

Commissario:



Contraente:



Progettista:



Project & Construction Management &
Quality Assurance: Rina Consulting SpA



VIADOTTO POLCEVERA

PROGETTO ESECUTIVO di 2° LIVELLO

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO FONDAZIONE – PLINTO P3

Contraente	Project & Construction Management & Quality Assurance	Direttore Lavori
Data: _____	Data: _____	Data: _____

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA/DISCIPLINA

PROGR

REV

N G 1 2

0 0

E

0 9

C L

V I 0 1 0 2

C 0 3

A

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integrator	Data	
A	Emissione esecutiva di 2° livello		15/04/2019		15/04/2019		15/04/2019	A. Vittozzi
B								ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. A. Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A20783
C								
								Data 15/04/2019

File: NG1200E09CLVI0102C03A

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
2 di 46

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO, NORMATIVA E SOFTWARE	4
2.1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	4
2.2	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	4
2.3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	4
2.4	SOFTWARE.....	4
3	MATERIALI	5
3.1	ACCIAIO.....	5
3.1.1	Acciaio per armatura strutture in c.a.	5
3.2	CALCESTRUZZO	5
3.2.1	Calcestruzzo magro per getti di livellamento	5
3.2.2	Calcestruzzo pali	5
4	SISMICITA'	6
5	DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI E STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO	7
5.1	DESCRIZIONE DEL SISTEMA FONDALE	7
5.2	STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	8
6	CRITERI DI VERIFICA	8
7	SCARICHI IN FONDAZIONE.....	9
7.1	SCARICHI ALLA BASE DELLA PILA	9
7.1.1	Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi sismici (SLV).....	9
7.1.2	Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi statici (SLU).....	10
7.1.3	Combinazioni delle azioni agli stati limite di esercizio (SLE).....	10
7.2	SCARICHI A INTRADOSSO PLINTO	11
7.2.1	Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi sismici (SLV).....	11
7.2.2	Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi statici (SLU).....	15
7.2.3	Combinazioni delle azioni agli stati limite di esercizio (SLE).....	16
8	ANALISI DELL'INTERAZIONE FONDAZIONE-TERRENO	18

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
3 di 46

8.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO GROUP.....	18
8.2	SINTESI DEI RISULTATI AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE (CARATTERISTICA).....	25
8.2.1	<i>Spostamenti SLE</i>	28
8.3	SINTESI DEI RISULTATI AGLI STATI LIMITE ULTIMI STATICI (SLU)	29
8.3.1	<i>Spostamenti SLU</i>	30
8.4	SINTESI DEI RISULTATI RELATIVI AGLI STATI LIMITE ULTIMI SISMICI (SLV)	31
8.4.1	<i>Spostamenti SLV</i>	33
9	VERIFICA AGLI SLU DI TIPO GEOTECNICO.....	35
9.1	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE DEL PALO SINGOLO	35
9.2	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE GRUPPO DI PALI	36
9.3	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE DEL GRUPPO DI PALI.....	38
10	VERIFICA DEI PALI AGLI SLU E SLE DI TIPO STRUTTURALE.....	41
10.1	VERIFICA ALLO SLU IN CONDIZIONI STATICHE A PRESSO-TENSO FLESSIONE	41
10.2	VERIFICA ALLO SLU IN CONDIZIONI STATICHE A TAGLIO	42
10.3	VERIFICA ALLO SLU IN CONDIZIONI SISMICHE A PRESSO-TENSO FLESSIONE.....	43
10.4	VERIFICA ALLO SLU IN CONDIZIONI SISMICHE A TAGLIO.....	44
10.5	VERIFICHE AGLI SLE DI TIPO STR.....	44
10.5.1	<i>Verifica di apertura delle fessure</i>	44
10.5.2	<i>Verifica tensionale</i>	45

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
4 di 46

1 PREMESSA

La presente relazione riporta le verifiche geotecniche e strutturali dei pali della pila P3 del viadotto Polcevera.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO, NORMATIVA E SOFTWARE

2.1 Documentazione di riferimento

- Rif. [1] NG12 00 E 09 F6 VI0000 C01 - "Profilo Geotecnico"
- Rif. [2] NG12 00 E 09 F6 VI0000 C02 - "Profilo geotecnico ramo di svincolo"
- Rif. [3] NG12 00 E 09 BZ VI0102 C03 - "Armatura palo Pila P3"
- Rif. [4] NG12 00 E 09 BZ VI0103 C05 - "Armatura plinto Pila P3 - Tav. 1"
- Rif. [5] NG12 00 E 09 BZ VI0103 C06 - "Armatura plinto Pila P3 - Tav. 2"
- Rif. [6] NG12 00 E 09 BA VI0003 C01 - "Carpenteria fondazioni - Tav. 1"
- Rif. [7] NG12 00 E 09 GE VI0000 C01 - "Relazione Geotecnica Generale"
- Rif. [8] NG12 00 E 09 RH VI0000 C02 - "Criteri di caratterizzazione sismica e risposta sismica locale"
- Rif. [9] NG12 00 E 09 GE VI0002 C01 - "Relazione Criteri di Progettazione geotecnica"
- Rif. [10] NG12 00 E 09 GE VI0002 C02 - "Relazione geotecnica fondazioni"
- Rif. [11] NG12 00 E 09 CL VI0103 C04 - "Relazione di calcolo strutturale plinto - Pila P3"
- Rif. [12] NG12 00 E 09 TT VI0000 C02 - "Tabella materiali sottostrutture e opere fondali"

2.2 Normativa e Standard di Riferimento

- Rif. [13] Decreto Ministeriale del 17/01/2018: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" (GU n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8)
- Rif. [14] UNI EN 1992-1-1:2004 "Eurocodice 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings" e relativa appendice nazionale italiana
- Rif. [15] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 - Progettazione Geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- Rif. [16] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Rif. [17] UNI EN 206:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- Rif. [18] UNI 11104: 2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206.

2.3 Riferimenti bibliografici

- Rif. [19] Mandolini, A., Russo, G., Viggiani, C. (2005). "Piled foundations: Experimental investigations, analysis and design." State-of-the-Art Rep. Proc., 16th ICSMGE, Osaka, Japan, Vol. 1, 177-213

2.4 Software

- Rif. [20] Group, Ensoft Inc, versione 2016, release n.10
- Rif. [21] GeoStru, RC-SEC 2018, Calcolo di sezioni in Cemento Armato

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
5 di 46

3 MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

3.1 Acciaio

3.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
- tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
- allungamento caratteristico: $\geq 7.5 \%$
- rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento: $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

3.2 Calcestruzzo

3.2.1 Calcestruzzo magro per getti di livellamento

Classe di resistenza: C12/15
 classe di esposizione: X0

3.2.2 Calcestruzzo pali

Classe di resistenza: C30/37
 classe di consistenza: S4-S5
 classe di esposizione: XC2+XA1
 dimensione massima dell'inerte: $D_{\max} = 32 \text{ mm}$
 copriferro minimo: $c_{f,\min} \geq 75 \text{ mm}$

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
6 di 46

4 SISMICITA'

L'azione sismica è valutata in accordo alle NTC2018 di cui al Rif. [13] assumendo in generale (per maggiori dettagli si rimanda alla relazione sismica di cui al Rif. [8]):

- vita nominale: $V_N = 100$ anni
- classe d'uso: IV
- coefficiente d'uso: $C_U = 2$
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U$
- Coordinate geografiche di riferimento: ED50 dell'opera

Dall'analisi di risposta sismica locale (vedasi Rif. [8]) l'accelerazione massima orizzontale e verticale in superficie, comprensiva degli effetti stratigrafici e topografici, risulta rispettivamente pari a:

- $a_{\max,H} = 0.180g$;
- $a_{\max,V} = 0.143g$

Ai fini del dimensionamento delle strutture di fondazione l'azione sismica dovuta alle forze di inerzia dovute al sisma sono applicate come forze statiche equivalenti proporzionali al peso dei plinti e del terreno imbarcato:

- $F_h = a_{\max,H} \cdot W$;
- $F_v = a_{\max,V} \cdot W$.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
7 di 46

5 DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI E STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

5.1 Descrizione del sistema fondale

La fondazione è un plinto a 11 pali trivellati di diametro $\phi=1500$ mm, lunghezza 47.0 m e interasse 4.50 m; le dimensioni del plinto di fondazione sono 10.80x16.5x2.5 m (Figura 5-1).

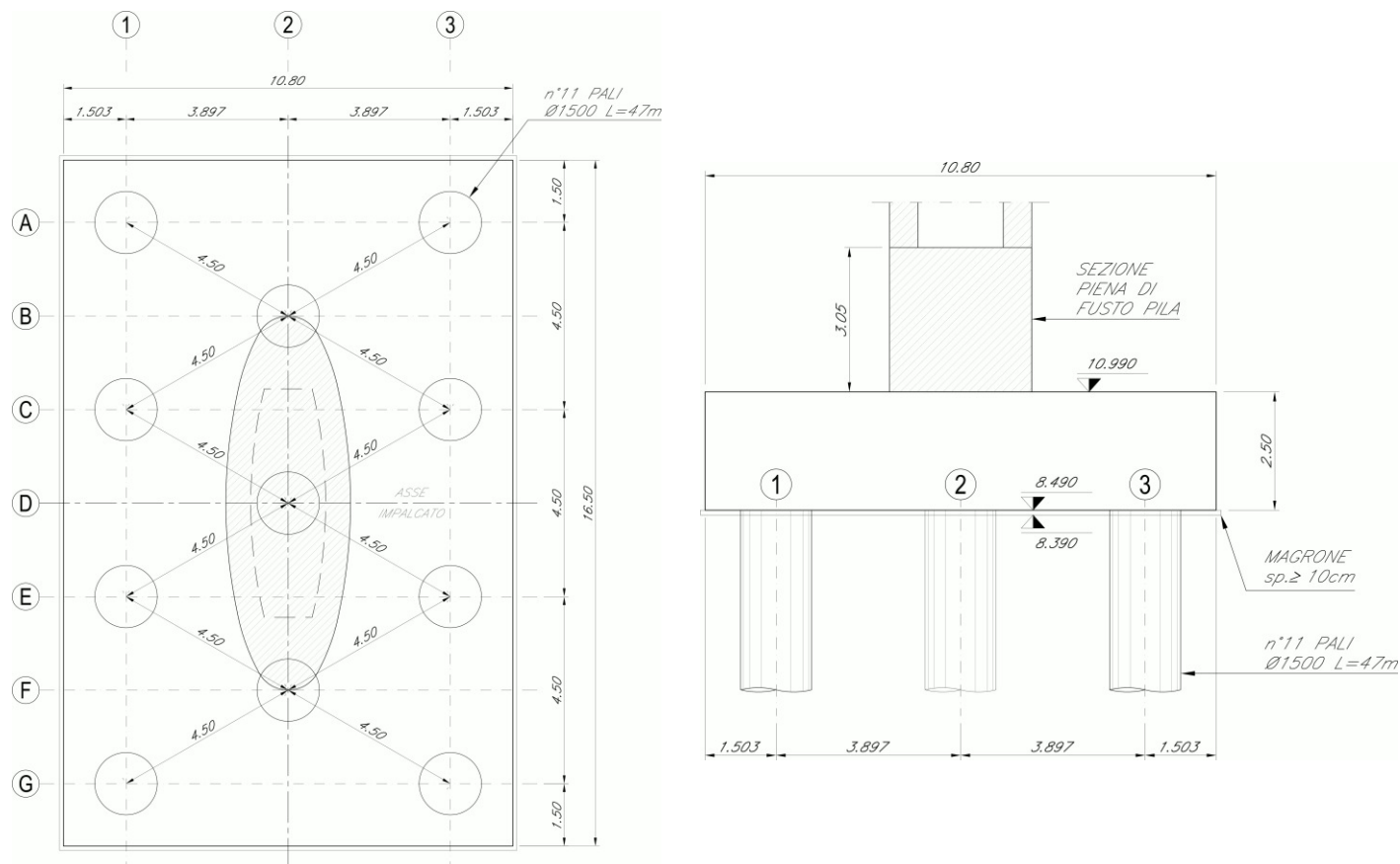


Figura 5-1 – Geometria di riferimento per il plinto su pali.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
8 di 46

5.2 Stratigrafia di riferimento

In accordo alla caratterizzazione geotecnica di cui al documento in Rif. [7] i parametri geotecnici di riferimento sono riportati nella seguente tabella. Nei modelli group la falda è stata considerata a testa palo e il terreno a quota estradosso plinto la cui quota assoluta è 11.0 m.

Unità di rif.	Descrizione	Quota assoluta (m)	Profondità da intradosso plinto (m)
R	Riporto	10.7	-2.1
COL1	Coltre eluvio-colluviale	1.9	6.5
DAL	Depositi alluvionali fini	0.4	8.0
DG	Depositi Alluvionali Ghiaiosi	-9.9	18.4
DAL	Depositi alluvionali fini	-18.2	26.7
ARGalt	Argilliti alterati	-20.8	29.3
ARGcat	Argilliti cataclasate	-24.3	32.8
ARG	Argilliti	-29.9	38.4
ARGcat	Argilliti cataclasate	-34.5	43.0
ARG	Argilliti	>	>

Tabella 5-1 – Stratigrafia

Unità di rif.	γ [kN/mc]	φ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	σ_{ci} [kPa]	E_i [MPa]	mb	s	a	E_{press} [MPa]	RQD
R	19	32									
COL1	19	30									
DAL	19			50							
DG	21	30									
DAL	19			65							
ARGalt	26.5				2 000	900 000	0.1540	1.560E-05	0.5530	138 000	15
ARGcat	26.5				3 000	1 350 000	0.4530	2.000E-04	0.5160	400 000	50
ARG	27				5 500	3 410 000	0.1770	2.330E-05	0.5440	400 000	17
ARGcat	26.5				3 000	1 350 000	0.4530	2.000E-04	0.5160	400 000	50
ARG	27				5 500	3 410 000	0.1770	2.330E-05	0.5440	400 000	17

Tabella 5-2 –Parametri geotecnici di riferimento.

6 CRITERI DI VERIFICA

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d,$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza.

Le verifiche sono sviluppate secondo l'approccio 2:

$$A1+M1+R3,$$

in cui è previsto un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali (STR) sia nelle verifiche geotecniche (GEO).

Per maggiori dettagli sui criteri di calcolo e verifica si rimanda alla relazione Rif. [9]. Per le verifiche a fessurazione si ricorda che sono svolte per condizioni ambientali aggressive e armature poco sensibili (vedasi § 9.4.1 di Rif. [9]).

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
9 di 46

7 SCARICHI IN FONDAZIONE

Nel seguito a partire dagli scarichi a base pila derivanti dall'analisi strutturale complessiva del viadotto, si valutano le azioni ad intradosso plinto aggiungendo le azioni permanenti dovute al peso proprio del plinto e al terreno imbarcato e le azioni inerziali sul terreno imbarcato e plinto.

Gli scarichi dovuti alla struttura in elevazione sono riferiti alla terna di assi 1-2-3 di Figura 7-1a. Per l'analisi del plinto di fondazione le azioni sono riportate ad intradosso plinto e, per l'utilizzo nell'ambito del software Group (vedasi § 8) riferite agli assi x-y-z; la corrispondenza fra i due sistemi di riferimento è indicata in Figura 7-1b.

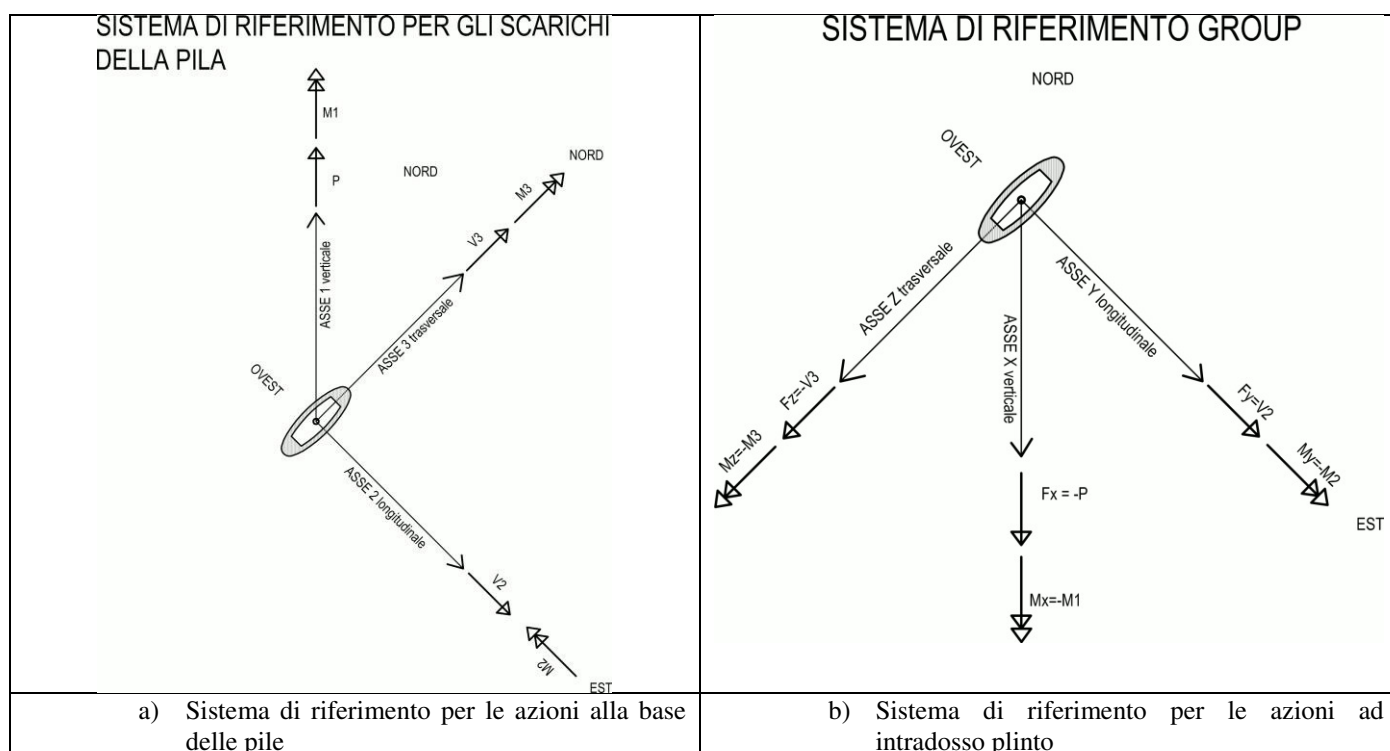


Figura 7-1 – Assi di riferimento per gli scarichi in fondazione.

7.1 Scarichi alla base della pila

Di seguito si riportano gli scarichi alla base della pila per le combinazioni di carico sismiche (SLV), statiche (SLU) e di esercizio (SLE).

7.1.1 Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi sismici (SLV)

Nella tabella seguente si riportano gli scarichi per gli stati limite ultimi (SLV) connessi all'azione sismica e valutati considerando per la struttura in elevazione un fattore di struttura $q=1$.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
10 di 46

COMBINAZIONE DI CALCOLO	F_x	F_y	M_z	F_z	M_y	M_x
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
P3-V2max-SIS.TH.1	37,511	2,331	-69,303	-356	-8,462	154
P3-V2min-SIS.TH.1	37,375	-2,323	63,216	-828	-30,354	-122
P3-M3max-SIS.TH.1	36,626	1,902	-76,118	-100	-12,345	166
P3-M3min-SIS.TH.1	36,326	-1,888	73,539	194	12,602	-141
P3-V3max-SIS.TH.1	37,496	-724	32,498	-2,465	-71,846	-16
P3-V3min-SIS.TH.1	35,552	832	-41,862	2,683	77,194	47
P3-M2max-SIS.TH.1	37,065	-799	28,781	-2,348	-81,985	-13
P3-M2min-SIS.TH.1	36,035	862	-40,683	2,533	83,801	53
P3-Tmax-SIS.TH.1	35,246	-1,344	63,665	179	15,441	-174
P3-Tmin-SIS.TH.1	37,232	1,632	-68,778	-51	-9,479	203
P3-Pmax-SIS.TH.1	30,437	-1,195	41,183	-90	-8,073	-55
P3-Pmin-SIS.TH.1	42,281	848	-29,037	346	12,711	24

Tabella 7-1 – Combinazioni sismiche SLV: azioni agenti a base pila.

7.1.2 Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi statici (SLU)

Nella tabella seguente si riportano gli scarichi per gli stati limite ultimi statici (SLU).

COMBINAZIONE DI CALCOLO	F_x	F_y	M_z	F_z	M_y	M_x
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
P3-V2max-SLUstr.6	51,202	3,010	-113,567	463	15,522	173
P3-V2min-SLUstr.13	37,265	-3,006	111,894	-533	-16,620	-172
P3-M3max-SLUstr.6	51,202	2,986	-114,492	463	15,522	173
P3-M3min-SLUstr.13	37,265	-2,982	112,826	-533	-16,620	-172
P3-V3max-SLUstr.12	35,554	-1,512	61,992	-3,125	-110,155	-97
P3-V3min-SLUstr.5	44,730	1,518	-62,755	3,126	122,467	97
P3-M2max-SLUstr.5	49,288	-1,507	62,546	-2,591	-134,864	-96
P3-M2min-SLUstr.12	32,060	1,511	-61,732	2,539	147,069	96
P3-Tmax-SLUstr.13	35,824	-2,974	111,331	-492	-15,883	-184
P3-Tmin-SLUstr.6	51,202	2,986	-113,567	463	15,522	185
P3-Pmax-SLUstr.12	30,244	-1,501	60,996	2,020	98,094	-99
P3-Pmin-SLUstr.1	60,741	1,067	-55,975	247	14,726	89

Tabella 7-2 – Combinazioni statiche SLU: azioni agenti a base pila.

7.1.3 Combinazioni delle azioni agli stati limite di esercizio (SLE)

Nella tabella seguente si riportano gli scarichi per le combinazioni caratteristiche impiegate per gli stati limite di esercizio (SLE).

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
11 di 46

COMBINAZIONE DI CALCOLO	F_x	F_y	M_z	F_z	M_y	M_x
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
P3-V2max-SLEqp.1	37,184	851	-34,746	135	4,368	55
P3-V2min-SLEqp.1	37,134	-847	34,598	-192	-5,850	-55
P3-M3max-SLEqp.1	37,184	851	-34,746	135	4,368	55
P3-M3min-SLEqp.1	37,134	-847	34,598	-192	-5,850	-55
P3-V3max-SLEqp.1	37,135	-828	33,851	-197	-6,153	-54
P3-V3min-SLEqp.1	35,096	841	-34,278	218	4,920	55
P3-M2max-SLEqp.1	37,103	-826	33,668	-188	-9,038	-54
P3-M2min-SLEqp.1	36,014	837	-34,200	165	8,148	54
P3-Tmax-SLEqp.1	35,934	-840	34,259	-158	-5,259	-55
P3-Tmin-SLEqp.1	37,184	851	-34,746	135	4,368	55
P3-Pmax-SLEqp.1	35,015	-835	34,031	-109	-8,667	-54
P3-Pmin-SLEqp.1	37,216	849	-34,667	129	7,442	54
P3-V2max-SLEf.3	37,189	1,019	-41,602	168	5,445	66
P3-V2min-SLEf.3	37,130	-1,015	41,455	-225	-6,874	-65
P3-M3max-SLEf.3	37,189	1,019	-41,602	168	5,445	66
P3-M3min-SLEf.3	37,130	-1,015	41,455	-225	-6,874	-65
P3-V3max-SLEf.1	37,135	-828	33,876	-580	-6,242	-54
P3-V3min-SLEf.1	35,096	841	-34,301	601	5,002	55
P3-M2max-SLEf.2	36,872	-829	33,828	-532	-24,067	-54
P3-M2min-SLEf.2	35,489	839	-34,299	506	24,981	54
P3-Tmax-SLEf.3	35,929	-1,008	41,104	-191	-6,283	-66
P3-Tmin-SLEf.3	37,189	1,019	-41,602	168	5,445	66
P3-Pmax-SLEf.2	34,490	-833	33,971	232	8,237	-54
P3-Pmin-SLEf.1	40,615	849	-34,864	129	7,550	54
P3-V2max-SLEr.6	37,209	2,010	-74,783	303	10,107	115
P3-V2min-SLEr.6	37,112	-2,007	74,635	-360	-11,325	-115
P3-M3max-SLEr.6	37,209	1,993	-75,468	303	10,107	115
P3-M3min-SLEr.6	37,112	-1,989	75,325	-360	-11,325	-115
P3-V3max-SLEr.5	35,972	-1,005	41,262	-2,127	-73,715	-64
P3-V3min-SLEr.5	32,477	1,012	-41,295	2,132	81,468	65
P3-M2max-SLEr.5	35,933	-1,003	41,021	-1,733	-91,284	-64
P3-M2min-SLEr.5	33,401	1,007	-41,245	1,694	99,358	64
P3-Tmax-SLEr.6	35,911	-1,982	74,228	-326	-10,718	-124
P3-Tmin-SLEr.6	37,209	1,993	-74,783	303	10,107	124
P3-Pmax-SLEr.5	31,973	-1,000	40,761	1,357	65,246	-66
P3-Pmin-SLEr.1	44,273	713	-36,595	159	9,529	60

Tabella 7-3 – Combinazioni di esercizio SLE: azioni agenti a base pila.

7.2 Scarichi a intradosso plinto

7.2.1 Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi sismici (SLV)

Nella Tabella 7-6 si riportano gli scarichi per gli stati limite ultimi (SLV) connessi all'azione sismica ottenuti:

- aggiungendo il peso proprio del plinto e del terreno imbarcato (Tabella 7-5);
- aggiungendo la forza inerziale orizzontale del plinto e del terreno imbarcato adottando i coefficienti di combinazione indicati nella tabella seguente:

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
12 di 46

ID	Combinazione			Azione inerziale dir. X (asse -1) (sisma verticale)	Azione inerziale dir Y (asse 2) (sisma orizz. long.)	Azione inerziale dir. Z (asse -3) (sisma orizz. trasv.)
1	V2	max	SIS.TH.1	0.30	1.00	-0.30
2	V2	min	SIS.TH.1	-0.30	-1.00	-0.30
3	M3	max	SIS.TH.1	0.30	1.00	-0.30
4	M3	min	SIS.TH.1	-0.30	-1.00	0.30
5	V3	max	SIS.TH.1	0.30	-0.30	-1.00
6	V3	min	SIS.TH.1	-0.30	0.30	1.00
7	M2	max	SIS.TH.1	0.30	-0.30	-1.00
8	M2	min	SIS.TH.1	-0.30	0.30	1.00
9	T	max	SIS.TH.1	-0.30	-1.00	0.30
10	T	min	SIS.TH.1	0.30	1.00	-0.30
11	P	max	SIS.TH.1	-1.00	-0.30	-0.30
12	P	min	SIS.TH.1	1.00	0.30	0.30

Tabella 7-4 – Azioni inerziali di plinto e terreno imbarcato.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
13 di 46

VIADOTTO

ID PILA

VERIFICA

TIPO DI APPROCCIO

VI01

P03

SLV - SISMICO

APPROCCIO 2, A1+M1+R3

DATI GEOMETRICI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

L_y	10.80 m	dimensione del plinto in direzione y
L_z	16.50 m	dimensione del plinto in direzione z
H	2.50 m	dimensione del plinto lungo x
z	1.00 m	altezza di ricoprimento del terreno al di sopra del plinto
A_{pila}	21.49 m ²	area sezione trasversale della pila

ANALISI DEI CARICHI

a) PLINTO DI FONDAZIONE - Carico verticale

V_{cls}	25.00 kN/m ³	
PP	11,138 kN	peso proprio del plinto
V_{G1}	1.00 -	coefficiente amplificativo
$PP_{sd,v}$	11,138 kN	valore azione di progetto

b) PLINTO DI FONDAZIONE - Carichi inerziali

$k_h \times \beta_m$	0.180 -	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
$k_v \times \beta_m$	0.143 -	accelerazione verticale massima attesa al sito
$PP_{sd,h}$	2,000 kN	azione inerziale del plinto in direzione orizzontale
b_v	1.25 m	braccio della forza $PP_{sd,h}$ da intradosso plinto
$PP_{sd,v}$	1,597 kN	azione inerziale del plinto in direzione verticale

c) RICOPRIMENTO TERRENO - Carico verticale

$V_{terreno\ ricoprimento}$	20.00 kN/m ³	
ST	3,134 kN	sovraccarico terreno imbarcato
V_{G1}	1.00 -	coefficiente amplificativo
$ST_{sd,v}$	3,134 kN	valore azione di progetto

d) RICOPRIMENTO TERRENO - Carichi inerziali

$k_h \times \beta_m$	0.180 -	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
$k_v \times \beta_m$	0.143 -	accelerazione verticale massima attesa al sito
$ST_{sd,h}$	563 kN	azione inerziale del terreno di ricoprimento in direzione orizzontale
b_v	3.00 m	braccio della forza $ST_{sd,h}$ da intradosso plinto
$ST_{sd,v}$	450 kN	azione inerziale del terreno di ricoprimento in direzione verticale

Tabella 7-5 - SLV-Determinazione delle azioni dovute al peso proprio del plinto e del terreno imbarcato

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
14 di 46

ID	STATICO - ax-	F_x kN	F_y kN	M_z kN	F_z kNm	M_y kNm	M_x kNm
1	P3-V2max-SIS.TH.1	52,397	4,894	-79,318	-1,124	-10,608	155
2	P3-V2min-SIS.TH.1	51,033	-4,886	73,213	-1,596	-33,679	-121
3	P3-M3max-SIS.TH.1	51,512	4,466	-85,063	-869	-13,851	166
4	P3-M3min-SIS.TH.1	49,985	-4,451	82,449	963	14,344	-140
5	P3-V3max-SIS.TH.1	52,382	-1,493	35,566	-5,028	-82,198	-15
6	P3-V3min-SIS.TH.1	49,211	1,601	-45,198	5,247	88,093	47
7	P3-M2max-SIS.TH.1	51,951	-1,568	32,037	-4,911	-92,044	-12
8	P3-M2min-SIS.TH.1	49,693	1,632	-44,094	5,097	94,323	54
9	P3-Tmax-SIS.TH.1	48,904	-3,907	71,215	948	17,146	-174
10	P3-Tmin-SIS.TH.1	52,118	4,196	-77,047	-819	-10,862	203
11	P3-Pmax-SIS.TH.1	42,663	-1,963	45,427	-858	-9,554	-55
12	P3-Pmin-SIS.TH.1	58,600	1,617	-32,412	1,116	14,834	24

Tabella 7-6 - Combinazioni sismiche SLV: azioni agenti ad intradosso plinto.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
15 di 46

7.2.2 Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi statici (SLU)

Nella Tabella 7-8 si riportano gli scarichi per gli stati limite ultimi statici (SLU) amplificati con i coefficienti parziali A1, ottenuti:

- aggiungendo il peso proprio del plinto e del terreno imbarcato (Tabella 7-7).

VIADOTTO

ID PILA

VERIFICA

TIPO DI APPROCCIO

VI01

P03

SLU - STATICO

APPROCCIO 2, A1+M1+R3

DATI GEOMETRICI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

L_y	10.80 m	dimensione del plinto in direzione longitudinale (2)
L_z	16.50 m	dimensione del plinto in direzione trasversale all'asse del viadotto (3)
H	2.50 m	dimensione del plinto lungo z
z	1.00 m	altezza di ricoprimento del terreno al di sopra del plinto
A_{pila}	21.49 m ²	area sezione trasversale della pila

ANALISI DEI CARICHI

a) PLINTO DI FONDAZIONE - Carico verticale

Y_{cls}	25.00 kN/m ³	
PP	11,138 kN	peso proprio del plinto
Y_{G1}	1.35 -	coefficiente A1
$PP_{sd,v}$	15,036 kN	valore azione di progetto

b) PLINTO DI FONDAZIONE - Carico orizzontale inerziale

a_{max}/g	0.000 -	accelerazione massima attesa al sito
$PP_{sd,h}$	0 kN	valore di progetto SLU
b_1	1.25 m	quota del punto di applicazione della forza da intradosso plinto

c) RICOPRIMENTO TERRENO - Carico verticale

$Y_{terreno\ ricoprimento}$	20.00 kN/m ³	
ST	3,134 kN	sovraccarico terreno imbarcato
Y_{G1}	1.35 -	coefficiente A1
$ST_{sd,v}$	4,231 kN	valore azione di progetto

d) RICOPRIMENTO TERRENO - Carico orizzontale

a_{max}/g	0.000 -	accelerazione massima attesa al sito
$ST_{sd,h}$	0 kN	valore di progetto della spinta sismica SLU in direzione longitudinale
b_2	3.00 m	quota del punto di applicazione della forza da intradosso plinto

Tabella 7-7 - SLU-Determinazione delle azioni dovute al peso proprio del plinto e del terreno imbarcato.

ID	STATICO - ax-	F_x kN	F_y kN	M_z kNm	F_z kNm	M_y kNm	M_x kNm
1	P3-V2max-SLUstr.6	70,469	3,010	-121,090	464	16,681	173
2	P3-V2min-SLUstr.13	56,532	-3,005	119,409	-532	-17,952	-172
3	P3-M3max-SLUstr.6	70,469	2,987	-121,957	464	16,681	173
4	P3-M3min-SLUstr.13	56,532	-2,982	120,281	-532	-17,952	-172
5	P3-V3max-SLUstr.12	54,822	-1,511	65,772	-3,125	-117,968	-96
6	P3-V3min-SLUstr.5	63,998	1,519	-66,551	3,127	130,283	97
7	P3-M2max-SLUstr.5	68,556	-1,507	66,315	-2,590	-141,341	-96
8	P3-M2min-SLUstr.12	51,327	1,511	-65,509	2,540	153,418	96
9	P3-Tmax-SLUstr.13	55,092	-2,973	118,765	-491	-17,112	-184
10	P3-Tmin-SLUstr.6	70,469	2,987	-121,032	464	16,681	185
11	P3-Pmax-SLUstr.12	49,512	-1,500	64,748	2,020	103,145	-98
12	P3-Pmin-SLUstr.1	80,008	1,068	-58,642	247	15,344	90

Tabella 7-8 - Combinazioni statiche SLU: azioni agenti ad intradosso plinto.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
16 di 46

7.2.3 Combinazioni delle azioni agli stati limite di esercizio (SLE)

Dalla Tabella 7-10 alla Tabella 7-12 si riportano gli scarichi per le combinazioni a gli stati limite di esercizio ottenuti aggiungendo agli scarichi di Tabella 7-3 il peso proprio del plinto e del terreno imbarcato (Tabella 7-9).

VIADOTTO

ID PILA

VERIFICA

TIPO DI APPROCCIO

VI01

P03

SLE

APPROCCIO 2, A1+M1+R3

DATI GEOMETRICI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

L_y	10.80 m	dimensione del plinto in direzione longitudinale (2)
L_z	16.50 m	dimensione del plinto in direzione trasversale all'asse del viadotto (3)
H	2.50 m	dimensione del plinto lungo z
z	1.00 m	altezza di ricoprimento del terreno al di sopra del plinto
A_{pila}	21.49 m ²	area sezione trasversale della pila

ANALISI DEI CARICHI

a) PLINTO DI FONDAZIONE - Carico verticale

γ_{cls}	25.00 kN/m ³	
PP	11 138 kN	peso proprio del plinto
γ_{G1}	1.00 -	coefficiente A1
$PP_{sd,v}$	11 138 kN	valore azione di progetto

b) PLINTO DI FONDAZIONE - Carico orizzontale inerziale

a_{max}/g	0.000 -	accelerazione massima attesa al sito
$PP_{sd,h}$	0 kN	valore di progetto SLE
b_1	1.25 m	quota del punto di applicazione della forza da intradosso plinto

c) RICOPRIMENTO TERRENO - Carico verticale

$\gamma_{terreno\ ricoprimento}$	20.00 kN/m ³	
ST	3 134 kN	sovraccarico terreno imbarcato
γ_{G1}	1.00 -	coefficiente A1
$ST_{sd,v}$	3 134 kN	valore azione di progetto

d) RICOPRIMENTO TERRENO - Carico orizzontale

a_{max}/g	0.000 -	accelerazione massima attesa al sito
$ST_{sd,h}$	0 kN	valore di progetto della spinta sismica SLU in direzione longitudinale
b_2	3.00 m	quota del punto di applicazione della forza da intradosso plinto

Tabella 7-9 - SLE- Determinazione delle azioni dovute al peso proprio del plinto e del terreno imbarcato.

		F_x	F_y	M_z	F_z	M_y	M_x
ID	STATICO - ax-	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
1	P3-V2max-SLEqp.1	51,456	851	-36,872	136	4,706	55
2	P3-V2min-SLEqp.1	51,407	-847	36,716	-191	-6,329	-54
3	P3-M3max-SLEqp.1	51,456	851	-36,872	136	4,706	55
4	P3-M3min-SLEqp.1	51,407	-847	36,716	-191	-6,329	-54
5	P3-V3max-SLEqp.1	51,408	-828	35,922	-197	-6,646	-54
6	P3-V3min-SLEqp.1	49,368	842	-36,381	219	5,467	55
7	P3-M2max-SLEqp.1	51,376	-826	35,734	-187	-9,507	-53
8	P3-M2min-SLEqp.1	50,286	837	-36,292	166	8,562	55
9	P3-Tmax-SLEqp.1	50,206	-839	36,359	-157	-5,652	-54
10	P3-Tmin-SLEqp.1	51,456	851	-36,872	136	4,706	55
11	P3-Pmax-SLEqp.1	49,287	-835	36,119	-108	-8,938	-53
12	P3-Pmin-SLEqp.1	51,488	849	-36,788	130	7,766	55

Tabella 7-10 - Combinazioni di esercizio SLE-quasi permanente: azioni agenti ad intradosso plinto.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
17 di 46

ID	STATICO - ax-	F_x kN	F_y kN	M_z kN	F_z kNm	M_y kNm	M_x kNm
13	P3-V2max-SLEf.3	51,461	1,019	-44,148	169	5,866	66
14	P3-V2min-SLEf.3	51,402	-1,014	43,993	-224	-7,436	-65
15	P3-M3max-SLEf.3	51,461	1,019	-44,148	169	5,866	66
16	P3-M3min-SLEf.3	51,402	-1,014	43,993	-224	-7,436	-65
17	P3-V3max-SLEf.1	51,408	-828	35,947	-580	-7,692	-54
18	P3-V3min-SLEf.1	49,368	842	-36,404	602	6,507	55
19	P3-M2max-SLEf.2	51,144	-829	35,901	-531	-25,395	-53
20	P3-M2min-SLEf.2	49,761	839	-36,395	506	26,246	54
21	P3-Tmax-SLEf.3	50,201	-1,007	43,624	-190	-6,759	-65
22	P3-Tmin-SLEf.3	51,461	1,019	-44,148	169	5,866	66
23	P3-Pmax-SLEf.2	48,762	-833	36,055	232	8,817	-54
24	P3-Pmin-SLEf.1	54,888	849	-36,985	130	7,874	55

Tabella 7-11 - Combinazioni di esercizio SLE-frequente: azioni agenti ad intradosso plinto.

ID	STATICO - ax-	F_x kN	F_y kN	M_z kN	F_z kNm	M_y kNm	M_x kNm
25	P3-V2max-SLEr.6	51,481	2,011	-79,807	303	10,865	116
26	P3-V2min-SLEr.6	51,384	-2,006	79,652	-360	-12,225	-114
27	P3-M3max-SLEr.6	51,481	1,993	-80,449	303	10,865	116
28	P3-M3min-SLEr.6	51,384	-1,989	80,299	-360	-12,225	-114
29	P3-V3max-SLEr.5	50,244	-1,005	43,776	-2,127	-79,033	-64
30	P3-V3min-SLEr.5	46,749	1,013	-43,826	2,133	86,800	65
31	P3-M2max-SLEr.5	50,206	-1,002	43,529	-1,733	-95,617	-64
32	P3-M2min-SLEr.5	47,674	1,008	-43,764	1,695	103,594	64
33	P3-Tmax-SLEr.6	50,183	-1,982	79,184	-326	-11,534	-123
34	P3-Tmin-SLEr.6	51,481	1,993	-79,764	303	10,865	125
35	P3-Pmax-SLEr.5	46,246	-999	43,261	1,357	68,639	-65
36	P3-Pmin-SLEr.1	58,545	714	-38,378	159	9,926	60

Tabella 7-12 - Combinazioni di esercizio SLE-caratteristica: azioni agenti ad intradosso plinto.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
18 di 46

8 ANALISI DELL'INTERAZIONE FONDAZIONE-TERRENO

L'analisi di interazione terreno-fondazione è stata sviluppata con il software GROUP della Ensoft. Se si considera un palo ad asse verticale, immerso in un terreno inizialmente le tensioni normali agenti sulla superficie laterale del palo presentano una distribuzione assialsimmetrica, la cui risultante è nulla. Quando il palo è soggetto, in testa, ad una forza orizzontale e/o ad una coppia applicata, si induce una traslazione y all'interno del terreno. Il diagramma delle tensioni del terreno, conseguentemente, si modifica; le tensioni normali poste di fronte al palo aumentano ed il terreno tende ad allontanarsi dal palo in direzione radiale. Le tensioni normali poste a tergo del palo, viceversa, diminuiscono, mentre il terreno tende a spostarsi verso il palo, ancora lungo una direzione radiale. Lungo i bordi del palo, le tensioni orizzontali presentano una componente normale ed una tangenziale. La risultante p $[F/L]$ di tali azioni sarà posta nella direzione dello spostamento del palo ed avrà verso opposto ad esso.

Ad un certo livello di carico, in prossimità del piano campagna, il terreno posto a tergo del palo tende a distaccarsi dallo stesso; il terreno posto di fronte al palo, invece, tende a raggiungere la condizione di collasso. A profondità maggiori, il terreno tende a scorrere defluendo lungo il bordo del palo, senza un distacco relativo a tergo. Alla luce di queste considerazioni risulta evidente come la reazione del terreno p dipenda sia dall'entità dello spostamento y raggiunto dal palo sia dalla quota di riferimento z .

Di conseguenza, la risposta di un palo verticale ad un carico orizzontale crescente, in termini di curva carichi – spostamenti, oppure in termini di carichi – momenti flettenti massimi, è di tipo non lineare. Con il software GROUP in funzione della natura e caratteristiche dei terreni è possibile rappresentare tramite le curve p - y questo comportamento non lineare.

Il programma considera inoltre che il comportamento di un palo soggetto ad azioni orizzontali all'interno di un gruppo differisce da quello di un palo singolo ed isolato. In un gruppo di pali caricato da azioni orizzontali i fenomeni di interazione reciproca palo – terreno – palo determinano, complessivamente, una diminuzione della rigidità del sistema.

La diversità di comportamento si manifesta mediante un differente valore dello sforzo di taglio agente in testa a ciascun palo, differenti valori di momento flettente, diversa ubicazione del valore massimo di momento al variare della profondità (nell'ipotesi in cui il vincolo in testa al palo non sia un incastro). La modalità di risposta di ciascun palo è funzione essenzialmente dalla posizione geometrica che questo occupa all'interno del gruppo. Precisamente, la risposta del singolo palo all'interno del gruppo è condizionata:

- dalla fila di appartenenza all'interno del gruppo (effetto ombra o shadowing);
- dalla posizione all'interno della singola fila (effetto di bordo).

8.1 Descrizione del modello di calcolo GROUP

Nella Figura 8-1 e Figura 8-2 sono riportate alcune viste del modello che riproduce esattamente la disposizione in pianta dei pali assunti incastrati a livello del plinto di fondazione. In questo modello non si considera la reazione del terreno nell'intorno del plinto.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
19 di 46

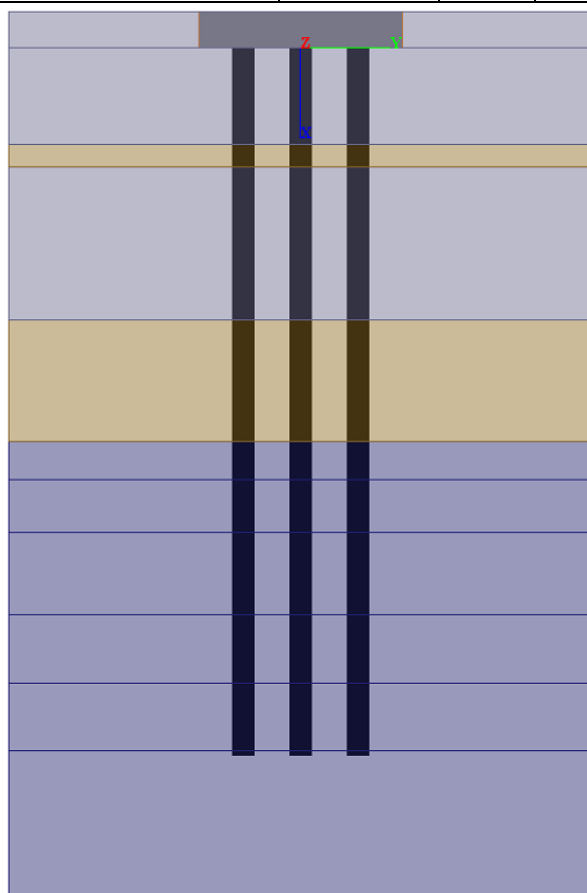


Figura 8-1 - Vista frontale del modello GROUPv2016.

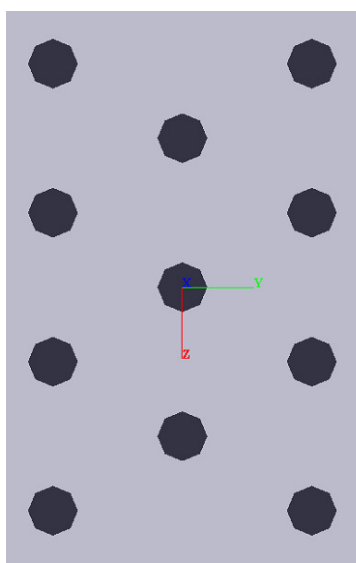




Figura 8-2 - Vista planimetrica del modello GROUPv2016.

In accordo alla caratterizzazione geotecnica riportata nel §5.2 nelle seguenti figure si riporta la stratigrafia di calcolo implementata nel software e i parametri geotecnici assegnati agli strati. I parametri di rigidezza del terreno sono stati assunti in accordo ai criteri illustrati nella relazione Rif. [9] § 8.1 per “sand”, “Stiff Clay” e “weak rock” e riepilogati nella tabella seguente in cui con q_s e q_b si è indicata la portanza laterale e di base inserita in group e determinata sulla

Contraente 	Progettista 
Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A	Progetto NG12 Lotto 00 Codifica Documento E 09 CL VI0102 C03 Rev. A Foglio 20 di 46

base delle curve di capacità portante di cui al § 9.1. Per il parametro k_{rm} che interviene nella costruzione delle curve $p-y$ per le *weak rock* è stato usato il valore 0.0005 corrispondente al valore maggiore del range $0.0005 \div 0.00005$ suggerito dal manuale di Group che caratterizza un comportamento meno rigido.

Unità	p-y model	ϕ' (°)	c_u (kPa)	D_r %	k (kPa)	K_{rm}	σ_{ci} (kPa)	Epress (kPa)	RQD	q_s (kPa)	q_b (kPa)
COL1	"sand"	30		40	16 300					0-13.40	0-268
COL1	"sand"	30		40	16 300					13.40-30.70	288-661
DAL	"Stiff Clay with Free Water"		50		55 000					40.00	622-650
DG	"sand"	30		58	25000					34.6-67.7	745-1455
DAL	"Stiff Clay with Free Water"		65		55000					54-71	1004-1161
ARGalt	"weak rock"					0.0005	2 000	138 000	15	112.40	914-996
ARGcat	"weak rock"					0.0005	3 000	400 000	17	140.50	1253-1379
ARG	"weak rock"					0.0005	5 500	400 000	50	224.90	3157-3493
ARGcat	"weak rock"					0.0005	3 000	400 000	17	140.50	1575-1725
ARG	"weak rock"					0.0005	5 500	400 000	50	224.90	1725-3991
ARG	"weak rock"					0.0005	5 500	400 000	50	224.90	4006-4485

Tabella 8-1 – Parametri di input modello group

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	API Sand (O'Neil)	-2.5	0.01	1: API Sand
2	API Sand (O'Neil)	0.01	6.55	2: API Sand
3	Stiff Clay with Free Water (Reese)	6.55	8.05	3: Stiff Clay with Free Water
4	API Sand (O'Neil)	8.05	18.45	4: API Sand
5	Stiff Clay with Free Water (Reese)	18.45	26.7	5: Stiff Clay with Free Water
6	Weak Rock (Reese)	26.7	29.3	6: Weak Rock
7	Weak Rock (Reese)	29.3	32.85	7: Weak Rock
8	Weak Rock (Reese)	32.85	38.45	8: Weak Rock
9	Weak Rock (Reese)	38.45	43.05	9: Weak Rock
10	Weak Rock (Reese)	43.05	47.67	10: Weak Rock
11	Weak Rock (Reese)	47.67	57.5	11: Weak Rock

Figura 8-3 - Stratigrafia modello GROUP-v2016.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
21 di 46

API Sand 1

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	19	30	16300	0	0
2	19	30	16300	13.4	268

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

p-y Modulus, k:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-4 - Layer no.1 (COL1 sopra falda)

API Sand 2

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	9	30	16300	13.4	288
2	9	30	16300	30.7	661

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

p-y Modulus, k:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-5 - Layer no.2 (COL1 sotto falda)

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
22 di 46

Stiff Clay with Free Water 3

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Undrained Cohesion, c (kN/m ²)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Strain Factor E50	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	9	50	55000	0.007	40	622
2	9	50	55000	0.007	40	650

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

p-y Modulus, k, and Strain Factor E50:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for p-y Modulus, k, and Strain Factor E50 if zero input values are entered.

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-6 - Layer no.3 (DAL)

API Sand 4

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	11	30	25000	34.6	745
2	11	30	25000	67.7	1455

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

p-y Modulus, k:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-7 - Layer no.4 (DG)

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
23 di 46

Stiff Clay with Free Water 5

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Undrained Cohesion, c (kN/m ²)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Strain Factor E50	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	9	65	55000	0.007	54	1004
2	9	65	55000	0.007	71	1161

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

p-y Modulus, k, and Strain Factor E50:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for p-y Modulus, k, and Strain Factor E50 if zero input values are entered.

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-8 – Layer no.5 (DAL)

Weak Rock 6

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Uniaxial Compressive Strength, qu, (kN/m ²)	Initial Modulus of Rock Mass, (kN/m ²)	Strain Factor, k _{rm}	RQD, (%)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	16.5	2000	138000	0.0005	15	112.4	914
2	16.5	2000	138000	0.0005	15	112.4	996

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

This p-y model is best used for cohesive intermediate geomaterials like claystones and silstones with uniaxial compressive strengths ranging from 500 kPa to 5000 kPa (75 to 750 psi).

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-9 - Layer no.6 (ARGalt)

Weak Rock 7

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Uniaxial Compressive Strength, qu, (kN/m ²)	Initial Modulus of Rock Mass, (kN/m ²)	Strain Factor, k _{rm}	RQD, (%)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	16.5	3000	400000	0.0005	17	140.5	1253
2	16.5	3000	400000	0.0005	17	140.5	1379

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

This p-y model is best used for cohesive intermediate geomaterials like claystones and silstones with uniaxial compressive strengths ranging from 500 kPa to 5000 kPa (75 to 750 psi).

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-10 - Layer no.7 (ARGcat)

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
24 di 46

Weak Rock 8

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Uniaxial Compressive Strength, qu, (kN/m ²)	Initial Modulus of Rock Mass, (kN/m ²)	Strain Factor, k _{rm}	RQD, (%)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	17	5500	400000	0.0005	50	224.9	3157
2	17	5500	400000	0.0005	50	224.9	3493

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

This p-y model is best used for cohesive intermediate geomaterials like claystones and silstones with uniaxial compressive strengths ranging from 500 kPa to 5000 kPa (75 to 750 psi).

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-11 - Layer no.8 (ARG)

Weak Rock 9

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Uniaxial Compressive Strength, qu, (kN/m ²)	Initial Modulus of Rock Mass, (kN/m ²)	Strain Factor, k _{rm}	RQD, (%)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	16.5	3000	400000	0.0005	17	140.5	1575
2	16.5	3000	400000	0.0005	17	140.5	1725

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

This p-y model is best used for cohesive intermediate geomaterials like claystones and silstones with uniaxial compressive strengths ranging from 500 kPa to 5000 kPa (75 to 750 psi).

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figure 8-1 - Layer no.9 (ARGcat)

Weak Rock 10

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Uniaxial Compressive Strength, qu, (kN/m ²)	Initial Modulus of Rock Mass, (kN/m ²)	Strain Factor, k _{rm}	RQD, (%)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	17	5500	400000	0.0005	50	224.9	1725
2	17	5500	400000	0.0005	50	224.9	3991

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

This p-y model is best used for cohesive intermediate geomaterials like claystones and silstones with uniaxial compressive strengths ranging from 500 kPa to 5000 kPa (75 to 750 psi).

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-12 - Layer no.10 (ARG)

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
25 di 46

Weak Rock 11

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Uniaxial Compressive Strength, q_u , (kN/m ²)	Initial Modulus of Rock Mass, (kN/m ²)	Strain Factor, k_{rm}	RQD, (%)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	17	5500	400000	0.0005	50	224.9	4006
2	17	5500	400000	0.0005	50	224.9	4485

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

This p-y model is best used for cohesive intermediate geomaterials like claystones and siltstones with uniaxial compressive strengths ranging from 500 kPa to 5000 kPa (75 to 750 psi).

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

Figura 8-13 - Layer no.11 (ARG)

8.2 Sintesi dei risultati agli stati limite di esercizio SLE (caratteristica)

Nella Tabella 8-2 si riportano le sollecitazioni massime di sforzo assiale, taglio e momento con indicato la relativa combinazione di carico e numero identificativo del palo. Dalla Tabella 8-3÷Tabella 8-5 si riportano le sollecitazioni massime di sforzo assiale, taglio e momento con indicato la relativa combinazione di carico e numero identificativo del palo per ciascuna combinazione delle azioni allo SLE: Quasi permanente, Frequente e Rara.

In Figura 8-14 e Figura 8-15 sono diagrammati gli involuipi dell'andamento con la profondità del momento flettente e del taglio.

	Prof. (m)	Palo	Combinazione	N (kN)	M (kNm)	V (kN)
Massima Compressione	0.00	11	31	8,487	200	244
Min Compressione / Max Trazione	0.00	11	32	-75	67	167
Massimo Momento	4.23	11	28	7,279	444	11
Massimo Taglio	0.00	1	30	7,997	352	285

Tabella 8-2 - Combinazioni SLE: Sollecitazioni massime con relativa combinazione e numero di palo in cui esse si verificano.

	Prof. (m)	Palo	Combinazione	N (kN)	M (kNm)	V (kN)
Massima Compressione	0.00	11	7	6 061	22	105
Min Compressione / Max Trazione	3.76	1	11	2 964	181	1
Massimo Momento	3.76	1	12	5 859	201	3
Massimo Taglio	0.00	11	2	6 012	32	108

Tabella 8-3 - Combinazioni SLE – Quasi Permanente: Sollecitazioni massime con relativa combinazione e numero di palo in cui esse si verificano.

	Prof. (m)	Palo	Combinazione	N (kN)	M (kNm)	V (kN)
Massima Compressione	0.00	11	19	6 479	66	121
Min Compressione / Max Trazione	3.76	11	20	2 503	192	8
Massimo Momento	3.76	1	13	6 036	240	5
Massimo Taglio	0.00	11	14	6 269	38	129

Tabella 8-4 - Combinazioni SLE – Frequente: Sollecitazioni massime con relativa combinazione e numero di palo in cui esse si verificano.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
26 di 46

	Prof. (m)	Palo	Combinazione	N (kN)	M (kNm)	V (kN)
Massima Compressione	0.00	11	31	8 487	200	244
Min Compressione / Max Trazione	0.00	11	32	-75	67	167
Massimo Momento	4.23	11	28	7 279	444	11
Massimo Taglio	0.00	1	30	7 997	352	285

Tabella 8-5 - Combinazioni SLE – Rara: Sollecitazioni massime con relativa combinazione e numero di palo in cui esse si verificano.

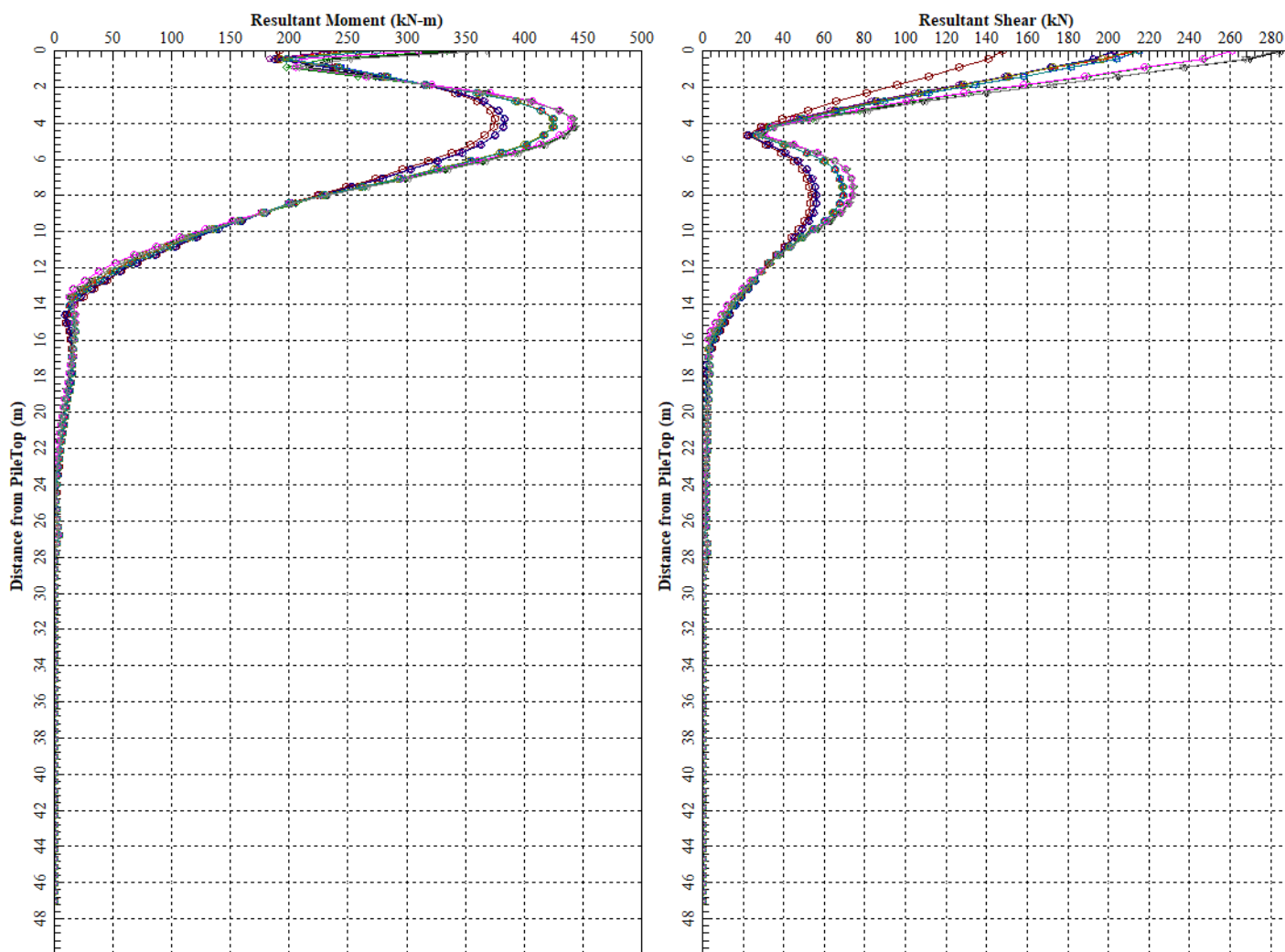


Figura 8-14 - Combinazioni SLE (QP – Freq. – Rara): Involuppo massimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
27 di 46

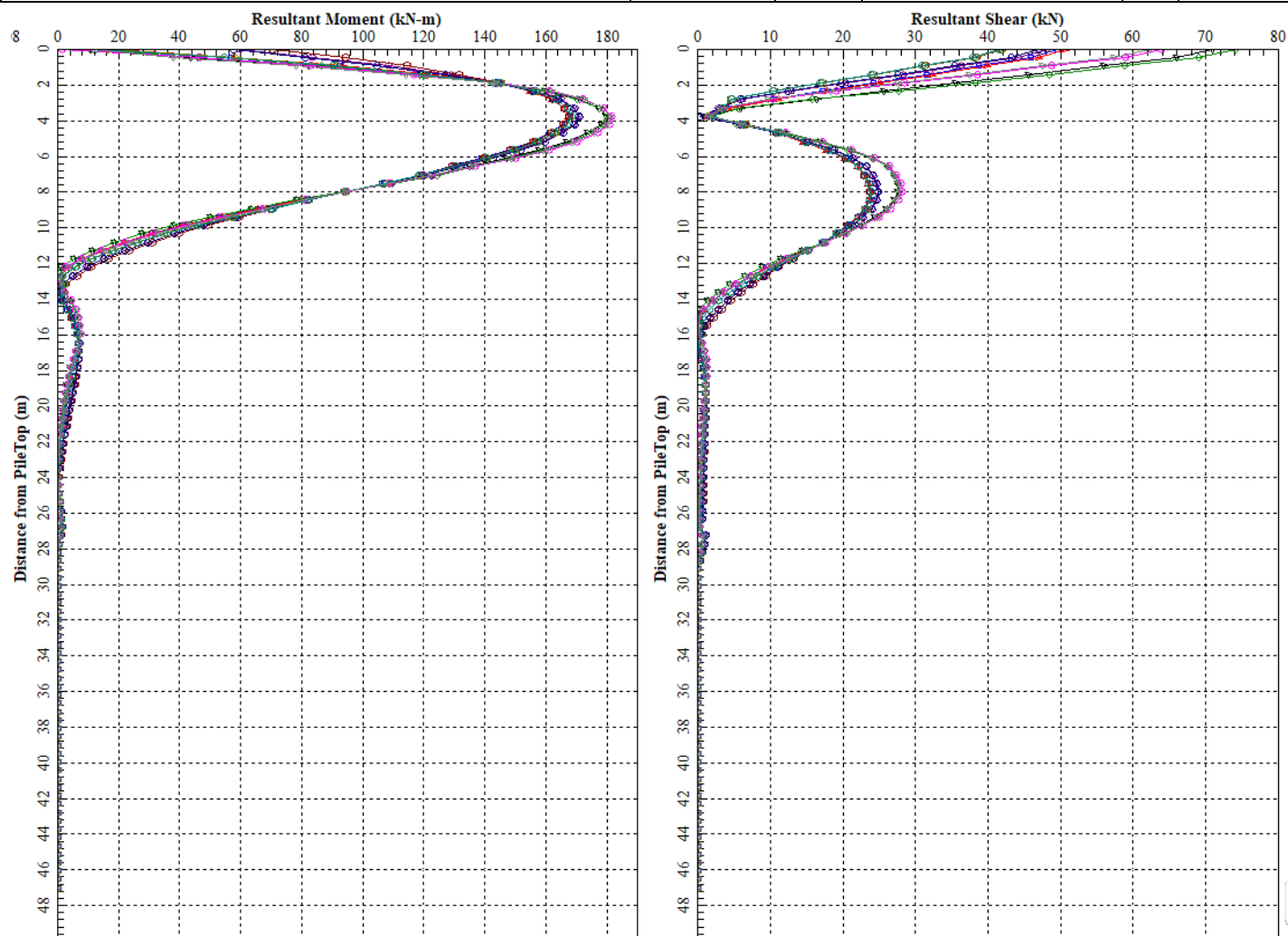


Figura 8-15 - Combinazioni SLE (QP – Freq. – Rara): Involuppo minimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
28 di 46

8.2.1 Spostamenti SLE

Nella Tabella 8-6 si riportano gli spostamenti e le rotazioni ad intradosso plinto e sommità pila; in rosso sono evidenziati i valori massimi e in viola quelli minimi. Gli spostamenti orizzontali (direzione y-2) e direzione z-3) tengono già conto dell'interazione fra pali e sono quindi rappresentativi degli spostamenti orizzontali del gruppo di pali; lo spostamento verticale non tiene conto dell'effetto gruppo.

Il coefficiente amplificativo del cedimento verticale per effetto gruppo E_G viene valutato in accordo a Mandolini et al. (2005) ed è riportato in Tabella 8-7 (vedasi relazione generale sui criteri Rif. [9] § 8.4), risulta:

$$\delta_{\max} = 3.05E-03 \times 3.08 = 0.009394 \text{ m} = 9.39 \text{ mm.}$$

Combinazione	Spost. Verticale lungo Asse 1 (X) [m]	Spost. Orizzontale lungo Asse 2 (Y) [m]	Spost. Orizzontale lungo Asse 3 (Z) [m]	Rotazione attorno all'Asse 2 (Y) [Rad]	Rotazione attorno all'Asse 3 (Z) [Rad]	H plinto [m]	2.5	H pila [m]	38
						Spostamento a testa Pila			
						Spost. Orizzontale lungo Asse 2 (Y) [m]		Spost. Orizzontale lungo Asse 3 (Z) [m]	
1	2.66E-03	8.16E-04	8.52E-05	1.19E-05	-1.77E-04	8.00E-03		5.67E-04	
2	2.66E-03	-8.12E-04	-1.18E-04	-1.60E-05	1.77E-04	6.34E-03		5.31E-04	
3	2.66E-03	8.16E-04	8.52E-05	1.19E-05	-1.77E-04	8.00E-03		5.67E-04	
4	2.66E-03	-8.12E-04	-1.18E-04	-1.60E-05	1.77E-04	6.34E-03		5.31E-04	
5	2.66E-03	-7.95E-04	-1.23E-04	-1.68E-05	1.73E-04	6.20E-03		5.59E-04	
6	2.55E-03	8.04E-04	1.23E-04	1.41E-05	-1.74E-04	7.86E-03		6.95E-04	
7	2.66E-03	-7.91E-04	-1.37E-04	-2.35E-05	1.72E-04	6.17E-03		8.13E-04	
8	2.60E-03	8.02E-04	1.22E-04	2.10E-05	-1.74E-04	7.85E-03		9.74E-04	
9	2.59E-03	-8.03E-04	-1.00E-04	-1.42E-05	1.74E-04	6.26E-03		4.74E-04	
10	2.66E-03	8.16E-04	8.52E-05	1.19E-05	-1.77E-04	8.00E-03		5.67E-04	
11	2.54E-03	-7.98E-04	-1.01E-04	-2.15E-05	1.73E-04	6.21E-03		7.68E-04	
12	2.66E-03	8.14E-04	1.03E-04	1.90E-05	-1.77E-04	7.98E-03		8.73E-04	
13	2.66E-03	9.77E-04	1.06E-04	1.48E-05	-2.12E-04	9.57E-03		7.06E-04	
14	2.66E-03	-9.73E-04	-1.39E-04	-1.88E-05	2.11E-04	7.59E-03		6.24E-04	
15	2.66E-03	9.77E-04	1.06E-04	1.48E-05	-2.12E-04	9.57E-03		7.06E-04	
16	2.66E-03	-9.73E-04	-1.39E-04	-1.88E-05	2.11E-04	7.59E-03		6.24E-04	
17	2.66E-03	-7.95E-04	-2.85E-04	-2.18E-05	1.73E-04	6.20E-03		5.96E-04	
18	2.55E-03	8.05E-04	2.85E-04	1.90E-05	-1.74E-04	7.87E-03		1.05E-03	
19	2.65E-03	-7.96E-04	-3.79E-04	-6.29E-05	1.72E-04	6.19E-03		2.17E-03	
20	2.57E-03	8.05E-04	3.73E-04	6.44E-05	-1.74E-04	7.87E-03		2.98E-03	
21	2.60E-03	-9.64E-04	-1.21E-04	-1.70E-05	2.09E-04	7.51E-03		5.67E-04	
22	2.66E-03	9.77E-04	1.06E-04	1.48E-05	-2.12E-04	9.57E-03		7.06E-04	
23	2.52E-03	-7.96E-04	1.50E-04	2.19E-05	1.72E-04	6.19E-03		1.04E-03	
24	2.85E-03	8.20E-04	1.04E-04	1.95E-05	-1.79E-04	8.07E-03		8.93E-04	
25	2.69E-03	1.84E-03	1.93E-04	2.76E-05	-3.86E-04	1.75E-02		1.31E-03	
26	2.69E-03	-1.84E-03	-2.26E-04	-3.12E-05	3.86E-04	1.38E-02		1.04E-03	
27	2.69E-03	1.84E-03	1.93E-04	2.76E-05	-3.89E-04	1.76E-02		1.31E-03	
28	2.69E-03	-1.84E-03	-2.26E-04	-3.12E-05	3.88E-04	1.39E-02		1.04E-03	
29	2.62E-03	-9.81E-04	-1.39E-03	-1.99E-04	2.11E-04	7.56E-03		6.68E-03	
30	2.43E-03	9.83E-04	1.44E-03	2.16E-04	-2.10E-04	9.49E-03		1.02E-02	
31	2.62E-03	-9.77E-04	-1.34E-03	-2.36E-04	2.10E-04	7.53E-03		8.22E-03	
32	2.49E-03	9.82E-04	1.37E-03	2.53E-04	-2.11E-04	9.51E-03		1.16E-02	
33	2.62E-03	-1.82E-03	-2.08E-04	-2.93E-05	3.82E-04	1.37E-02		9.77E-04	
34	2.69E-03	1.83E-03	1.93E-04	2.76E-05	-3.86E-04	1.75E-02		1.31E-03	
35	2.40E-03	-9.62E-04	9.96E-04	1.68E-04	2.06E-04	7.40E-03		7.81E-03	
36	3.05E-03	7.85E-04	1.30E-04	2.47E-05	-1.85E-04	8.28E-03		1.13E-03	

Tabella 8-6 - Combinazioni SLE: spostamenti e rotazioni.

B (y)	9.30	m	larghezza
L (z)	15.00	m	lunghezza
D	47.00	m	profondità
i	4.50	m	interasse pali
n°	11.00		numero pali
E_G	3.08		Coefficiente amplificativo del cedimento per effetto gruppo

Tabella 8-7 - Coefficiente amplificativo del cedimento verticale per effetto gruppo.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
29 di 46

8.3 Sintesi dei risultati agli stati limite ultimi statici (SLU)

Nella Tabella 8-8 si riportano le sollecitazioni massime di sforzo assiale, taglio e momento con indicato la relativa combinazione di carico e numero identificativo del palo in cui esse si verificano.

In Figura 8-16 e Figura 8-17 sono diagrammati gli involuipi dell'andamento con la profondità del momento flettente e del taglio.

	Prof. (m)	Palo	Combinazione	N (kN)	M (kNm)	V (kN)
Massima Compressione	0.00	11	7	11,914	283	366
Min Compressione / Max Trazione	0.00	11	8	-1,959	104	251
Massimo Momento	3.76	1	3	10,370	703	15
Massimo Taglio	0.00	1	6	11,294	489	421

Tabella 8-8 - Combinazioni SLU: Sollecitazioni massime con relativa combinazione e numero di palo in cui esse si verificano.

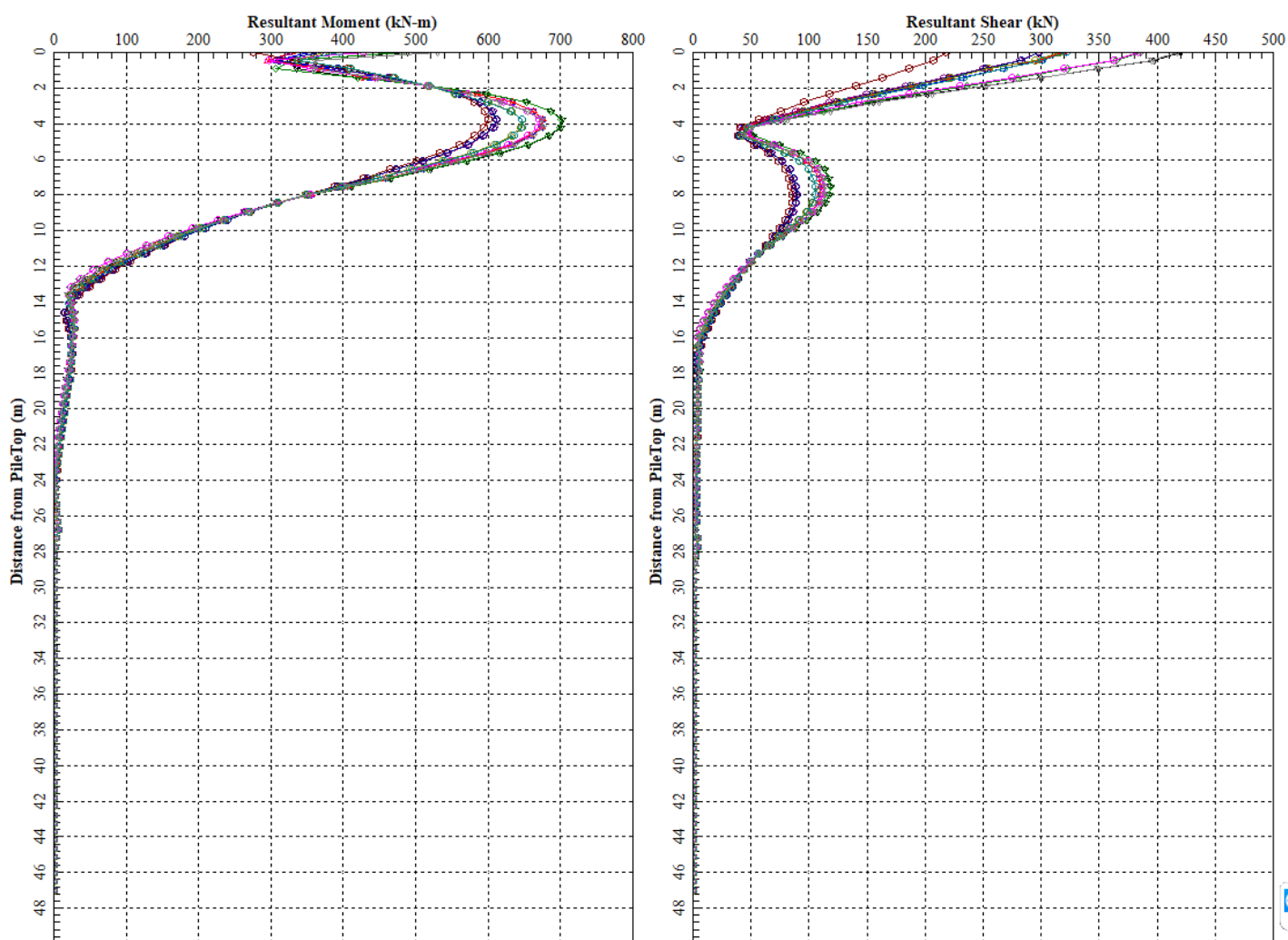


Figura 8-16 - Combinazione statica SLU: involucro massimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
30 di 46

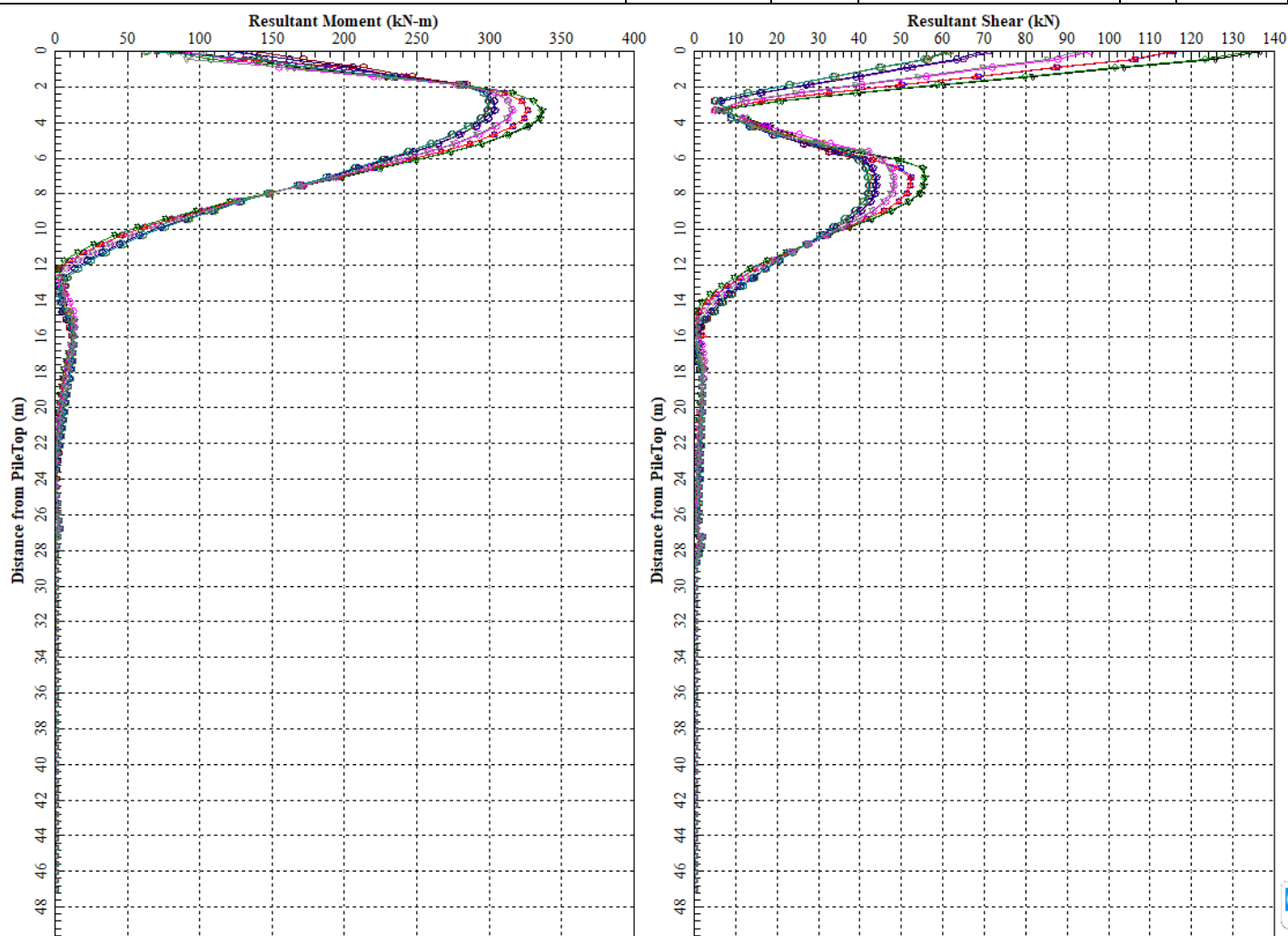


Figura 8-17 - Combinazione statica SLU: involucro minimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

8.3.1 Spostamenti SLU

Nella Tabella 8-9 si riportano gli spostamenti e le rotazioni ad intradosso plinto e sommità pila; in rosso sono evidenziati i valori massimi e in viola quelli minimi. Gli spostamenti orizzontali (direzione y-2) e direzione z-3) tengono già conto dell'interazione fra pali e sono quindi rappresentativi degli spostamenti orizzontali del gruppo di pali; lo spostamento verticale non tiene conto dell'effetto gruppo.

Il coefficiente amplificativo del cedimento verticale per effetto gruppo E_G viene valutato in accordo a Mandolini et al. (2005) ed è riportato in Tabella 8-7 (vedasi relazione generale sui criteri Rif. [9] § 8.4), risulta:

$$\delta_{\max} = 4.27E-03 \times 3.08 = 0.0131516 \text{ m} = 13.15 \text{ mm.}$$

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
31 di 46

H plinto [m]

2.5

H pila [m]

38

Spostamento a testa Pila

Combinazione	Spost. Verticale lungo Asse 1 (X) [m]	Spost. Orizzontale lungo Asse 2 (Y) [m]	Spost. Orizzontale lungo Asse 3 (Z) [m]	Rotazione attorno all'Asse 2 (Y) [Rad]	Rotazione attorno all'Asse 3 (Z) [Rad]	Spost. Orizzontale lungo Asse 2 (Y) [m]	Spost. Orizzontale lungo Asse 3 (Z) [m]
1	3.80E-03	2.87E-03	3.04E-04	4.46E-05	-6.16E-04	2.78E-02	2.11E-03
2	3.01E-03	-2.79E-03	-3.38E-04	-4.69E-05	5.88E-04	2.10E-02	1.56E-03
3	3.80E-03	2.87E-03	3.04E-04	4.46E-05	-6.20E-04	2.80E-02	2.11E-03
4	3.01E-03	-2.79E-03	-3.38E-04	-4.69E-05	5.91E-04	2.12E-02	1.56E-03
5	2.90E-03	-1.49E-03	-2.07E-03	-3.02E-04	3.22E-04	1.16E-02	1.02E-02
6	3.42E-03	1.53E-03	2.18E-03	3.39E-04	-3.33E-04	1.50E-02	1.59E-02
7	3.69E-03	-1.53E-03	-2.04E-03	-3.66E-04	3.36E-04	1.21E-02	1.28E-02
8	2.73E-03	1.49E-03	2.06E-03	3.82E-04	-3.21E-04	1.45E-02	1.75E-02
9	2.93E-03	-2.76E-03	-3.15E-04	-4.45E-05	5.82E-04	2.08E-02	1.49E-03
10	3.80E-03	2.86E-03	3.04E-04	4.46E-05	-6.15E-04	2.78E-02	2.11E-03
11	2.60E-03	-1.46E-03	1.50E-03	2.56E-04	3.13E-04	1.12E-02	1.19E-02
12	4.27E-03	1.24E-03	2.07E-04	4.04E-05	-2.99E-04	1.33E-02	1.84E-03

Tabella 8-9 - Combinazioni SLU: spostamenti e rotazioni.

8.4 Sintesi dei risultati relativi agli stati limite ultimi sismici (SLV)

Nella Tabella 8-10 si riportano le sollecitazioni massime di sforzo assiale, taglio e momento con indicato la relativa combinazione di carico e numero identificativo del palo in cui esse si verificano.

In Figura 8-18 e in Figura 8-19 sono diagrammati gli involucri dell'andamento con la profondità del momento flettente e del taglio.

	Prof. (m)	Palo	Combinazione	N (kN)	M (kNm)	V (kN)
Massima Compressione	0.00	1	8	8,711	1,231	638
Min Compressione / Max Trazione	0.00	11	8	28	915	461
Massimo Momento	0.00	1	6	8,551	1,293	653
Massimo Taglio	0.00	1	6	8,551	1,293	653

Tabella 8-10 - Combinazioni sismiche SLV: Sollecitazioni massime con relativa combinazione e numero di palo in cui esse si verificano.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
32 di 46

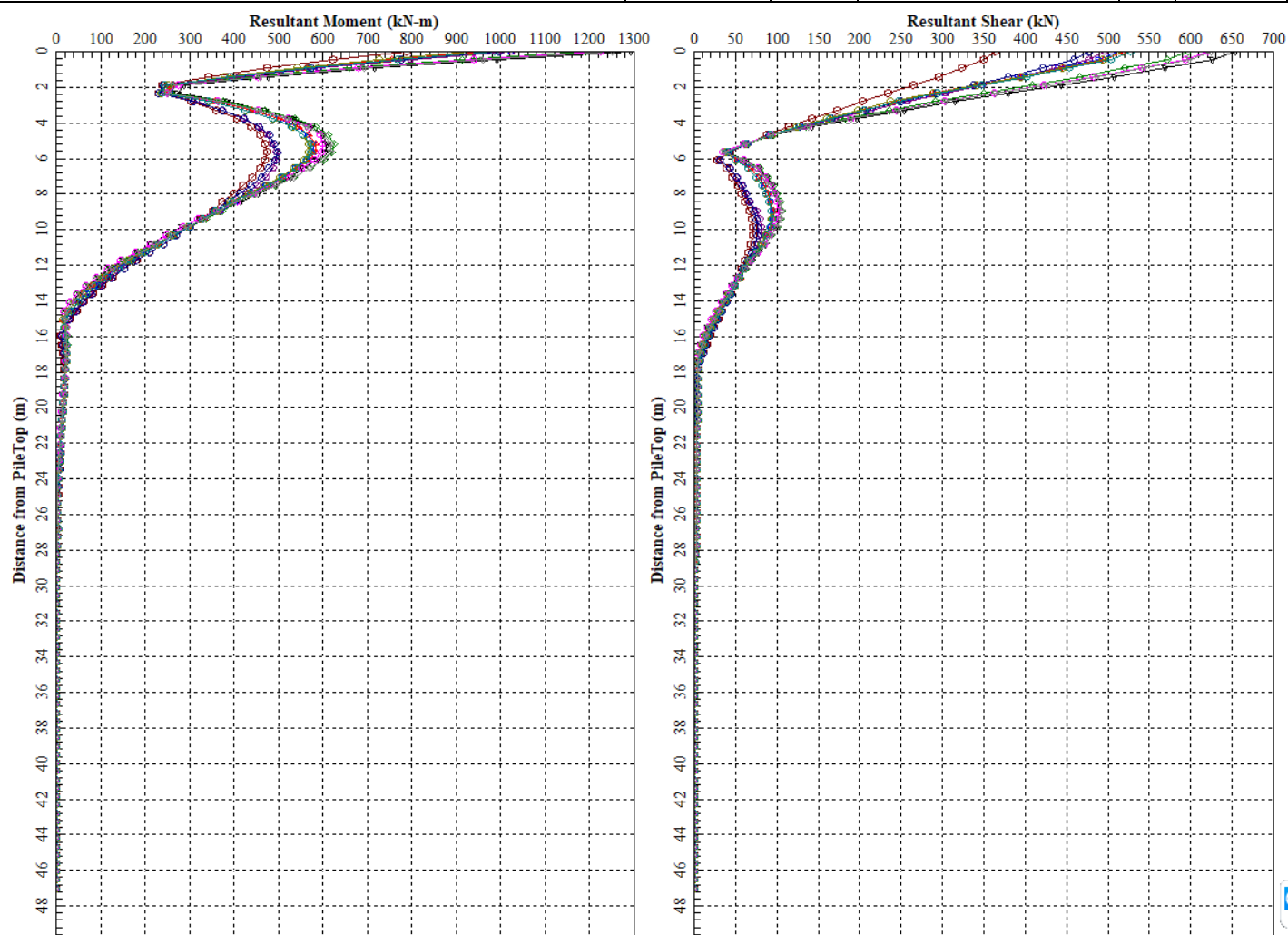


Figura 8-18 - Combinazione sismica SLV: Involuppo massimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
33 di 46

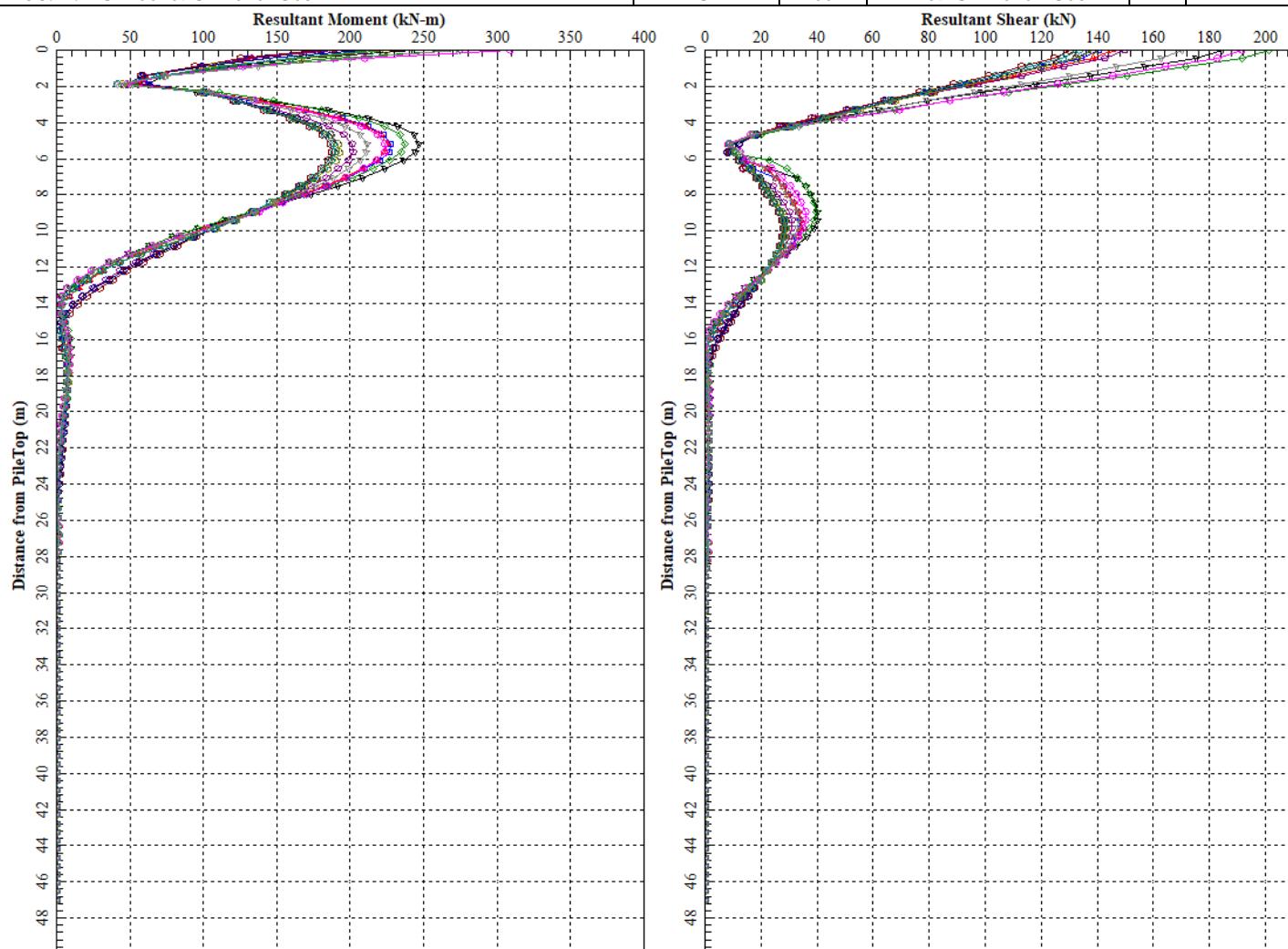


Figura 8-19 - Combinazione sismica SLV: Involuppo minimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

8.4.1 Spostamenti SLV

Nella Tabella 8-11 si riportano gli spostamenti e le rotazioni ad intradosso plinto e sommità pila; in rosso sono evidenziati i valori massimi e in viola quelli minimi. Gli spostamenti orizzontali (direzione y-2) e direzione z-3) tengono già conto dell'interazione fra pali e sono quindi rappresentativi degli spostamenti orizzontali del gruppo di pali; lo spostamento verticale non tiene conto dell'effetto gruppo.

Il coefficiente amplificativo del cedimento verticale per effetto gruppo E_G viene valutato in accordo a Mandolini et al. (2005) ed è riportato in Tabella 8-7 (vedasi relazione generale sui criteri Rif. [9] § 8.4), risulta:

$$\delta_{\max} = 3.05E-03 \times 3.08 = 0.009394 \text{ m} = 9.39 \text{ mm.}$$

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
34 di 46

H plinto [m]

2.5

H pila [m]

38

Spostamento a testa Pila

Combinazione	Spost. Verticale lungo Asse 1 (X) [m]	Spost. Orizzontale lungo Asse 2 (Y) [m]	Spost. Orizzontale lungo Asse 3 (Z) [m]	Rotazione attorno all'Asse 2 (Y) [Rad]	Rotazione attorno all'Asse 3 (Z) [Rad]	Spost. Orizzontale lungo Asse 2 (Y) [m]	Spost. Orizzontale lungo Asse 3 (Z) [m]
1	2.75E-03	3.07E-03	-5.30E-04	-3.25E-05	-4.22E-04	2.01E-02	7.85E-04
2	2.67E-03	-2.99E-03	-8.73E-04	-8.99E-05	3.93E-04	1.29E-02	2.77E-03
3	2.70E-03	2.96E-03	-4.47E-04	-3.85E-05	-4.42E-04	2.08E-02	1.11E-03
4	2.62E-03	-2.91E-03	4.87E-04	4.02E-05	4.28E-04	1.44E-02	2.11E-03
5	2.73E-03	-1.11E-03	-2.65E-03	-2.27E-04	1.81E-04	6.22E-03	6.54E-03
6	2.57E-03	1.27E-03	2.77E-03	2.41E-04	-2.25E-04	1.04E-02	1.25E-02
7	2.71E-03	-1.09E-03	-2.66E-03	-2.49E-04	1.66E-04	5.62E-03	7.43E-03
8	2.60E-03	1.27E-03	2.75E-03	2.55E-04	-2.21E-04	1.02E-02	1.31E-02
9	2.55E-03	-2.54E-03	4.97E-04	4.64E-05	3.69E-04	1.24E-02	2.38E-03
10	2.73E-03	2.74E-03	-4.06E-04	-3.10E-05	-4.02E-04	1.90E-02	8.50E-04
11	2.20E-03	-1.38E-03	-4.08E-04	-2.74E-05	2.26E-04	7.76E-03	7.01E-04
12	3.05E-03	1.09E-03	5.51E-04	4.27E-05	-1.69E-04	7.94E-03	2.28E-03

Tabella 8-11 - Combinazioni SLV: spostamenti e rotazioni.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
35 di 46

9 VERIFICA AGLI SLU DI TIPO GEOTECNICO

9.1 Verifica di capacità portante verticale del palo singolo

La verifica di capacità portata verticale per il singolo palo è stata condotta in accordo ai criteri descritti nel documento di cui al Rif. [9]§ 5-9.2.2; vedasi anche la relazione Rif. [10].

In Figura 9-1 si riporta, per i pali di lunghezza 47.0 m, la capacità portante a compressione ($R_{c,d}$) e a trazione ($R_{t,d}$) del palo isolato secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

COMPRESSIONE						
DA2. Capacità portante compressione A1+M1+R3						
L m	$R_{c,s,cal}$ kN	$R_{c,s,cal}/1.25$ kN	$R_{c,b,cal}$ kN	W'_p kN	$R_{c,calc}$ kN	$R_{c,d}$ kN
47	22,798	18,239	6,469	1,246	28,022	12,861

TRAZIONE					
DA2. Capacità portante trazione A1+M1+R3					
L m	$R_{t,s,cal}$ kN	$R_{b,cal}$ kN	W'_p kN	$R_{t,calc}$ kN	$R_{t,d}$ kN
47	18,239		1,246	19,485	9,829

Tabella 9-1 - Capacità portante a compressione e a trazione dei pali di fondazione secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Il carico assiale massimo sui pali è riportato nella tabella seguente (vedasi anche Tabella 8-8 e Tabella 8-10).

	E_d [kN]
Massima compressione, $N_{cd,max}$ [kN]	11 914 (SLU)
Massima trazione, $N_{td,max}$ [kN]	-1 959 (SLU)

Tabella 9-2 - Combinazioni SLU e SLV: Sollecitazioni massime di compressione e trazione sui pali.

Si verifica inoltre che lo sforzo assiale massimo in esercizio (Tabella 9-3) sia inferiore della resistenza laterale di calcolo ($R_{c,s,cal}$) divisa per un fattore pari a 1.25 (Tabella 9-1).

	E_d [kN]
Massima compressione esercizio	8 487 (SLE)

Tabella 9-3 - Combinazioni SLE: Sollecitazione massima di compressione.

Nella Tabella 9-4 e grafico di Figura 9-1 si riassumono i risultati delle verifiche di capacità portante.

	E_d [kN]		R_d [kN]	
Massima Compressione	11 914 (SLU)	≤	12 861	VERIFICATO
Massima trazione	1 959 (SLU)	≤	9 829	VERIFICATO
Massima compressione esercizio	8 487 (SLE)	≤	18 239	VERIFICATO

Tabella 9-4 - Sintesi delle verifiche di capacità portante

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
36 di 46

VI01-P3 - DA2 - Capacità Portante A1+M1+R3 - Palo diametro 1500mm

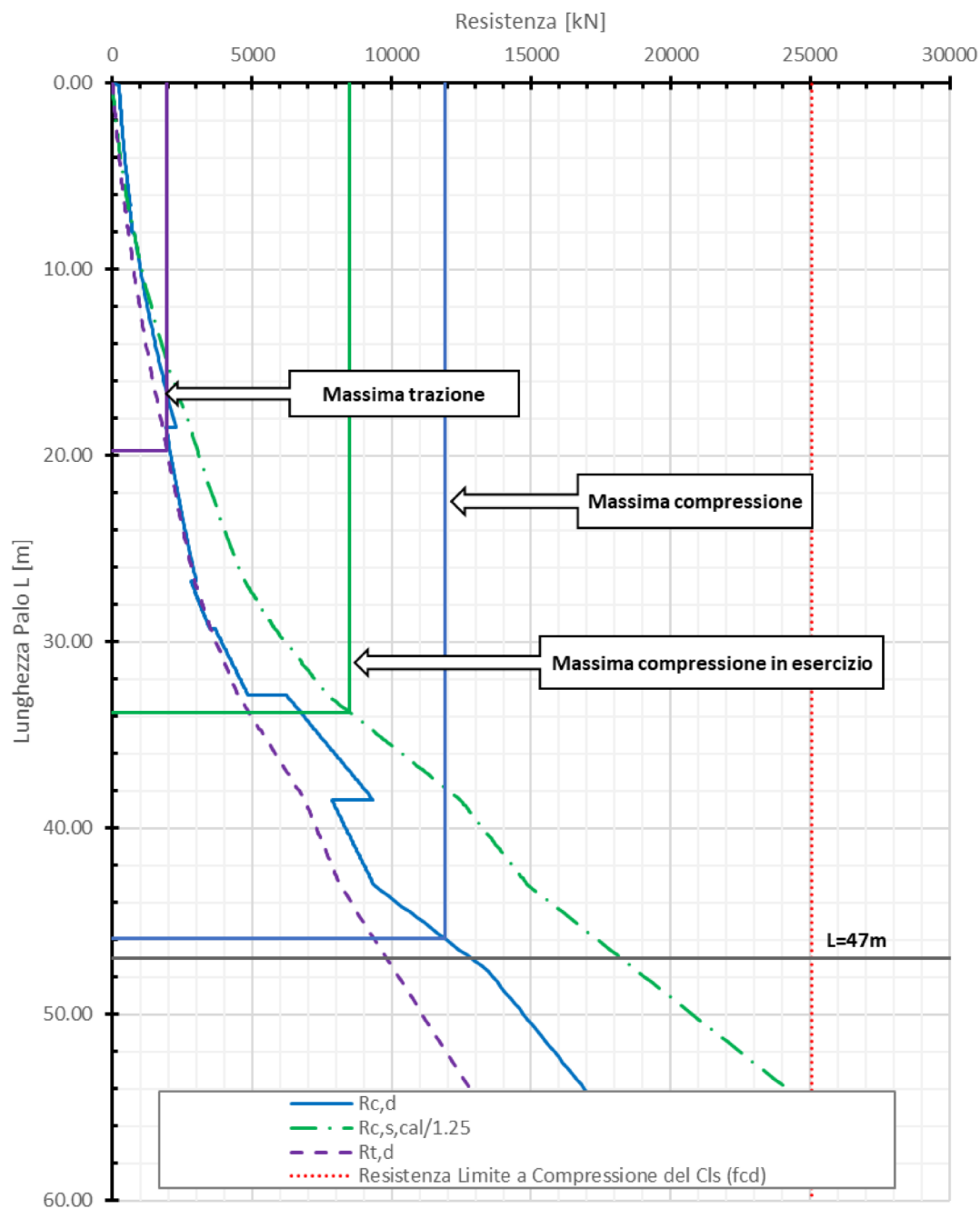


Figura 9-1 - Curve di capacità portante del palo singolo

9.2 Verifica di capacità portante verticale gruppo di pali

La verifica di capacità portante verticale del blocco è stata condotta in accordo ai criteri descritti nel documento di cui al Rif. [9]§ 7.1.

Nella seguente tabella si riporta la capacità portante del blocco valutata secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
37 di 46

Capacità portante verticale del blocco (BS 8004:2015)

A1+M1+R3

B (y)	9.30	m	larghezza
L (z)	15.00	m	lunghezza
D	47.00	m	profondità
Ø	1.50	m	diametro palo
Area	1.77	m ²	area palo
n°	11		numero pali
γ _{R, cap. port.}	2.30		coefficiente di sicurezza globale per capacità portante
Strato 1: COL1			
φ _{laterale}	30.00	°	angolo di resistenza al taglio
k ₀	0.50		coefficiente di spinta a riposo
σ' _v	77.48	kPa	pressione verticale efficace media sulle superficie laterale
s _{block}	0.75		fattore di forma
q _{s,k}	16.8	kPa	portanza laterale
A _{s1}	318	m ²	area laterale
Strato 2: DAL			
s _{block}	0.75		fattore di forma
c _{u,s,k}	40	kPa	coesione non drenata
q _{s,k}	30	kPa	portanza laterale
A _{s2}	73	m ²	area laterale
Strato 3: DG			
φ _{laterale}	30.00	°	angolo di resistenza al taglio
k ₀	0.5		coefficiente di spinta a riposo
σ' _v	113.2	kPa	pressione verticale efficace media sulle superficie laterale
s _{block}	0.75		fattore di forma
q _{s,k}	25	kPa	portanza laterale
A _{s3}	505	m ²	area laterale
Strato 4: DAL			
s _{block}	0.75		fattore di forma
c _{u,s,k}	65	kPa	coesione non drenata
q _{s,k}	49	kPa	portanza laterale
A _{s4}	401	m ²	area laterale
Strato 5: ARGalt			
X ₃	1.00	-	fattore di confidenza
s _{block}	0.75		fattore di forma
q _s	112.4	kPa	adesione laterale palo singolo
q _{s,k}	85	kPa	portanza laterale caratteristica
A _{s5}	126	m ²	area laterale
Strato 6: ARGcat			
X ₃	1.00	-	fattore di confidenza
s _{block}	0.75		fattore di forma
q _s	140.5	kPa	adesione laterale palo singolo
q _{s,k}	106	kPa	portanza laterale caratteristica
A _{s6}	173	m ²	area laterale
Strato 7: ARG			
X ₃	1.00	-	fattore di confidenza
s _{block}	0.75		fattore di forma
q _s	224.9	kPa	adesione laterale palo singolo
q _{s,k}	169	kPa	portanza laterale caratteristica
A _{s7}	272	m ²	area laterale
Strato 8: ARGcat			
X ₃	1.00	-	fattore di confidenza
s _{block}	0.75		fattore di forma
q _s	140.5	kPa	adesione laterale palo singolo
q _{s,k}	106	kPa	portanza laterale caratteristica
A _{s8}	224	m ²	area laterale
Strato 9: ARG			
X ₃	1.00	-	fattore di confidenza
s _{block}	0.75		fattore di forma
q _s	224.9	kPa	adesione laterale palo singolo
q _{s,k}	169	kPa	portanza laterale caratteristica
A _{s9}	192	m ²	area laterale
q _b	3566	kPa	portanza limite palo singolo alla base
q _{b,k}	3566		portanza alla base caratteristica
A _b	140	m ²	area della base
R _{block,c,d}	290,456	kN	resistenza di progetto

Tabella 9-5 - Capacità portante del blocco (Approccio 2 A1+M1+R3).

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
38 di 46

Dalle sollecitazioni riportate in Tabella 7-6 e in Tabella 7-8 si ricava il carico verticale massimo ad intradosso plinto che risulta inferiore alla portanza del blocco.

	E_d [kN]
Carico verticale massimo, N_{Rd,max} [kN]	80 008 (SLU)

Tabella 9-6 - Combinazioni SLU e SLV: Carico verticale massimo ad intradosso plinto.

9.3 Verifica di capacità portante orizzontale del gruppo di pali

La verifica di capacità portata orizzontale del gruppo di pali è stata condotta con i criteri descritti nel documento di cui al Rif. [9] § costruendo il dominio di resistenza sulla base dei tagli resistenti nelle due direzioni determinati riducendo il carico p delle curve p-y del fattore:

$$\frac{1}{(\xi \cdot \gamma_T)} = \frac{1}{(1.7 \cdot 1.3)} = 0.45.$$

Nell'analisi si tiene conto anche dell'interazione fra i pali (effetto ombra) in accordo a Reese & Van Impe.

Nella tabella seguente si riportano i valori del taglio resistente (V_{rdy} , V_{rdz}) nelle direzioni $\pm y$ e $\pm z$:

V_{rdy} (+)	Taglio resistente in direzione +y	10 500 [kN]
V_{rdy} (-)	Taglio resistente in direzione -y	-10 500 [kN]
V_{rdz} (+)	Taglio resistente in direzione +z	10 500 [kN]
V_{rdz} (-)	Taglio resistente in direzione -z	-10 500 [kN]

Tabella 9-7 – Taglio resistente del gruppo di pali in direzione y e z.

Nella figura seguente all'intorno del dominio di rottura sono rappresentati i valori dei tagli sollecitanti di Tabella 7-8 per gli SLU e di Tabella 7-6 per lo SLV da cui risulta che:

$$V_{Ed,max} \leq V_{Rd}$$

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
39 di 46

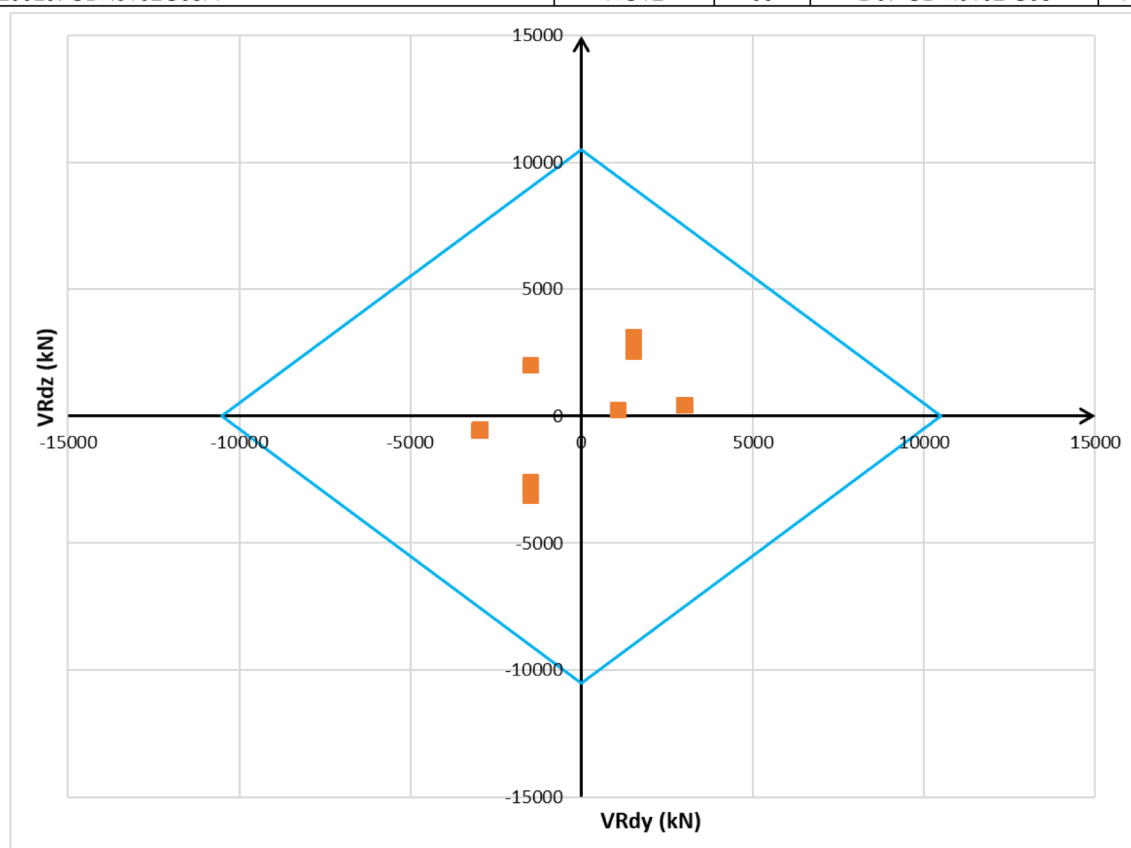


Figura 9-2 - Dominio di resistenza per la verifica alle azioni orizzontali per combinazione SLU

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
40 di 46

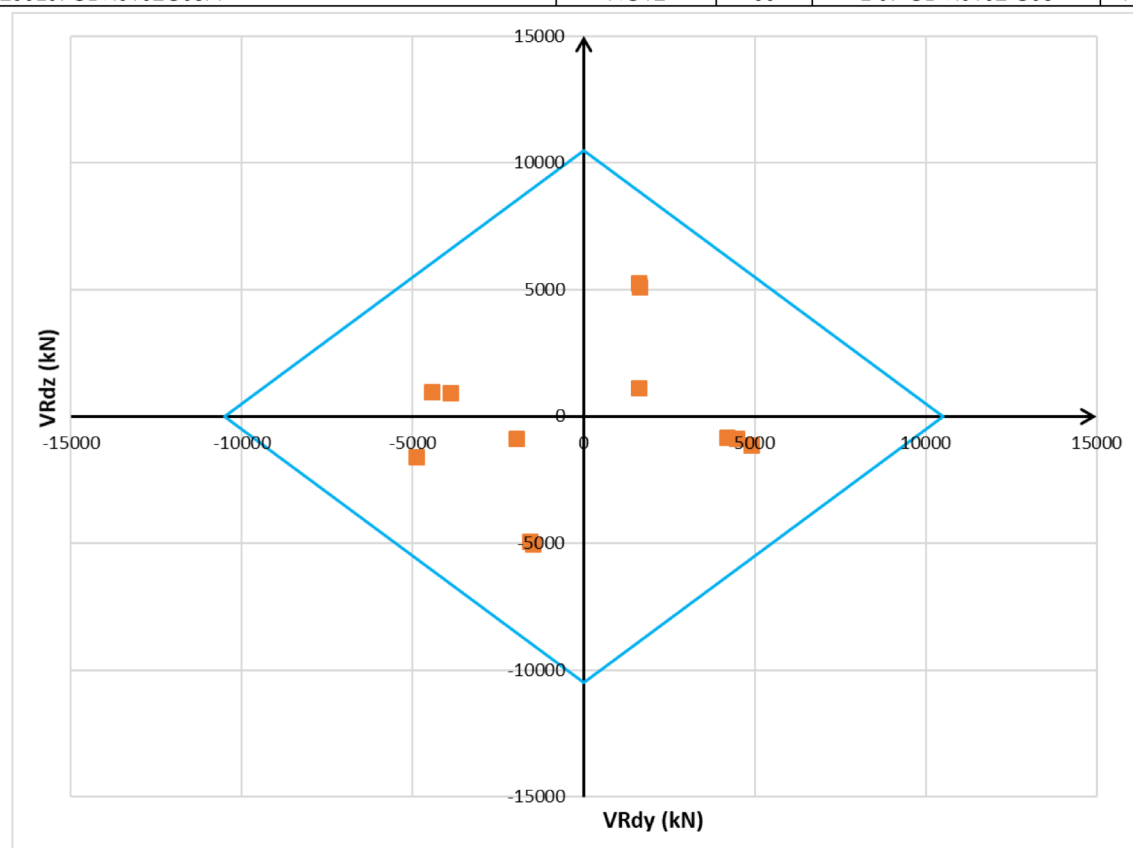


Figura 9-3 - Dominio di resistenza per la verifica alle azioni orizzontali per combinazione SLV

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
41 di 46

10 VERIFICA DEI PALI AGLI SLU E SLE DI TIPO STRUTTURALE

Nel seguito si riportano le verifiche strutturali nei confronti del raggiungimento della resistenza strutturale dei pali di fondazione la cui armatura di riferimento (gabbia n.1) è riportata nella figura seguente.

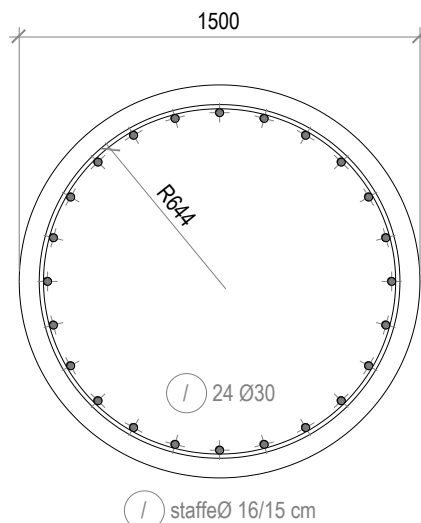


Figura 10-1 - Armatura palo.

Numero Gabbia	Lunghezza gabbia [m]	Armatura longitudinale	Armatura a taglio
1-2	12.00	24Ø30	Ø16/150
3	12.00	24Ø26	Ø12/150
4	12.00	24Ø24	Ø12/150
5	6.70	24Ø24	Ø12/150

Tabella 10-1 - Armatura prevista a flessione per il palo di fondazione.

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche condotte allo SLU, SLV e allo SLE. Le stesse sono state effettuate con l'ausilio del programma di calcolo RC-SEC (Rif. [21]).

10.1 Verifica allo SLU in condizioni statiche a presso-tenso flessione

La verifica a presso-tenso flessione di seguito riportata è condotta con riferimento alle sollecitazioni statiche SLU di Tabella 8-8; come risulta dalla Figura 8-16, Figura 8-17 a profondità maggiori di 14.0 m da testa palo, le sollecitazioni flessionali si riducono notevolmente.

Nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

- Palo: indicazione del palo maggiormente sollecitato, secondo la numerazione di Figura 8-2;
- ID: condizione di carico;
- N_{sd} : sollecitazione assiale agente nella sezione di interesse;
- M_{sd} : sollecitazione flessionale agente nella sezione di interesse;
- FS: Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N_{Rd}, M_{Rd}) e (N_{sd}, M_{sd}) con N_{Rd} e M_{Rd} valori di resistenza a sforzo normale e flessionale.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
42 di 46

	Palo	ID	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	FS [-]
Massima Compressione	11	7	11,914	283	24.6+2
Min Compressione / Max Trazione	11	8	-1,959	104	27.50
Massimo Momento	1	3	10,370	703	9.71
Massimo Taglio	1	6	11,294	489	14.12

Tabella 10-2- Verifiche a presso/tenso-flessione agli SLU per le condizioni di carico più gravose

Le verifiche risultano soddisfatte.

In Figura 10-2 viene riportato il dominio di interazione N-M all'interno del quale sono state graficate tutte le coppie sollecitanti N-M di ogni palo e per ogni combinazione di carico SLU. Le sollecitazioni graficate sono relative all'intervallo compreso tra la quota di testa palo e la profondità di 19.1 m (fine della seconda gabbia di armatura). Tutti i punti N-M sono all'interno del dominio, pertanto la verifica è soddisfatta.

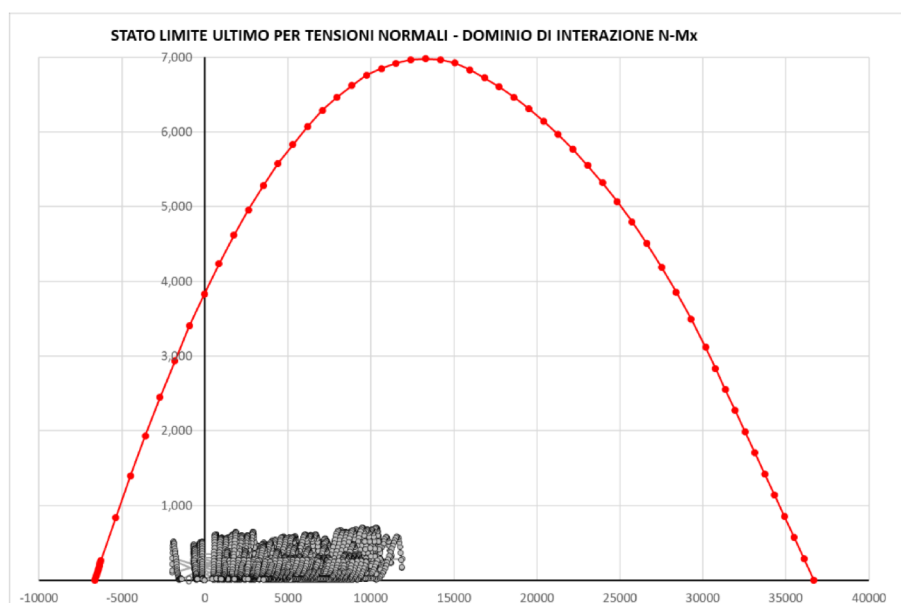


Figura 10-2 – Dominio di interazione N-M per la combinazione SLU

10.2 Verifica allo SLU in condizioni statiche a taglio

La verifica a taglio di seguito riportata è condotta con riferimento alle sollecitazioni statiche SLU di Tabella 8-8; come risulta dalla Figura 8-16, Figura 8-17 a profondità maggiori di 14.0 m da testa palo le sollecitazioni taglienti si riducono notevolmente.

Nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

- Palo: indicazione del palo maggiormente sollecitato, secondo la numerazione di Figura 8-2;
- ID: condizione di carico;
- V_{sd} : sollecitazione di taglio agente nella sezione di interesse;
- V_{Rd} : resistenza a taglio di progetto;

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
43 di 46

- FS: Misura sicurezza = rapporto tra V_{Rd} e V_{Sd} con V_{Rd} valore di resistenza a taglio.

	Palo	ID	V_{Sd} [kN]	V_{Rd} [kN]	FS [-]
Massima Compressione	11	7	366	2,401	6.57
Min Compressione / Max Trazione	11	8	251	3,142	12.50
Massimo Momento	1	3	15	2,455	164.80
Massimo Taglio	1	6	421	2,423	5.76

Tabella 10-3 - Verifiche a taglio agli SLU per le condizioni di carico più gravose

Le verifiche risultano soddisfatte.

10.3 Verifica allo SLU in condizioni sismiche a presso-tenso flessione

La verifica a presso-tenso flessione di seguito riportata è condotta con riferimento alle sollecitazioni sismiche SLV di Tabella 8-10; come risulta dalla Figura 8-18, Figura 8-19, a profondità maggiori di 14.0 m da testa palo, le sollecitazioni flessionali si riducono notevolmente.

Nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

- Palo: indicazione del palo maggiormente sollecitato, secondo la numerazione di Figura 8-2;
- ID: condizione di carico;
- N_{Sd} : sollecitazione assiale agente nella sezione di interesse;
- M_{Sd} : sollecitazione flessionale agente nella sezione di interesse;
- FS: Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N_{Rd}, M_{Rd}) e (N_{Sd}, M_{Sd}) con N_{Rd} e M_{Rd} valori di resistenza a sforzo normale e flessionale valutati in campo sostanzialmente elastico.

	Palo	ID	N_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]	FS [-]
Massima Compressione	1	8	8,711	1,231	4.54
Min Compressione / Max Trazione	11	8	28	915	2.94
Massimo Momento	1	6	8,551	1,293	4.32
Massimo Taglio	1	6	8,551	1,293	4.32

Tabella 10-4 - Verifiche a presso/tenso-flessione agli SLU per le condizioni di carico più gravose

Le verifiche risultano soddisfatte.

In Figura 10-3 viene riportato il dominio di interazione $N-M'_{yd}$ in campo sostanzialmente elastico, all'interno del quale sono state graficate tutte le coppie sollecitanti $N-M$ di ogni palo e per ogni combinazione di carico SLV. Le sollecitazioni graficate sono relative all'intervallo compreso tra la quota di testa palo e la profondità di 19.10m (fine della seconda gabbia di armatura). Tutti i punti $N-M$ sono all'interno del dominio, pertanto la verifica è soddisfatta.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
44 di 46

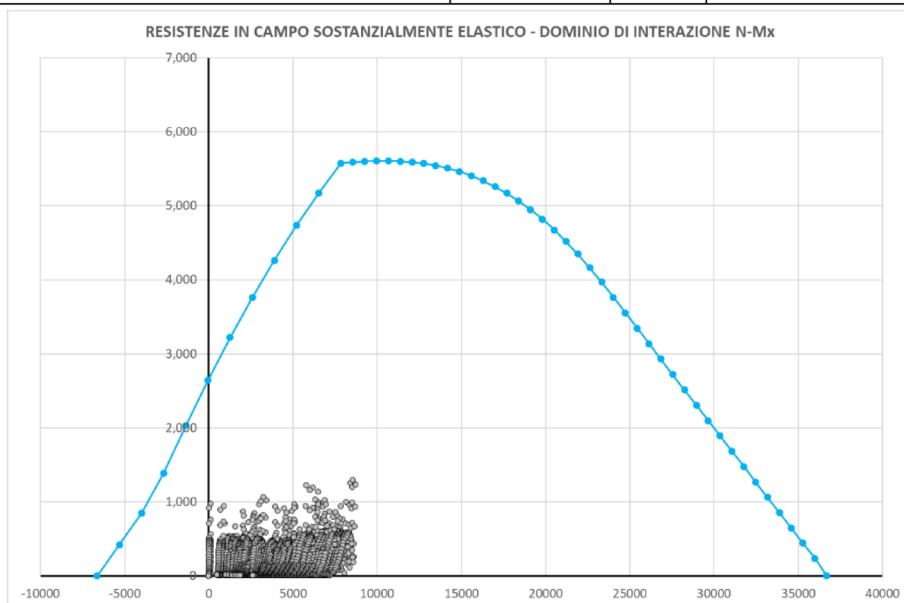


Figura 10-3– Dominio di interazione N-M per la combinazione SLV in campo sostanzialmente elastico

10.4 Verifica allo SLU in condizioni sismiche a taglio

La verifica a taglio di seguito riportata è condotta con riferimento alle sollecitazioni sismiche SLV di Tabella 8-10; come risulta dalla Figura 8-18, Figura 8-19, a profondità maggiori di 14.0 m da testa palo, le sollecitazioni taglianti si riducono notevolmente.

Nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

- Palo: indicazione del palo maggiormente sollecitato, secondo la numerazione di Figura 8-2;
- ID: condizione di carico;
- V_{sd} : sollecitazione di taglio agente nella sezione di interesse;
- V_{Rd} : resistenza a taglio di progetto;
- FS: Misura sicurezza = rapporto tra V_{Rd} e V_{sd} con V_{Rd} valore di resistenza a taglio.

	Palo	ID	V_{sd} [kN]	V_{Rd} [kN]	FS [-]
Massima Compressione	1	8	638	2,429	3.81
Min Compressione / Max Trazione	11	8	461	2,785	6.04
Massimo Momento	1	6	653	2,435	3.73
Massimo Taglio	1	6	653	2,435	3.73

Tabella 10-5 - Verifiche a taglio agli SLU per le condizioni di carico più gravose

Le verifiche risultano soddisfatte.

10.5 Verifiche agli SLE di tipo STR

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche condotte allo SLE.

10.5.1 Verifica di apertura delle fessure

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
45 di 46

Nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

- Palo: indicazione del palo maggiormente sollecitato, secondo la numerazione di Figura 8-2;
- ID: condizione di carico;
- N_{sd} : sollecitazione assiale agente nella sezione di interesse;
- M_{sd} : sollecitazione flessionale agente nella sezione di interesse;
- $w_{k,lim}$: valore limite di apertura della fessura per condizioni ambientali aggressive, vedasi “Relazione dei Criteri di Progettazione Geotecnica” (Rif. [9]);
- w_k : valore calcolato di apertura della fessura
- $\sigma_{s,max}$: massima tensione di trazione determinata nelle barre d’armatura (>0 se di compressione).

SLE-FREQUENTE							
	Palo	ID	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	$w_{k,lim}$ [mm]	w_k [mm]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]
Massima Compressione	11	19	6,479	66	0.20	0.00	46.00
Min Compressione / Max Trazione	11	20	2,503	192	0.20	0.00	12.40
Massimo Momento	1	13	6,036	240	0.20	0.00	37.10
Massimo Taglio	11	14	6,269	38	0.20	0.00	45.30

Tabella 10-6 - Verifica apertura delle fessure combinazione SLE frequente

Le verifiche risultano soddisfatte.

SLE-QUASI PERMANENTE							
	Palo	ID	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	$w_{k,lim}$ [mm]	w_k [mm]	
Massima Compressione	11	7	6,061	22	0.20	0.00	
Min Compressione / Max Trazione	1	11	2,964	181	0.20	0.00	
Massimo Momento	1	12	5,859	201	0.20	0.00	
Massimo Taglio	11	2	6,012	32	0.20	0.00	

Tabella 10-7 - Verifica apertura delle fessure combinazione SLE quasi permanente

Le verifiche risultano soddisfatte.

10.5.2 Verifica tensionale

In Tabella 10-8 sono riportati i massimi valori delle tensioni lato conglomerato e barre d’armatura agenti sulla sezione di verifica. Nel seguente prospetto sono riportati i valori di:

- Palo: indicazione del palo maggiormente sollecitato, secondo la numerazione di Figura 8-2;
- ID: condizione di carico;
- N_{sd} : sollecitazione assiale agente nella sezione di interesse;
- M_{sd} : sollecitazione flessionale agente nella sezione di interesse;
- $\sigma_{c,max}$: massima tensione di compressione determinata nel conglomerato (>0 se di compressione);
- $\sigma_{c,min}$: minima tensione di compressione determinata nel conglomerato (>0 se di compressione);

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C03A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C03

Rev.
A

Foglio
46 di 46

- $\sigma_{s,max}$: massima tensione di trazione determinata nelle barre d'armatura (>0 se di compressione).

SLE-RARA

	Palo	ID	N _{sd} [kN]	M _{sd} [kNm]	$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]
Massima Compressione	11	31	8,487	200	4.70	3.70	56.60
Min Compressione / Max Trazione	11	32	-75	67	0.28	0.00	-15.10
Massimo Momento	11	28	7,279	444	4.71	2.50	39.80
Massimo Taglio	1	30	7,997	352	4.83	3.08	48.00

Tabella 10-8 - Massimi valori di tensione lato conglomerato e lato barre d'armatura agli SLE-RARA

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto:

- allo SLE in combinazione di carico rara le massime tensioni rispettivamente su calcestruzzo e barre d'armatura risultano inferiori ai limiti imposti dalle vigenti NTC18 pari a:
 - $\sigma_{c,lim}=0.60 \cdot f_{ck} = 18.0$ MPa;
 - $\sigma_{s,lim}=0.80 \cdot f_{yk} = 360.0$ MPa.

SLE-QUASI PERMANENTE

	Palo	ID	N _{sd} [kN]	M _{sd} [kNm]	$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]
Massima Compressione	11	7	6,061	22	3.05	2.94	44.30
Min Compressione / Max Trazione	1	11	2,964	181	1.92	1.02	16.20
Massimo Momento	1	12	5,859	201	3.40	2.40	37.00
Massimo Taglio	11	2	6,012	32	3.05	2.89	43.60

Tabella 10-9 - Massimi valori di tensione lato conglomerato agli SLE-QUASI PERMANENTE

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto:

- allo SLE in combinazione di carico quasi permanente le massime tensioni sul calcestruzzo risultano inferiori ai limiti imposti dalle vigenti NTC18 pari a:
 - $\sigma_{c,lim}=0.45 \cdot f_{ck} = 13.50$ MPa.