



REGIONE LIGURIA

autostrade // per l'italia

COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA
E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA

PROGETTO DEFINITIVO

OPERE COMPLEMENTARI

PORTALI SEGNALETICA VERTICALE

TIPOLOGICO PORTALE A BANDIERA TIPO A
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI

<p>IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Marco Pietro D'Angelantonio Ord. Ingg. Milano N.20155 RESPONSABILE UFFICIO APE</p>	<p>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A CAPO COMMESSA</p>	<p>IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE OPERATIVA TECNICA E PROGETTAZIONE</p>
--	--	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO							DATA: DICEMBRE 2014	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE					n.	data
—	codice	commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.			
—	1	1001302	STPAPE	0025	—	—	—			

 ingegneria europea	<p>RESPONSABILE PROGETTO GENOVA Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496</p>	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
CONSULENZA A CURA DI :		IL RESPONSABILE UNITA' STP	Ing. Andrea Tanzi O.l. Parma N.1154

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p>  <p>R.U.P. – Ing. Andrea Frediani</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p>  <p>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</p>
--	---	---

SPEA Ingegneria Europea

COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA

E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA

TIPOLOGICO PORTALE A BANDIERA TIPO A

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI FONDAZIONE

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
3	VERIFICA GEOTECNICA DELLE FONDAZIONI.....	4
3.1	Profilo stratigrafico e caratterizzazione geotecnica dell'area	4
3.2	Criteri di verifica e di calcolo delle fondazioni profonde.....	4
3.3	Resistenza caratteristica (R_k) di micropali soggetti a carichi assiali.....	5
3.4	Comportamento di pali in gruppo soggetti a carichi trasversali.....	5
3.5	Azioni di calcolo in fondazione.....	6
3.6	Risultati analisi palificata e verifiche	9
3.6.1	Premessa.....	9
3.6.2	Risultati delle analisi	9
3.6.3	Verifica del tubo di armatura.....	17
3.6.4	Analisi di capacità portante.....	17

1 INTRODUZIONE

La presente Relazione ha per oggetto il dimensionamento geotecnico delle fondazioni per il portale tipologico denominato "Portale a bandiera Tipo A", con posa su rilevato, avente lunghezza massima dello sbraccio pari a 10.00 m.

Si richiama il fatto che come normativa di riferimento si sono utilizzate le *Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. del 14 gennaio 2008 (cfr. par. 2.2)*.

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il plinto ha la forma di un triangolo equilatero in pianta, e 1.40 x 1.60 m alla quota di base della colonna, e viene realizzata su fondazione profonda. Sono previsti 10 micropali di lunghezza di 12.0 m con diametro di perforazione 240 mm, armati con tubi 168.3 sp 14.0, disposti a maglia triangolare a interasse 0.7 m.

Si riassumono qui di seguito le caratteristiche dei micropali di fondazione:

tubo di armatura	diametro 168.3 mm
	spessore 14.0 mm
perforazione	diametro 240 mm
lunghezza totale	12.0 m
iniezione	a pressione uniforme

Nella figura seguente si riporta uno stralcio planimetrico della fondazione analizzata. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici.

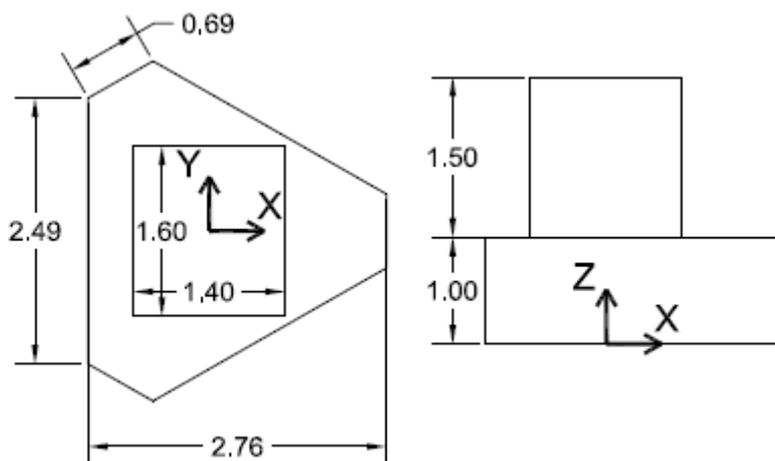


Figura 1: Carpenteria del plinto di fondazione - Posa su rilevato

3 VERIFICA GEOTECNICA DELLE FONDAZIONI

Il presente paragrafo riportano le verifiche geotecniche delle fondazioni del portale a bandiera tipo A su rilevato.

Per la fondazione sono previsti n°10 micropali aventi diametro 240 mm e lunghezza 12.0 m. Le verifiche sono state condotte ai sensi della Normativa vigente e con l'ausilio del programma di calcolo "Group for Windows - Version 6, Ensoft Inc (1985-2003)".

3.1 Profilo stratigrafico e caratterizzazione geotecnica dell'area

La presente caratterizzazione è stata effettuata sulla base dei dati relativi alle campagne di indagini svolte lungo il tracciato. Per eventuali approfondimenti si rimanda alla Relazione Geotecnica di progetto.

Nella seguente Tabella 1 sono riassunti i parametri geotecnici caratteristici.

UNITA'	Peso di volume $\gamma_{n,k}$ (kN/m ³)	Parametri di resistenza	Modulo elastico
Rilevato	19.0	$\varphi = 35^\circ$, $c' = 0$ kPa	$E' = 20\div 30$ MPa
Materiale in sito / riporto	19.0	$\varphi = 35^\circ$, $c' = 0$ kPa	$E' = 20\div 30$ MPa

Tabella 1: Valori caratteristici dei parametri geotecnici

Essendo:

$\gamma_{n,k}$	=	peso di volume naturale (kN/m ³)
φ	=	angolo di resistenza al taglio (°)
c'	=	coesione drenata (kPa)

La falda è stata assunta circa a 15 m da piano campagna.

3.2 Criteri di verifica e di calcolo delle fondazioni profonde

Le verifiche contenute nel presente paragrafo fanno riferimento a quanto descritto per i sistemi fondazionali nelle Norme Tecniche per le Costruzioni del gennaio 2008 e successiva circolare esplicativa (Circolare 2 febbraio 2009, n. 617).

Le verifiche, sia per il caso statico e sia per quello sismico, sono eseguite adottando

l'Approccio 1 delle NTC 2008 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.

3.3 Resistenza caratteristica (R_k) di micropali soggetti a carichi assiali

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

Per il calcolo della resistenza caratteristica dei micropali si è fatto riferimento ai seguenti parametri, in funzione della tipologia esecutiva:

- aderenza limite palo-terreno complessiva ($\alpha \times \tau$):
 - 100-130 kPa per iniezione a pressione uniforme (I.G.U.)
 - 200-225 kPa per iniezione ripetuta in pressione (I.R.S.)
 - $0.7 \times \tan(\phi') \times \sigma_v'$ per iniezione a gravità
- portata di base limite $q_{base} = 4000$ kPa

3.4 Comportamento di pali in gruppo soggetti a carichi trasversali.

Il comportamento di pali in gruppo soggetti a carichi trasversali è stato studiato mediante il programma di calcolo GROUP. Il programma di calcolo permette di analizzare il comportamento di una palificata sottoposta a carichi orizzontali e verticali modellando l'interazione terreno struttura mediante curve p-y. Le curve p-y, che esprimono la resistenza del terreno in funzione della profondità e dello spostamento del palo, possono essere ricavate in relazione alla tipologia di terreni e alle proprietà meccaniche che li caratterizzano, in accordo alle procedure proposte da:

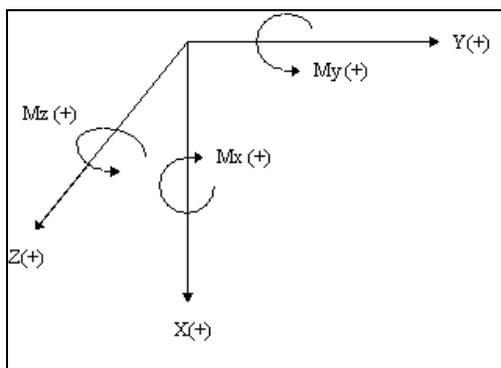
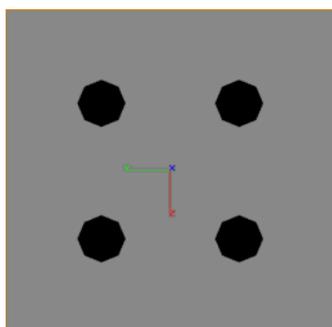
- Reese, Cox e Koop (1975) per sabbie
- Welch e Reese (1975) per argille tenere sotto falda
- Reese, Cox e Koop (1975) per argille dure sotto falda
- Reese-Welch (1972) per argille dure sopra falda

Il programma permette di scegliere tra uno dei modelli sopra esposti.

3.5 Azioni di calcolo in fondazione

Nel presente paragrafo si riportano i valori di carico utilizzati per i calcoli, dedotti dalla relazione di calcolo strutturale a cui si rimanda. Le azioni sono riferite a intradosso plinto e al baricentro della fondazione; il sistema di riferimento è quello del programma di calcolo Group.

I segni convenzionali sono rappresentati nella **Figura 2**.



Schema di riferimento dei carichi

L'asse Y coincide con la direzione dello sbraccio del portale;

L'asse Z coincide con la direzione trasversale allo sbraccio del portale;

L'asse X coincide con la direzione verticale della palificata.

Figura 2: Convenzioni di segno del programma di calcolo GROUP

	Fx (kN)	Fy (kN)	Mz (kNm)	Fz (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
SLEr 1	380	117	60	48	435	-304
SLEr 2	378	117	45	-48	-435	304
SLEr 3	378	117	45	48	435	-304
SLEr 4	380	117	60	-48	-435	304
SLEr 5	383	117	75	-29	-261	183
SLEr 6	378	117	45	48	435	-304
SLEr 7	380	117	60	-48	-435	304
SLEr 8	378	117	45	48	435	-304
SLEr 9	383	117	75	29	261	-183
SLEr 10	378	117	45	-48	-435	304
SLEr 11	378	117	45	-48	-435	304
SLEr 12	380	117	60	48	435	-304

Tabella 2: Azioni – SLE

	Fx (kN)	Fy (kN)	Mz (kNm)	Fz (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
SLU STR 1	519	162	86	71	653	-457
SLU STR 2	378	162	-4	-71	-653	457
SLU STR 3	378	162	-4	71	653	-457
SLU STR 4	519	162	86	-71	-653	457
SLU STR 5	524	162	108	-43	-392	274
SLU STR 6	378	162	-4	71	653	-457
SLU STR 7	519	162	86	-71	-653	457
SLU STR 8	378	162	-4	71	653	-457
SLU STR 9	524	162	108	43	392	-274
SLU STR 10	378	162	-4	-71	-653	457
SLU STR 11	378	162	-4	-71	-653	457
SLU STR 12	519	162	86	71	653	-457

Tabella 3: Azioni SLU – A1 (STR)

	Fx (kN)	Fy (kN)	Mz (kNm)	Fz (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
SLU GEO 1	418	159	43	62	566	-396
SLU GEO 2	378	159	-3	-62	-566	396
SLU GEO 3	378	159	-3	62	566	-396
SLU GEO 4	418	159	43	-62	-566	396
SLU GEO 5	421	159	63	-37	-339	237
SLU GEO 6	378	159	-3	62	566	-396
SLU GEO 7	418	159	43	-62	-566	396
SLU GEO 8	378	159	-3	62	566	-396
SLU GEO 9	421	159	63	37	339	-237
SLU GEO 10	378	159	-3	-62	-566	396
SLU GEO 11	378	159	-3	-62	-566	396
SLU GEO 12	418	159	43	62	566	-396

Tabella 4: Azioni SLU – A2 (GEO)

	Fx (kN)	Fy (kN)	Mz (kNm)	Fz (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
SLU SIS 1	393	-2	300	25	-30	35
SLU SIS 2	362	164	-110	-25	30	-35
SLU SIS 3	375	96	122	83	-100	117
SLU SIS 4	381	66	67	-83	100	-117
SLU SIS 5	402	94	-137	-15	-68	35
SLU SIS 6	353	68	53	15	68	-35
SLU SIS 7	375	56	161	-50	-227	117
SLU SIS 8	381	106	29	50	227	-117
SLU SIS 9	381	-2	300	25	-30	35
SLU SIS 10	374	164	-110	-25	30	-35
SLU SIS 11	387	96	122	-50	-227	117
SLU SIS 12	368	66	67	50	227	-117

Tabella 5: Azioni SISMA

3.6 Risultati analisi palificata e verifiche

3.6.1 Premessa

Nella **Figura 3** si riporta lo schema della palificata, con il sistema di riferimento del programma Group e la numerazione dei micropali utilizzata nei calcoli.

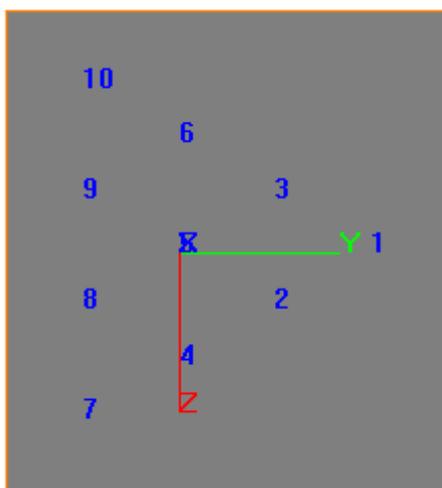


Figura 3: Numerazione pali

Per maggiori informazioni circa la geometria delle opere si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

3.6.2 Risultati delle analisi

Si riportano le azioni sui micropali

Azione assiale

Palo	SLU STR 1	SLU STR 2	SLU STR 3	SLU STR 4	SLU STR 5	SLU STR 6	SLU STR 7	SLU STR 8	SLU STR 9	SLU STR 10
1	92.5	108	108	92.4	76.7	108	92.4	108	76.7	108
2	144	-1.35	144	-1.79	22.7	144	-1.79	144	107	-1.35
3	-1.75	144	-1.35	144	107	-1.35	144	-1.35	22.7	144
4	195	-105	181	-90.8	-32.7	181	-90.8	181	137	-105
5	52	37.6	37.6	52	52.8	37.6	52	37.6	52.8	37.6
6	-90.7	181	-105	195	137	-105	195	-105	-32.7	181
7	246	-208	217	-180	-84.9	217	-180	217	167	-208
8	103	-69.4	74.1	-41	-3.53	74.1	-41	74.1	82.8	-69.4
9	-41	74.1	-69.4	103	82.8	-69.4	103	-69.4	-3.53	74.1
10	-180	217	-208	246	167	-208	246	-208	-84.9	217

Palo	SLU SIS 1	SLU SIS 2	SLU SIS 3	SLU SIS 4	SLU SIS 5	SLU SIS 6	SLU SIS 7	SLU SIS 8	SLU SIS 9	SLU SIS 10	SLU SIS 11	SLU SIS 12
1	-57.9	123	29.3	37.8	112	37.1	2.72	62.9	-59.1	124	30.4	36.4
2	-11.8	80.8	31.5	39.9	68.8	43.9	-6.82	76.9	-13	82	7.46	63
3	-9.9	79.6	35.2	36.1	83.8	28.6	47.6	24.6	-11.1	80.8	60.9	9.9
4	37.8	38.3	33.8	41.9	25.6	50.7	-15.8	90.8	36.6	39.5	-15.1	89.5
5	39.8	37.1	37.5	38.1	40.7	35.4	38.3	38.6	38.6	38.3	39.2	37.2
6	41.8	35.9	41.2	34.3	55.7	20.1	90.4	-15.6	40.5	37.1	91.4	-17
7	85.4	-6.46	36.1	43.9	-19.3	57.4	-24.8	105	84.2	-5.27	-36.1	116
8	87.3	-7.61	39.8	40.1	-4.79	42.1	29	52.6	86.1	-6.43	17.4	63.8
9	89.3	-8.77	43.5	36.3	12.1	26.8	81.2	-2.04	88.1	-7.58	69.7	10.9

10	91.2	-9.93	47.1	32.6	27.5	11	133	-52.7	90	-8.74	122	-41.9
----	------	-------	------	------	------	----	-----	-------	----	-------	-----	-------

Palo	SLU GEO 1	SLU GEO 2	SLU GEO 3	SLU GEO 4	SLU GEO 5	SLU GEO 6	SLU GEO 7	SLU GEO 8	SLU GEO 9	SLU GEO 10
1	92	103	103	92	78.4	103	92	103	78.4	103
2	129	7.34	132	3.36	24.2	132	3.36	132	96.6	7.34
3	3.36	132	7.34	129	96.6	7.34	129	7.34	24.2	132
4	165	-85.5	161	-81.4	-31.4	161	-81.4	161	115	-85.5
5	41.8	37.7	37.7	41.8	42.5	37.7	41.8	37.7	42.5	37.7
6	-81.4	161	-85.5	165	115	-85.5	165	-85.5	-31.4	161
7	202	-177	190	-165	-83.9	190	-165	190	133	-177
8	78.4	-57.3	66.8	-45.9	-13.8	66.8	-45.9	66.8	60.6	-57.3
9	-45.9	66.8	-57.3	78.4	60.6	-57.3	78.4	-57.3	-13.8	66.8
10	-165	190	-177	202	133	-177	202	-177	-83.9	190

Palo	SLEr 1	SLEr 2	SLEr 3	SLEr 4	SLEr 5	SLEr 6	SLEr 7	SLEr 8	SLEr 9	SLEr 10
1	62.8	67.4	67.4	62.8	54	67.4	62.8	67.4	54	67.4
2	97.4	4.02	99.6	1.44	18.7	99.6	1.44	99.6	74	4.02
3	1.44	99.6	4.02	97.4	74	4.02	97.4	4.02	18.7	99.6
4	132	-56.4	132	-56.1	-18.3	132	-56.1	132	94	-56.4
5	38.4	38.1	38.1	38.4	38.8	38.1	38.4	38.1	38.8	38.1
6	-56.1	132	-56.4	132	94	-56.4	132	-56.4	-18.3	132
7	167	-116	164	-113	-52.4	164	-113	164	114	-116
8	73.1	-25.1	70.4	-22.5	1.37	70.4	-22.5	70.4	58.9	-25.1

9	-22.5	70.4	-25.1	73.1	58.9	-25.1	73.1	-25.1	1.37	70.4
10	-113	164	-116	167	114	-116	167	-116	-52.4	164

Momento flettente

Palo	SLU STR 1	SLU STR 2	SLU STR 3	SLU STR 4	SLU STR 5	SLU STR 6	SLU STR 7	SLU STR 8	SLU STR 9	SLU STR 10
1	89.161	88.845	88.845	89.065	52.048	88.845	89.065	88.845	52.048	88.845
2	61.351	38.12	61.13	38.118	21.137	61.13	38.118	61.13	38.66	38.12
3	38.219	61.13	38.12	61.295	38.66	38.12	61.295	38.12	21.137	61.13
4	72.796	36.123	72.484	36.201	13.015	72.484	36.201	72.484	45.813	36.123
5	26.05	25.827	25.827	26.098	19.078	25.827	26.098	25.827	19.078	25.827
6	36.254	72.484	36.123	72.697	45.813	36.123	72.697	36.123	13.015	72.484
7	105.85	80.484	105.4	80.697	40.321	105.4	80.697	105.4	65.025	80.484
8	65.581	53.103	65.299	53.3	28.699	65.299	53.3	65.299	39.487	53.103
9	53.301	65.299	53.103	65.517	39.487	53.103	65.517	53.103	28.699	65.299
10	80.767	105.4	80.484	105.76	65.025	80.484	105.76	80.484	40.321	105.4

Palo	SLU SIS 1	SLU SIS 2	SLU SIS 3	SLU SIS 4	SLU SIS 5	SLU SIS 6	SLU SIS 7	SLU SIS 8	SLU SIS 9	SLU SIS 10	SLU SIS 11	SLU SIS 12
1	6.8802	20.457	30.197	28.575	10.886	8.2426	16.374	20.147	6.8802	20.457	19.321	17.037
2	4.2857	18.462	18.085	20.425	7.4115	7.612	4.3975	17.293	4.2857	18.462	7.015	13.239
3	4.3358	15.66	22.447	17.193	10.185	5.0425	12.358	7.86	4.3358	15.66	16.296	4.804
4	3.0735	18.83	8.8816	18.365	5.8406	8.6263	8.3147	21.576	3.0735	18.83	6.7699	17.696

5	1.6828	13.94	11.595	9.6302	7.3702	5.324	7.6933	11.052	1.6828	13.94	10.357	8.2423
6	3.198	13.211	21.115	9.3674	11.189	3.6093	16.867	6.6554	3.198	13.211	20.625	7.833
7	3.8579	21.311	7.2456	22.427	6.3973	10.935	18.583	30.217	3.8579	21.311	17.448	26.349
8	1.051	15.511	5.3431	11.245	7.2281	7.2571	13.307	19.173	1.051	15.512	14.148	16.57
9	1.2181	12.915	13.944	2.3892	9.3687	5.4097	16.062	14.497	1.2181	12.915	18.456	13.456
10	3.9978	12.224	25.629	9.9811	13.76	4.8912	25.52	17.317	3.9978	12.224	29.261	18.227

Palo	SLEr 1	SLEr 2	SLEr 3	SLEr 4	SLEr 5	SLEr 6	SLEr 7	SLEr 8	SLEr 9	SLEr 10
1	54.539	54.539	54.539	54.539	33.007	54.539	54.539	54.539	33.007	54.539
2	37.027	22.257	36.943	22.257	13.629	36.943	22.257	36.943	24.913	22.257
3	22.257	36.943	22.257	37.027	24.913	22.257	37.027	22.257	13.629	36.943
4	44.687	20.535	44.686	20.539	7.5201	44.686	20.539	44.686	29.45	20.535
5	15.7	15.696	15.696	15.7	12.668	15.696	15.7	15.696	12.668	15.696
6	20.539	44.686	20.535	44.687	29.45	20.535	44.687	20.535	7.5201	44.686
7	66.458	48.669	66.458	48.669	24.856	66.458	48.669	66.458	42.218	48.669
8	39.991	31.527	39.991	31.527	18.095	39.991	31.527	39.991	25.146	31.527
9	31.527	39.991	31.527	39.991	25.146	31.527	39.991	31.527	18.095	39.991
10	48.669	66.458	48.669	66.458	42.218	48.669	66.458	48.669	24.856	66.458

Taglio

Palo	SLU STR 1	SLU STR 2	SLU STR 3	SLU STR 4	SLU STR 5	SLU STR 6	SLU STR 7	SLU STR 8	SLU STR 9	SLU STR 10
------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

1	78.296	77.98	77.98	78.296	50.699	77.98	78.296	77.98	50.699	77.98
2	53.057	35.9	52.918	35.903	21.174	52.918	35.903	52.918	36.147	35.9
3	36.004	52.918	35.9	53.002	36.147	35.9	53.002	35.9	21.174	52.918
4	59.365	34.39	59.349	34.431	13.981	59.349	34.431	59.349	41.101	34.39
5	23.294	23.244	23.244	23.294	17.571	23.244	23.294	23.244	17.571	23.244
6	34.522	59.349	34.39	59.365	41.101	34.39	59.365	34.39	13.981	59.349
7	82.124	70.517	82.211	70.448	39.283	82.211	70.448	82.211	56.842	70.517
8	51.33	44.479	51.471	44.479	26.062	51.471	44.479	51.471	34.033	44.479
9	44.48	51.471	44.479	51.33	34.033	44.479	51.33	44.479	26.062	51.471
10	70.448	82.211	70.517	82.038	56.842	70.517	82.038	70.517	39.283	82.211

Palo	SLU SIS 1	SLU SIS 2	SLU SIS 3	SLU SIS 4	SLU SIS 5	SLU SIS 6	SLU SIS 7	SLU SIS 8	SLU SIS 9	SLU SIS 10	SLU SIS 11	SLU SIS 12
1	9.0141	22.54	31.719	30.13	13.247	10.406	18.567	22.114	9.0141	22.54	21.3	19.124
2	5.4933	19.069	18.604	20.646	8.7959	8.8871	5.2764	17.863	5.4933	19.069	8.197	14.22
3	5.3943	16.588	22.589	17.797	11.386	6.2938	13.346	9.0837	5.3943	16.588	16.971	5.7923
4	4.0746	19.128	9.934	18.571	7.1345	9.7012	9.6069	21.309	4.0746	19.128	8.0997	17.962
5	1.9553	13.432	11.317	9.6434	7.7815	5.833	8.0207	10.961	1.9553	13.432	10.336	8.5296
6	3.7707	14.019	20.997	10.393	12.201	4.5437	17.15	7.9838	3.7707	14.019	20.464	9.111
7	5.2601	22.211	8.7423	22.928	8.0347	12.353	19.747	29.819	5.2601	22.212	18.728	26.376
8	1.4921	15.111	5.9568	11.247	7.8589	7.751	13.205	17.969	1.4921	15.111	13.92	15.836
9	1.1879	12.914	13.544	2.8217	9.7679	6.0662	15.426	14.278	1.1879	12.914	17.466	13.354
10	4.8313	13.826	25.829	11.397	15.135	6.3299	25.552	18.654	4.8313	13.826	28.865	19.431

Palo	SLEr 1	SLEr 2	SLEr 3	SLEr 4	SLEr 5	SLEr 6	SLEr 7	SLEr 8	SLEr 9	SLEr 10
1	52.796	52.796	52.796	52.796	34.169	52.796	52.796	52.796	34.169	52.796
2	34.837	22.154	34.837	22.155	14.514	34.837	22.155	34.837	24.509	22.154
3	22.155	34.837	22.154	34.837	24.509	22.154	34.837	22.154	14.514	34.837
4	40.27	20.686	40.27	20.69	8.7623	40.27	20.69	40.27	28.06	20.686
5	14.915	14.91	14.91	14.915	12.299	14.91	14.915	14.91	12.299	14.91
6	20.69	40.27	20.686	40.27	28.06	20.686	40.27	20.686	8.7623	40.27
7	57.825	46.203	57.825	46.203	25.381	57.825	46.203	57.825	39.981	46.203
8	34.47	28.422	34.47	28.422	17.275	34.47	28.422	34.47	22.946	28.422
9	28.422	34.47	28.422	34.47	22.946	28.422	34.47	28.422	17.275	34.47
10	46.203	57.825	46.203	57.825	39.981	46.203	57.825	46.203	25.381	57.825

Nelle successiva tabella sono riportati i risultati delle analisi in termini di azione assiale massima N_{max} e minima N_{min} , momento massimo M_{max} , azione massima di taglio T_{max} agenti sui singoli pali nelle combinazioni di carico più gravose.

	SLU STR	SLU SIS	SLU GEO	SLE
N_{max}	246	133	202	167
N_{min}	-208	-59.1	-177	-116
M_{max}	105.85	30.217	90.971	66.458
T_{max}	82.211	31.719	73.654	57.825

Tabella 6: Risultati delle analisi

Si riportano, inoltre, gli spostamenti a quota intradosso plinto nella condizione di stato limite di esercizio:

	d_z (m)	d_y (m)	d_x (m)	θ_x (rad)	θ_y (rad)	θ_z (rad)
SLEr 1	0.41 10 ⁻⁴	0.41 10 ⁻²	-0.24 10 ⁻²	0.13 10 ⁻¹	-0.15 10 ⁻³	-0.23 10 ⁻⁴

Tabella 7: Spostamenti intradosso fondazione – SLE

3.6.3 Verifica del tubo di armatura

La verifica dei tubi di armatura dei micropali viene eseguita secondo il criterio valido per *sezioni tubolari compatte (classe 1 o 2) con il metodo plastico – par. 4.2 – Costruzioni in Acciaio – N.T.C.-08 - D.M. 14 gennaio 2008*, adottando per il materiale $f_{tk} = 510$ MPa (tensione caratteristica di rottura) e $f_{yk} = 355$ MPa (tensione caratteristica di snervamento) – acciaio S355 - *par. 11.3.4 – Acciai per Strutture Metalliche e per Strutture Composte - N.T.C.-08 - D.M. 14 gennaio 2008*.

NTC - DM 14 GENNAIO 2008 - 4.2 Costruzioni di ACCIAIO - Verifica di SEZIONI TUBOLARI COMPATTE (CLASSE 1 o 2) con il METODO PLASTICO

Materiale			Azioni di calcolo		A1-M1-R1	SISMA			
Acciaio	classe	S 355 -	Azione assiale	n_s kN/m	246.00	133.00			
Coefficiente di sicurezza	γ_{Mo}	1.05 -	Taglio	v_s kN/m	82.21	31.72			
Tensione di snervamento	f_{yk}	355 MPa	Momento	m_s kNm/m	105.85	30.22			
Tensione di calcolo	f_{yd}	338 MPa	Combinazioni di carico		A1-M1-R1	SISMA			
Sezione (UNI EN 10219-2:2006)			Coefficiente di sicurezza	γ -	1	1	1	1	
Diametro esterno	D	168.3 mm	Interasse	i m	1	1	1	1	
Spessore ($s \leq 40$ mm)	s	14 mm	Azioni di progetto		A1-M1-R1	SISMA			
Diametro interno	d	140.3 mm	Azione assiale	N_{sd} kN	246.00	133.00	0	0	0
Momento d'inerzia	I	3.26E-04 m ⁴	Taglio	V_{sd} kN	82.21	31.72	0	0	0
Area sezione trasversale	A	6.79E-03 m ²	Momento	M_{sd} kNm	105.85	30.22	0	0	0
Modulo resistente a flessione	W_{pl}	3.34E-04 m ³	Effetto delle azioni combinate (N, V, M)		A1-M1-R1	SISMA			
Modulo resistente a taglio	$A_w = 2A/\pi$	4.32E-03 m ²	$[(2 \cdot V_{sd}/V_{pl,Rd}) - 1]^2$	ρ -	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Area resistente a taglio	$A^*_v = A$	6.79E-03 m ²	$N_{sd}/[A \cdot (1 - \rho \cdot a_v) \cdot f_{yd}]$	n -	0.107	0.058	0.000	0.000	0.000
A^*_v/A	a_v	1.000 -	Momento resistente ridotto	$M_{pl,Rd,V,N}$ kN-m	111	113	113	113	113
Azioni resistenti elementari			Verifiche		A1-M1-R1	SISMA			
Azione assiale resistente	$N_{pl,Rd}$	2294 kN	Azione assiale	$N_{sd} \leq N_{pl,Rd}$	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Taglio resistente	$V_{pl,Rd}$	843 kN	Taglio	$V_{sd} \leq V_{pl,Rd}$	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Momento resistente	$M_{pl,Rd}$	113 kN-m	Presso(Tenso)-Flessione	$M_{sd} \leq M_{pl,Rd,V,N}$	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.

3.6.4 Analisi di capacità portante

L'analisi di capacità portante dei micropali viene svolta utilizzando i parametri indicati al paragrafo 3.3 e prendendo a riferimento i coefficienti parziali ai sensi della *Normativa vigente – par. 6.4.3 – Fondazioni su pali (N.T.C.-08 - D.M. 14 gennaio 2008)*

	A2-M1			A1-M1				
	COMPR	TRAZ	BASE	COMPR	TRAZ	BASE		
γ_R	1.45	1.60	1.70	1.00	1.00	1.00		
ξ_3	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70		
RISULTATI GROUP			AZIONI DI VERIFICA					
	A2-M1		SISMA	A1-M1	A2-M1		A1-M1	
	A2-M1				A2-M1	A1-M1		
Nmax COMPR	202	133		246	202	246		
Nmin TRAZ	177	59.1		208	177	208		
DATI MICROPALI								
portata base	4000	kPa						
diam perf.	240	mm		phi'	35	(°)		
Lmicr compr	0	m	I.G.U.	gamma	19	kN/m3		
Lmicr traz	0	m	I.G.U.					
τ lim	100	kPa						
Lmicr libera compr	12	m						
Lmicr libera traz	12	m						
RESISTENZA			ESITO VERIFICA					
Singoli micropali	268	kN		A2	Nmax compr	202	O.K.	
	186	kN			Nmax traz	177	O.K.	
	404	kN		A1	Nmax compr	246	O.K.	
	297	kN			Nmax traz	208	O.K.	