

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 P4

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	4	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

File: NG1200E09CLV10102C04A

Contraente 		Progettista 				
Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A		Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 09 CL VI0102 C04	Rev. A	Foglio 2 di 45
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	<i>Acciaio per armatura strutture in c.a.</i>					5
3.2	CALCESTRUZZO					5
3.2.1	<i>Calcestruzzo magro per getti di livellamento</i>					5
3.2.2	<i>Calcestruzzo pali</i>					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	<i>Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi sismici (SLV)</i>					9
7.1.2	<i>Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi statici (SLU)</i>					10
7.1.3	<i>Combinazioni delle azioni agli stati limite di esercizio (SLE)</i>					10
7.2	SCARICHI A INTRADOSSO PLINTO					11
7.2.1	<i>Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi sismici (SLV)</i>					11
7.2.2	<i>Combinazioni delle azioni agli stati limite ultimi statici (SLU)</i>					14
7.2.3	<i>Combinazioni delle azioni agli stati limite di esercizio (SLE)</i>					15
8	ANALISI DELL'INTERAZIONE FONDAZIONE-TERRENO					18

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12



Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
3 di 45

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.....	40
10.1	VERIFICA ALLO SLU IN CONDIZIONI STATICHE A PRESSO-TENSO FLESSIONE	40
10.2	VERIFICA ALLO SLU IN CONDIZIONI STATICHE A TAGLIO	41
10.3	VERIFICA ALLO SLU IN CONDIZIONI SISMICHE A PRESSO-TENSO FLESSIONE.....	42
10.4	VERIFICA ALLO SLU IN CONDIZIONI SISMICHE A TAGLIO.....	43
10.5	VERIFICHE AGLI SLE DI TIPO STR.....	43
10.5.1	<i>Verifica di apertura delle fessure</i>	43
10.5.2	<i>Verifica tensionale</i>	44

Contraente		Progettista				
						
Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A		Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 09 CL VI0102 C04	Rev. A	Foglio 4 di 45

1 PREMESSA

La presente relazione riporta le verifiche geotecniche e strutturali dei pali della pila P4 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 C04 - “Armatura palo Pila P4”
- Rif. [4] NG12 00 E 09 BZ VI0103 C07 - “Armatura plinto Pila P4 - Tav. 1”
- Rif. [5] NG12 00 E 09 BZ VI0103 C08 - “Armatura plinto Pila P4 - 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 C05 - “Relazione di calcolo strutturale plinto - Pila P4”
- 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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
5 di 45

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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
6 di 45

4 SISMICITA'

L'azione sismica è valutata in accordo alle NTC2018 di cui al Rif. [13] (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:

- $a_{\max,H} = 0.158g$;
- $a_{\max,V} = 0.117g$

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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
7 di 45

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 50.0 m e interasse 4.50 m; le dimensioni del plinto di fondazione sono 10.80x16.5x2.5 m (Figura 5-1).

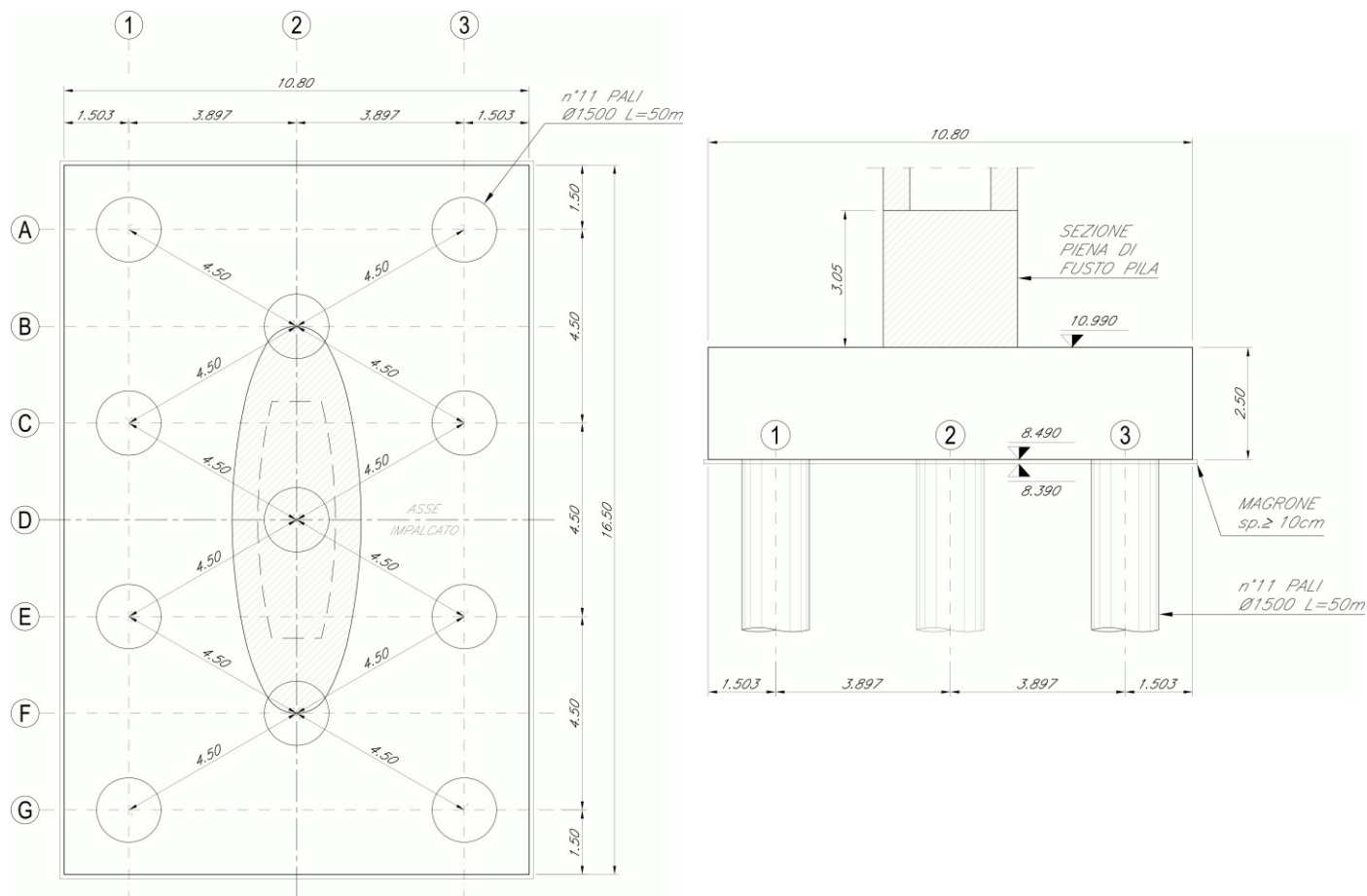


Figura 5-1 – Geometria di riferimento per il plinto su pali.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
8 di 45

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	9.6	-1.2
COL1	Coltre eluvio-colluviale	1.9	6.7
DAL	Depositi alluvionali fini	0.0	8.5
DG	Depositi alluvionali grossolani	-9.9	18.5
DAL	Depositi alluvionali fini	-19.6	28.2
DG	Depositi alluvionali grossolani	-30.9	39.5
ARGalt	Argilliti alterate	-33.4	42.0
ARG	Argilliti	< -33.4	> 42.0

Tabella 5-1 – Stratigrafia

Unità	γ [kN/mc]	φ' [°]	c_u [kPa]	σ_{ci} [kPa]	E_i [kPa]	mb	s	a	E_{press} [kPa]	RQD
R	19	32								
COL1	19		40							
DAL	19		50							
DG	21	30								
DAL	19		65							
DG	21	30								
ARGalt	26.5			2 000	900 000	0.1540	1.560E-05	0.5530	138 000	15
ARG	27	32		5 500	3 410 000	0.4530	2.000E-04	0.5160	400 000	50

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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
9 di 45

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.

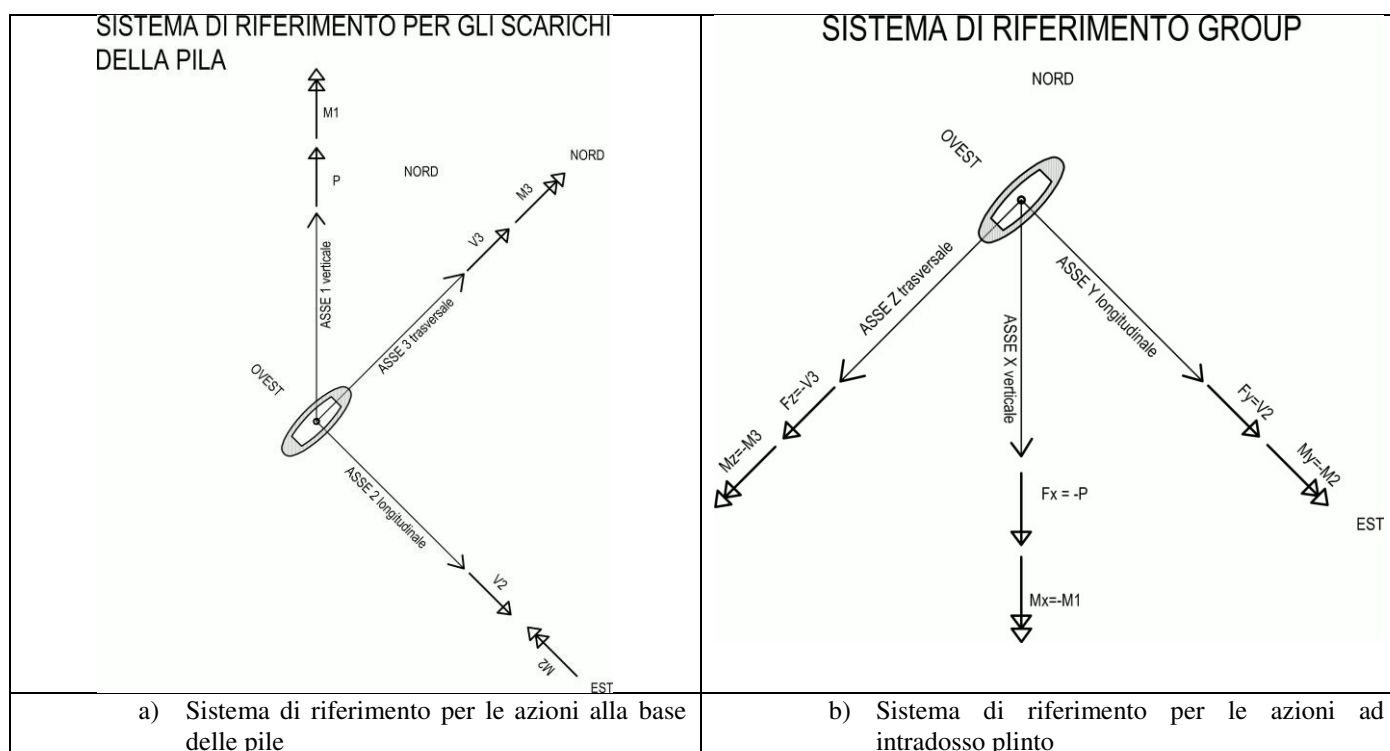


Figura 7-1 – Assi di riferimento per gli scarichi in fondazione.

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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
10 di 45

COMBINAZIONE DI CALCOLO	F_x	F_y	M_z	F_z	M_y	M_x
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
P4-V2max-SIS.TH.1	37 381	2 203	-66 597	122	4 841	99
P4-V2min-SIS.TH.1	36 614	-2 143	64 938	-31	-9 845	-112
P4-M3max-SIS.TH.1	37 035	1 904	-72 653	-257	-12 902	132
P4-M3min-SIS.TH.1	36 743	-1 848	71 225	266	13 993	-102
P4-V3max-SIS.TH.1	36 354	-899	32 416	-2 327	-73 065	-32
P4-V3min-SIS.TH.1	35 731	829	-32 595	2 339	73 222	27
P4-M2max-SIS.TH.1	36 674	-916	29 971	-2 248	-77 252	-14
P4-M2min-SIS.TH.1	36 800	555	-26 020	2 231	77 769	11
P4-Tmax-SIS.TH.1	36 959	-1 473	55 650	639	18 637	-150
P4-Tmin-SIS.TH.1	35 471	1 414	-62 530	-246	-13 160	164
P4-Pmax-SIS.TH.1	30 488	383	-26 440	140	4 590	27
P4-Pmin-SIS.TH.1	42 200	-798	41 653	-25	-8 414	-65

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
P4-V2max-SLUstr.6	51 112	2 819	-105 524	182	5 193	122
P4-V2min-SLUstr.13	37 319	-2 816	104 243	-249	-6 316	-122
P4-M3max-SLUstr.6	51 112	2 801	-106 247	182	5 193	122
P4-M3min-SLUstr.13	37 319	-2 798	104 955	-249	-6 316	-122
P4-V3max-SLUstr.5	49 490	-1 441	59 987	-3 288	-113 581	-65
P4-V3min-SLUstr.12	30 873	1 452	-59 036	3 229	123 239	59
P4-M2max-SLUstr.5	49 499	-1 439	59 669	-2 644	-137 846	-62
P4-M2min-SLUstr.12	32 394	1 450	-59 202	2 536	147 550	56
P4-Tmax-SLUstr.13	36 345	-2 786	103 754	-210	-5 666	-139
P4-Tmin-SLUstr.6	49 663	2 785	-105 049	207	5 538	139
P4-Pmax-SLUstr.12	30 303	1 450	-58 906	2 583	127 569	56
P4-Pmin-SLUstr.1	60 649	-956	51 257	-179	-10 590	-58

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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
11 di 45

	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
P4-V2max-SLEqp.1	37 148	789	-32 234	49	1 278	38
P4-V2min-SLEqp.1	37 146	-787	32 144	-105	-2 680	-38
P4-M3max-SLEqp.1	37 148	789	-32 234	49	1 278	38
P4-M3min-SLEqp.1	37 146	-787	32 144	-105	-2 680	-38
P4-V3max-SLEqp.1	37 146	-766	31 335	-108	-2 907	-38
P4-V3min-SLEqp.1	35 061	779	-31 739	122	1 898	38
P4-M2max-SLEqp.1	37 152	-765	31 198	-102	-5 320	-36
P4-M2min-SLEqp.1	36 331	778	-31 790	76	4 316	37
P4-Tmax-SLEqp.1	36 335	-777	31 700	-73	-2 186	-38
P4-Tmin-SLEqp.1	35 940	776	-31 671	72	1 598	39
P4-Pmax-SLEqp.1	35 056	778	-31 698	115	4 312	37
P4-Pmin-SLEqp.1	37 152	-786	32 103	-98	-5 095	-36
P4-V2max-SLEf.3	37 148	945	-38 587	65	1 708	46
P4-V2min-SLEf.3	37 146	-943	38 498	-120	-3 066	-45
P4-M3max-SLEf.3	37 148	945	-38 587	65	1 708	46
P4-M3min-SLEf.3	37 146	-943	38 498	-120	-3 066	-45
P4-V3max-SLEf.1	37 146	-766	31 355	-577	-2 994	-38
P4-V3min-SLEf.1	35 061	779	-31 757	592	1 978	38
P4-M2max-SLEf.2	36 936	-775	31 603	-476	-21 624	-36
P4-M2min-SLEf.2	35 805	787	-32 164	439	22 109	35
P4-Tmax-SLEf.1	36 335	-777	31 719	-73	-2 270	-50
P4-Tmin-SLEf.1	35 940	776	-31 689	72	1 681	51
P4-Pmax-SLEf.2	34 529	787	-32 067	479	22 098	35
P4-Pmin-SLEf.1	40 555	-786	32 281	-98	-5 197	-36
P4-V2max-SLEr.6	37 149	1 883	-69 576	115	3 235	82
P4-V2min-SLEr.6	37 145	-1 881	69 580	-172	-4 429	-81
P4-M3max-SLEr.6	37 149	1 869	-70 111	115	3 235	82
P4-M3min-SLEr.6	37 145	-1 867	70 107	-172	-4 429	-81
P4-V3max-SLEr.5	36 067	-959	39 319	-2 245	-75 679	-43
P4-V3min-SLEr.5	32 430	969	-39 480	2 208	82 065	39
P4-M2max-SLEr.5	36 074	-957	39 134	-1 768	-93 343	-41
P4-M2min-SLEr.5	33 699	967	-39 563	1 691	99 739	37
P4-Tmax-SLEr.6	36 333	-1 857	69 157	-140	-3 914	-94
P4-Tmin-SLEr.6	35 941	1 856	-69 104	137	3 542	94
P4-Pmax-SLEr.5	32 008	967	-39 403	1 731	84 954	37
P4-Pmin-SLEr.1	44 213	-639	33 507	-124	-6 959	-38

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:

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
12 di 45

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.

VIADOTTO

ID PILA

VERIFICA

TIPO DI APPROCCIO

VI01

P04

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

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

b) PLINTO DI FONDAZIONE - Carichi inerziali

$k_h \times \beta_m$	0.158 -	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
$k_v \times \beta_m$	0.117 -	accelerazione verticale massima attesa al sito
$PP_{sd,h}$	1 763 kN	azione inerziale del plinto in direzione orizzontale
b_v	1.25 m	braccio della forza $PP_{sd,h}$ da intradosso plinto
$PP_{sd,v}$	1 304 kN	azione inerziale del plinto in direzione verticale

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 amplificativo
$ST_{sd,v}$	3 134 kN	valore azione di progetto

d) RICOPRIMENTO TERRENO - Carichi inerziali

$k_h \times \beta_m$	0.158 -	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
$k_v \times \beta_m$	0.117 -	accelerazione verticale massima attesa al sito
$ST_{sd,h}$	496 kN	azione inerziale del terreno di ricoprimento in direzione orizzontale
b_v	3.00 m	braccio della forza $ST_{sd,h}$ da intradosso plinto
$ST_{sd,v}$	367 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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
13 di 45

ID	SISIMICO_SLV	F_x kN	F_y kN	M_z kN	F_z kNm	M_y kNm	M_x kNm
1	P4-V2max-SIS.TH.1	52 155	4 463	-75 796	800	6 253	99
2	P4-V2min-SIS.TH.1	50 385	-4 401	73 987	-708	-11 030	-111
3	P4-M3max-SIS.TH.1	51 808	4 163	-81 105	-934	-14 651	132
4	P4-M3min-SIS.TH.1	50 514	-4 107	79 537	944	15 765	-101
5	P4-V3max-SIS.TH.1	51 128	-1 576	35 772	-4 586	-82 574	-32
6	P4-V3min-SIS.TH.1	49 502	1 507	-35 776	4 598	82 762	28
7	P4-M2max-SIS.TH.1	50 445	-1 594	33 370	-4 506	-86 562	-14
8	P4-M2min-SIS.TH.1	51 573	1 233	-28 516	4 490	87 038	12
9	P4-Tmax-SIS.TH.1	51 733	-3 731	63 026	1 317	21 342	-150
10	P4-Tmin-SIS.TH.1	49 242	3 674	-69 757	-923	-14 882	165
11	P4-Pmax-SIS.TH.1	43 089	1 061	-28 504	818	6 048	28
12	P4-Pmin-SIS.TH.1	58 143	-1 475	44 755	-702	-9 584	-65

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
14 di 45

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

VI01

ID PILA

P04

VERIFICA

SLU - STATICO

TIPO DI APPROCCIO

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.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
15 di 45

ID	STATICO - ax-	F_x kN	F_y kN	M_z kN	F_z kNm	M_y kNm	M_x kNm
1	P4-V2max-SLUstr.6	70 380	2 820	-112 572	182	5 647	123
2	P4-V2min-SLUstr.13	56 586	-2 816	111 284	-249	-6 939	-121
3	P4-M3max-SLUstr.6	70 380	2 801	-113 249	182	5 647	123
4	P4-M3min-SLUstr.13	56 586	-2 798	111 951	-249	-6 939	-121
5	P4-V3max-SLUstr.5	68 757	-1 441	63 591	-3 288	-121 801	-64
6	P4-V3min-SLUstr.12	50 141	1 453	-62 667	3 230	131 313	59
7	P4-M2max-SLUstr.5	68 767	-1 439	63 267	-2 644	-144 455	-62
8	P4-M2min-SLUstr.12	51 662	1 451	-62 827	2 536	153 890	56
9	P4-Tmax-SLUstr.13	55 612	-2 785	110 719	-209	-6 190	-138
10	P4-Tmin-SLUstr.6	68 931	2 786	-112 012	207	6 056	140
11	P4-Pmax-SLUstr.12	49 570	1 451	-62 532	2 584	134 028	57
12	P4-Pmin-SLUstr.1	79 917	-955	53 646	-178	-11 037	-57

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

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).

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
16 di 45

VIADOTTO

ID PILA

VERIFICA

TIPO DI APPROCCIO

VI01

P04

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

V_{cls}	25.00 kN/m ³	
PP	11 138 kN	peso proprio del plinto
V_{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

$V_{terreno\ ricoprimento}$	20.00 kN/m ³	
ST	3 134 kN	sovraccarico terreno imbarcato
V_{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.

ID	STATICO - ax-	F_x kN	F_y kN	M_z kN	F_z kNm	M_y kNm	M_x kNm
1	P4-V2max-SLEqp.1	51 420	790	-34 207	50	1 402	39
2	P4-V2min-SLEqp.1	51 419	-786	34 112	-104	-2 942	-37
3	P4-M3max-SLEqp.1	51 420	790	-34 207	50	1 402	39
4	P4-M3min-SLEqp.1	51 419	-786	34 112	-104	-2 942	-37
5	P4-V3max-SLEqp.1	51 418	-766	33 252	-108	-3 178	-37
6	P4-V3min-SLEqp.1	49 333	780	-33 687	122	2 203	39
7	P4-M2max-SLEqp.1	51 424	-765	33 112	-101	-5 573	-36
8	P4-M2min-SLEqp.1	50 603	779	-33 734	76	4 506	37
9	P4-Tmax-SLEqp.1	50 607	-776	33 642	-73	-2 368	-38
10	P4-Tmin-SLEqp.1	50 213	777	-33 611	72	1 778	39
11	P4-Pmax-SLEqp.1	49 328	779	-33 642	116	4 601	37
12	P4-Pmin-SLEqp.1	51 424	-785	34 068	-98	-5 340	-36

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A



Foglio
17 di 45

ID	STATICO - ax-	F_x kN	F_y kN	M_z kN	F_z kNm	M_y kNm	M_x kNm
13	P4-V2max-SLEf.3	51 420	945	-40 949	65	1 871	46
14	P4-V2min-SLEf.3	51 418	-942	40 855	-120	-3 367	-45
15	P4-M3max-SLEf.3	51 420	945	-40 949	65	1 871	46
16	P4-M3min-SLEf.3	51 418	-942	40 855	-120	-3 367	-45
17	P4-V3max-SLEf.1	51 418	-766	33 271	-576	-4 436	-37
18	P4-V3min-SLEf.1	49 333	780	-33 704	592	3 457	39
19	P4-M2max-SLEf.2	51 208	-774	33 540	-475	-22 812	-35
20	P4-M2min-SLEf.2	50 077	787	-34 130	440	23 207	36
21	P4-Tmax-SLEf.1	50 607	-776	33 661	-73	-2 453	-50
22	P4-Tmin-SLEf.1	50 213	777	-33 630	72	1 860	51
23	P4-Pmax-SLEf.2	48 801	787	-34 034	479	23 296	36
24	P4-Pmin-SLEf.1	54 828	-785	34 247	-98	-5 442	-36

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	P4-V2max-SLEr.6	51 421	1 883	-74 283	116	3 524	82
26	P4-V2min-SLEr.6	51 417	-1 880	74 282	-171	-4 858	-81
27	P4-M3max-SLEr.6	51 421	1 870	-74 784	116	3 524	82
28	P4-M3min-SLEr.6	51 417	-1 867	74 776	-171	-4 858	-81
29	P4-V3max-SLEr.5	50 339	-958	41 716	-2 244	-81 291	-43
30	P4-V3min-SLEr.5	46 703	969	-41 901	2 209	87 586	40
31	P4-M2max-SLEr.5	50 346	-957	41 527	-1 768	-97 764	-41
32	P4-M2min-SLEr.5	47 972	968	-41 981	1 691	103 967	38
33	P4-Tmax-SLEr.6	50 605	-1 856	73 800	-139	-4 262	-93
34	P4-Tmin-SLEr.6	50 214	1 857	-73 745	138	3 885	95
35	P4-Pmax-SLEr.5	46 281	968	-41 821	1 731	89 281	38
36	P4-Pmin-SLEr.1	58 485	-639	35 105	-124	-7 269	-38

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

Contraente 	Progettista 				
Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 09 CL VI0102 C04	Rev. A	Foglio 18 di 45

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 rigidezza 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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
19 di 45

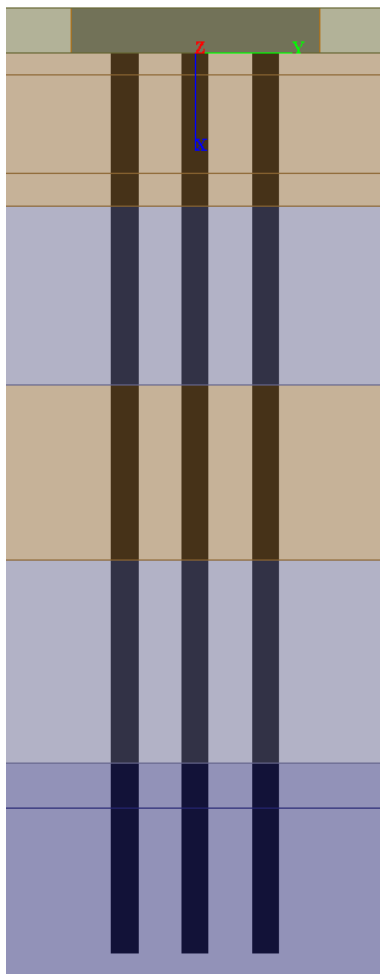


Figura 8-1 - Vista frontale del modello GROUPv2016.

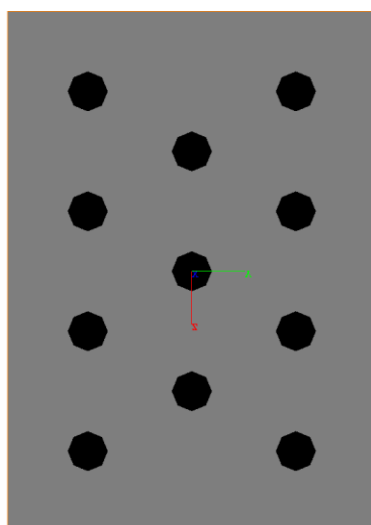


Figura 8-2 - Vista planimetrica del modello GROUPv2016.

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 rigidità del terreno sono stati assunti in accordo ai criteri illustrati nella relazione Rif. [9] § 8.1 per “sand”, “Stiff Clay with Free Water” 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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
20 di 45

determinata sulla 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	Dr %	k (kPa)	K_{rm}	σ_{ci} (kPa)	E_{press} (kPa)	RQD	q_s (kPa)	q_b (kPa)
COL1	"Stiff Clay with Free Water"		40		55 000					25.5-32	406-430
COL1	"Stiff Clay with Free Water"		40		55 000					32.00	430-534
DAL	"Stiff Clay with Free Water"		50		55 000					40.00	624-659
DG	"sand"	30		58	25 000					35.8-67.4	770-1450
DAL	"Stiff Clay with Free Water"		65		55 000					53.7-73.8	1003-1187
DG	"sand"	30		58	25 000					92.6-128.5	1992-2764
ARGalt	"weak rock"					0.0005	2 000	138 000	15	112.4	1169-1243
ARG	"weak rock"					0.0005	5 500	400 000	50	224.9	3428-5201

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	Stiff Clay w/o Free Water (Reese)	-2.5	0.01	1: Stiff Clay without Free Water
2	Stiff Clay with Free Water (Reese)	0.01	1.19	2: Stiff Clay with Free Water
3	Stiff Clay with Free Water (Reese)	1.19	6.65	3: Stiff Clay with Free Water
4	Stiff Clay with Free Water (Reese)	6.65	8.5	4: Stiff Clay with Free Water
5	API Sand (O'Neil)	8.5	18.45	5: API Sand
6	Stiff Clay with Free Water (Reese)	18.45	28.15	6: Stiff Clay with Free Water
7	API Sand (O'Neil)	28.15	39.45	7: API Sand
8	Weak Rock (Reese)	39.45	41.95	8: Weak Rock
9	Weak Rock (Reese)	41.95	77.5	9: Weak Rock

Figura 8-3 - Stratigrafia modello GROUP-v2016.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
21 di 45

Stiff Clay without Free Water 1

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Undrained Cohesion, c (kN/m ²)	Strain Factor E50	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	19	40	0.007	0	0
2	19	40	0.007	25.5	406

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

Strain Factor E50:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Strain Factor E50 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)

Stiff Clay with Free Water 2

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	40	55000	0.007	25.5	406
2	9	40	55000	0.007	32	430

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
22 di 45

Stiff Clay with Free Water 3

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight	Undrained Cohesion, c	p-y Modulus, k	Strain Factor E50	Ultimate Unit Side Friction	Ultimate Unit Tip Resistance
	(kN/m ³)	(kN/m ²)	(kN/m ³)		(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	9	40	55000	0.007	32	430
2	9	40	55000	0.007	32	534

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 (COL1)

Stiff Clay with Free Water 4

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight	Undrained Cohesion, c	p-y Modulus, k	Strain Factor E50	Ultimate Unit Side Friction	Ultimate Unit Tip Resistance
	(kN/m ³)	(kN/m ²)	(kN/m ³)		(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	9	50	55000	0.007	40	624
2	9	50	55000	0.007	40	659

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 8-7 - Layer no.4 (DAL)

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
23 di 45

API Sand 5

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	35.8	770
2	11	30	25000	67.4	1450

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 8-8 – Layer no.5 (DG)

Stiff Clay with Free Water 6

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	53.7	1003
2	9	65	55000	0.007	73.8	1187

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 8-9 - Layer no.6 (DAL)

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
24 di 45

API Sand 7

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	92.6	1992
2	11	30	25000	128.5	2764

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 8-10 - Layer no.7 (DG)

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	16.5	2000	138000	0.0005	15	112.4	1169
2	16.5	2000	138000	0.0005	15	112.4	1243

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 (ARGalt)

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	17	5500	400000	0.0005	50	224.9	3428
2	17	5500	400000	0.0005	50	224.9	5201

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 (ARG)

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
25 di 45

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 8-12 e in Figura 8 13 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	11	31	8 415	182	252
Min Compressione / Max Trazione	0.00	11	32	-98	57	167
Massimo Momento	4.00	11	28	6 661	393	8
Massimo Taglio	0.00	11	29	8 056	378	302

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	12	5 884	27	98
Min Compressione / Max Trazione	3.00	11	11	3 057	167	4
Massimo Momento	3.50	1	1	5 412	183	3
Massimo Taglio	0.00	11	2	5 824	30	98

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	6 320	47	112
Min Compressione / Max Trazione	3.50	11	23	2 434	176	8
Massimo Momento	3.50	1	13	5 627	218	3
Massimo Taglio	0.00	1	18	5 667	144	118

Tabella 8-4 - Combinazioni SLE – Frequente: 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	31	8 415	182	252
Min Compressione / Max Trazione	0.00	11	32	-98	57	167
Massimo Momento	4.00	11	28	6 661	393	8
Massimo Taglio	0.00	11	29	8 056	378	302

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
26 di 45

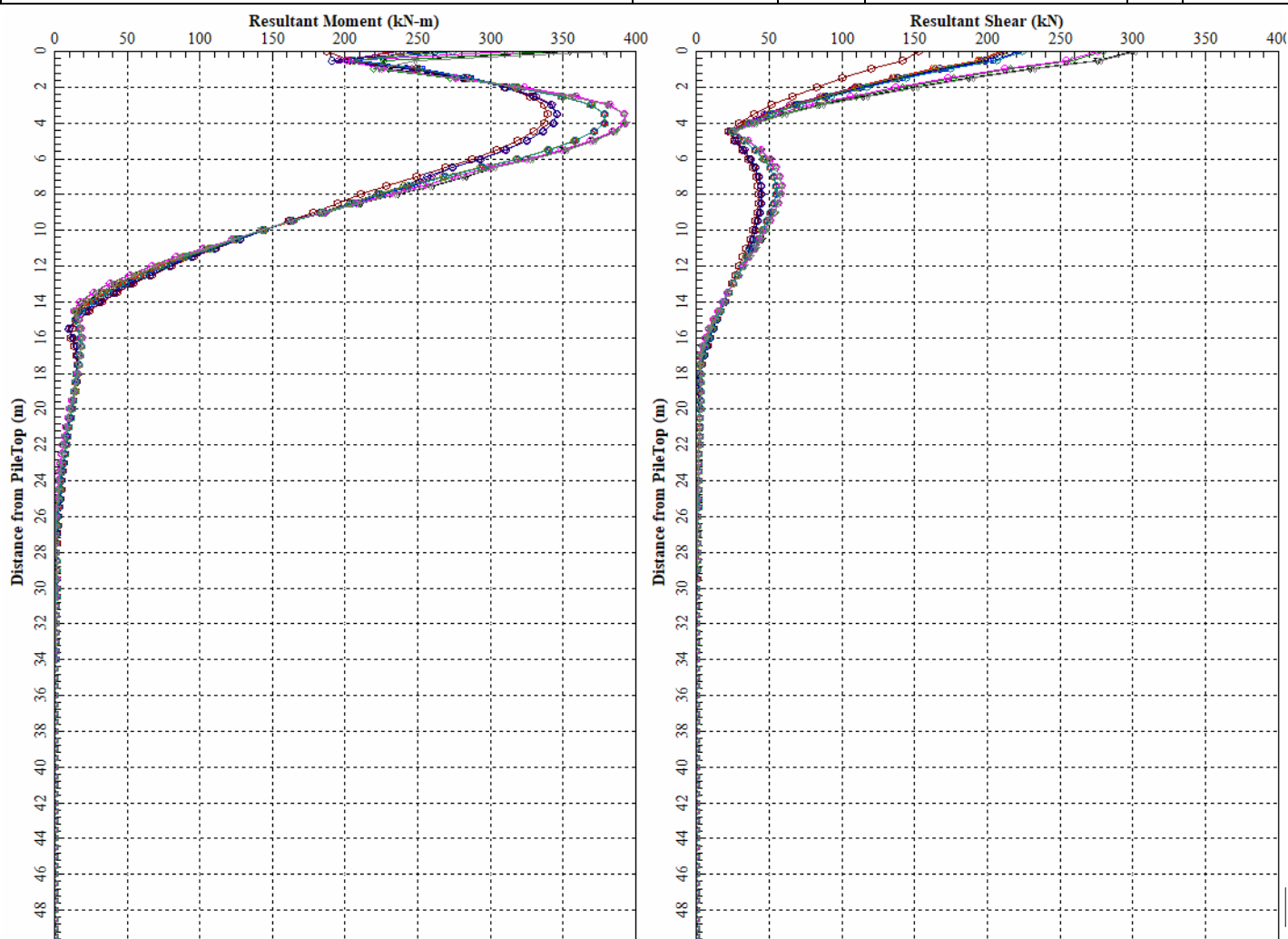


Figura 8-12 - Combinazioni SLE (QP – Freq. – Rara): Involuppo massimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
27 di 45

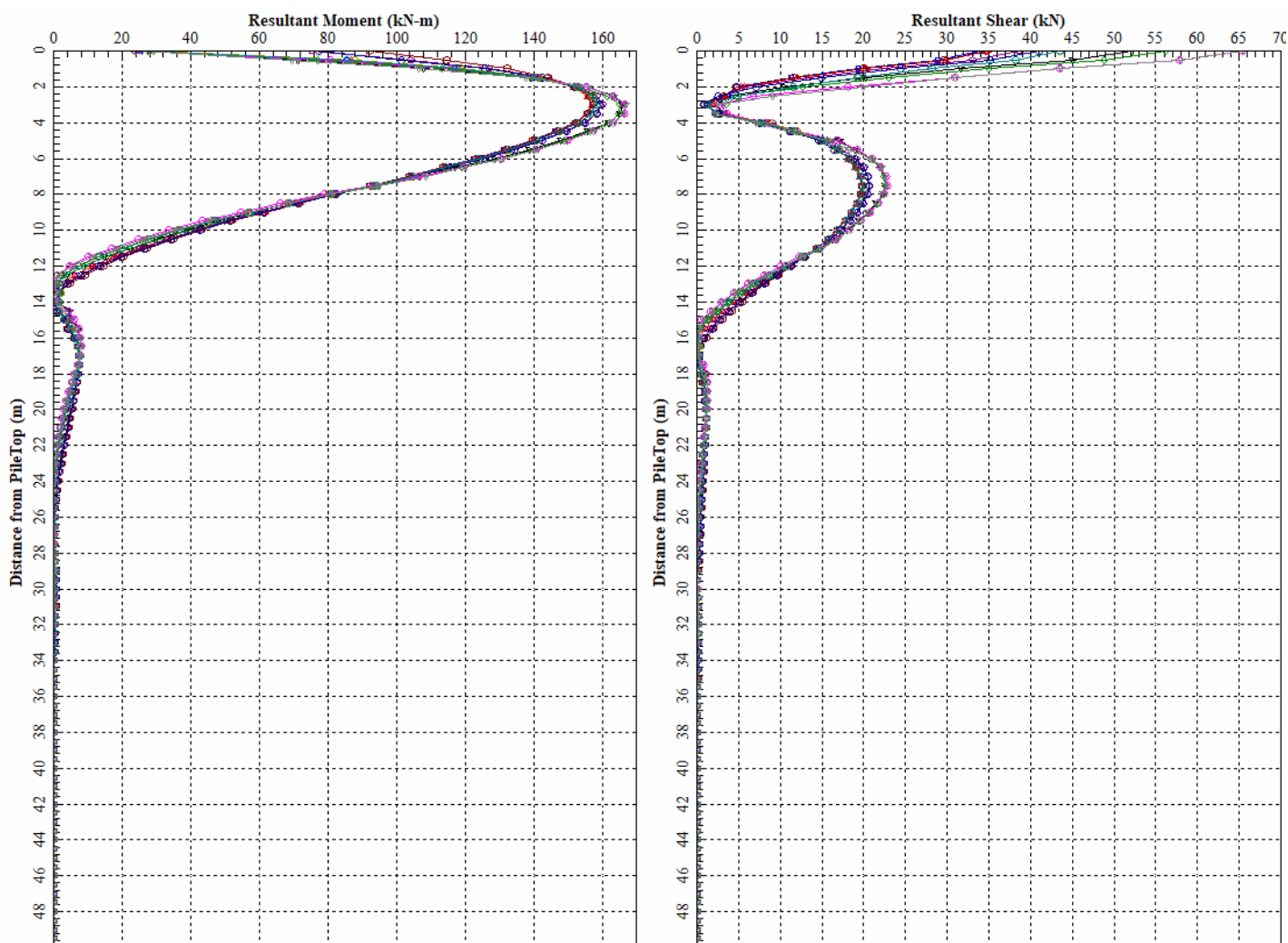


Figura 8-13 - Combinazioni SLE (QP – Freq. – Rara): Involuppo minimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
28 di 45

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:

$$\delta_{\max} = 3.01E-03 \times 3.21 = 0.009662 \text{ m} = 9.66 \text{ mm.}$$

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]	Orizzontale lungo Asse 3 (Z) [m]	
1	2.61E-03	7.27E-04	2.82E-05	3.68E-06	-1.68E-04	7.55E-03	1.77E-04	2.53E-04	
2	2.61E-03	-7.24E-04	-5.94E-05	-7.72E-06	1.68E-04	6.08E-03	2.53E-04	2.53E-04	
3	2.61E-03	7.27E-04	2.82E-05	3.68E-06	-1.68E-04	7.55E-03	1.77E-04	2.53E-04	
4	2.61E-03	-7.24E-04	-5.94E-05	-7.72E-06	1.68E-04	6.08E-03	2.53E-04	2.53E-04	
5	2.61E-03	-7.05E-04	-6.23E-05	-8.32E-06	1.64E-04	5.93E-03	2.75E-04	2.75E-04	
6	2.50E-03	7.14E-04	6.13E-05	5.98E-06	-1.65E-04	7.40E-03	3.04E-04	3.04E-04	
7	2.61E-03	-7.02E-04	-7.42E-05	-1.41E-05	1.63E-04	5.90E-03	4.95E-04	4.95E-04	
8	2.57E-03	7.15E-04	5.73E-05	1.13E-05	-1.66E-04	7.43E-03	5.14E-04	5.14E-04	
9	2.57E-03	-7.13E-04	-4.35E-05	-6.12E-06	1.65E-04	5.98E-03	2.05E-04	2.05E-04	
10	2.54E-03	7.12E-04	3.91E-05	4.69E-06	-1.65E-04	7.40E-03	2.29E-04	2.29E-04	
11	2.50E-03	7.13E-04	7.35E-05	1.17E-05	-1.65E-04	7.39E-03	5.45E-04	5.45E-04	
12	2.61E-03	-7.23E-04	-7.17E-05	-1.35E-05	1.68E-04	6.07E-03	4.74E-04	4.74E-04	
13	2.61E-03	8.78E-04	3.73E-05	4.88E-06	-2.02E-04	9.04E-03	2.35E-04	2.35E-04	
14	2.61E-03	-8.76E-04	-6.90E-05	-8.80E-06	2.01E-04	7.27E-03	2.88E-04	2.88E-04	
15	2.61E-03	8.78E-04	3.73E-05	4.88E-06	-2.02E-04	9.04E-03	2.35E-04	2.35E-04	
16	2.61E-03	-8.76E-04	-6.90E-05	-8.80E-06	2.01E-04	7.27E-03	2.88E-04	2.88E-04	
17	2.61E-03	-7.09E-04	-2.56E-04	-1.42E-05	1.64E-04	5.93E-03	3.21E-04	3.21E-04	
18	2.50E-03	7.18E-04	2.56E-04	1.18E-05	-1.65E-04	7.41E-03	7.35E-04	7.35E-04	
19	2.60E-03	-7.16E-04	-3.29E-04	-5.77E-05	1.65E-04	5.96E-03	2.01E-03	2.01E-03	
20	2.54E-03	7.26E-04	3.16E-04	5.81E-05	-1.67E-04	7.49E-03	2.67E-03	2.67E-03	
21	2.57E-03	-7.13E-04	-4.41E-05	-6.33E-06	1.65E-04	5.99E-03	2.12E-04	2.12E-04	
22	2.54E-03	7.13E-04	3.95E-05	4.89E-06	-1.65E-04	7.40E-03	2.37E-04	2.37E-04	
23	2.47E-03	7.24E-04	3.32E-04	5.82E-05	-1.66E-04	7.44E-03	2.69E-03	2.69E-03	
24	2.80E-03	-7.29E-04	-7.29E-05	-1.39E-05	1.70E-04	6.15E-03	4.91E-04	4.91E-04	
25	2.65E-03	1.73E-03	7.09E-05	9.03E-06	-3.66E-04	1.65E-02	4.37E-04	4.37E-04	
26	2.65E-03	-1.73E-03	-1.03E-04	-1.25E-05	3.66E-04	1.31E-02	4.04E-04	4.04E-04	
27	2.65E-03	1.73E-03	7.09E-05	9.04E-06	-3.68E-04	1.66E-02	4.37E-04	4.37E-04	
28	2.65E-03	-1.73E-03	-1.03E-04	-1.25E-05	3.68E-04	1.32E-02	4.04E-04	4.04E-04	
29	2.59E-03	-9.50E-04	-1.50E-03	-2.09E-04	2.03E-04	7.28E-03	6.95E-03	6.95E-03	
30	2.39E-03	9.52E-04	1.52E-03	2.21E-04	-2.02E-04	9.13E-03	1.05E-02	1.05E-02	
31	2.60E-03	-9.38E-04	-1.39E-03	-2.45E-04	2.02E-04	7.25E-03	8.54E-03	8.54E-03	
32	2.48E-03	9.45E-04	1.39E-03	2.57E-04	-2.03E-04	9.18E-03	1.18E-02	1.18E-02	
33	2.61E-03	-1.71E-03	-8.61E-05	-1.09E-05	3.62E-04	1.29E-02	3.56E-04	3.56E-04	
34	2.59E-03	1.71E-03	8.22E-05	1.00E-05	-3.61E-04	1.63E-02	4.87E-04	4.87E-04	
35	2.37E-03	9.36E-04	1.30E-03	2.21E-04	-2.01E-04	9.08E-03	1.03E-02	1.03E-02	
36	3.01E-03	-6.80E-04	-9.45E-05	-1.87E-05	1.74E-04	6.35E-03	6.63E-04	6.63E-04	

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

B (y)	9.30	m	larghezza
L (z)	15.00	m	lunghezza
D	50.00	m	profondità
i	4.50	m	interasse pali
n°	11.00		numero pali
E_G	3.21		Coefficiente amplificativo del cedimento per effetto gruppo

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
29 di 45

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 8-14 e in 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	7	11 768	287	381
Min Compressione / Max Compressione	0.00	11	8	-2 047	97	253
Massimo Momento	4.00	1	3	9 506	636	11
Massimo Taglio	0.00	11	5	11 295	567	448

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

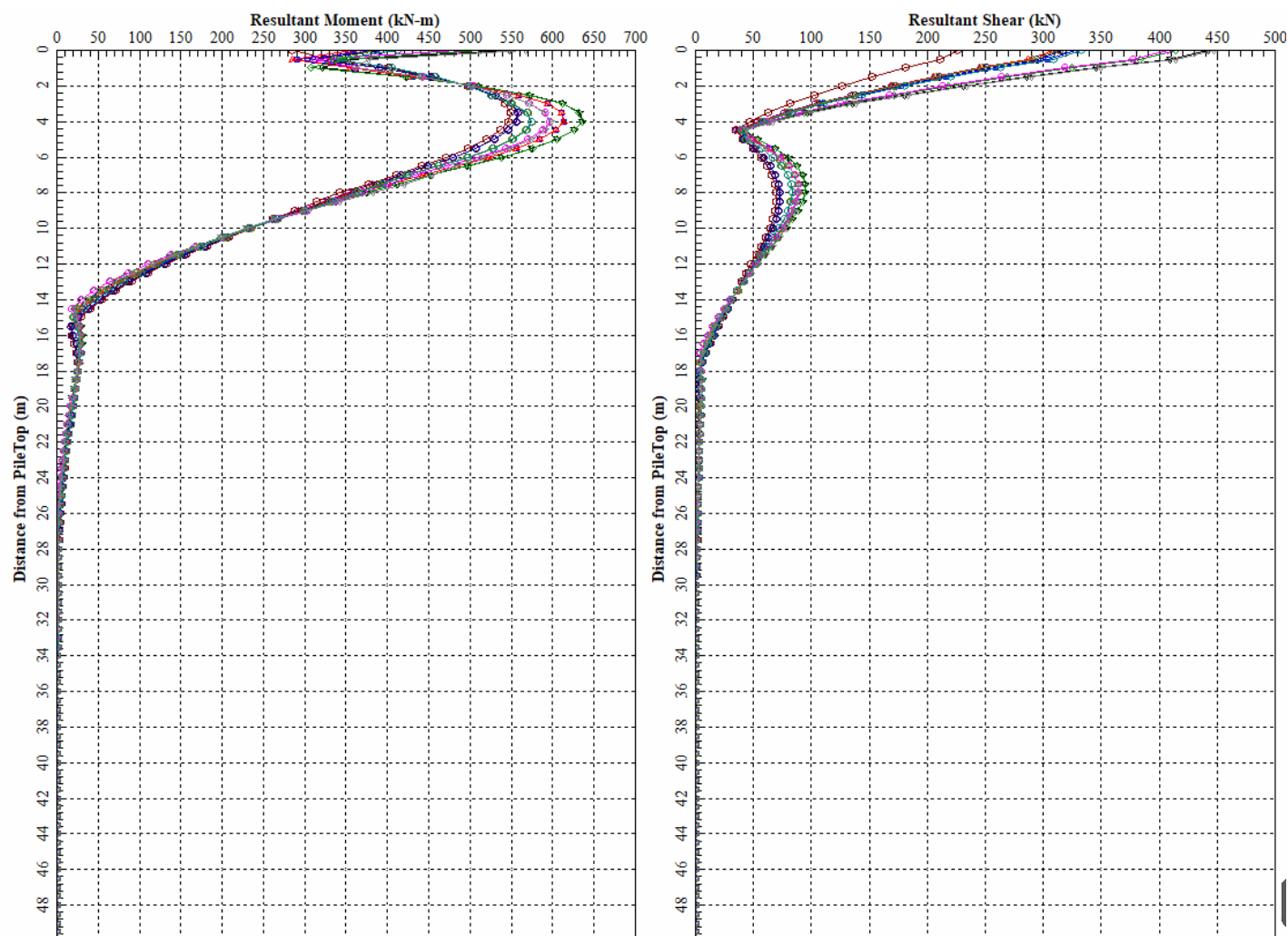


Figura 8-14 - Combinazione statica SLU: involucro massimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
30 di 45

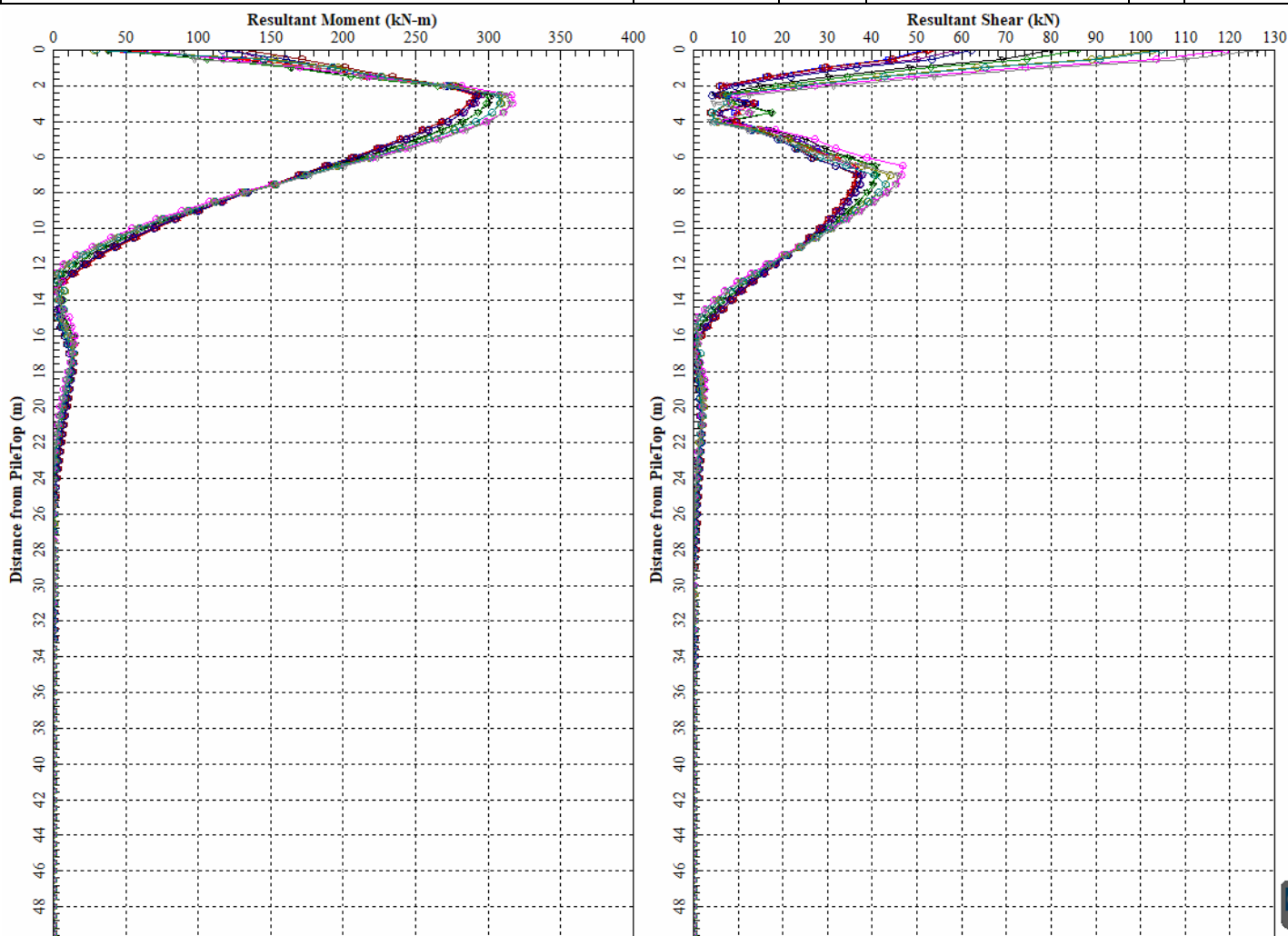


Figura 8-15 - Combinazione statica SLU: involucro minimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

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:

$$\delta_{\max} = 4.29E-03 \times 3.21 = 0.0137709 \text{ m} = 13.77 \text{ mm.}$$

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
31 di 45

H plinto [m]

2.5

H pila [m]

38

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]	Spostamento a testa Pila	
						Spost. Orizzontale lungo Asse 2	Spost. Orizzontale lungo Asse 3
1	3.82E-03	2.88E-03	1.22E-04	1.56E-05	-6.00E-04	2.72E-02	7.53E-04
2	3.01E-03	-2.75E-03	-1.60E-04	-1.87E-05	5.60E-04	1.99E-02	5.96E-04
3	3.82E-03	2.88E-03	1.22E-04	1.56E-05	-6.03E-04	2.73E-02	7.52E-04
4	3.01E-03	-2.75E-03	-1.60E-04	-1.87E-05	5.63E-04	2.01E-02	5.96E-04
5	3.71E-03	-1.59E-03	-2.42E-03	-3.36E-04	3.34E-04	1.19E-02	1.12E-02
6	2.64E-03	1.52E-03	2.40E-03	3.38E-04	-3.10E-04	1.41E-02	1.61E-02
7	3.73E-03	-1.56E-03	-2.25E-03	-3.90E-04	3.32E-04	1.19E-02	1.35E-02
8	2.75E-03	1.51E-03	2.19E-03	3.90E-04	-3.14E-04	1.42E-02	1.80E-02
9	2.95E-03	-2.72E-03	-1.37E-04	-1.65E-05	5.55E-04	1.98E-02	5.33E-04
10	3.73E-03	2.84E-03	1.35E-04	1.67E-05	-5.92E-04	2.68E-02	8.13E-04
11	2.61E-03	1.49E-03	2.06E-03	3.39E-04	-3.09E-04	1.40E-02	1.58E-02
12	4.29E-03	-1.11E-03	-1.49E-04	-3.06E-05	2.85E-04	1.04E-02	1.09E-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 8-16 e in Figura 8-17 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	11	5	8 227	1 171	595
Min Compressione / Max Compressione	0.00	11	6	533	865	422
Massimo Momento	0.00	1	6	8 082	1 173	595
Massimo Taglio	0.00	11	5	8 227	1 171	595

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
32 di 45

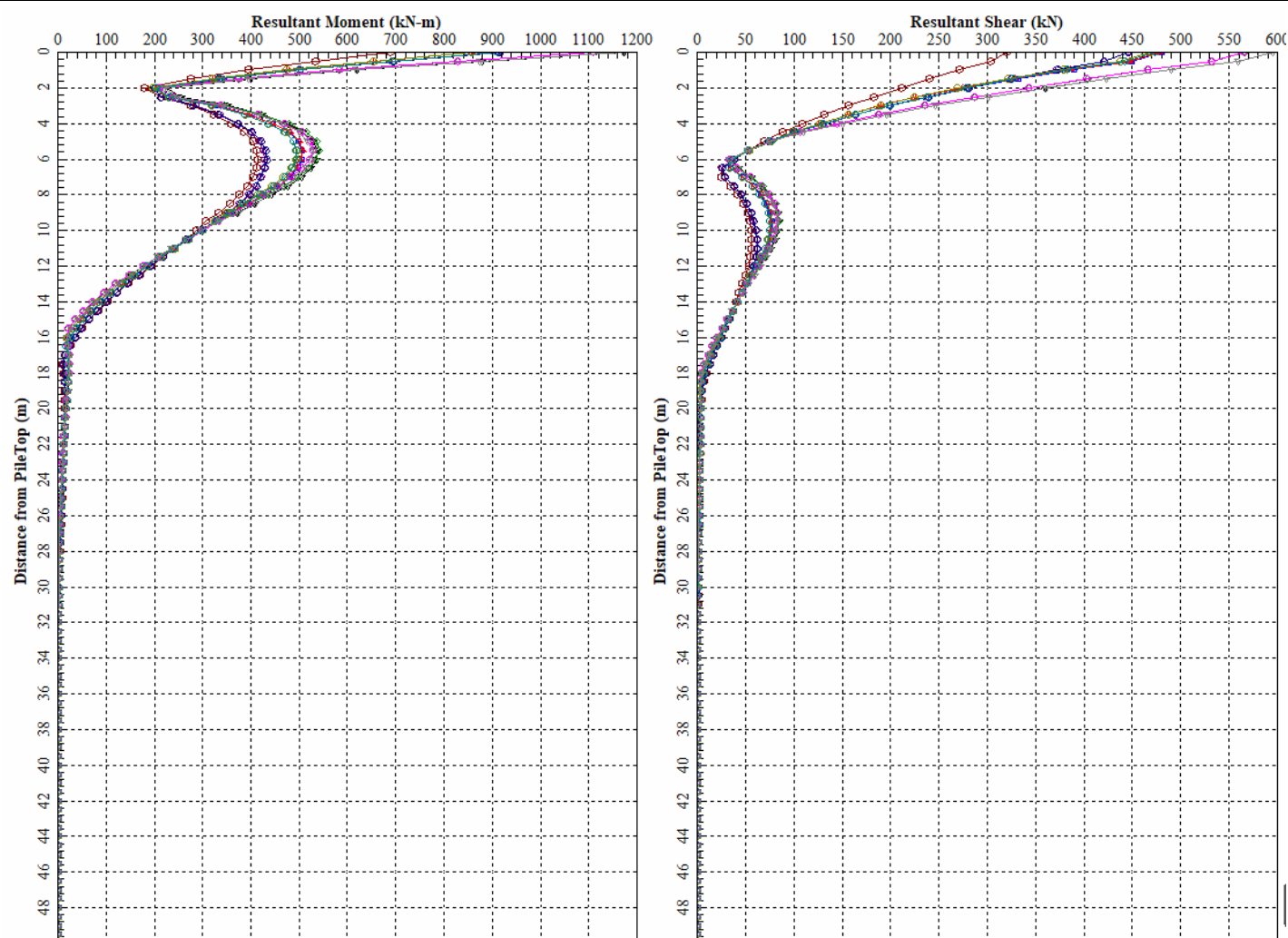


Figura 8-16 - Combinazione sismica SLV: Involuppo massimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
33 di 45

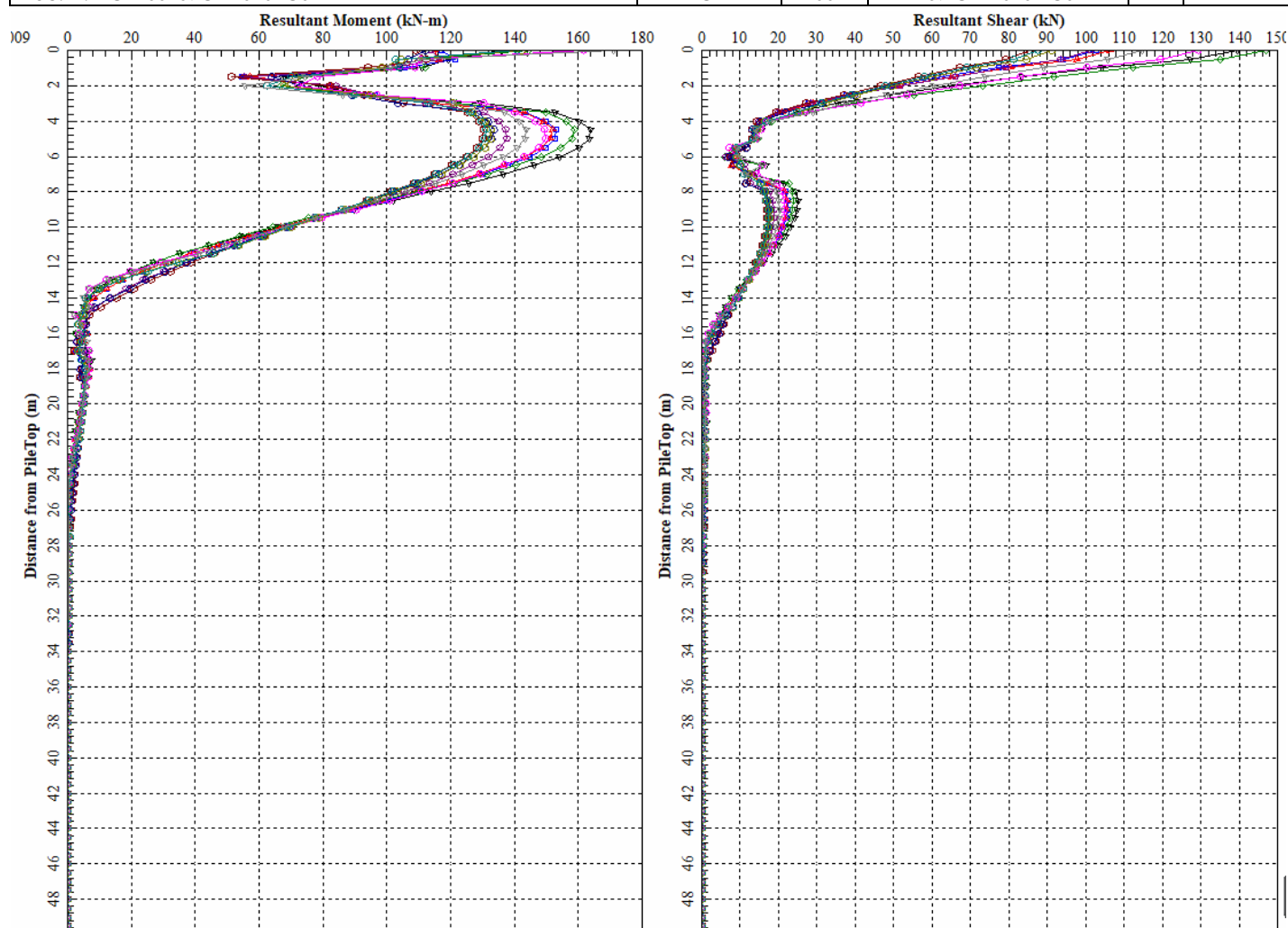


Figura 8-17 - Combinazione sismica SLV: Involuppo minimo dell'andamento con la profondità del momento e del taglio.

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:

$$\delta_{\max} = 3.00E-03 \times 3.21 = 0.00963 \text{ m} = 9.63 \text{ mm}.$$

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
34 di 45

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	Spost. Orizzontale lungo Asse 3
1	2.71E-03	3.19E-03	4.23E-04	2.02E-05	-4.09E-04	1.98E-02	1.24E-03
2	2.61E-03	-3.11E-03	-4.10E-04	-3.08E-05	3.98E-04	1.30E-02	8.38E-04
3	2.69E-03	3.08E-03	-5.40E-04	-4.11E-05	-4.29E-04	2.05E-02	1.12E-03
4	2.62E-03	-3.02E-03	5.48E-04	4.36E-05	4.19E-04	1.40E-02	2.32E-03
5	2.64E-03	-1.27E-03	-2.81E-03	-2.30E-04	1.86E-04	6.24E-03	6.49E-03
6	2.55E-03	1.24E-03	2.82E-03	2.29E-04	-1.84E-04	8.68E-03	1.21E-02
7	2.60E-03	-1.25E-03	-2.79E-03	-2.38E-04	1.74E-04	5.81E-03	6.85E-03
8	2.66E-03	1.00E-03	2.78E-03	2.40E-04	-1.48E-04	6.98E-03	1.25E-02
9	2.66E-03	-2.58E-03	7.44E-04	5.91E-05	3.40E-04	1.12E-02	3.14E-03
10	2.54E-03	2.62E-03	-5.20E-04	-4.10E-05	-3.66E-04	1.75E-02	1.14E-03
11	2.16E-03	7.71E-04	3.64E-04	1.89E-05	-1.41E-04	6.50E-03	1.13E-03
12	3.00E-03	-1.18E-03	-3.52E-04	-2.81E-05	2.30E-04	8.14E-03	7.88E-04

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
35 di 45

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 50.0 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
50	22 410	17 928	6 852	1 325	27 936	12 725

TRAZIONE					
DA2. Capacità portante trazione A1+M1+R3					
L m	$R_{t,s,cal}$ kN	$R_{t,b,cal}$ kN	W'_p kN	$R_{t,calc}$ kN	$R_{t,d}$ kN
50	17 928		1 325	19 253	9 762

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]	11 768 (SLU)
Massima trazione, $N_{td,max}$ [kN]	-2 047 (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	8 415 (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	11 768 (SLU)	\leq	12 725	VERIFICATO
Massima trazione	-2 047 (SLU)	\leq	9 762	VERIFICATO
Massima compressione esercizio	8 415 (SLE)	\leq	17 928	VERIFICATO

Tabella 9-4 - Sintesi delle verifiche di capacità portante

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
36 di 45

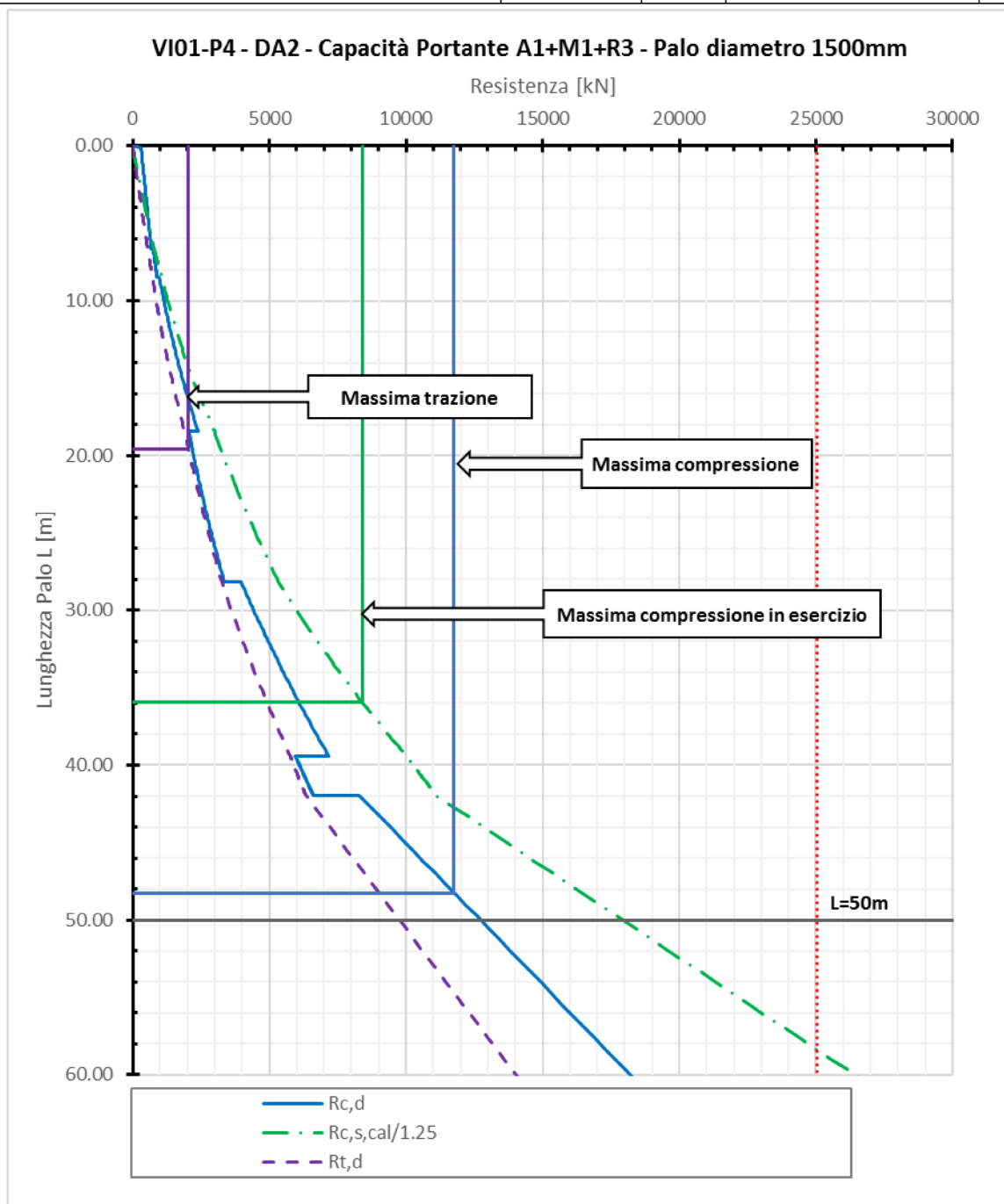


Figura 9-1 - Curve di capacità portante del palo singolo

9.2 Verifica di capacità portante verticale gruppo di pali

La verifica di capacità portata 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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
37 di 45

Capacità portante verticale del blocco (BS 8004:2015)

A1+M1+R3

B (y)	9.30	m	larghezza
L (z)	15.00	m	lunghezza
D	50.00	m	profondità
Ø	1.50	m	diametro palo
Area	1.77	m ²	area palo
n°	11		numero pali
$\gamma_{R, \text{cap. port.}}$	2.30		coefficiente di sicurezza globale per capacità portante

Strato 1: COL1

6.65 m

s_{block}	0.75		fattore di forma
$c_{u, s, k}$	40	kPa	coesione non drenata
$q_{s, k}$	30	kPa	portanza laterale
A_{s1}	323	m ²	area laterale

Strato 2: DAL

1.85 m

s_{block}	0.75		fattore di forma
$c_{u, s, k}$	50	kPa	coesione non drenata
$q_{s, k}$	38	kPa	portanza laterale
A_{s2}	90	m ²	area laterale

Strato 3: DG

9.95 m

$\varphi_{\text{laterale}}$	30.00	°	angolo di resistenza al taglio
k_0	0.5		coefficiente di spinta a riposo
σ'_v	178.72	kPa	pressione verticale efficace media sulle superficie laterale
s_{block}	0.75		fattore di forma
$q_{s, k}$	39	kPa	portanza laterale
A_{s3}	484	m ²	area laterale

Strato 4: DAL

9.7 m

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}	471	m ²	area laterale

Strato 5: DG

11.3 m

$\varphi_{\text{laterale}}$	30.00	°	angolo di resistenza al taglio
k_0	0.5		coefficiente di spinta a riposo
σ'_v	382.9	kPa	pressione verticale efficace media sulle superficie laterale
s_{block}	0.75		fattore di forma
$q_{s, k}$	83	kPa	portanza laterale
A_{s5}	549	m ²	area laterale

Strato 6: ARGalt

2.5 m

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_{s6}	122	m ²	area laterale

Strato 7: ARG

8.05 m

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}	391	m ²	area laterale
q_b	3865	kPa	portanza limite palo singolo alla base
$q_{b, k}$	3865		portanza alla base caratteristica
A_b	140	m ²	area della base
$R_{\text{block, c, d}}$	311 373	kN	resistenza di progetto

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

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
38 di 45

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]	79 917 (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	7 500 [kN]
V_{rdy} (-)	Taglio resistente in direzione -y	-7 500 [kN]
V_{rdz} (+)	Taglio resistente in direzione +z	7 500 [kN]
V_{rdz} (-)	Taglio resistente in direzione -z	-7 500 [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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
39 di 45

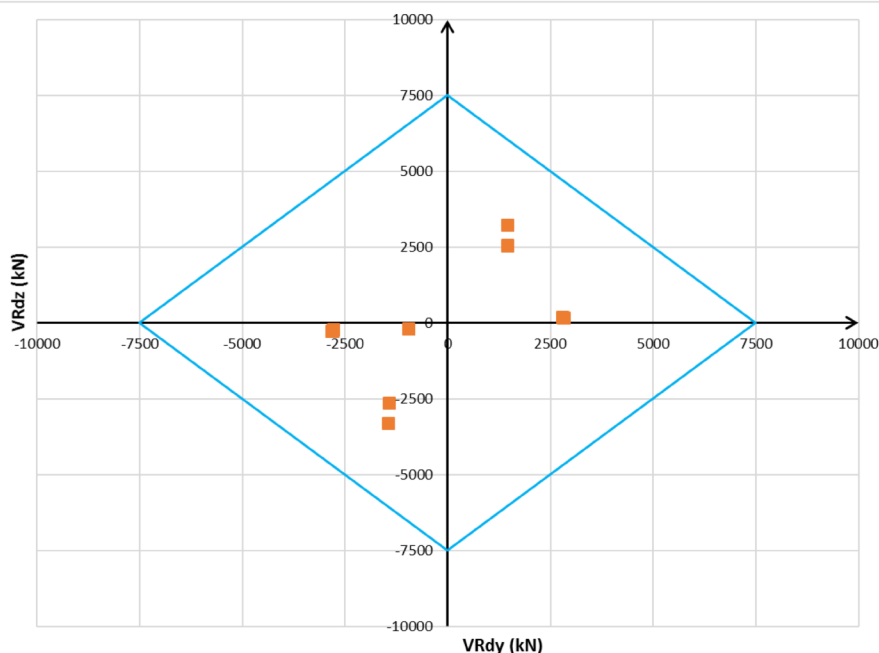


Figura 9-2 - Dominio di resistenza per la verifica alle azioni orizzontali per combinazione SLU

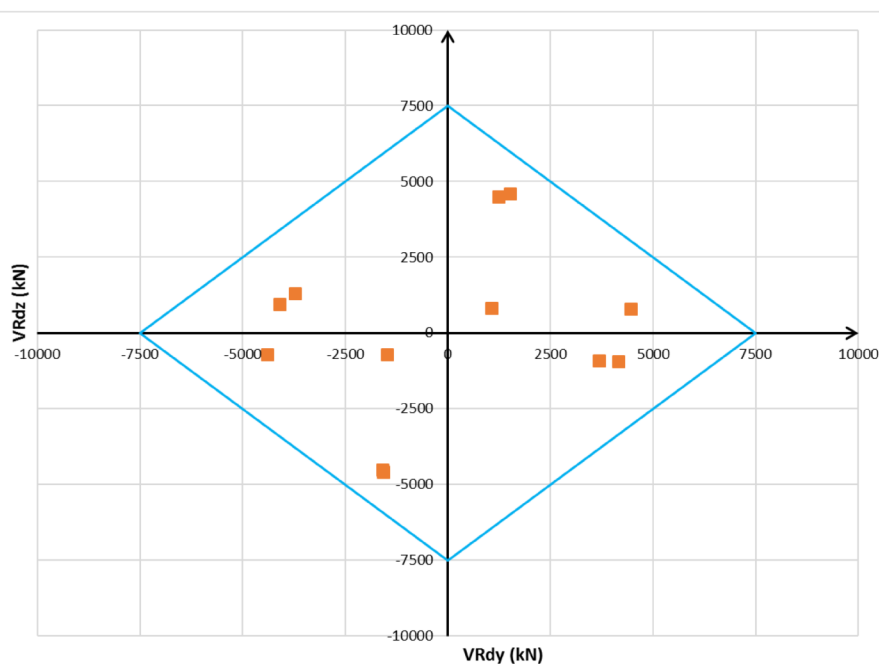


Figura 9-3 - Dominio di resistenza per la verifica alle azioni orizzontali per combinazione SLV

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
40 di 45

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.

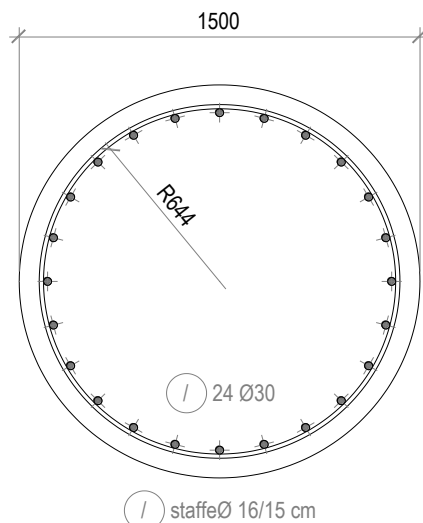


Figura 10-1 - Armatura palo.

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	9.70	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 8-14, Figura 8-15 a profondità maggiori di 18.0 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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
41 di 45

	Palo	ID	N _{sd} [kN]	M _{sd} [kNm]	FS [-]
Massima Compressione	11	7	11 768	287	24.18
Min Compressione / Max Trazione	11	8	-2 047	97	28.99
Massimo Momento	1	3	9 506	636	10.58
Massimo Taglio	11	5	11 295	567	12.18

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 19.10m (fine della seconda gabbia di armatura). Tutti i punti N-M sono all'interno del dominio, pertanto la verifica è soddisfatta.

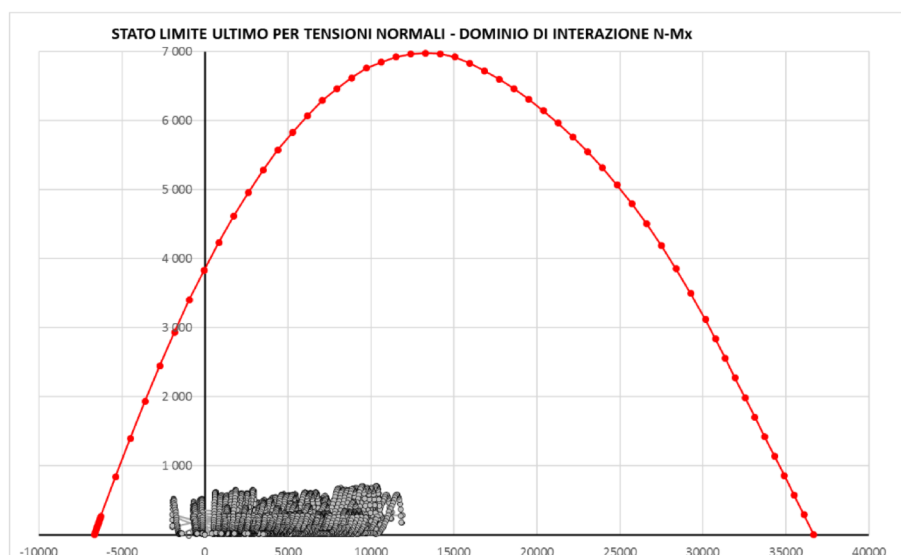


Figura 10-2 – Dominio di interazione N-M per la combinazione SLU

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 8-14, Figura 8-15 a profondità maggiori di 18.0 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;
- FS: Misura sicurezza = rapporto tra V_{Rd} e V_{sd} con V_{Rd} valore di resistenza a taglio.

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
42 di 45

	Palo	ID	V_{sd} [kN]	V_{Rd} [kN]	FS [-]
Massima Compressione	11	7	381	2 407	6.31
Min Compressione / Max Trazione	11	8	253	3 145	12.42
Massimo Momento	1	3	11	2 486	231.97
Massimo Taglio	11	5	448	2 423	5.41

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 8-16, Figura 8-17, a profondità maggiori di 18.0 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	11	5	8 227	1 171	4.77
Min Compressione / Max Trazione	11	6	533	865	3.37
Massimo Momento	1	6	8 082	1 173	4.76
Massimo Taglio	11	5	8 227	1 171	4.77

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. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
43 di 45

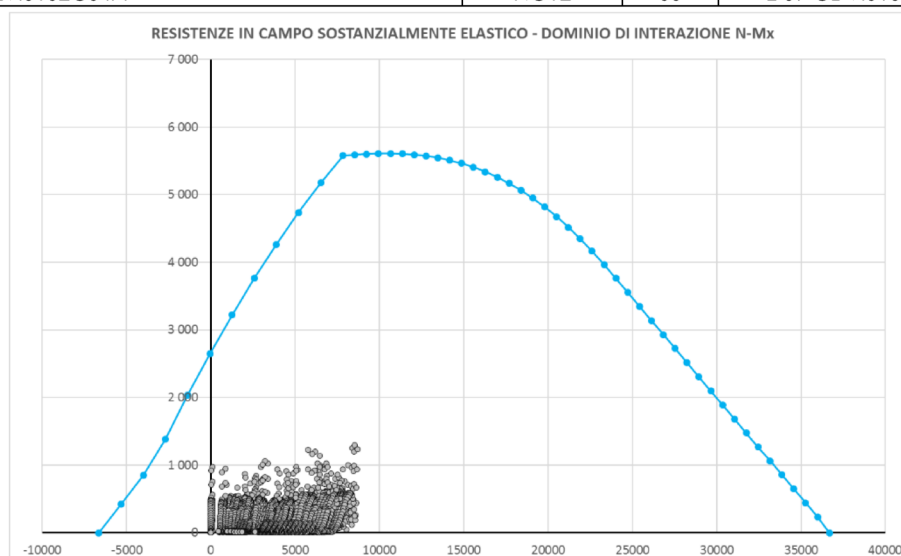


Figura 10-3– Dominio di interazione N-M per la combinazione SLV in campo sostanzialmente elastico

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 8-16, Figura 8-17, a profondità maggiori di 18.0 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	11	5	595	2 447	4.11
Min Compressione / Max Trazione	11	6	422	2 748	6.51
Massimo Momento	1	6	595	2 452	4.12
Massimo Taglio	11	5	595	2 447	4.11

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

Nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
44 di 45

- 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
- $\sigma_{c,max}$: massima tensione di compressione determinata nel conglomerato (>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	6 320	47	0.20	0.00	45.40
Min. Compressione / Max. Trazione	11	23	2 434	176	0.20	0.00	12.40
Massimo Momento	1	13	5 627	218	0.20	0.00	34.80
Massimo Taglio	1	18	5 667	144	0.20	0.00	37.40

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	12	5 884	27	0.20	0.00
Min. Compressione / Max. Trazione	11	11	3 057	167	0.20	0.00
Massimo Momento	1	1	5 412	183	0.20	0.00
Massimo Taglio	11	2	5 824	30	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);
- $\sigma_{s,max}$: massima tensione di trazione determinata nelle barre d'armatura (>0 se di compressione).

Contraente



Progettista



Doc. N. NG1200E09CLVI0102C04A

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 09 CL VI0102 C04

Rev.
A

Foglio
45 di 45

SLE-RARA

	Palo	ID	N _{sd} [kN]	M _{sd} [kNm]	σ _{c,max} [MPa]	σ _{c,min} [MPa]	σ _{s,max} [MPa]
Massima Compressione	11	31	8 415	182	4.62	3.71	56.60
Min. Compressione / Max. Trazione	11	32	-98	57	0.21	0.00	-15.30
Massimo Momento	11	28	6 661	393	4.27	2.32	36.80
Massimo Taglio	11	29	8 056	378	4.93	3.04	47.70

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]	σ _{c,max} [MPa]	σ _{c,min} [MPa]	σ _{s,max} [MPa]
Massima Compressione	11	12	5 884	27	2.98	2.84	42.80
Min. Compressione / Max. Trazione	11	11	3 057	167	1.93	1.10	17.30
Massimo Momento	1	1	5 412	183	3.13	2.22	34.30
Massimo Taglio	11	2	5 824	30	2.96	2.81	42.30

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.