravità:

$$\tau_{lim} = \min(k \cdot \sigma'_v \tan \varphi; f(N_{SPT})) < 150 \text{ kPa}$$

- $k = 0,7$ è il rapporto fra la pressione orizzontale e verticale efficace in prossimità del micropalo;
- σ'_v è fra la pressione verticale efficace;
- ϕ è l'angolo d'attrito del terreno;
- $f(N_{SPT})$ è la tensione tangenziale limite secondo la formulazione di Wright-Reese (1977) espressa dal grafico di Figura 6.1.

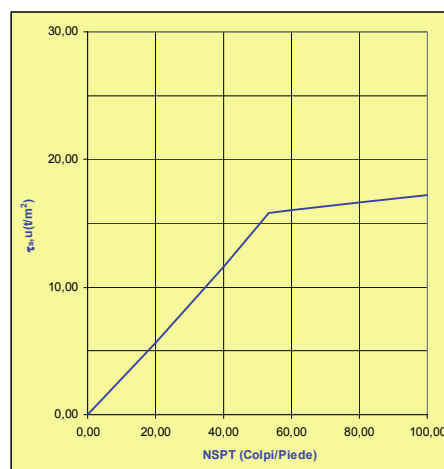


Figura 6.1 - τ_{lim} secondo Wright-Reese (1977)

7. PARAMETRI DEL MODELLO GEOTECNICO DELLE PALIFICATE

Secondo le NTC'08, nel modello di calcolo dei pali, i coefficienti parziali vengono applicati direttamente alle resistenze laterali e di base (*conservando quindi l'impostazione dei metodi di calcolo tradizionali*), e non ai parametri geotecnici caratteristici del terreno, per tener conto dei numerosi fattori che concorrono alla portanza del palo legati alle modalità ed alle incertezze esecutive.

I parametri caratteristici di resistenza dei terreni, sono:

Stratigrafia di riferimento						
da [m]	a [m]	Unità geotecnica	γ [kN/mc]	c [kPa]	Φ [°]	Nspt
0	-x,xx	COPERTURA (A)	19	0	35-37	20-50 ³
-x,xx	-25	SUBSTRATO (B)	26	0	38-40	100

Tabella 7.1 – Parametri caratteristici del terreno per il calcolo della portanza dei micropali

Le profondità identificate con -x,xx sono riportate in Tabella 7.2.

struttura	STRATO A		STRATO B	
	da [m]	a [m]	da [m]	ta [m]
-	[m]	[m]	[m]	[m]
SPALLA GE new	0,00 (*)	-7,00	-7,00	-30,00
PILA 1a new	0,00 (*)	-5,00	-5,00	-30,00
PILA 1b new	0,00 (*)	-4,00	-4,00	-30,00
PILA 1c new	0,00 (*)	-7,00	-7,00	-30,00
PILA 2 new	0,00 (*)	-7,00	-7,00	-30,00
PILA 3 new	0,00 (*)	-8,00	-8,00	-30,00
PILA 8 new	0,00 (*)	-8,00	-8,00	-30,00
PILA 9 new	0,00 (*)	-6,00	-6,00	-30,00
PILA PV dx new	0,00 (*)	-7,00	-7,00	-30,00
PILA PV sx new	0,00 (*)	-6,00	-6,00	-30,00
PILA 3 sx	0,00 (*)	-7,00	-7,00	-30,00
PILA 4 sx	0,00 (*)	-7,00	-7,00	-30,00
PILA 4 dx	0,00 (*)	-6,00	-6,00	-30,00
PILA 5 sx	0,00 (*)	-3,00	-3,00	-30,00
PILA 5 dx	0,00 (*)	-3,00	-3,00	-30,00
PILA 6 sx	0,00 (*)	-5,00	-5,00	-30,00
PILA 6 dx	0,00 (*)	-3,00	-3,00	-30,00
PILA 7 sx	0,00 (*)	-7,00	-7,00	-30,00
PILA 7 dx	0,00 (*)	-4,00	-4,00	-30,00
PILA 8 sx	0,00 (*)	-7,00	-7,00	-30,00
PILA 8 dx	0,00 (*)	-4,00	-4,00	-30,00

Tabella 7.2

³ Si considera a vantaggio di sicurezza un intervallo di variazione del parametro N_{SPT} [20-50] in alternativa a quanto riportato Tabella 4.2 N_{SPT} [20-90]

8. STIMA DELLA RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

In accordo a quanto descritto nel capitolo 6 , di seguito è condotta la stima della resistenza di progetto dei micropali R_d , in funzione della profondità.

La resistenza caratteristica è stimata adottando i coefficienti parziali ξ_3 e ξ_4 relativi a n.10 verticali 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 risultanti dai calcoli secondo l'Approccio 1, combinazione 2 (A2+M1+R2).

	pali infissi			pali trivellati		
resistenza	R1	R2	R3	R1	R2	R3
base: γ_b	1	1.45	1.2	1	1.7	1.35
laterale: γ_s	1	1.45	1.2	1	1.45	1.15
lat.trazione	1	1.6	1.3	1	1.6	1.25

Tabella 8.1 - Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

numero verticali	1	2	3	4	5	7	>10
ξ_3	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4
ξ_4	1.7	1.55	1.5	1.42	1.34	1.28	1.2

Tabella 8.2 - fattori di correzione ξ per in funzione del numero di verticali indagate

Nella Tabella 8.3 sono riportati in funzione delle lunghezze adottate, le resistenze R_d dei micropali per le strutture in progetto.

struttura	tipo	num.	diam. perf.	lunghezza	R2 (A1+M1+R2)	
					compr.	trazione
-	-	-	[mm]	[m]	[kN]	[kN]
SPALLA GE new	micr. new	6	240	15	477	227
PILA 1a new	micr. new	9	240	18	674	358
PILA 1b new	micr. new	8	240	18	692	372
PILA 1c new	micr. new	9	240	15	477	227
PILA 2 new	micr. new	9	240	21	804	456
PILA 3 new	micr. new	9	240	27	1123	735
PILA 8 new	micr. new	9	240	24	950	579
PILA 9 new	micr. new	9	240	18	652	342
PILA PV dx new	micr. new	9	240	12	347	143
PILA PV sx new	micr. new	10	240	15	492	236
PILA 3 sx	micr. new	5	240	18	637	331
PILA 4 sx	micr. new	5	240	21	804	456
PILA 4 dx	micr. new	7	240	21	822	471
PILA 5 sx	micr. new	5	240	21	878	522
PILA 5 dx	micr. new	7	240	21	878	522
PILA 6 sx	micr. new	7	240	21	840	487
PILA 6 dx	micr. new	7	240	21	878	522
PILA 7 sx	micr. new	5	240	21	802	453
PILA 7 dx	micr. new	7	240	21	859	504
PILA 8 sx	micr. new	5	240	15	477	227
PILA 8 dx	micr. new	4	240	18	692	372

					R2 (A1+M1+R2)	
struttura	tipo	num.	diam. perf.	lunghezza	compr.	trazione
-	-	-	[mm]	[m]	[kN]	[kN]
PILA 3 SX	micr. old	13	120	20.40	419	299
PILA 4 SX	micr. old	17	120	21	436	314
PILA 4 DX	micr. old	17	120	17.4	357	229
PILA 5 SX	micr. old	26	120	20.25	438	318
PILA 5 DX	micr. old	17	120	18.60	392	276
PILA 6 SX	micr. old	17	120	20.50	433	313
PILA 6 DX	micr. old	17	120	18.60	392	276
PILA 7 SX	micr. old	17	120	20.60	425	305
PILA 7 DX	micr. old	17	120	15.80	308	200
PILA 8 SX	micr. old	14	120	20.30	417	297
PILA 8 DX	micr. old	25	120	18.80	392	276

Tabella 8.3 - Capacità portante: valori caratteristici di resistenza

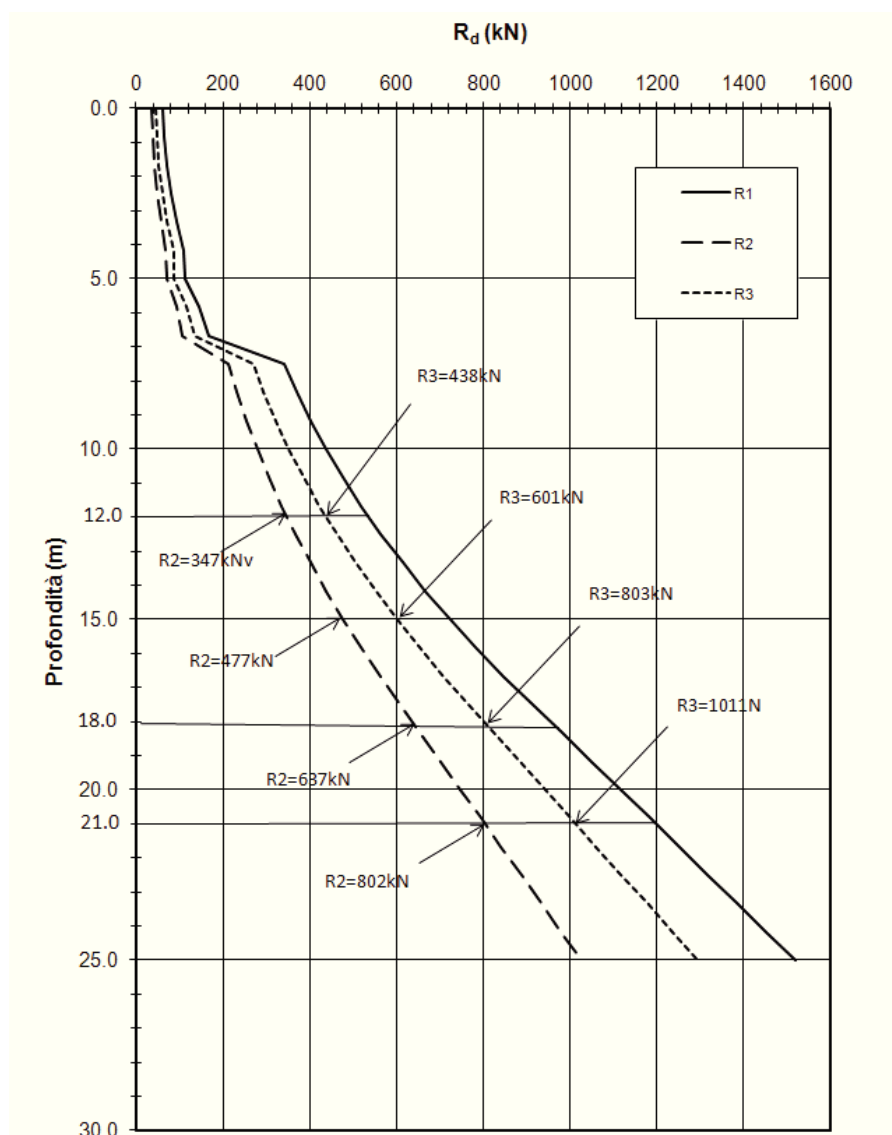


Figura 8.1: Resistenza di progetto del micropalo nuovo a compressione
(stratigrafia da 0.0 a 7.0m tipo A e >7.0m tipo B)

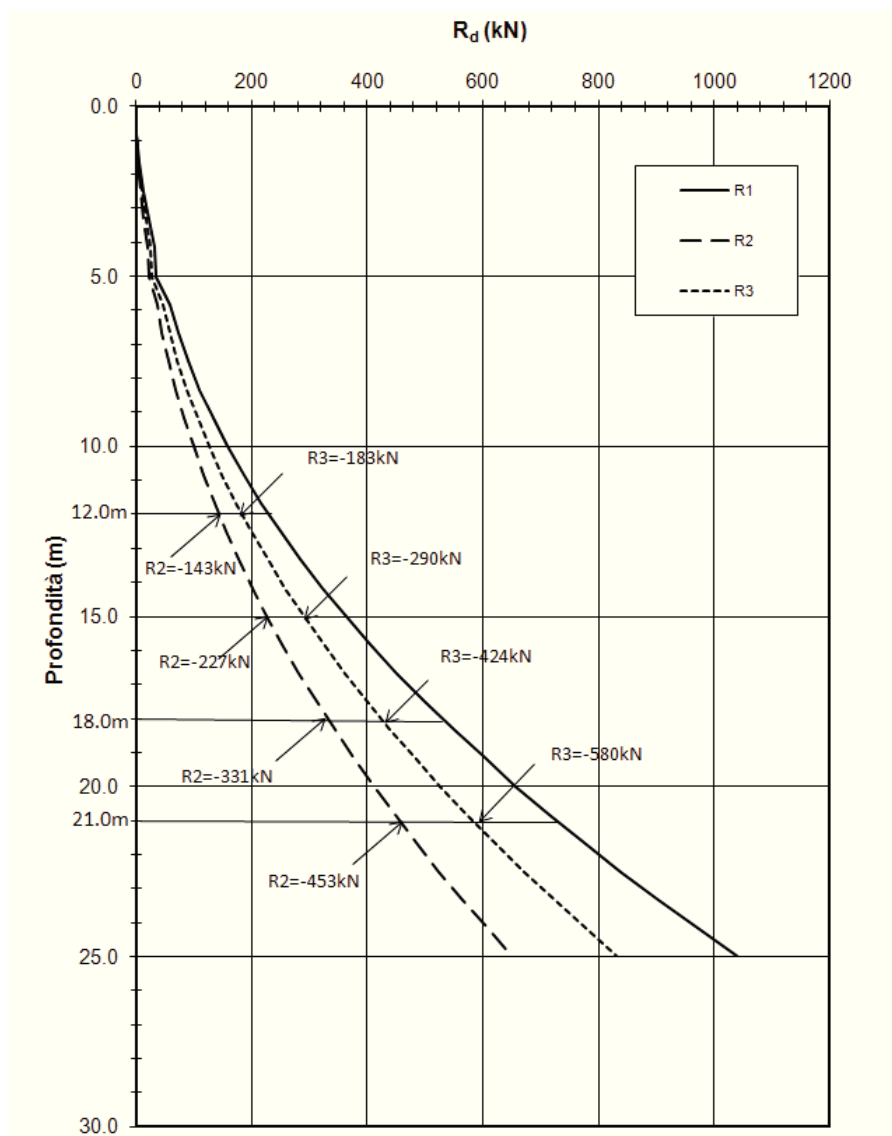


Figura 8.2: Resistenza di progetto del micropalo nuovo a trazione
(stratigrafia da 0.0 a 7.0m tipo A e >7.0m tipo B)

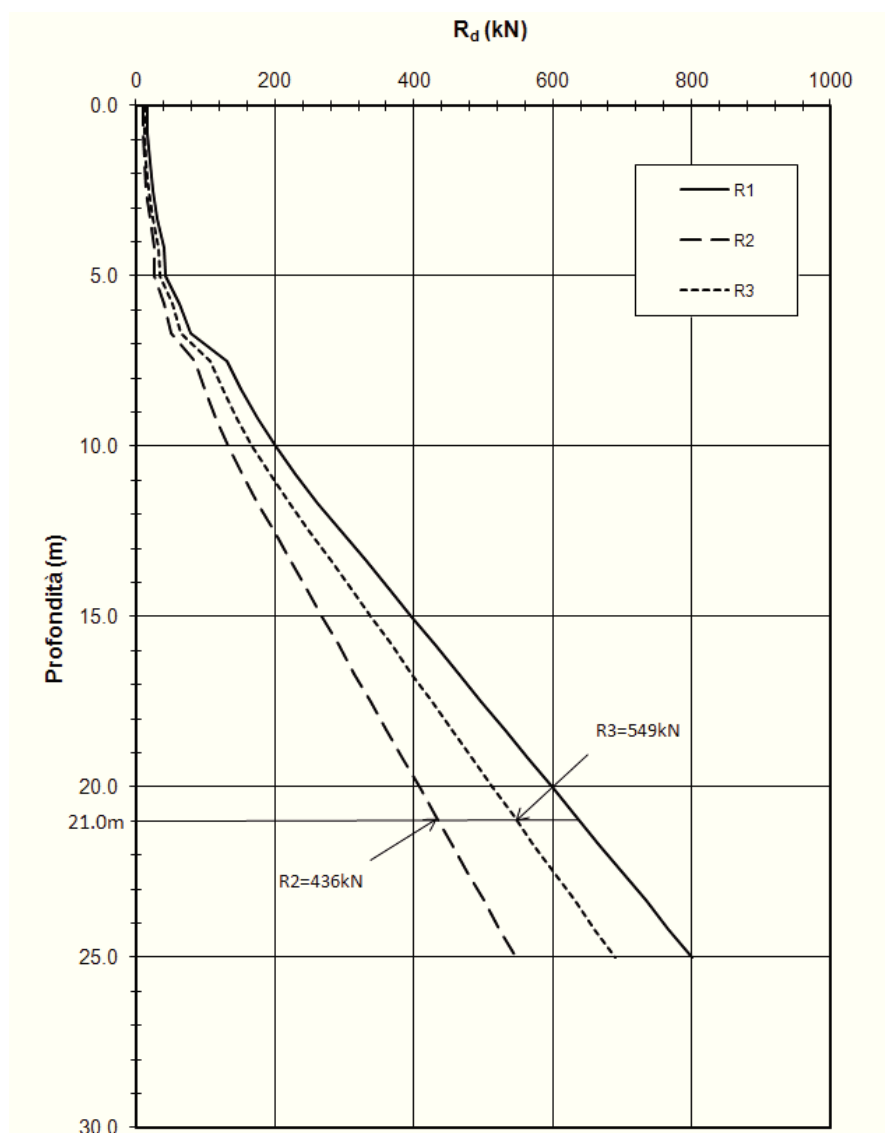


Figura 8.3: Resistenza di progetto del micropalo esistente a compressione (stratigrafia da 0.0 a 7.0m tipo A e >7.0m tipo B)

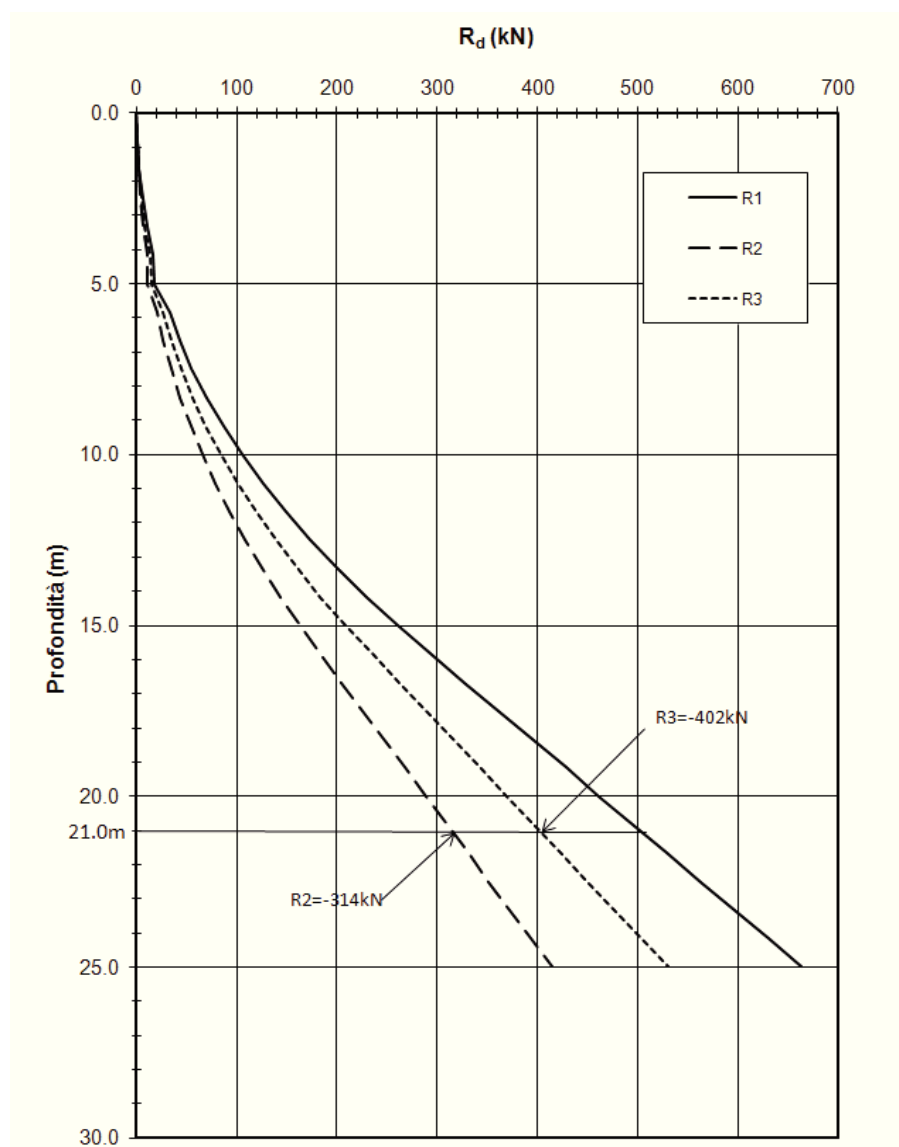


Figura 8.4: Resistenza di progetto del micropalo esistente a trazione
(stratigrafia da 0.0 a 7.0m tipo A e >7.0m tipo B)

9. RISULTATI ANALISI PALIFICATE E VERIFICHE

9.1 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Le azioni di progetto alla base delle sottostrutture sono state ottenute mediante un modello agli elementi finiti che comprende sia la struttura esistente del Viadotto Palmaro che le coperture antifoniche di nuova realizzazione. L'effettiva rigidezza delle fondazioni è stata schematizzata mediante molle traslazionali e rotazionali a comportamento elastico lineare. Successivamente per ogni pila è stato realizzato un ulteriore modello FEM per consentire la ripartizione delle azioni agenti alla base delle sottostrutture tenendo conto delle diverse geometrie e numero di micropali installati sulle zattere.

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

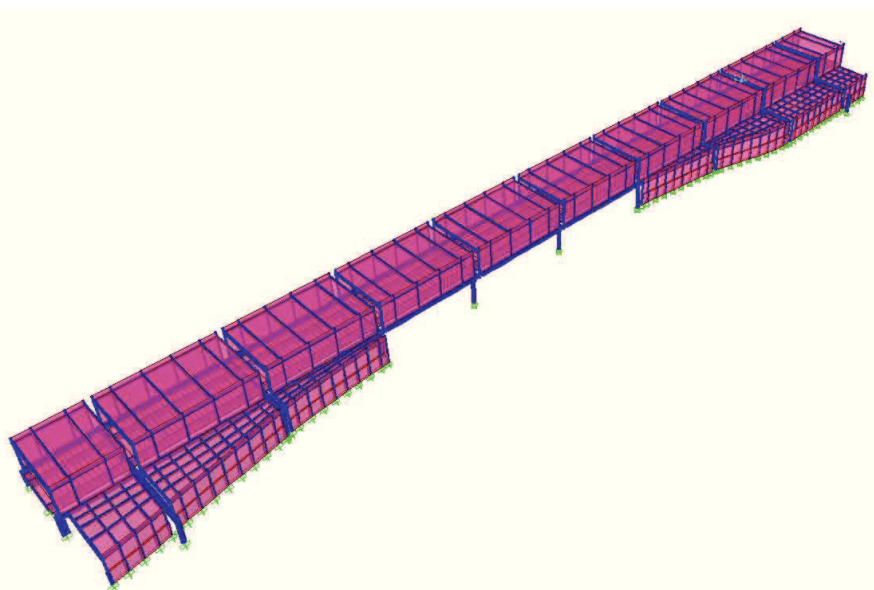


Figura 9.1 – Modello agli elementi finiti delle strutture in corrispondenza del Viadotto Palmaro

I **carichi** di progetto tenuti in conto sono:

- carichi permanenti strutturali G1;
- carichi permanenti non strutturali G2;
- carico accidentale agente sulle coperture antifoniche (manutenzione);
- carico della neve;
- azione del vento;
- variazioni termiche;
- azioni sismiche;
- carichi mobili.

Per ottenere le sollecitazioni di progetto, in funzione dei carichi di cui sopra, sono state generate 64 combinazioni di tipo STR (COMB. 1-64), 64 combinazioni di tipo GEO (COMB. 65-128) e 2 combinazioni sismiche una a prevalente componente longitudinale una a prevalente componente trasversale (SIS 1-

16). Gli spostamenti dei micropali allo SLE sono stati determinati in funzione di 64 combinazioni del tipo Rara.

Per il dettaglio delle combinazioni di carico si rimanda comunque alla Relazione di Calcolo STR050.

Le sollecitazioni agenti alla base delle sottostrutture a partire dalle quali sono state calcolate le azioni agenti sui micropali sono riportate nell'Allegato alla Relazione di Calcolo STR050.

9.2 FONDAZIONI SPALLA GE NEW

9.2.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER I DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-132	105
ENV SISMA	-136	58

Tabella 9.1

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

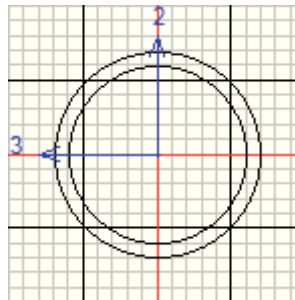
In Tabella 9.2 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione.

Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
1	ENV_RARA	Combination	Max	0,014	0,678	-0,345	1,18E-03	-2,16E-04	9,70E-06	0,68
1	ENV_RARA	Combination	Min	-0,492	-0,739	-1,578	-1,11E-03	-1,76E-03	-1,10E-05	0,89

Tabella 9.2

9.2.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 1	X Mid: -0,550	Combo: COMB59	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 0,300	Shape: 168	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
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=1,868E-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=510000,000	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	-160,391	-11,960	-0,539	-8,234	-0,057	0,000

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

D/C Ratio: $0,194 = 0,078 + \sqrt{[(0,116)^2 + (0,005)^2]} < 1,000$ 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	-160,391	2068,552	2068,552

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-11,960	-7,843	102,805	102,805	102,805	102,805
Minor (z-z)	-0,539	-0,510	102,805	102,805	102,805	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	8,234	0,000	760,301	0,011	OK
Minor (y)	0,057	0,000	760,301	7,457E-05	OK

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

9.3 FONDAZIONI PILA 1A NEW



Figura 9.2 – Modello agli elementi finiti della Pila 1A new

9.3.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-266	71
ENV SISMA	-189	16

Tabella 9.3

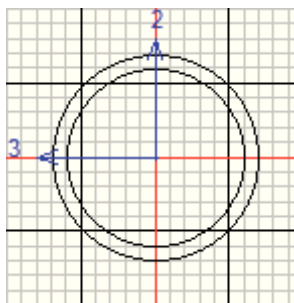
In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.4 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITÀ DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
389	ENV_RARA	Combination Max		-0,022	1,314	-0,578	2,04E-03	-7,30E-05	2,37E-16	1,31
389	ENV_RARA	Combination Min		-0,128	-1,492	-1,509	-1,80E-03	-4,16E-04	-3,17E-16	1,50

Tabella 9.4

9.3.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 550	X Mid: -0,900	Combo: COMB8	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -0,900	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-315,340	-1,706	-6,278	-1,130	-1,537	0,000

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

D/C Ratio: $0,321 = 0,227 + \sqrt{[(0,025)^2 + (0,091)^2]} < 1,000$ 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	-315,340	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-1,706	-1,141	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-6,278	-5,509	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	1,130	0,000	510,984	0,002	OK
Minor (y)	1,537	0,000	510,984	0,003	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.4 FONDAZIONI PILA 1B NEW

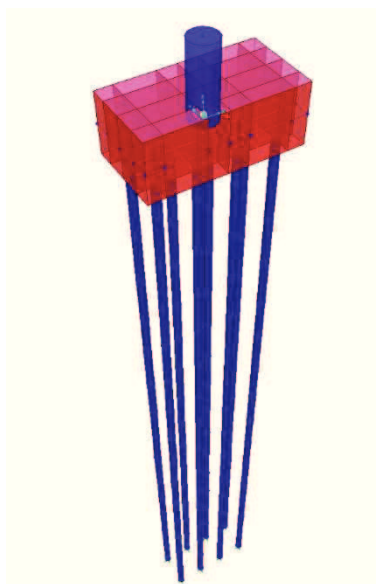


Figura 9.3 – Modello agli elementi finiti della Pila 1B new

9.4.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-377	51
ENV SISMA	-306	67

Tabella 9.5

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

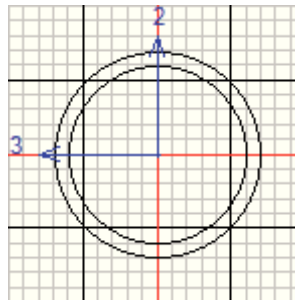
In Tabella 9.6 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione.

Si registrano spostamenti dell'ordine di alcuni millimetri e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITÀ DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
393	ENV_RARA	Combination	Max	-0,087	3,112	-0,212	1,63E-03	-3,04E-04	-3,74E-08	3,11
393	ENV_RARA	Combination	Min	-0,276	-0,312	-3,557	-4,56E-03	-1,01E-03	-1,09E-06	0,42

Tabella 9.6

9.4.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 460 X Mid: -1,050 Combo: COMB39 Design Type: Column
Length: 1,000 Y Mid: 0,400 Shape: 168 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000 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=1,800E-05 iyy=0,055 Wel,yy=2,142E-04 Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05 Izz=1,800E-05 izz=0,055 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,168 Wpl,yy=2,926E-04 Av,z=0,004
E=210000000,0 fy=248211,284 fu=399895,958 Wpl,zz=2,926E-04 Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-433,416	-3,735	-16,263	-2,564	-5,429	0,000

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

D/C Ratio: 0,553 = 0,312 + sqrt[(0,054)^2 + (0,235)^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	-433,416	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-3,735	-2,453	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-16,263	-13,549	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	2,564	0,000	510,984	0,005	OK
Minor (y)	5,429	0,000	510,984	0,011	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.5 FONDAZIONI PILA 1C NEW

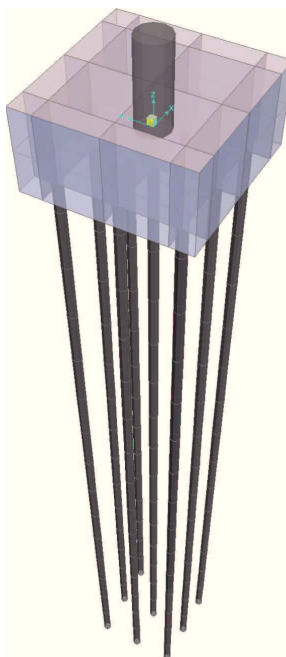


Figura 9.4 – Modello agli elementi finiti della Pila 1C new

9.5.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER I DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-231	109
ENV SISMA	-217	110

Tabella 9.7

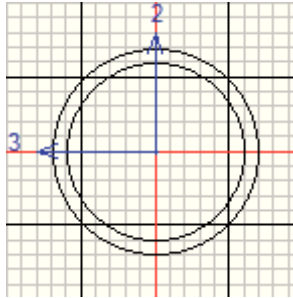
In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.8 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine di alcuni millimetri e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
389	ENV_RARA	Combination	Max	-0,03	0,058	-0,616	0,002128	-0,000088	-1,751E-17	0,07
389	ENV_RARA	Combination	Min	-0,13	-2,354	-0,818	-0,000492	-0,00033	-4,844E-16	2,36

Tabella 9.8

9.5.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 550	X Mid: -0,900	Combo: COMB42	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -0,900	Shape: 168	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
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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-280,223	-0,429	-6,180	-0,771	-4,486	0,000

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

D/C Ratio: $0,291 = 0,202 + \sqrt{[(0,006)^2 + (0,089)^2]} < 1,000$ 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
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-280,223	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-0,429	-0,815	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-6,180	-3,937	69,170	69,170	69,170	69,170

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	0,771	0,000	510,984	0,002	OK
Minor (y)	4,486	0,000	510,984	0,009	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.6 FONDAZIONI PILA 2 NEW

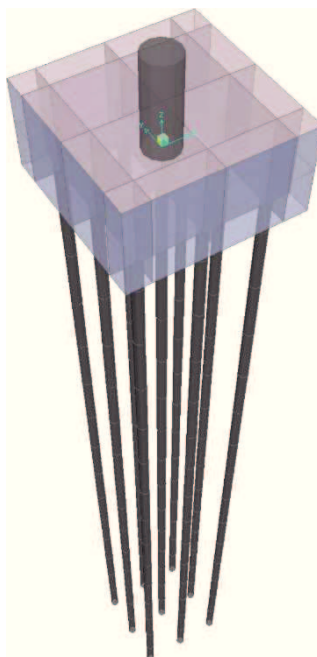


Figura 9.5 – Modello agli elementi finiti della Pila 2 new

9.6.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-390	170
ENV SISMA	-523	360

Tabella 9.9

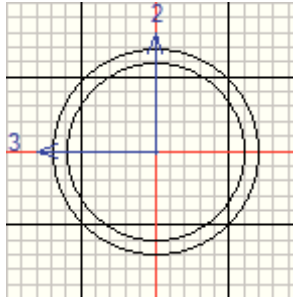
In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.10 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine di alcuni millimetri e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
389	ENV_RARA	Combination Max		0,795	-0,311	-0,863	2,68E-03	1,25E-03	1,10E-16	0,85
389	ENV_RARA	Combination Min		0,632	-3,32	-1,492	-4,85E-04	1,01E-03	-4,72E-16	3,38

Tabella 9.10

9.6.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 430	X Mid: 0,900	Combo: SIS10	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 0,900	Shape: 168	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
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=0,950

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-523,379	-2,907	-10,098	-1,942	-5,340	0,000

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

D/C Ratio: $0,528 = 0,376 + \sqrt{[(0,042)^2 + (0,146)^2]} < 0,950$ 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	-523,379	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-2,907	-3,878	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-10,098	-7,428	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	1,942	0,000	510,984	0,004	OK
Minor (y)	5,340	0,000	510,984	0,010	OK

	Vpl,Rd	Eta	LamdbabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.7 FONDAZIONI PILA 3 NEW

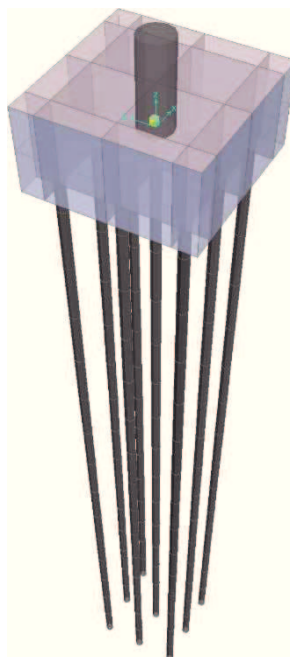


Figura 9.6 – Modello agli elementi finiti della Pila 3 new

9.7.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER I DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-561	219
ENV SISMA	-909	698

Tabella 9.11

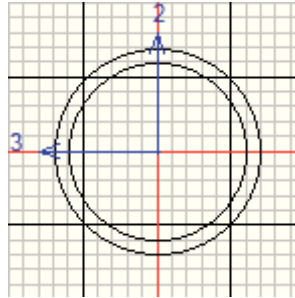
In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.12 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine di alcuni millimetri e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
389	ENV_RARA	Combination Max		2,354	2,653	-1,114	5,69E-04	3,12E-03	1,08E-15	3,55
389	ENV_RARA	Combination Min		1,796	-0,109	-2,28	-2,44E-03	2,39E-03	5,00E-16	1,80

Tabella 9.12

9.7.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 520	X Mid: 0,900	Combo: SIS1	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -0,900	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-908,707	-23,301	-1,442	-5,014	-3,070	0,000

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

D/C Ratio: 0,991 = $0,654 + \sqrt{(0,337)^2 + (0,021)^2}$ < 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	-908,707	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-23,301	-20,794	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-1,442	-2,977	69,170	69,170	69,170	69,170

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	5,014	0,000	510,984	0,010	OK
Minor (y)	3,070	0,000	510,984	0,006	OK

	Vpl,Rd	Eta	LamdbabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.8 FONDAZIONI PILA 8 NEW



Figura 9.7 – Modello agli elementi finiti della Pila 8 new

9.8.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-626	242
ENV SISMA	-818	568

Tabella 9.13

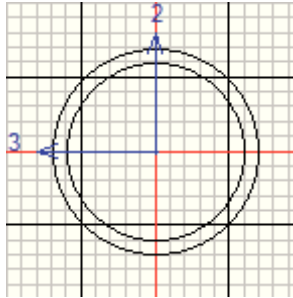
In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.14 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine di alcuni millimetri e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITÀ DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
389	ENV_RARA	Combination	Max	-2,343	2,413	-1,685	2,83E-03	-2,16E-03	-4,44E-16	3,36
389	ENV_RARA	Combination	Min	-3,662	-1,096	-2,935	-3,29E-04	-3,30E-03	-1,08E-15	3,82

Tabella 9.14

9.8.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 430	X Mid: 0,900	Combo: SIS6	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 0,900	Shape: 168	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
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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-818,051	-19,956	-2,140	-14,292	-0,038	0,000

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

D/C Ratio: $0,879 = 0,588 + \sqrt{[(0,289)^2 + (0,031)^2]} < 1,000$ 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
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-818,051	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-19,956	-12,810	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-2,140	-2,159	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	14,292	0,000	510,984	0,028	OK
Minor (y)	0,038	0,000	510,984	7,515E-05	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.9 FONDAZIONI PILA 9 NEW

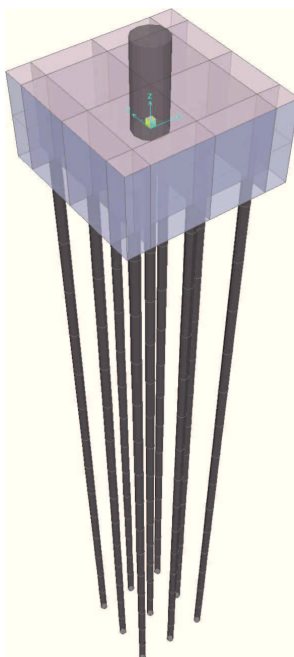


Figura 9.8 – Modello agli elementi finiti della Pila 9 new

9.9.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-486	97
ENV SISMA	-499	243

Tabella 9.15

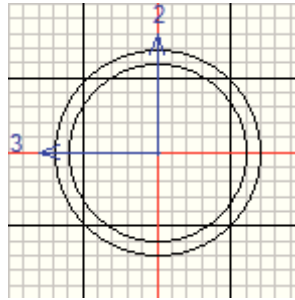
In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.16 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine di alcuni millimetri e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
389	ENV_RARA	Combination	Max	-0,378	-2,085	-1,528	2,69E-03	-7,13E-04	-5,08E-16	2,12
389	ENV_RARA	Combination	Min	-0,718	-4,072	-2,609	8,39E-04	-1,29E-03	-9,85E-16	4,13

Tabella 9.16

9.9.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 430	X Mid: 0,900	Combo: SIS10	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: 0,900	Shape: 168	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
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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,000	-408,354	-1,585	-9,214	-0,013	-6,242	0,000

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

D/C Ratio: $0,429 = 0,294 + \sqrt{[(0,023)^2 + (0,133)^2]} < 1,000$ 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	-408,354	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-1,585	-1,591	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-9,214	-6,093	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	0,013	0,000	510,984	2,491E-05	OK
Minor (y)	6,242	0,000	510,984	0,012	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.10 FONDAZIONI PILA PV DX**9.10.1 Verifiche geotecniche**

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-128	31
ENV SISMA	-131	35

Tabella 9.17

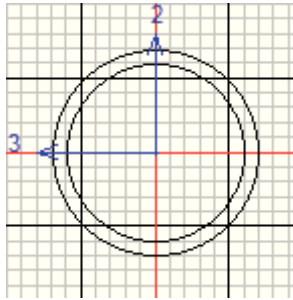
In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.18 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine di alcuni millimetri e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
389	ENV_RARA	Combination	Max	0,33	1,428	-0,467	1,07E-03	1,48E-04	3,05E-16	1,47
389	ENV_RARA	Combination	Min	0,041	-1,78	-0,729	-9,00E-04	1,90E-05	-3,01E-16	1,78

Tabella 9.18

9.10.2 Verifiche strutturali



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

Units : KN, m, C

Frame : 520	X Mid: 0,900	Combo: SIS1	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -0,900	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	Z Mid: -0,500	Class: Class 1	Rolled : No

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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-130,547	-4,960	-0,079	-7,954	-0,781	0,000

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

D/C Ratio: $0,166 = 0,094 + \sqrt{[(0,072)^2 + (0,001)^2]} < 1,000$ 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	-130,547	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-4,960	-0,983	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-0,079	-0,311	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	7,954	0,000	510,984	0,016	OK
Minor (y)	0,781	0,000	510,984	0,002	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.11 FONDAZIONI PILA PV SX

9.11.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-425	189
ENV SISMA	-245	84

Tabella 9.19

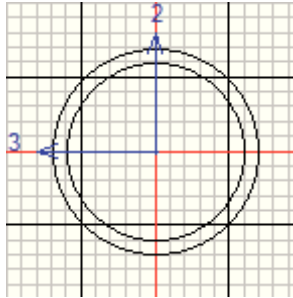
In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.20 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
766	ENV_RARA	Combination	Max	-0,046	0,386	-2,022	1,42E-04	-9,37E-04	2,60E-05	0,39
766	ENV_RARA	Combination	Min	-0,815	-0,11	-5,199	-3,70E-04	-2,43E-03	-9,30E-05	0,82

Tabella 9.20

9.11.2 Verifiche strutturali



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

Frame : 550	X Mid: -0,550	Combo: COMB3	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -0,300	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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
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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-467,529	-13,484	-0,211	-9,021	-0,554	0,000

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

D/C Ratio: $0,531 = 0,336 + \sqrt{[(0,195)^2 + (0,003)^2]} < 1,000$ 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
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-467,529	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-13,484	-8,974	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-0,211	-0,488	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	9,021	0,000	510,984	0,018	OK
Minor (y)	0,554	0,000	510,984	0,001	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

9.12 FONDAZIONI PILA 3 SX

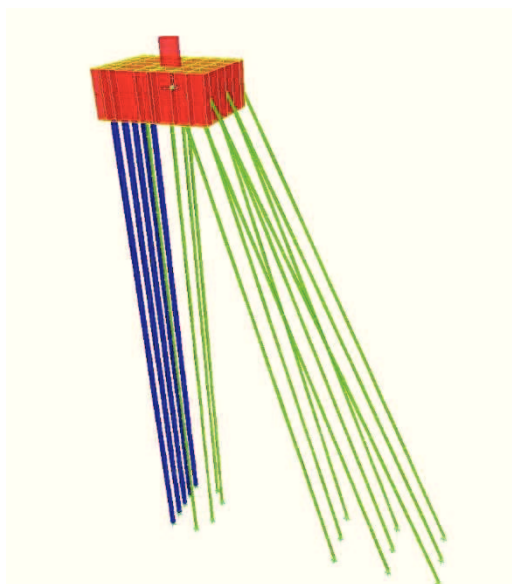


Figura 9.9 – Modello agli elementi finiti della Pila 3 SX

9.12.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER I DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-261	-
ENV SISMA	-520	321

Tabella 9.21

AZIONI PER I DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-179	-
ENV SISMA	-216	86

Tabella 9.22

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

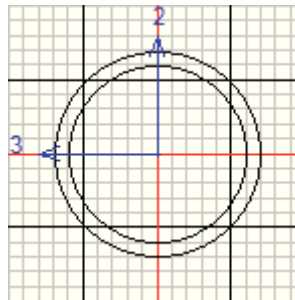
In Tabella 9.23 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	(U1^2+U2^2)^0,5
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
766	ENV_RARA	Combination	Max	-0,046	0,386	-2,022	1,42E-04	-9,37E-04	2,60E-05	0,39
766	ENV_RARA	Combination	Min	-0,815	-0,11	-5,199	-3,70E-04	-2,43E-03	-9,30E-05	0,82

Tabella 9.23

9.12.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 772 X Mid: 1,000 Combo: SIS2 Design Type: Column
Length: 1,000 Y Mid: 1,250 Shape: 168 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000 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
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=1,800E-05 iyy=0,055 Wel,yy=2,142E-04 Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05 Izz=1,800E-05 izz=0,055 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,168 Wpl,yy=2,926E-04 Av,z=0,004
E=210000000,0 fy=248211,284 fu=399895,958 Wpl,zz=2,926E-04 Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-519,559	-19,893	-22,838	-11,587	-25,591	0,000

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

D/C Ratio: $0,812 = 0,374 + \sqrt{[(0,288)^2 + (0,330)^2]} < 1,000$ 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

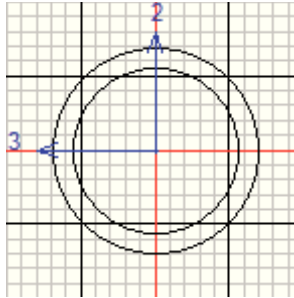
	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Force	Capacity	Capacity	
Axial	-519,559	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-19,893	-14,099	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-22,838	-10,043	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	11,587	0,000	510,984	0,023	OK
Minor (y)	25,591	0,000	510,984	0,050	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	510,984	1,200	0,000		

Micropalo Ø89


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

Frame : 503 X Mid: 1,000 Combo: SIS5 Design Type: Column
 Length: 1,000 Y Mid: 0,330 Shape: RADICE Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 1,000 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
 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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-214,685	-1,539	-4,270	-0,458	-5,513	0,000

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

$$D/C \text{ Ratio: } 0,733 = 0,402 + \sqrt{[(0,113)^2 + (0,312)^2]} < 1,000 \quad \text{OK}$$

$$= (N_{Ed}/N_{Rd}) + \sqrt{[(M_{y,Ed}/M_{y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{z,Rd})^2]} \quad (\text{EC3 } 6.2.1(7))$$

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-214,685	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-1,539	-1,311	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-4,270	-1,513	13,674	13,674	13,674	

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0,458	0,000	196,532	0,002	OK

Minor (y)	5,513	0,000	196,532	0,028	OK
Reduction	Vpl,Rd 196,532	Eta 1,200	LambdabarW 0,000		

9.13 FONDAZIONI PILA 4 SX

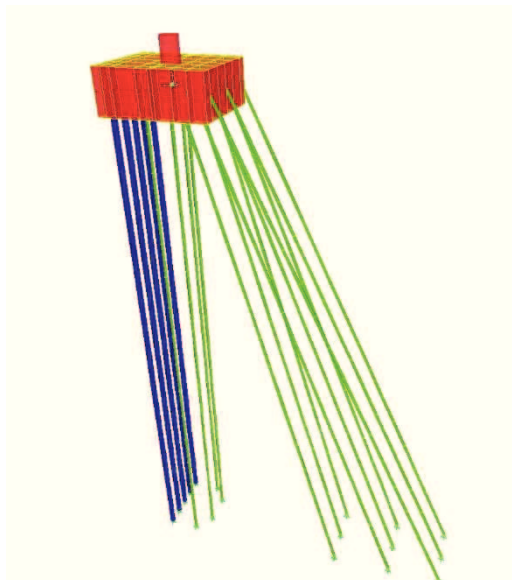


Figura 9.10 – Modello agli elementi finiti della Pila 4 SX

9.13.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER I DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-353,141	-
ENV SISMA	-728,245	313,62

Tabella 9.24

AZIONI PER I DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-246	-
ENV SISMA	-296	112

Tabella 9.25

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.26 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione.

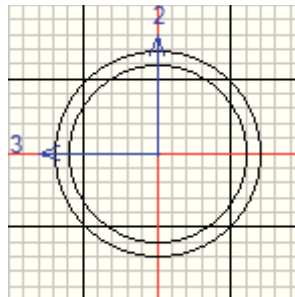
Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	(U1^2+U2^2)^0,5
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
773	ENV_RARA	Combination	Max	0,319	0,575	-1,847	2,41E-03	1,13E-03	7,70E-05	0,66
773	ENV_RARA	Combination	Min	0,208	0,158	-3,475	1,08E-03	8,58E-04	6,00E-05	0,26

Tabella 9.26

9.13.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 772 X Mid: 1,000
 Length: 1,000 Y Mid: 1,250
 Loc : 1,000 Z Mid: -0,500

Combo: SIS6
 Shape: 168
 Class: Class 1

Design Type: Column
 Frame Type: DCH-MRF
 Rolled : Yes

Country=CEN Default
 Interaction=Method 2 (Annex B)
 Consider Torsion? No

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=1,000

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-726,963	-26,020	-15,270	-17,360	-17,589	0,000

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

D/C Ratio: $0,959 = 0,523 + \sqrt{[(0,376)^2 + (0,221)^2]} < 1,000$ 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	-726,963	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

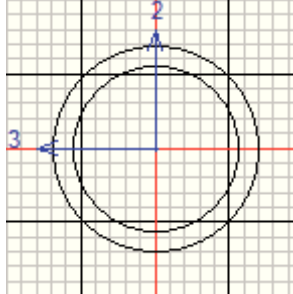
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-26,020	-17,340	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-15,270	-6,476	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	17,360	0,000	510,984	0,034	OK

Minor (y)	17,589	0,000	510,984	0,034	OK
Reduction	Vpl,Rd 510,984	Eta 1,200	LamdbabarW 0,000		

Micropalo Ø89



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

Frame : 136	X Mid: 1,000	Combo: SIS5	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -0,090	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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
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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-295,340	-2,936	-3,264	-2,217	-4,204	0,000

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

D/C Ratio: $0,873 = 0,552 + \sqrt{[(0,215)^2 + (0,239)^2]} < 1,000$ 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	-295,340	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-2,936	-1,827	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-3,264	-1,162	13,674	13,674	13,674	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	2,217	0,000	196,532	0,011	OK
Minor (y)	4,204	0,000	196,532	0,021	OK

	Vpl,Rd	Eta	LamdbabarW
Reduction			
	196,532	1,200	0,000

9.14 FONDAZIONI PILA 4 DX

9.14.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-397	-
ENV SISMA	-707	234

Tabella 9.27

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-312	-
ENV SISMA	-246	15

Tabella 9.28

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

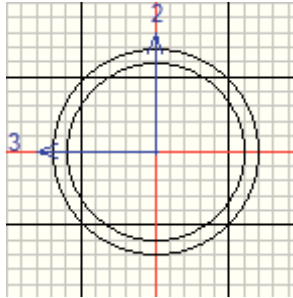
In Tabella 9.29 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
934	ENV_RARA	Combination	Max	-0,304	1,588	-2,188	3,46E-03	-6,47E-04	-3,90E-05	1,62
934	ENV_RARA	Combination	Min	-0,382	0,873	-3,566	2,00E-03	-8,17E-04	-4,90E-05	0,95

Tabella 9.29

9.14.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 837	X Mid: 1,520	Combo: COMB28	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -1,100	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-406,696	-3,781	-31,825	-2,795	-30,800	0,000

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

D/C Ratio: 0,756 = 0,293 + sqrt[(0,055)^2 + (0,460)^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	-406,696	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

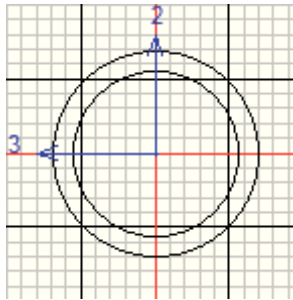
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-3,781	-2,384	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-31,825	-16,425	69,170	69,170	69,170	69,170

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	2,795	0,000	510,984	0,005	OK
Minor (y)	30,800	0,000	510,984	0,060	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

Micropalo Ø89



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

Frame : 1028	X Mid: -0,480	Combo: COMB7	Design Type: Brace
Length: 1,026	Y Mid: 1,659	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,026	Z Mid: -0,469	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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,026	-314,332	-5,072	-0,517	-5,963	-0,464	0,000

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

D/C Ratio: $0,961 = 0,588 + \sqrt{[(0,371)^2 + (0,038)^2]} < 1,000$ 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
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-314,332	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-5,072	-2,003	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-0,517	-0,278	13,674	13,674	13,674	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	5,963	0,000	196,532	0,030	OK
Minor (y)	0,464	0,000	196,532	0,002	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	196,532	1,200	0,000

9.15 FONDAZIONI PILA 5 SX

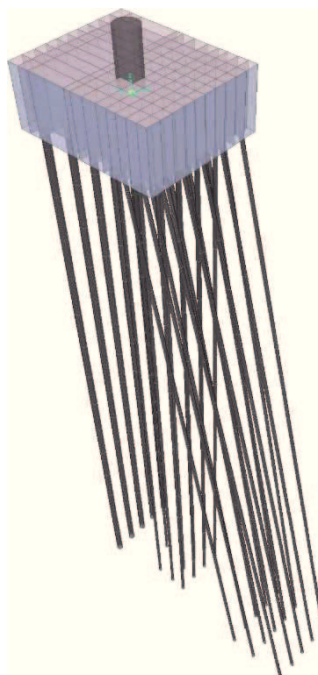


Figura 9.11 – Modello agli elementi finiti della Pila 5 SX

9.15.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-422	-
ENV SISMA	-746	204

Tabella 9.30

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-154	-
ENV SISMA	-225	125

Tabella 9.31

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

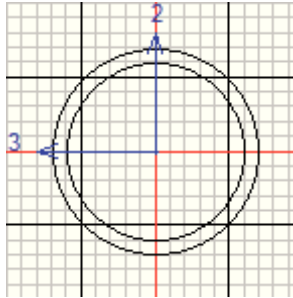
In Tabella 9.32 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-4} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	(U1^2+U2^2)^0,5
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
773	ENV_RARA	Combination	Max	0,196	0,295	-2,864	5,58E-04	5,52E-04	-1,40E-05	0,35
773	ENV_RARA	Combination	Min	0,116	-0,324	-4,811	-5,17E-04	3,52E-04	-2,50E-05	0,34

Tabella 9.32

9.15.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 772 X Mid: 1,000 Combo: SIS6 Design Type: Column
Length: 1,000 Y Mid: 1,250 Shape: 168 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000 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
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=1,800E-05 iyy=0,055 Wel,yy=2,142E-04 Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05 Izz=1,800E-05 izz=0,055 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,168 Wpl,yy=2,926E-04 Av,z=0,004
E=210000000,0 fy=248211,284 fu=399895,958 Wpl,zz=2,926E-04 Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-745,309	-22,854	-0,215	-14,600	-2,419	0,000

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

D/C Ratio: 0,867 = 0,536 + sqrt[(0,330)^2 + (0,003)^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	-745,309	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

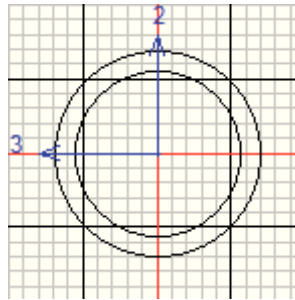
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-22,854	-15,554	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-0,215	-1,425	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	14,600	0,000	510,984	0,029	OK
Minor (y)	2,419	0,000	510,984	0,005	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

Micropalo Ø89



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

Frame : 206	X Mid: 1,000	Combo: SIS5	Design Type: Brace
Length: 1,019	Y Mid: -0,667	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,019	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
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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,019	-224,477	-0,486	-3,081	-0,649	-2,580	0,000

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

D/C Ratio: 0,648 = $0,420 + \sqrt{(0,036)^2 + (0,225)^2}$ < 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
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-224,477	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-0,486	-0,151	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-3,081	-1,767	13,674	13,674	13,674	13,674

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	0,649	0,000	196,532	0,003	OK
Minor (y)	2,580	0,000	196,532	0,013	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	196,532	1,200	0,000

9.16 FONDAZIONI PILA 5 DX**9.16.1 Verifiche geotecniche**

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-335	-
ENV SISMA	-679	243

Tabella 9.33

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-244	-
ENV SISMA	-232	56

Tabella 9.34

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

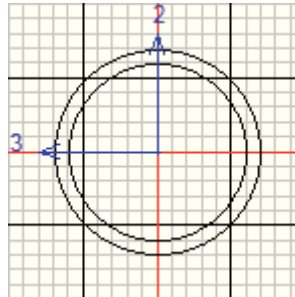
In Tabella 9.35 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITÀ DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
143	ENV_RARA	Combination	Max	-0,083	1,752	-2,182	2,81E-03	-2,02E-04	-9,58E-06	1,75
143	ENV_RARA	Combination	Min	-0,148	0,975	-3,66	1,41E-03	-3,46E-04	-1,60E-05	0,99

Tabella 9.35

9.16.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 167	X Mid: 1,520	Combo: SIS6	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -1,100	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=2100000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-590,719	-14,188	-19,821	-8,388	-19,637	0,000

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

D/C Ratio: $0,777 = 0,425 + \sqrt{[(0,205)^2 + (0,287)^2]} < 1,000$ 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	Capacity
Axial	-590,719	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

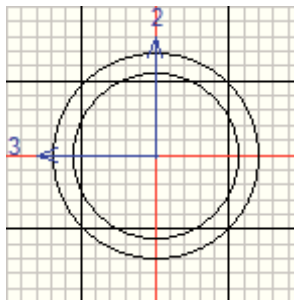
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-14,188	-9,994	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-19,821	-10,002	69,170	69,170	69,170	69,170

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	8,388	0,000	510,984	0,016	OK
Minor (y)	19,637	0,000	510,984	0,038	OK

	Vpl,Rd	Eta	LamdbabarW
Reduction	Capacity		
	510,984	1,200	0,000

Micropalo Ø89



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

Frame : 387	X Mid: 1,000	Combo: COMB23	Design Type: Brace
Length: 1,035	Y Mid: 1,669	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,035	Z Mid: -0,469	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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,035	-299,566	-4,971	-0,082	-5,518	-0,022	0,000

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

D/C Ratio: $0,924 = 0,560 + \sqrt{[(0,364)^2 + (0,006)^2]} < 1,000$ 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	-299,566	534,705	534,705		
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-4,971	-2,107	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-0,082	-0,070	13,674	13,674	13,674	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	5,518	0,000	196,532	0,028	OK
Minor (y)	0,022	0,000	196,532	0,000	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	196,532	1,200	0,000		

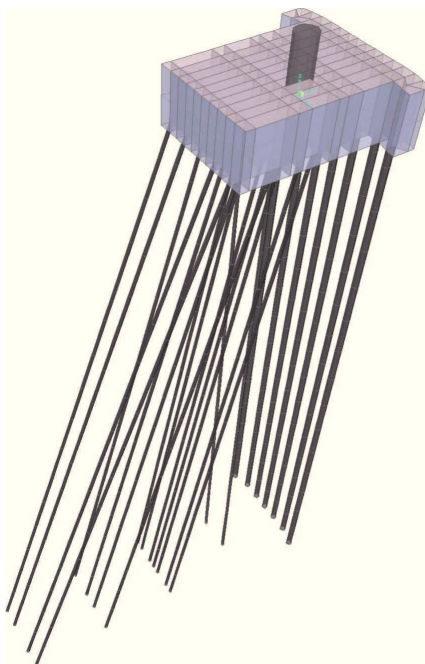
9.17 FONDAZIONI PILA 6 SX

Figura 9.12 – Modello agli elementi finiti della Pila 6 SX

9.17.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-340	-
ENV SISMA	-578	91

Tabella 9.36

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-278	-
ENV SISMA	-232	44

Tabella 9.37

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

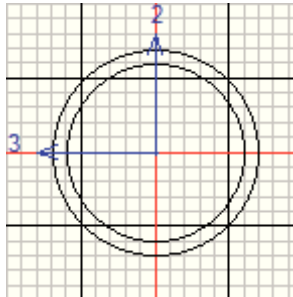
In Tabella 9.38 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	(U1^2+U2^2)^0,5
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
774	ENV_RARA	Combination	Max	-0,014	1,329	-2,336	2,43E-03	-4,90E-05	4,56E-07	1,33
774	ENV_RARA	Combination	Min	-0,072	0,735	-3,701	1,43E-03	-1,87E-04	-2,46E-06	0,74

Tabella 9.38

9.17.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 16 X Mid: -1,520 Combo: COMB45 Design Type: Column
 Length: 1,000 Y Mid: 1,100 Shape: 168 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 1,000 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
 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=1,800E-05 iyy=0,055 Wel,yy=2,142E-04 Weff,yy=2,142E-04
 It=3,599E-05 Izz=1,800E-05 izz=0,055 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,168 Wpl,yy=2,926E-04 Av,z=0,004
 E=210000000,0 fy=248211,284 fu=399895,958 Wpl,zz=2,926E-04 Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-388,480	-0,538	-25,895	-0,256	-23,534	0,000

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

D/C Ratio: 0,654 = 0,279 + sqrt[(0,008)^2 + (0,374)^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	-388,480	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

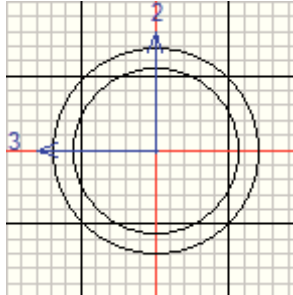
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-0,538	-0,409	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-25,895	-14,128	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	0,256	0,000	510,984	0,001	OK
Minor (y)	23,534	0,000	510,984	0,046	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

Micropalo Ø89



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

Frame : 1473	X Mid: -1,000	Combo: COMB40	Design Type: Brace
Length: 1,004	Y Mid: -2,130	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,004	Z Mid: -0,469	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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,004	-339,979	-3,993	-0,073	-4,485	-0,036	0,000

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

D/C Ratio: $0,928 = 0,636 + \sqrt{[(0,292)^2 + (0,005)^2]} < 1,000$ 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	-339,979	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-3,993	-1,733	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-0,073	-0,055	13,674	13,674	13,674	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	4,485	0,000	196,532	0,023	OK
Minor (y)	0,036	0,000	196,532	0,000	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	196,532	1,200	0,000

9.18 FONDAZIONI PILA 6 DX**9.18.1 Verifiche geotecniche**

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-335	-
ENV SISMA	-679	243

Tabella 9.39

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-244	-
ENV SISMA	-232	56

Tabella 9.40

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

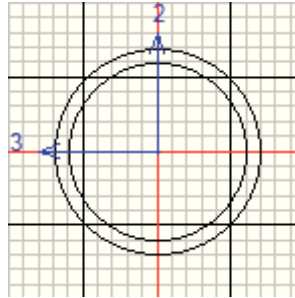
In Tabella 9.41 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
144	ENV_RARA	Combination	Max	-0,083	1,746	-2,032	2,81E-03	-2,25E-04	-8,30E-06	1,75
144	ENV_RARA	Combination	Min	-0,148	0,969	-3,556	1,41E-03	-3,66E-04	-1,30E-05	0,98

Tabella 9.41

9.18.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 167	X Mid: 1,520	Combo: SIS2	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -1,100	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-554,410	-13,560	-20,058	-7,711	-19,668	0,000

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

D/C Ratio: $0,749 = 0,399 + \sqrt{(0,196)^2 + (0,290)^2}$ < 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	-554,410	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

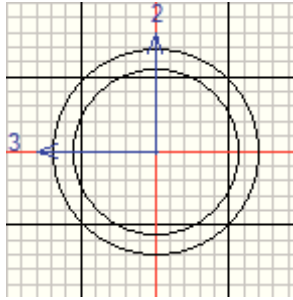
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-13,560	-9,705	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-20,058	-10,223	69,170	69,170	69,170	69,170

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	7,711	0,000	510,984	0,015	OK
Minor (y)	19,668	0,000	510,984	0,038	OK

	Vpl,Rd	Eta	LamdbabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

Micropalo Ø89



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

Frame : 403	X Mid: -1,000	Combo: COMB23	Design Type: Brace
Length: 1,035	Y Mid: 1,669	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,035	Z Mid: -0,469	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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,035	-268,476	-3,834	-0,055	-4,130	0,000	0,000

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

D/C Ratio: $0,783 = 0,502 + \sqrt{[(0,280)^2 + (0,004)^2]} < 1,000$ 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	-268,476	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-3,834	-1,687	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-0,055	-0,055	13,674	13,674	13,674	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	4,130	0,000	196,532	0,021	OK
Minor (y)	0,000	0,000	196,532	0,000	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	196,532	1,200	0,000

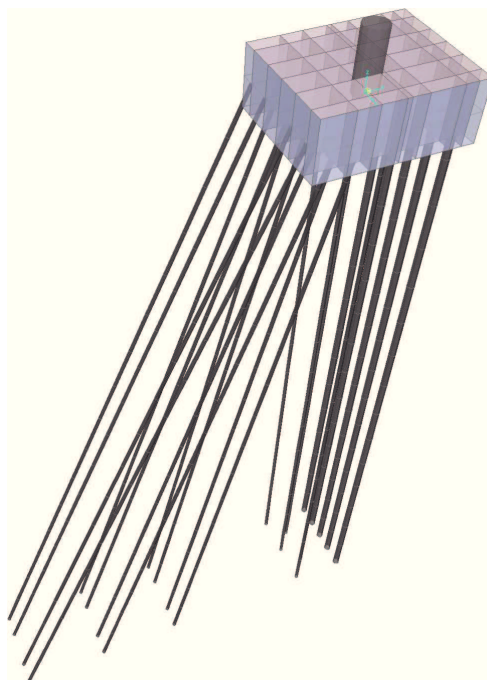
9.19 FONDAZIONI PILA 7 SX

Figura 9.13 – Modello agli elementi finiti della Pila 7 SX

9.19.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-450	-
ENV SISMA	-766	204

Tabella 9.42

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-309	-
ENV SISMA	-307	73

Tabella 9.43

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In

Tabella 9.44 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione.

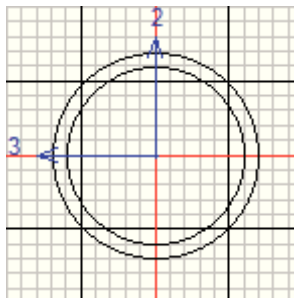
Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI											
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	(U1^2+U2^2)^0,5	
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm	
773	ENV_RARA	Combination	Max	0,153	1,295	-2,75	2,78E-03	-5,07E-04	-4,30E-05	1,30	
773	ENV_RARA	Combination	Min	-0,021	0,586	-4,739	1,48E-03	-1,00E-03	-7,90E-05	0,59	

Tabella 9.44

9.19.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 772 X Mid: 1,000
 Length: 1,000 Y Mid: 1,250
 Loc : 1,000 Z Mid: -0,500

Combo: SIS2
 Shape: 168
 Class: Class 1

Design Type: Column
 Frame Type: DCH-MRF
 Rolled : Yes

Country=CEN Default
 Interaction=Method 2 (Annex B)
 Consider Torsion? No

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=1,000

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-757,184	-28,385	-8,346	-20,902	-9,886	0,000

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

D/C Ratio: 0,972 = 0,545 + sqrt[(0,410)^2 + (0,121)^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	-757,184	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

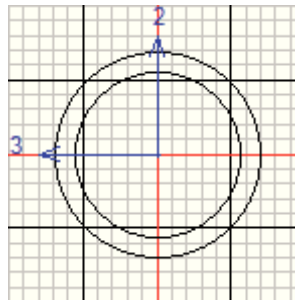
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-28,385	-17,934	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-8,346	-3,403	69,170	69,170	69,170	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	20,902	0,000	510,984	0,041	OK
Minor (y)	9,886	0,000	510,984	0,019	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

Micropalo Ø89



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

Frame : 568	X Mid: -0,480	Combo: COMB40	Design Type: Brace
Length: 1,026	Y Mid: -1,859	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,026	Z Mid: -0,469	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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyz=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,026	-365,814	-3,771	-0,864	-3,943	-0,820	0,000

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

D/C Ratio: 0,967 = 0,684 + sqrt[(0,276)^2 + (0,063)^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	Capacity
Axial	-365,814	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-3,771	-1,738	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-0,864	-0,444	13,674	13,674	13,674	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	3,943	0,000	196,532	0,020	OK
Minor (y)	0,820	0,000	196,532	0,004	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	196,532	1,200	0,000

9.20 FONDAZIONI PILA 7 DX

9.20.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-373	-
ENV SISMA	-645	225

Tabella 9.45

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-288	-
ENV SISMA	-232	28

Tabella 9.46

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

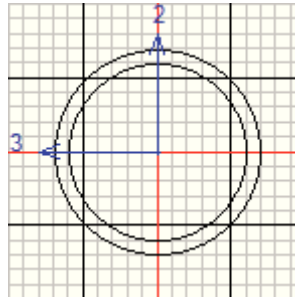
In Tabella 9.47 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITÀ DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
934	ENV_RARA	Combination	Max	0,305	1,333	-2,072	3,15E-03	6,87E-04	4,10E-05	1,37
934	ENV_RARA	Combination	Min	0,163	0,654	-3,485	1,82E-03	3,75E-04	2,20E-05	0,67

Tabella 9.47

9.20.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 852	X Mid: -1,520	Combo: COMB28	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -1,100	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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=1,800E-05	iy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	iz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-423,622	-3,105	-31,839	-1,738	-28,324	0,000

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

D/C Ratio: $0,767 = 0,305 + \sqrt{[(0,045)^2 + (0,460)^2]} < 1,000$ 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	Capacity
Axial	-423,622	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

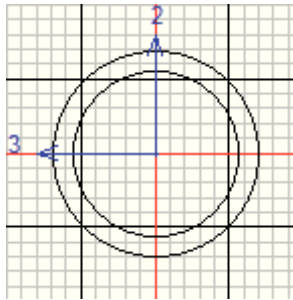
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-3,105	-2,236	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-31,839	-17,678	69,170	69,170	69,170	69,170

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	1,738	0,000	510,984	0,003	OK
Minor (y)	28,324	0,000	510,984	0,055	OK

	Vpl,Rd	Eta	LamdbabarW
Reduction			
	510,984	1,200	0,000

Micropalo Ø89



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

Frame : 1028	X Mid: -0,480	Combo: COMB23	Design Type: Brace
Length: 1,026	Y Mid: 1,659	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,026	Z Mid: -0,469	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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,026	-343,061	-4,831	-0,215	-5,197	-0,037	0,000

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

D/C Ratio: 0,995 = 0,642 + sqrt[(0,353)^2 + (0,016)^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	-343,061	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-4,831	-2,155	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-0,215	-0,196	13,674	13,674	13,674	13,674

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	5,197	0,000	196,532	0,026	OK
Minor (y)	0,037	0,000	196,532	0,000	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	196,532	1,200	0,000

9.21 FONDAZIONI PILA 8 SX

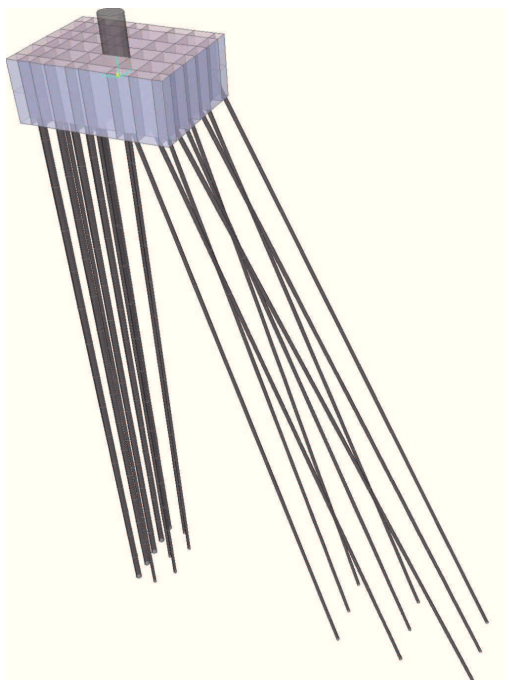


Figura 9.14 – Modello agli elementi finiti della Pila 8 SX

9.21.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-166	63
ENV SISMA	-388	175

Tabella 9.48

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-200	-
ENV SISMA	-154	54

Tabella 9.49

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

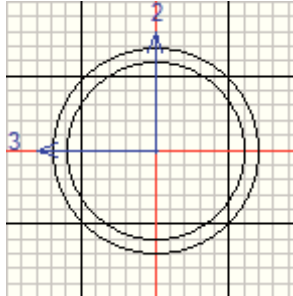
In Tabella 9.50 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione. Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITA' DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	(U1^2+U2^2)^0,5
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
773	ENV_RARA	Combination	Max	-0,122	0,132	0,073	1,30E-03	-2,93E-04	-3,40E-05	0,18
773	ENV_RARA	Combination	Min	-0,199	-0,473	-1,064	-2,49E-04	-4,83E-04	-5,10E-05	0,51

Tabella 9.50

9.21.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 772 X Mid: 1,000
 Length: 1,000 Y Mid: 1,250
 Loc : 1,000 Z Mid: -0,500

Combo: SIS2
 Shape: 168
 Class: Class 1

Design Type: Column
 Frame Type: DCH-MRF
 Rolled : Yes

Country=CEN Default
 Interaction=Method 2 (Annex B)
 Consider Torsion? No

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=1,000

Aeff=0,006	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,006	Iyy=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-387,907	-16,590	-11,793	-11,621	-13,289	0,000

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

D/C Ratio: 0,573 = 0,279 + sqrt[(0,240)^2 + (0,170)^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	Capacity
Axial	-387,907	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

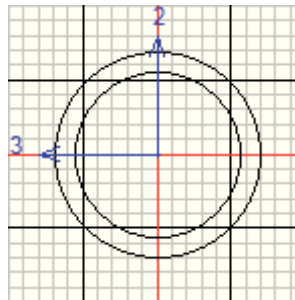
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-16,590	-10,780	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-11,793	-5,149	69,170	69,170	69,170	69,170

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	11,621	0,000	510,984	0,023	OK
Minor (y)	13,289	0,000	510,984	0,026	OK

Reduction	Vpl,Rd 510,984	Eta LambdabarW 1,200 0,000
-----------	-------------------	-------------------------------------

Micropalo Ø89



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

Frame : 625	X Mid: -1,000	Combo: COMB40	Design Type: Brace
Length: 1,051	Y Mid: -1,688	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,051	Z Mid: -0,469	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	D/C Lim=1,000
An/Ag=1,00	RLLF=1,000	PLLF=0,750	

Aeff=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958		

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,051	-243,816	-2,549	-0,536	-2,367	-0,301	0,000

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

D/C Ratio: 0,646 = 0,456 + sqrt[(0,186)^2 + (0,039)^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	-243,816	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment		Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-2,549	-1,294	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-0,536	-0,377	13,674	13,674	13,674	13,674

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force		Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	2,367	0,000	196,532	0,012	OK
Minor (y)	0,301	0,000	196,532	0,002	OK

Reduction	Vpl,Rd 196,532	Eta LambdabarW 1,200 0,000
-----------	-------------------	-------------------------------------

9.22 FONDAZIONI PILA 8 DX

9.22.1 Verifiche geotecniche

Nella seguente tabella sono riportate le azioni assiali, utili al dimensionamento geotecnico del singolo micropalo di fondazione.

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI NUOVI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-449	-
ENV SISMA	-636	174

Tabella 9.51

AZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO DEI MICROPALI ESISTENTI		
SOLECITAZIONI	FORZA ASSIALE [kN]	
	compressione	trazione
ENV SLU_GEO	-299	-
ENV SISMA	-319	95

Tabella 9.52

In relazione ai dati di Tabella 8.3 le verifiche risultano soddisfatte.

In Tabella 9.53 sono mostrati i massimi valori degli spostamenti alla sommità dei pali di fondazione.

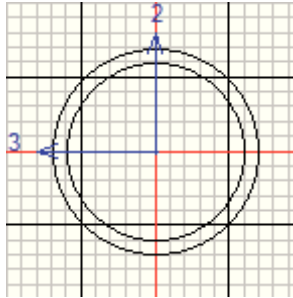
Si registrano spostamenti dell'ordine del millimetro e rotazioni dell'ordine di 10^{-3} radianti quindi totalmente compatibili con l'esercizio della sovrastruttura.

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI MASSIMI ALLA SOMMITÀ DEI MICROPALI										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3	$(U1^2+U2^2)^{0,5}$
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians	mm
1420	ENV_RARA	Combination	Max	0,736	0,886	-2,153	2,48E-03	2,35E-03	5,10E-05	1,15
1420	ENV_RARA	Combination	Min	0,52	0,61	-3,255	1,41E-03	1,65E-03	3,60E-05	0,80

Tabella 9.53

9.22.2 Verifiche strutturali

Micropalo Ø168



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

Frame : 1104	X Mid: 0,740	Combo: SIS5	Design Type: Column
Length: 1,000	Y Mid: -1,250	Shape: 168	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,000	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
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=1,800E-05	iyy=0,055	Wel,yy=2,142E-04	Weff,yy=2,142E-04
It=3,599E-05	Izz=1,800E-05	izz=0,055	Wel,zz=2,142E-04	Weff,zz=2,142E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,168	Wpl,yy=2,926E-04	Av,z=0,004
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=2,926E-04	Av,y=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,000	-635,220	-30,689	-10,028	-20,415	-10,385	0,000

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

D/C Ratio: $0,924 = 0,457 + \sqrt{[(0,444)^2 + (0,145)^2]} < 1,000$ 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
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-635,220	1390,234	1390,234

MOMENT DESIGN

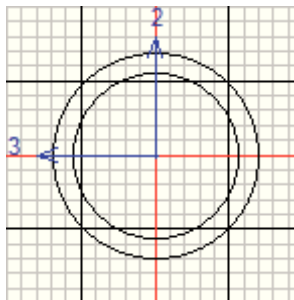
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-30,689	-20,481	69,170	69,170	69,170	69,170
Minor (z-z)	-10,028	-4,835	69,170	69,170	69,170	69,170

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	20,415	0,000	510,984	0,040	OK
Minor (y)	10,385	0,000	510,984	0,020	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	510,984	1,200	0,000

Micropalo Ø89



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

Frame : 1089	X Mid: -1,000	Combo: COMB7	Design Type: Brace
Length: 1,026	Y Mid: 1,659	Shape: RADICE	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,026	Z Mid: -0,469	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=0,002	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,002	Iyy=1,832E-06	iyy=0,028	Wel,yy=4,118E-05	Weff,yy=4,118E-05
It=3,665E-06	Izz=1,832E-06	izz=0,028	Wel,zz=4,118E-05	Weff,zz=4,118E-05
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,089	Wpl,yy=5,784E-05	Av,z=0,001
E=210000000,0	fy=248211,284	fu=399895,958	Wpl,zz=5,784E-05	Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,026	-371,841	-3,794	-1,328	-4,042	-0,935	0,000

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

D/C Ratio: $0,989 = 0,695 + \sqrt{[(0,277)^2 + (0,097)^2]} < 1,000$ 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
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-371,841	534,705	534,705

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-3,794	-1,711	13,674	13,674	13,674	13,674
Minor (z-z)	-1,328	-0,849	13,674	13,674	13,674	

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	4,042	0,000	196,532	0,021	OK
Minor (y)	0,935	0,000	196,532	0,005	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	196,532	1,200	0,000