

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI 	PROGETTISTA: Prof. Ing. Andrea Del Grosso 	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE: Ing. PIERGIORGIO GRASSO Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche
---	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI-BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE**

OPERE D'ARTE VIABILITA'
IV01 - CAVALCAFERROVIA S.P. 116 (EX S.S. 265) AL KM 18+993
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI E PALI

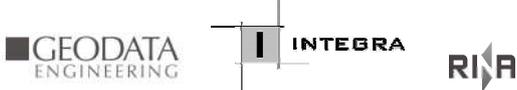
APPALTATORE RTI IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino Del Balzo Ing. S. Del Balzo 23/06/2020	SCALA: -
--	-------------

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I F 2 6	1 2	E	Z Z	C L	I V 0 1 0 0	0 0 2	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	G. Costa	24/02/2020	A. Bado	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Prof. Ing. Andrea Del Grosso
B	Revisione a seguito di istruttoria ITF	G. Costa	23/06/2020	A. Bado	23/06/2020	P. Grasso	23/06/2020	
								23/06/2020

Indice

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO	3
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
4	MATERIALI	7
4.1	ACCIAIO	7
4.2	CALCESTRUZZO	7
4.3	DURABILITÀ	9
4.3.1	AMBIENTE DI RIFERIMENTO	9
4.3.2	COPRIFERRO DI PROGETTO	9
4.3.3	LIMITI FESSURATIVI	10
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
6	AZIONI DI PROGETTO	12
7	VERIFICHE STRUTTURALI	24
7.1	SLU/SLV - PRESSOFLESSIONE	24
7.2	TAGLIO	36
8	VERIFICHE SLE	38
8.1	PREMESSA	38
8.2	STATO LIMITE TENSIONALE	39
8.3	STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	44
9	INCIDENZE	46

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di calcolo plinti e pali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0100 002</td> <td>B</td> <td>3 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	3 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	3 di 47								

1 PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Esecutivo del nuovo collegamento Napoli – Bari ed in particolare del Raddoppio del I° lotto funzionale Frasso – Telese della tratta Canello – Benevento, la presente relazione ha per oggetto il dimensionamento strutturale dei pali di fondazione della seguente opera:

- *Cavalcaferrovia IV01 alla Pk 18+993*

Convenzionalmente ed in accordo alle scelte progettuali, si adotta la seguente nomenclatura:

- *Spalla A* alla pk.0+152
- *Pila P1* alla pk.0+182
- *Pila P2* alla pk.0+218
- *Pila P3* alla pk.0+254
- *Pila P4* alla pk.0+290
- *Pila P5* alla pk.0+326
- *Pila P6* alla pk.0+362
- *Pila P7* alla pk.0+398
- *Pila P8* alla pk.0+880
- *Spalla B* alla pk.0+464

2 INQUADRAMENTO

Il cavalcaferrovia IV01 è posto alla Pk 18+993 ed è costituito da un viadotto continuo su n.9 campate, di luce i 30.0m per le quelle centrali e 36.0m per quelle terminali, di sviluppo totale 312.0m.

L'impalcato è caratterizzato da una larghezza complessiva in campata variabile tra 12.2÷13.1 m dato lo sviluppo prevalentemente curvilineo del tracciato planimetrico (di cui 8.50÷9.40 m per la carreggiata stradale).

L'impalcato in misto acciaio - calcestruzzo è costituito da 4 travi metalliche longitudinali, caratterizzate da un'altezza minima pari a 1900 mm. Le quattro travi sono connesse in direzione trasversale mediante traversi realizzati con schema reticolare. La soletta presenta un'altezza variabile da un minimo di 25 cm ad un massimo di 35 cm circa. Il controvento inferiore e superiore è realizzato mediante controventi a croce di S.Andrea.

Lo schema di vincolo dell'impalcato prevede un sistema di isolamento realizzato mediante isolatori circolari tipo "FIP Industriale" in elastomero armato. Gli isolatori sono caratterizzati da una ridotta rigidità orizzontale, elevata rigidità verticale e opportuna capacità dissipativa. Queste caratteristiche consentono rispettivamente di aumentare il periodo proprio della struttura, di sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti e di contenere lo spostamento orizzontale della struttura isolata.

Le pile hanno fusto a sezione presudo-rettangolare, stondata alle estremità dei lati lunghi, di dimensioni $B_{trasv} \times B_{long} = 9.00 \times 1.60m$ per la sezione corrente, che si allarga trasversalmente a 11.60m a formare un pulvino sommitale d'appoggio per l'impalcato. L'altezza fuori terra del fusto varia da 5.50m a 13.00m; si rimanda alla tabella per le altezze di dettaglio di ciascuna pila.

Il plinto di fondazione di fondazione è costituito da un elemento massivo di dimensioni in pianta $B_{trasv} \times B_{long} = 13.20 \times 6.00m$, spessore 2.00m, fondato su pali di grosso diametro ($\phi 1200$) di lunghezza:

- Pila P1: L=20m
- Pila P2: L=23m
- Pila P3: L=26m

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	4 di 47

Pila P4: L=27m

Pila P5 e P6: L=31m

Pila P7: L=30m

Pila P8: L=24m

Spalla A e B: L=20m

Le spalle sono di tipo tradizionale e sono costituite da paramenti frontali massivi, di spessore 2.80m e limitata altezza (max 3.50m per la spalla A). Le fondazioni sono di tipo profondo su pali di grosso diametro (n.12-15 pali ϕ 1200), di lunghezza 18.0m.

La vita nominale V_N dell'opera è posta pari a 100 anni; la classe d'uso è la IV.

Di seguito si riportano alcune figure rappresentative delle carpenterie dei manufatti in esame, rimandando comunque agli elaborati grafici per eventuali ed ulteriori dettagli.

Pila P1	Pila P2	Pila P3	Pila P4	Pila P5	Pila P6	Pila P7	Pila P8
5.50m	7.50m	9.50m	11.00m	12.50m	13.00m	12.00m	8.80m

Tabella 1 – Altezze fuori terra fusto pila

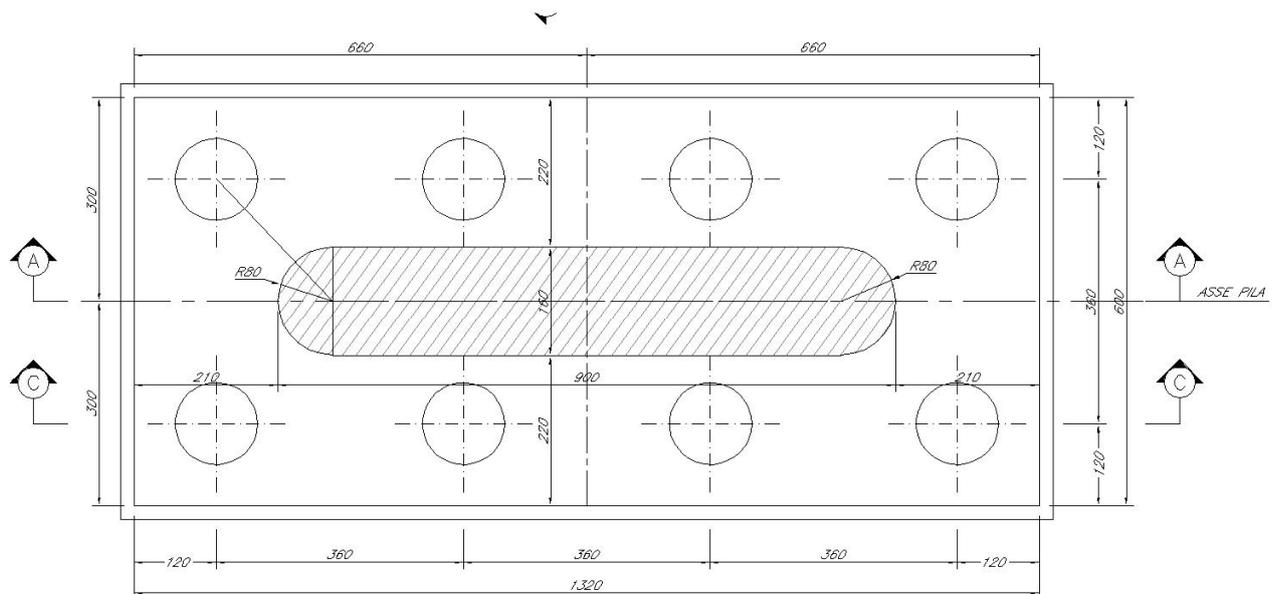


Figura 1 – Pile – Pianta fondazione

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	5 di 47

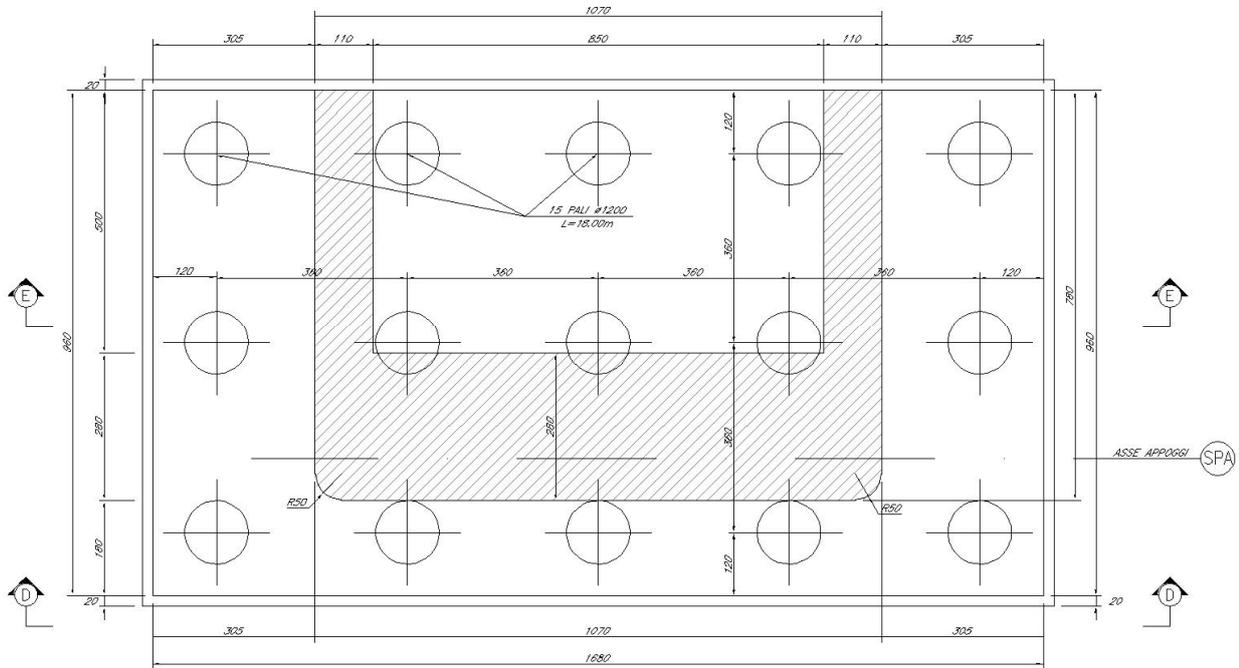


Figura 2 – Spalla A – Pianta fondazione

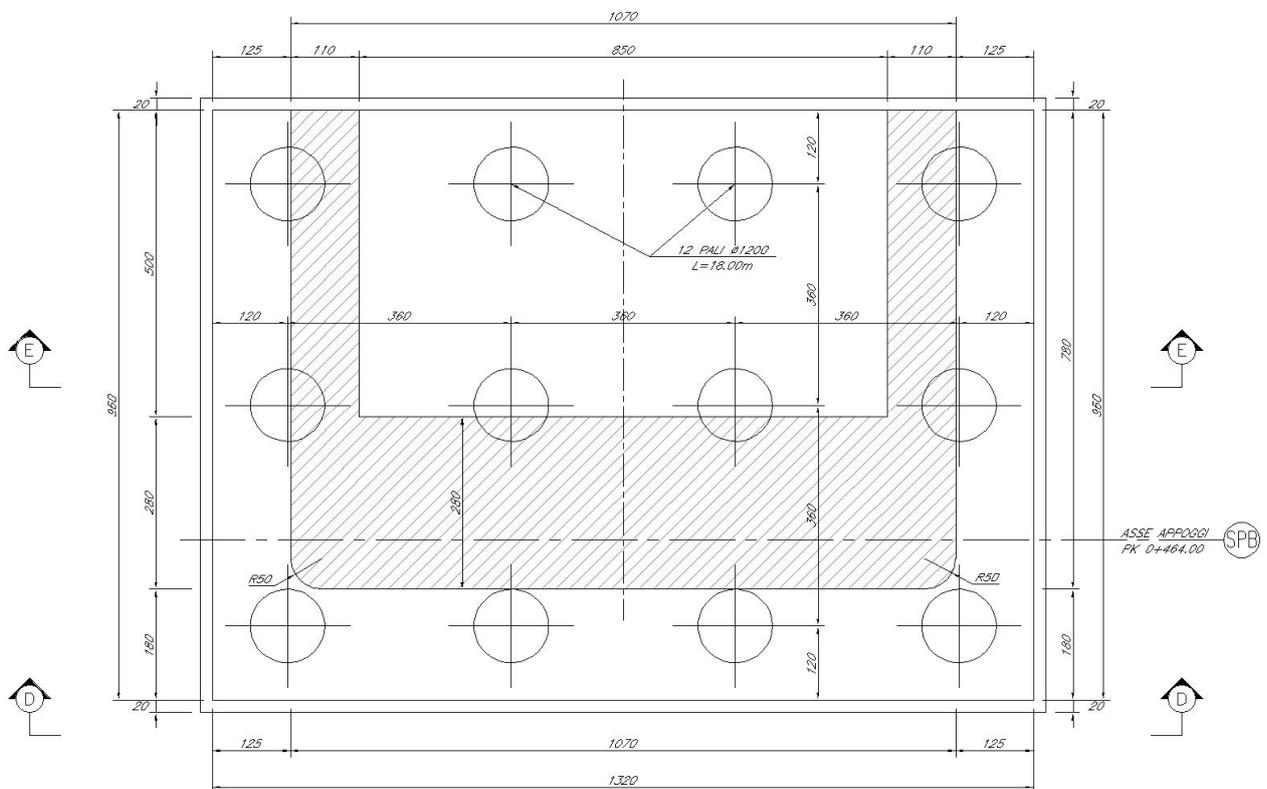


Figura 3 – Spalla B – Pianta fondazione

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

- *Legge 5 novembre 1971 n. 1086* Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- *Circ. Min. LL.PP. 14 Febbraio 1974, n. 11951* Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086
- *Legge 2 febbraio 1974 n. 64* Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- *D.M.Min. II. TT. del 14 gennaio 2008* Norme tecniche per le costruzioni
- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617* Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- *UNI EN 1998-5 – Gennaio 2005* Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- *UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005* -
- *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A* Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture
- *STI 2014* Regolamento (UE) n. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle Specifiche Tecniche di Interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea
- *UNI ENV 1998-5 – Gennaio 2005* Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- *RFI DTC INC PO SP IFS 002 A* Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- *RFI DTC INC PO SP IFS 005 A* Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei copri giunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia

4 MATERIALI

4.1 ACCIAIO

Acciaio per armatura lenta

Classe di acciaio		B450	
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	N/mm ²
Resistenza di progetto	f_{yd}	391.3	N/mm ²
Sovra-resistenza	f_{tk} / f_{yk}	≥1.15	-
Modulo di elasticità	E_s	210000	N/mm ²

4.2 CALCESTRUZZO

Calcestruzzo per magrone

Classe del calcestruzzo		C12/15	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	15.00	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	12.45	N/mm ²

Calcestruzzo pali

Classe di resistenza		C25/30	
Classe di esposizione		XC2	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	24.90	N/mm ²
Resistenza media a compressione	f_{cm}	32.90	N/mm ²
Resistenza cilindrica a compressione di progetto	f_{cd}	14.11	N/mm ²
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	2.56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,5\%}$	1.79	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,95\%}$	3.33	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	f_{cfm}	3.07	N/mm ²
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	1.19	N/mm ²
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4.03	N/mm ²
Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cla di calcolo	f_{bd}	2.69	N/mm ²
Modulo elastico istantaneo medio (secante)	E_{cm}	31447	N/mm ²
Tensione massima di compressione in esercizio (comb.rara)	σ_c	14.94	N/mm ²
Tensione massima di compressione in esercizio (comb.quasi perm.)	σ_c	11.21	N/mm ²

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	8 di 47

Calcestruzzo fondazioni

Classe di resistenza			C28/35	
Classe di esposizione			XC2	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	35	N/mm ²	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	29.05	N/mm ²	
Resistenza media a compressione	f_{cm}	37.05	N/mm ²	
Resistenza cilindrica a compressione di progetto	f_{cd}	16.46	N/mm ²	
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	2.83	N/mm ²	
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,5\%}$	1.98	N/mm ²	
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,95\%}$	3.69	N/mm ²	
Resistenza media a trazione per flessione	f_{cfm}	3.40	N/mm ²	
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	1.32	N/mm ²	
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4.47	N/mm ²	
Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cls di calcolo	f_{bd}	2.98	N/mm ²	
Modulo elastico istantaneo medio (secante)	E_{cm}	32588	N/mm ²	
Tensione massima di compressione in esercizio (comb.rara)	σ_c	17.43	N/mm ²	
Tensione massima di compressione in esercizio (comb.quasi perm.)	σ_c	13.07	N/mm ²	

Calcestruzzo elevazioni

Classe di resistenza			C32/40	
Classe di esposizione			XC4	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	40	N/mm ²	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	33.20	N/mm ²	
Resistenza media a compressione	f_{cm}	41.20	N/mm ²	
Resistenza cilindrica a compressione di progetto	f_{cd}	18.81	N/mm ²	
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	3.10	N/mm ²	
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,5\%}$	2.17	N/mm ²	
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,95\%}$	4.03	N/mm ²	
Resistenza media a trazione per flessione	f_{cfm}	3.72	N/mm ²	
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	1.45	N/mm ²	
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4.88	N/mm ²	
Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cls di calcolo	f_{bd}	3.25	N/mm ²	
Modulo elastico istantaneo medio (secante)	E_{cm}	33643	N/mm ²	
Tensione massima di compressione in esercizio (comb.rara)	σ_c	19.92	N/mm ²	
Tensione massima di compressione in esercizio (comb.quasi perm.)	σ_c	14.94	N/mm ²	

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo plinti e pali	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0100 002	REV. B	FOGLIO 9 di 47

4.3 DURABILITÀ

4.3.1 AMBIENTE DI RIFERIMENTO

Tenuto conto della tipologia di elementi in esame nonché della loro esposizione, in accordo con le indicazioni di cui al *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A*, si assumono le seguenti classi di progetto:

- Pali di fondazione **XC2**

In relazione alla tabella 4.1.III delle NTC2008, alle suddette classi di esposizione sono associate le seguenti condizioni ambientali:

- Pali di fondazione **ordinarie**

4.3.2 COPRIFERRO DI PROGETTO

Pali di fondazione

Copriferro minimo di progetto

$$C_{d,min} = 60\text{mm}$$

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica fa riferimento allo specifico elaborato. In particolare nella tabella seguente si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate.

Unità	Descrizione	γ	Nspt [-]	Dr	ϕ'	c'		cu		Vs	E0	E'
		[kN/m ³]	PE	PE	PE	PE	PD	PE	PD	PE	[m/s]	[Mpa]
ba1	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni attuali e recenti)	20-24 (21)	13-R	38-81	38 - 42	0	0			220-400	230-770	50-150
ba2	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)	17-21 (19)	4-36	22-65	31-37	0				150-220	110-235	25-55
ba3	Argille limose (Alluvioni attuali e recenti)	19-20 (19,5)				0-5		50-215		100-250	50-300	10-60
MDL1	Ghiaia sabbiosa (Unità di Maddaloni)	18-22 (20)	24-R	45-80	38-42	0	0			325-650	525-2100	105-420
MDL2	Sabbia, sabbia limosa (Unità di Maddaloni)	18,5-20,5 (20)	15-50	32-70	31-37	0				250 - 470	300-1100	60 - 220
MDL3	Argille limose (Unità di Maddaloni)	18-21 (20)	20-R		19-27	10-20	23-42	75-460	160 - 220 (93,5 z ^{0,24})	240 - 450	295 - 1035	60 - 206
	E0 = Modulo elastico a piccole deformazioni											
	E' = Modulo elastico operativo											

Tabella 2: Sintesi parametri geotecnici

Nelle seguenti tabelle si riportano le stratigrafie di riferimento per le varie sottostrutture, così differenziate:

- Spalla A, pila P1,P2,P3,P4: Stratigrafia 1
- Spalla B, pila P5,P6,P7,P8: Stratigrafia 2

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	ϕ' [°]
da 0.0 a 6.0	ba2	19.0	-	31
da 6.0 a 14.0	ba1	21.0	-	38
da 14.0 a 19.5	MDL1	20.0	-	39
Da 19.5 a 40.0	MDL2	20.0	-	32

Tabella 3: Stratigrafia 1 dal km 18+800 al km 18+950

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	ϕ' [°]
da 0.0 a 11.0	ba3	19.0	50-130	-
da 11.0 a 21.0	MDL1	20.0	-	38
Da 21.0 a 40.0	MDL2	20.0	-	32

Tabella 4: Stratigrafia 2 dal km 18+950 al km 19+050

La falda è stata considerata cautelativamente ad una profondità di 5 m dal p.c..

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo plinti e pali	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0100 002	REV. B	FOGLIO 12 di 47

6 AZIONI DI PROGETTO

Ai fini delle verifiche oggetto del presente documento, si fa riferimento alle massime azioni agenti in testa al palo riprese dalle relazioni di calcolo di pile e spalle riassunte nelle tabelle successive, rimandando invece alle relazioni di cui sopra per eventuali ed ulteriori dettagli.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni lungo il fusto, il palo è assimilato ad una trave su suolo elastico soggetta a carico trasversale (taglio) e momento applicato in sommità secondo formulazione elasto-plastica del terreno (rif.Motta, articolo AGI, “Analisi elastoplastica di pali soggetti a forze orizzontali”). I valori di sollecitazione tagliante sono ripresi dalla relazione di calcolo di pile e spalle, cui si rimanda per eventuali ed ulteriori dettagli. Il momento flettente d’incastro è invece stimato ipotizzando che il momento lungo il fusto si annulli ad una profondità di 2D per le spalle e 1D per le pile (valori differenziati in relazione ai differenti livelli di sollecitazione).

Pertanto:

- $M_{max,spalle} = V_{max,spalle} \times 2D$
- $M_{max,pile} = V_{max,pile} \times 1D$

Ai fini del calcolo ed in relazione alla caratterizzazione geotecnica, si adottano i seguenti moduli elastici di riferimento:

- stratigrafia 1 $E = 25000 \text{ kPa}$
- stratigrafia 2 $E = 10000 \text{ kPa}$

Le tabelle successive riassumono i massimi valori di sollecitazione in testa ai pali, sia per le condizioni ultime che di esercizio.

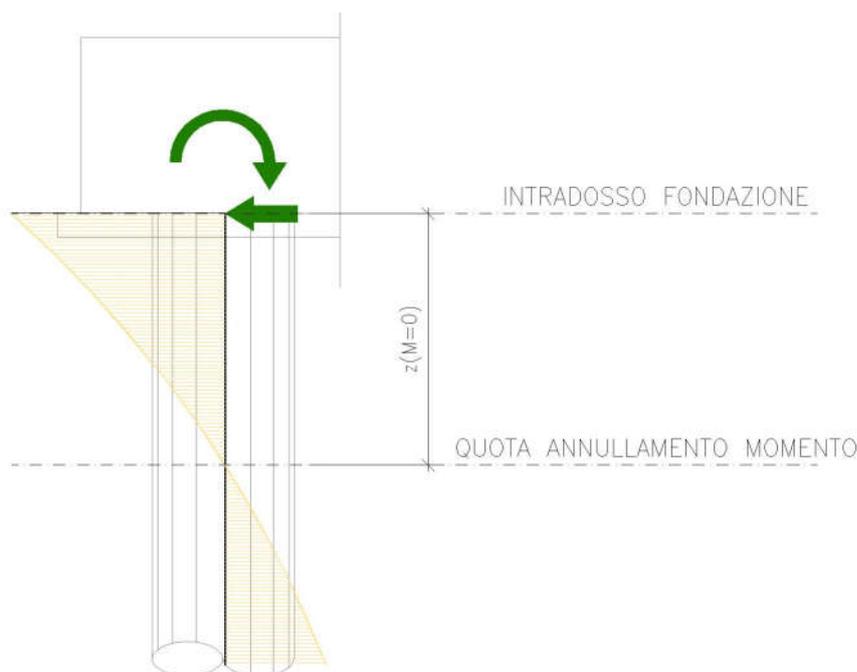


Figura 4 – Schema di calcolo azioni testa palo

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	13 di 47

Azioni SLU/SLV

Elemento	N _{min}	N _{max}	V _{max}	M _{max}
[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Spalla A	-4013	1714	1098	2635
Pila P1	-3941	514	346	415
Pila P2	-4688	1168	387	465
Pila P3	-5551	1839	417	501
Pila P4	-5791	1938	402	483
Pila P5	-6712	2731	447	537
Pila P6	-6812	2349	476	572
Pila P7	-6388	2223	462	555
Pila P8	-5146	1212	391	469
Spalla B	-4110	1444	1010	2424

Azioni SLE (rara)

Elemento	N _{max}	N _{min}	V _{max}	M _{max}
[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Spalla A	-1868	-657	284	682
Pila P1	-2786	-1197	133	160
Pila P2	-2971	-949	126	151
Pila P3	-3055	-1123	112	135
Pila P4	-3214	-1069	114	137
Pila P5	-3335	-1089	112	135
Pila P6	-3372	-1593	105	126
Pila P7	-3434	-1046	126	151
Pila P8	-3372	-1213	133	160
Spalla B	-1813	-651	256	615

Tabella 5: Tabelle di sintesi delle azioni in testa ai pali

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	14 di 47

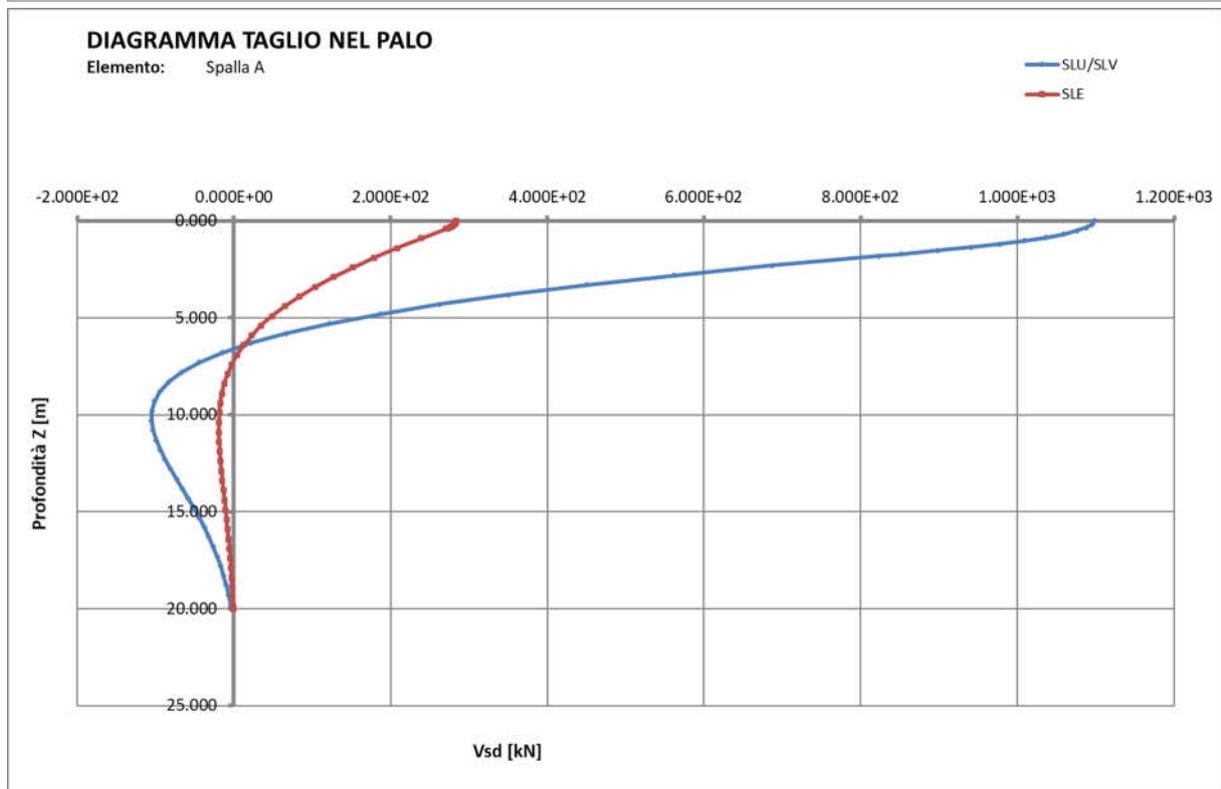
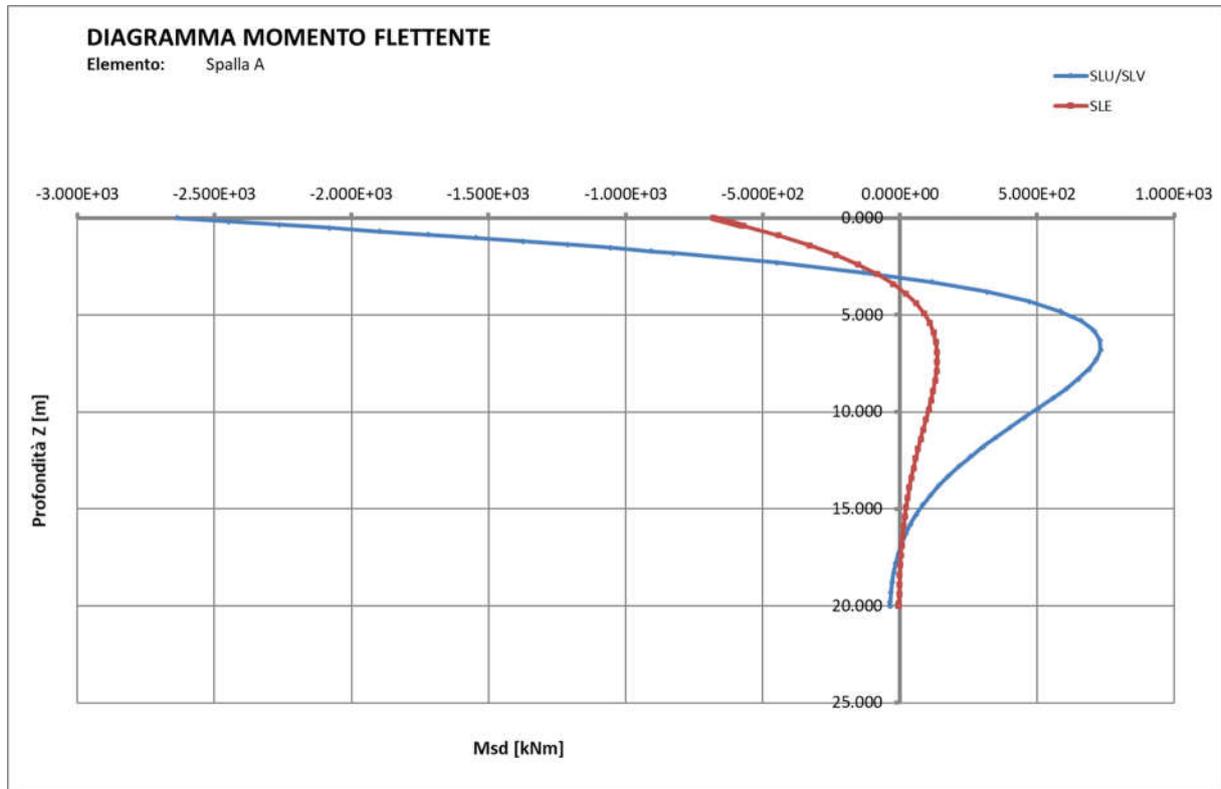


Figura 5 – Azioni fusto palo – Spalla A

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	15 di 47

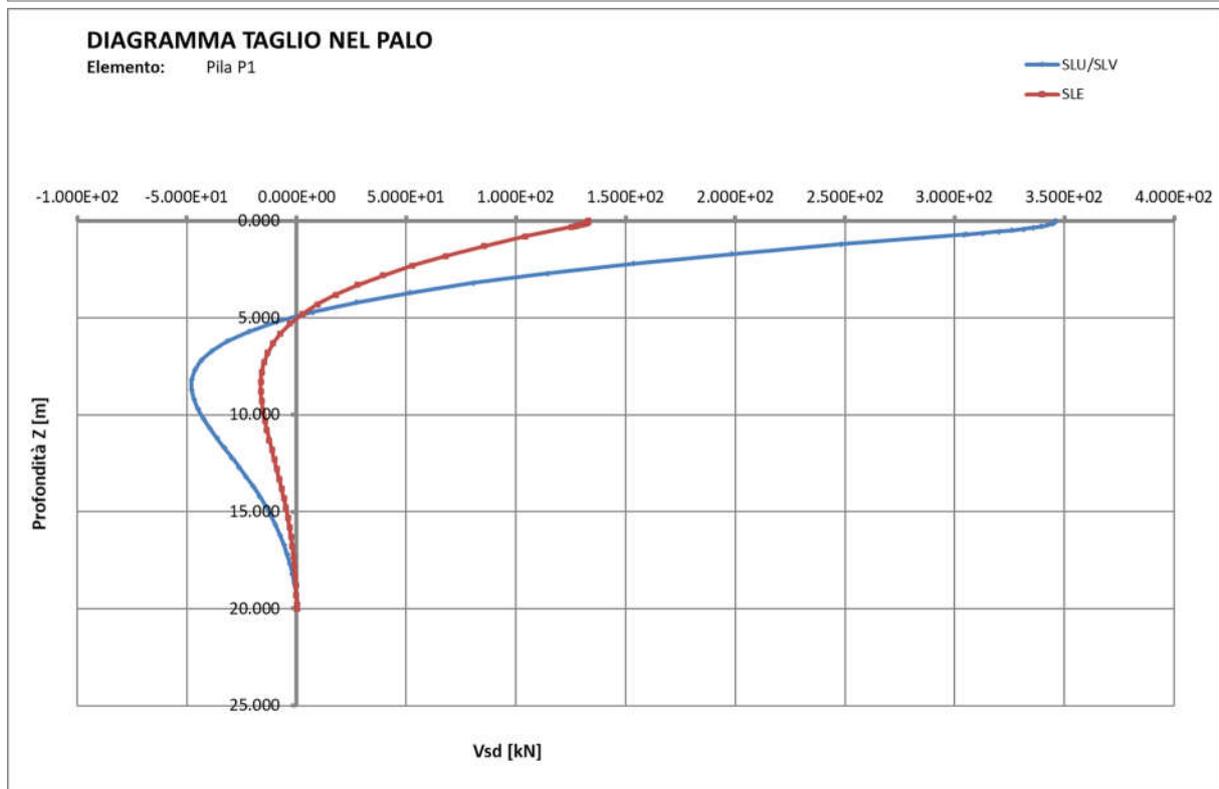
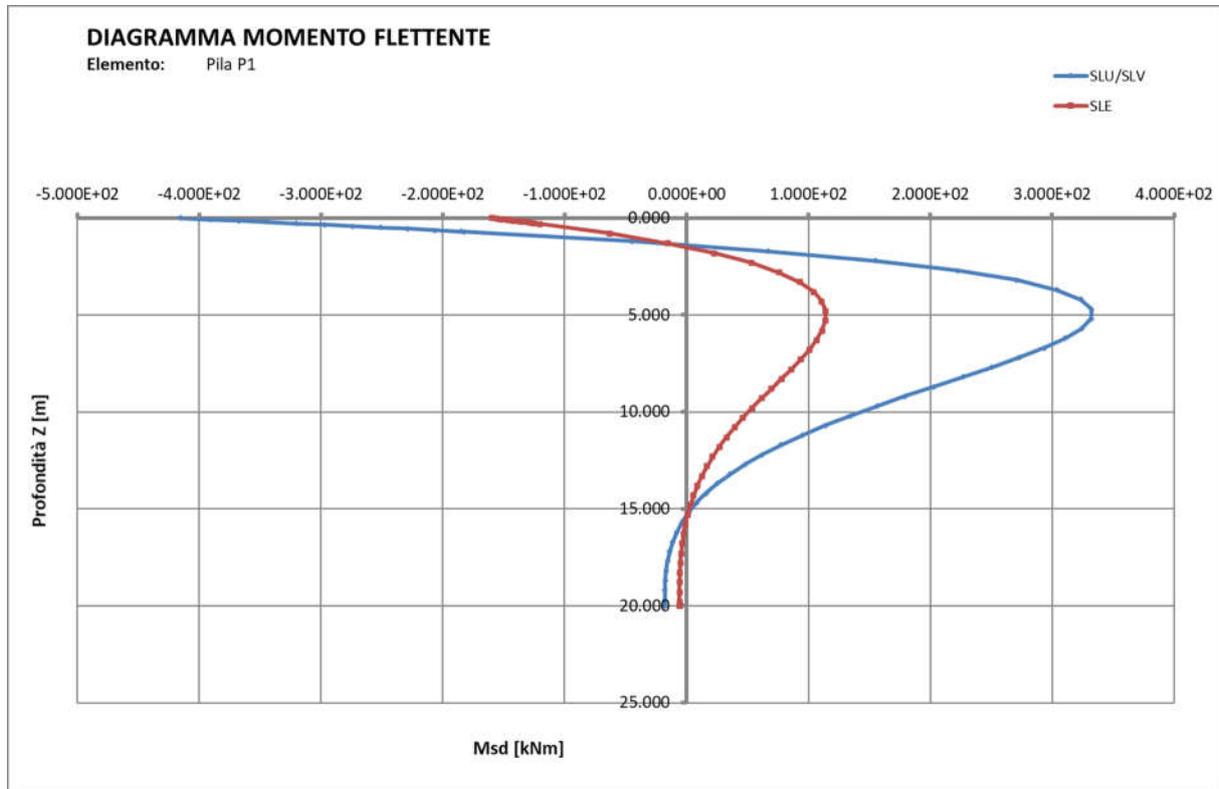


Figura 6 – Azioni fusto palo – Pila P1

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	16 di 47

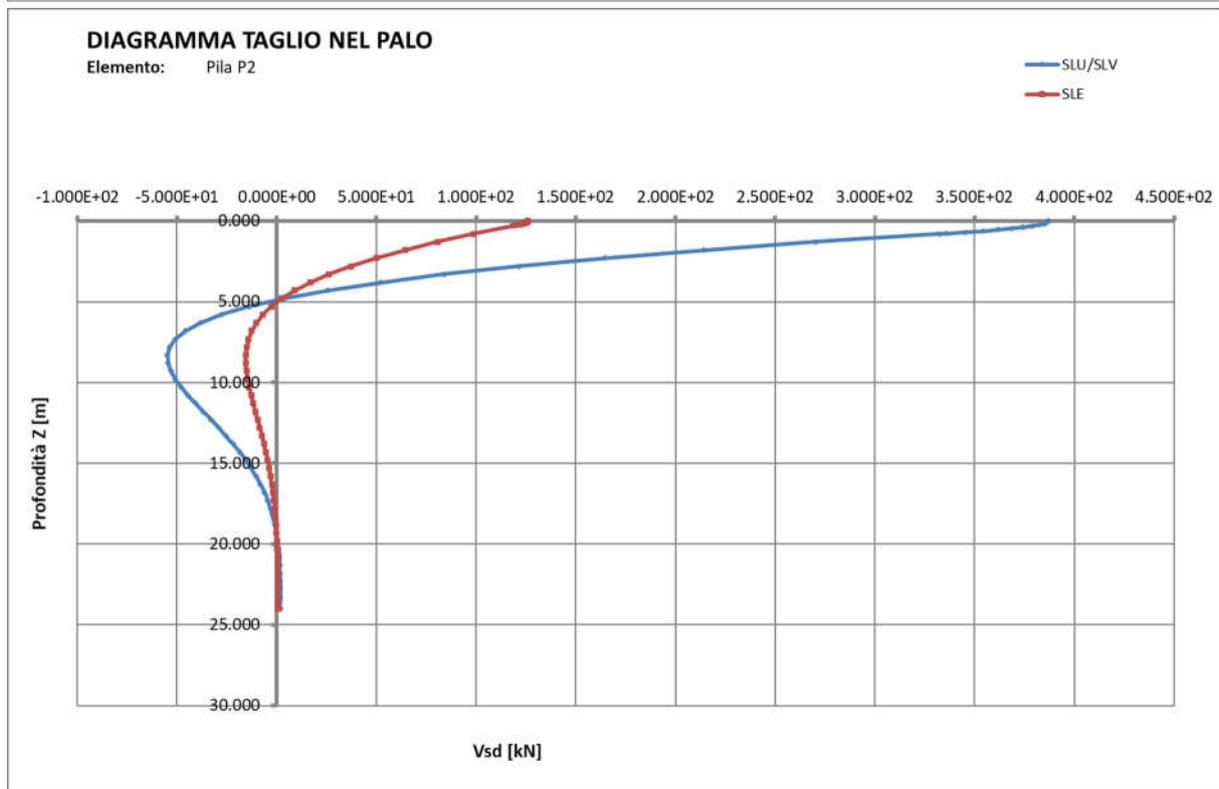
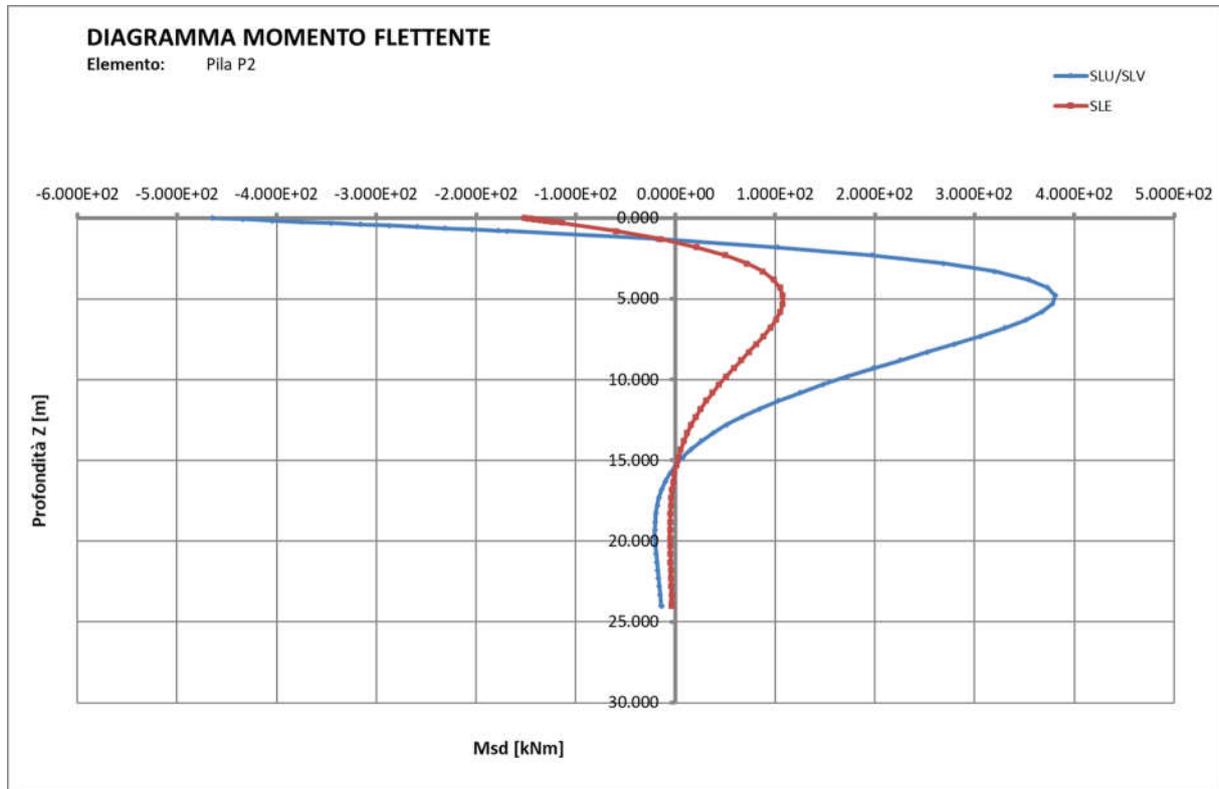


Figura 7 – Azioni fusto palo – Pila P2

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	17 di 47

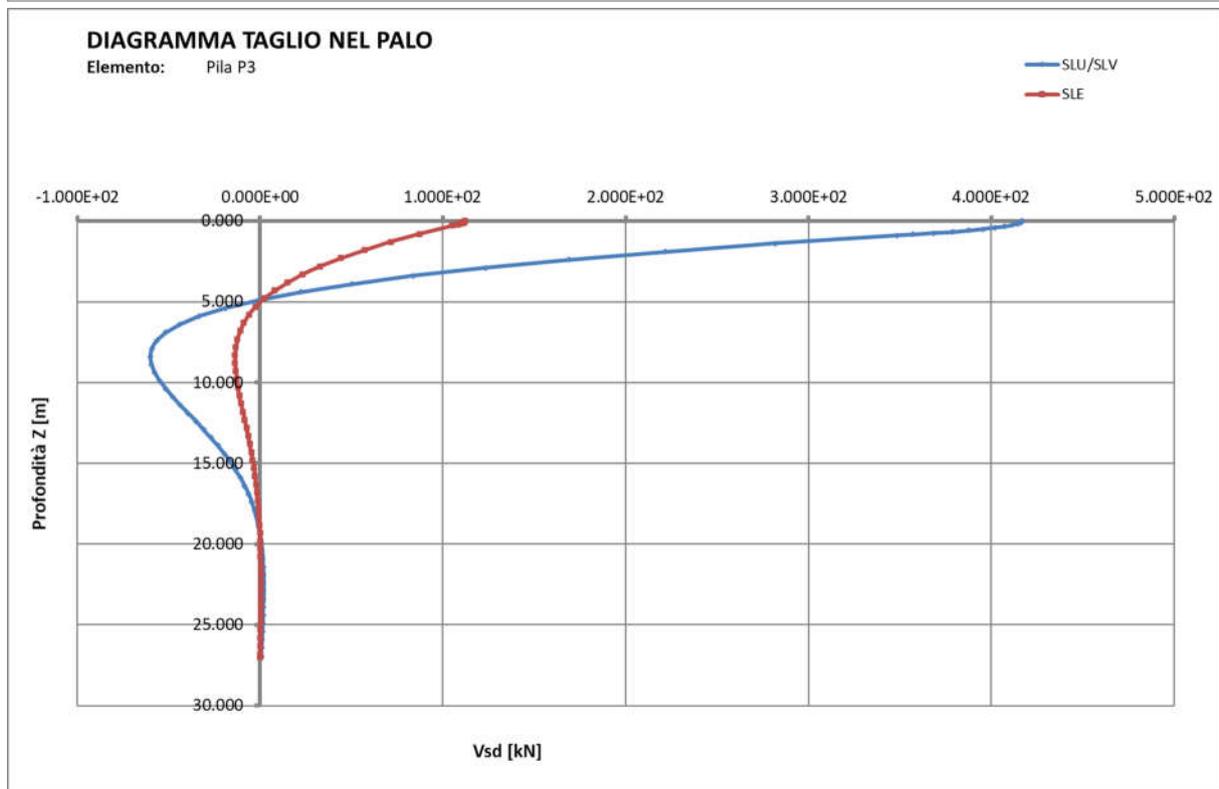
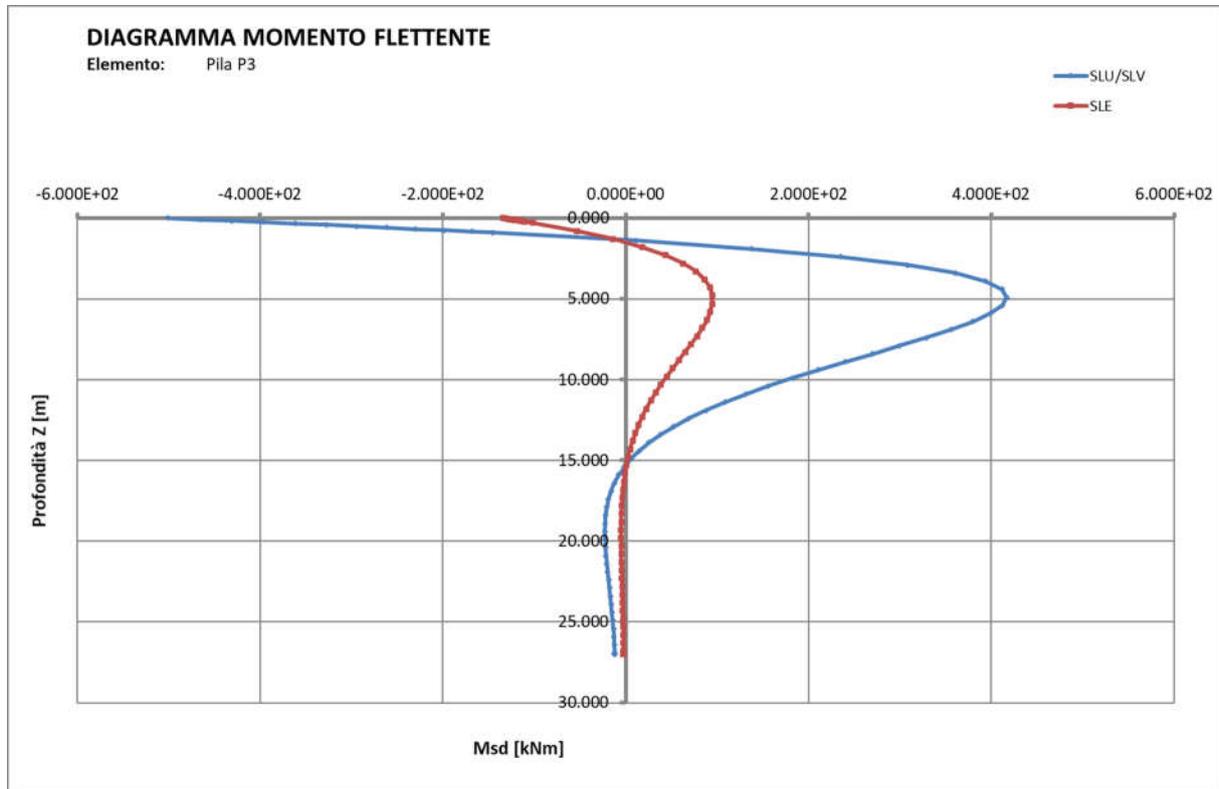


Figura 8 – Azioni fusto palo – Pila P3

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	18 di 47

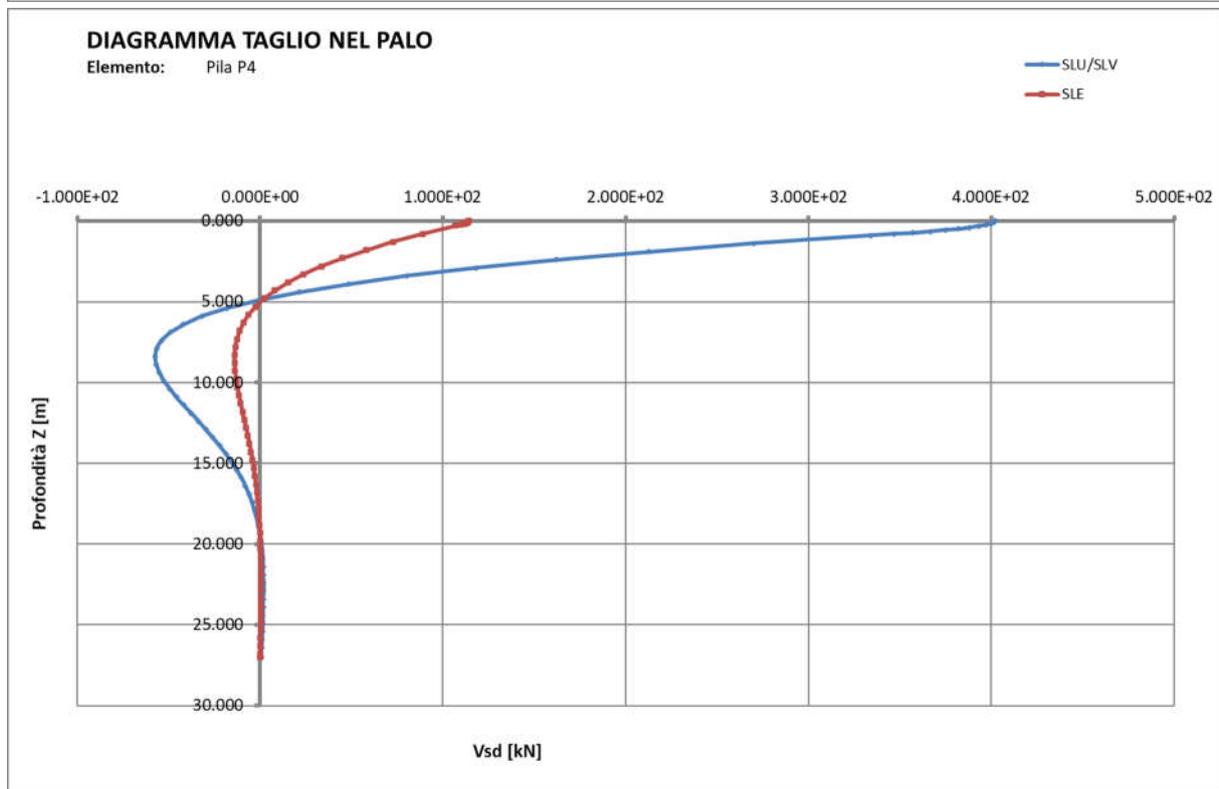
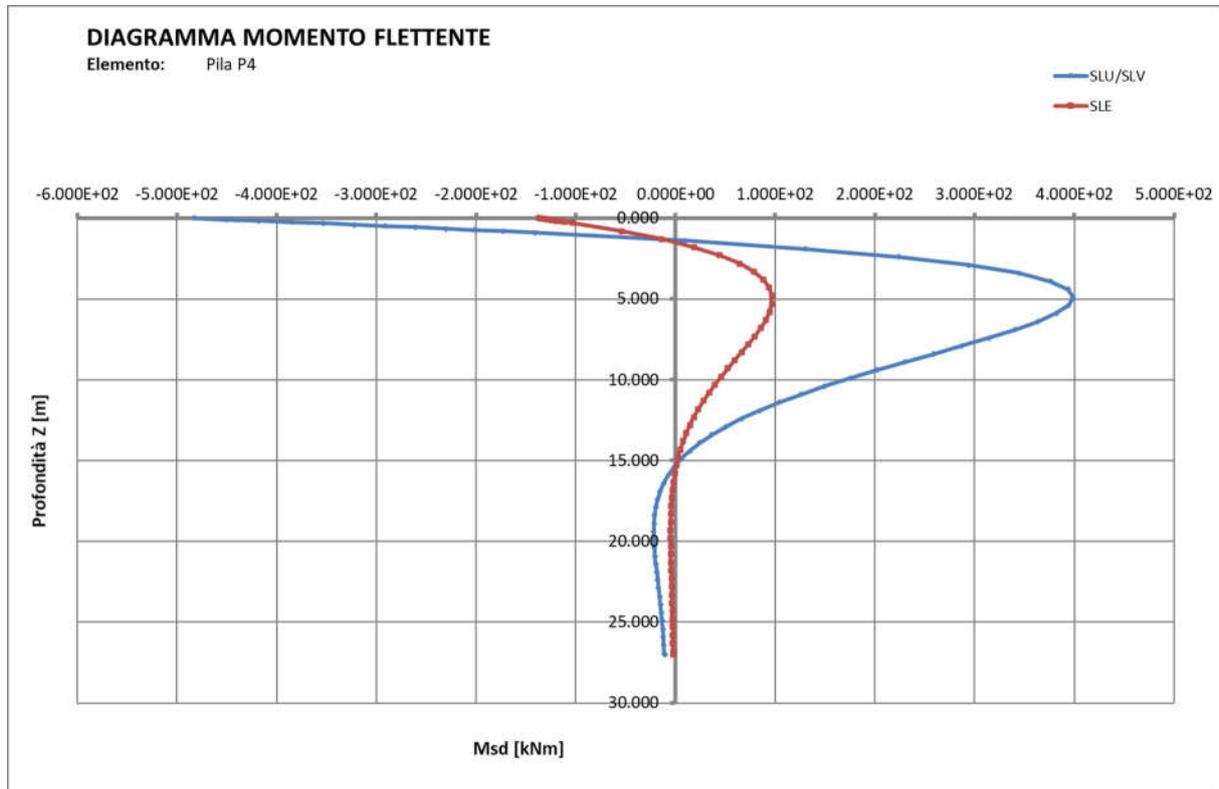


Figura 9 – Azioni fusto palo – Pila P4

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	19 di 47

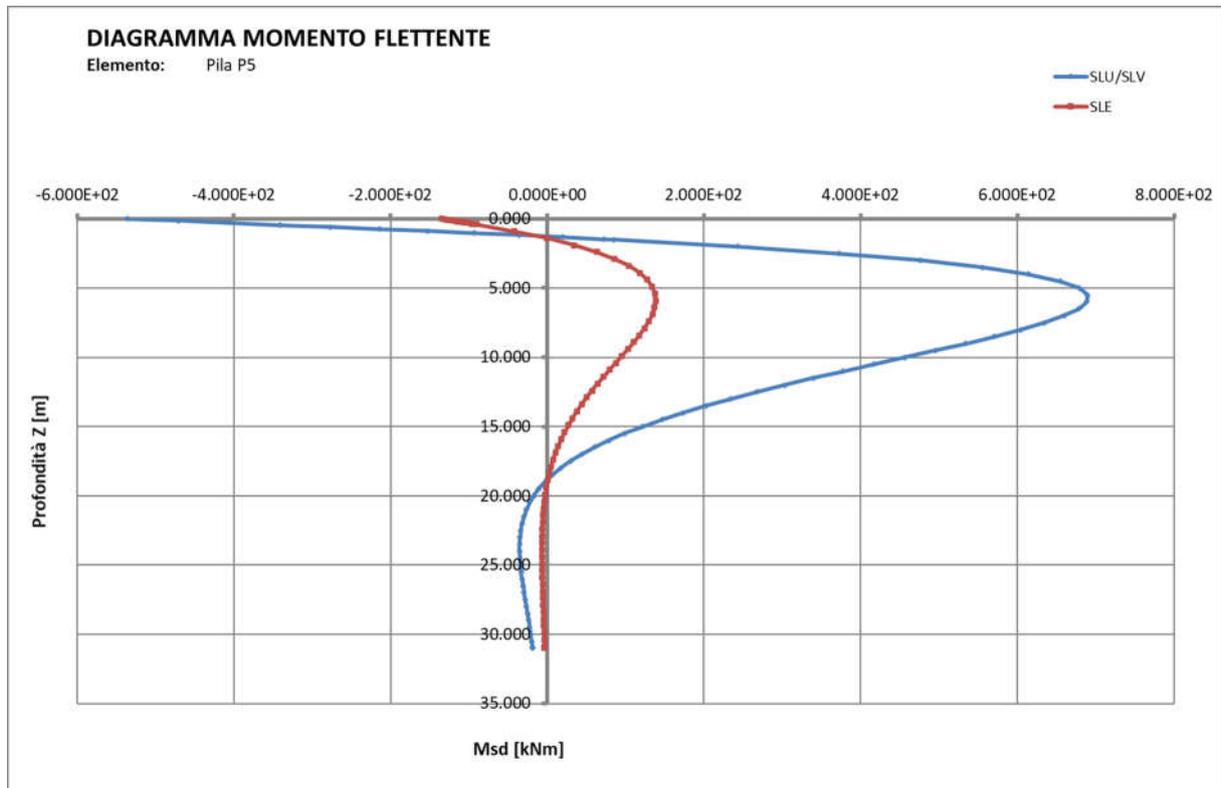
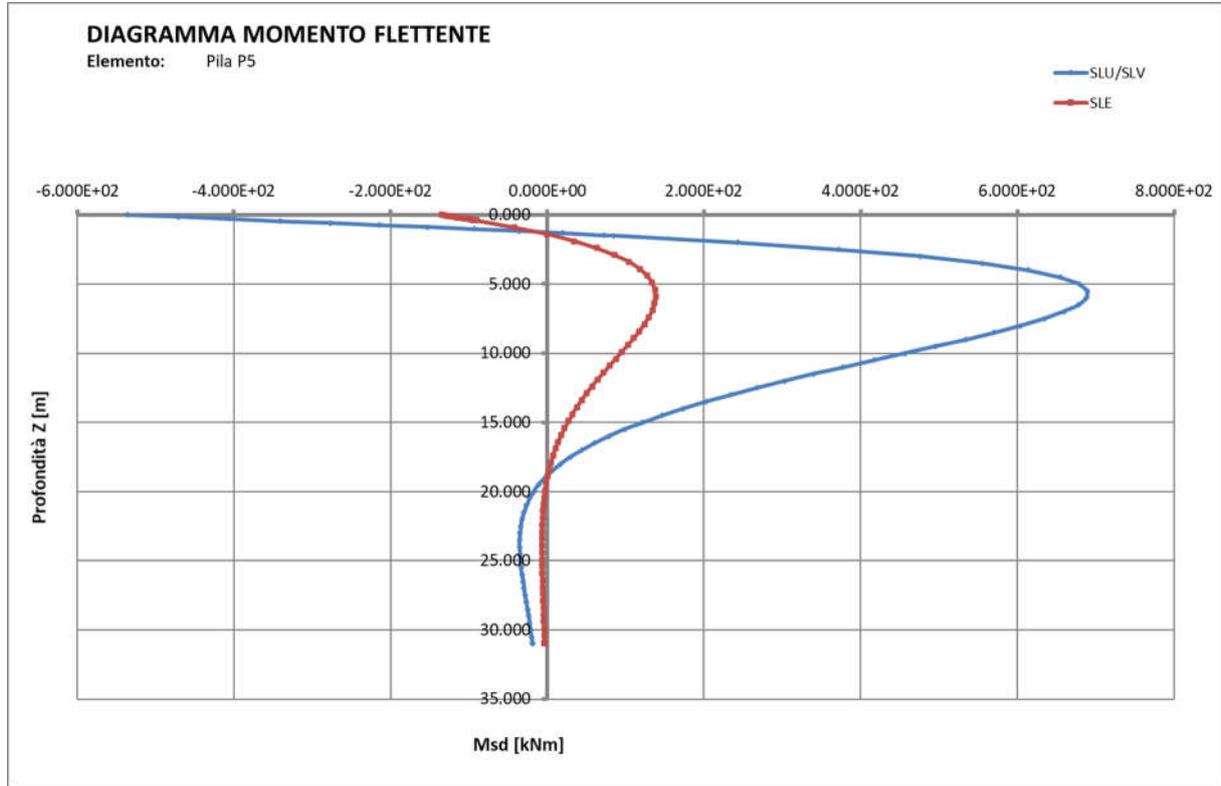


Figura 10 – Azioni fusto palo – Pila P5

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	20 di 47

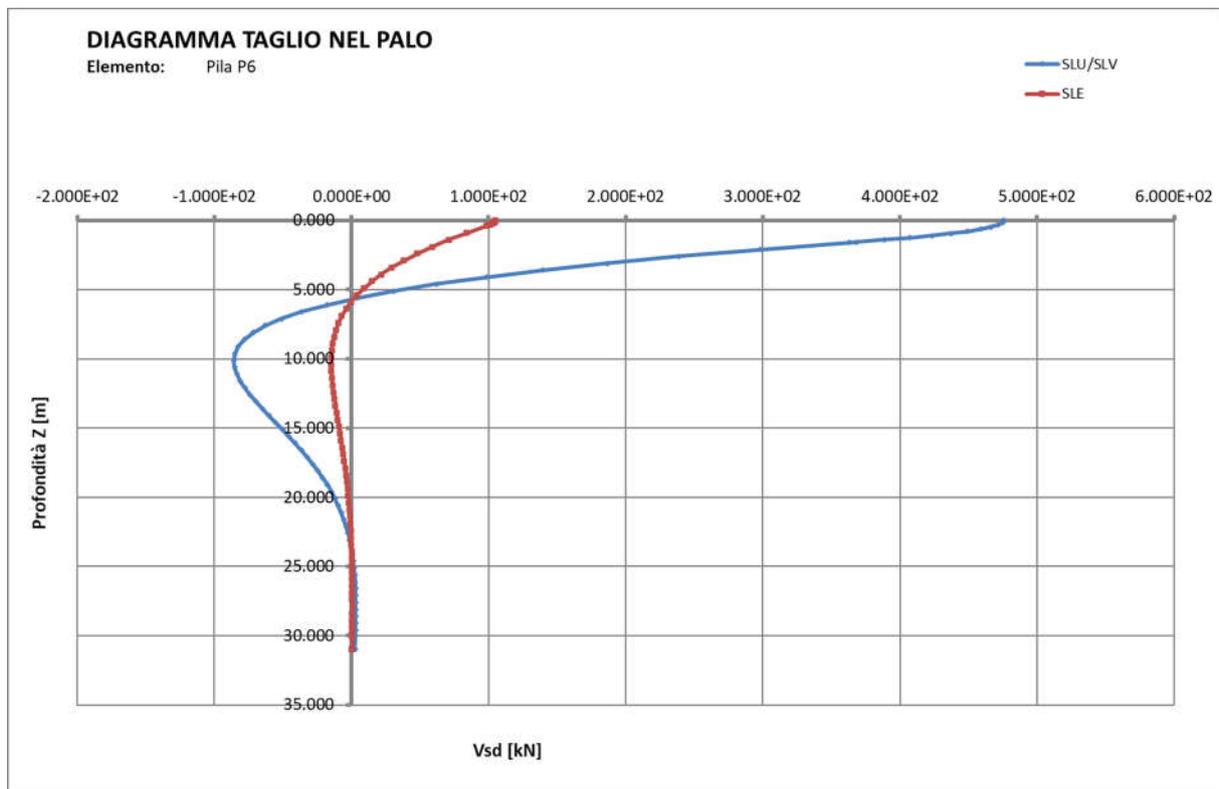
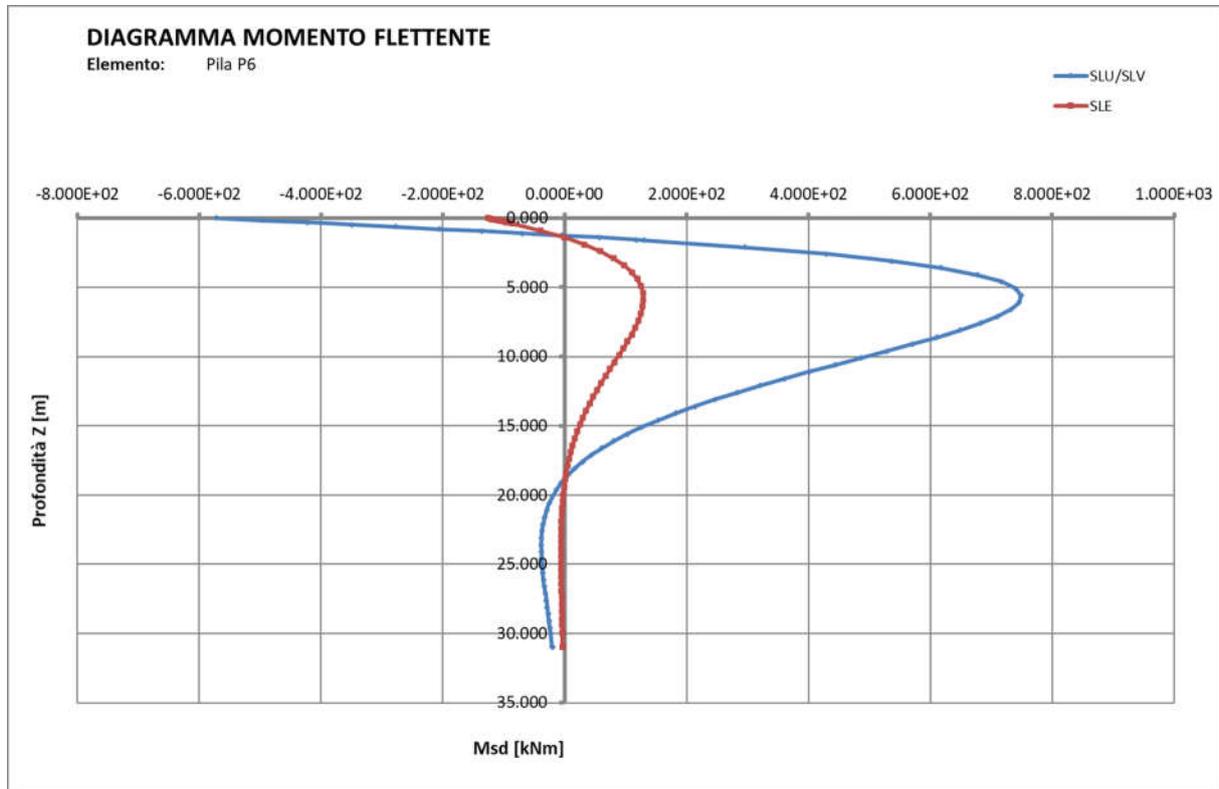


Figura 11 – Azioni fusto palo – Pila P6

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	21 di 47

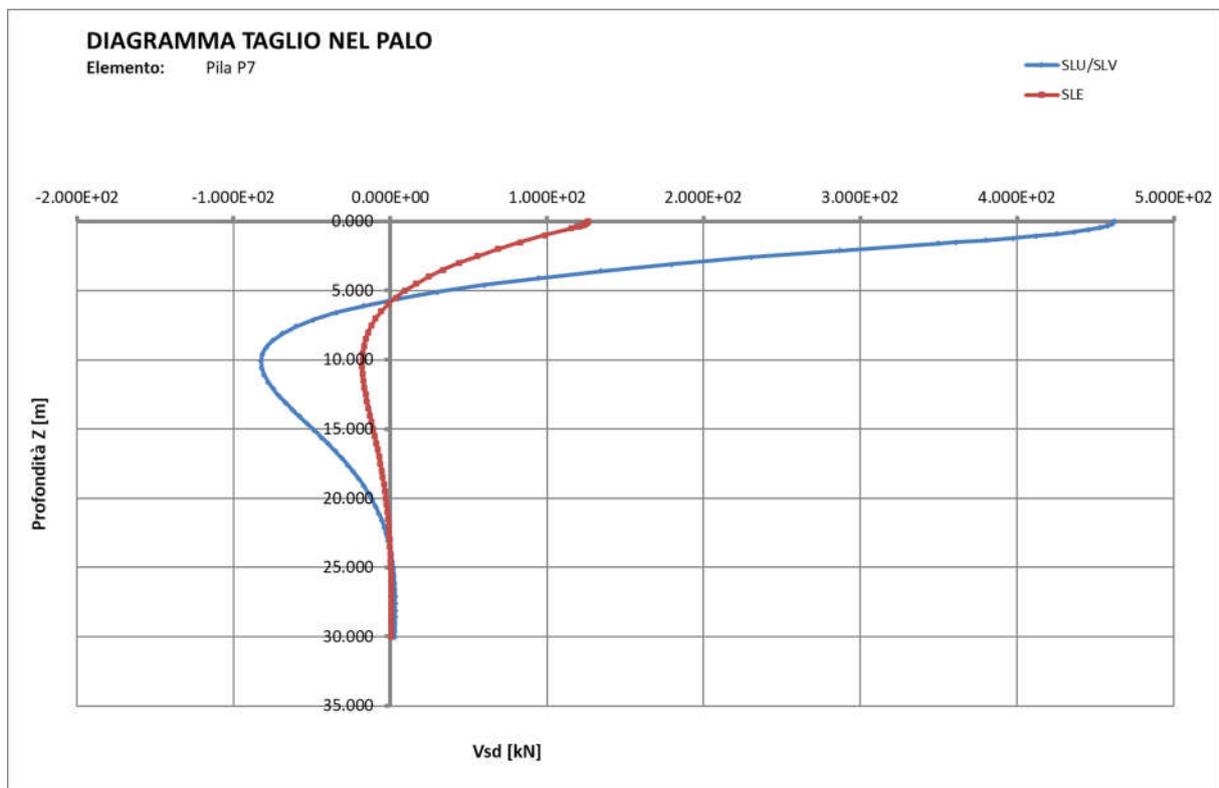
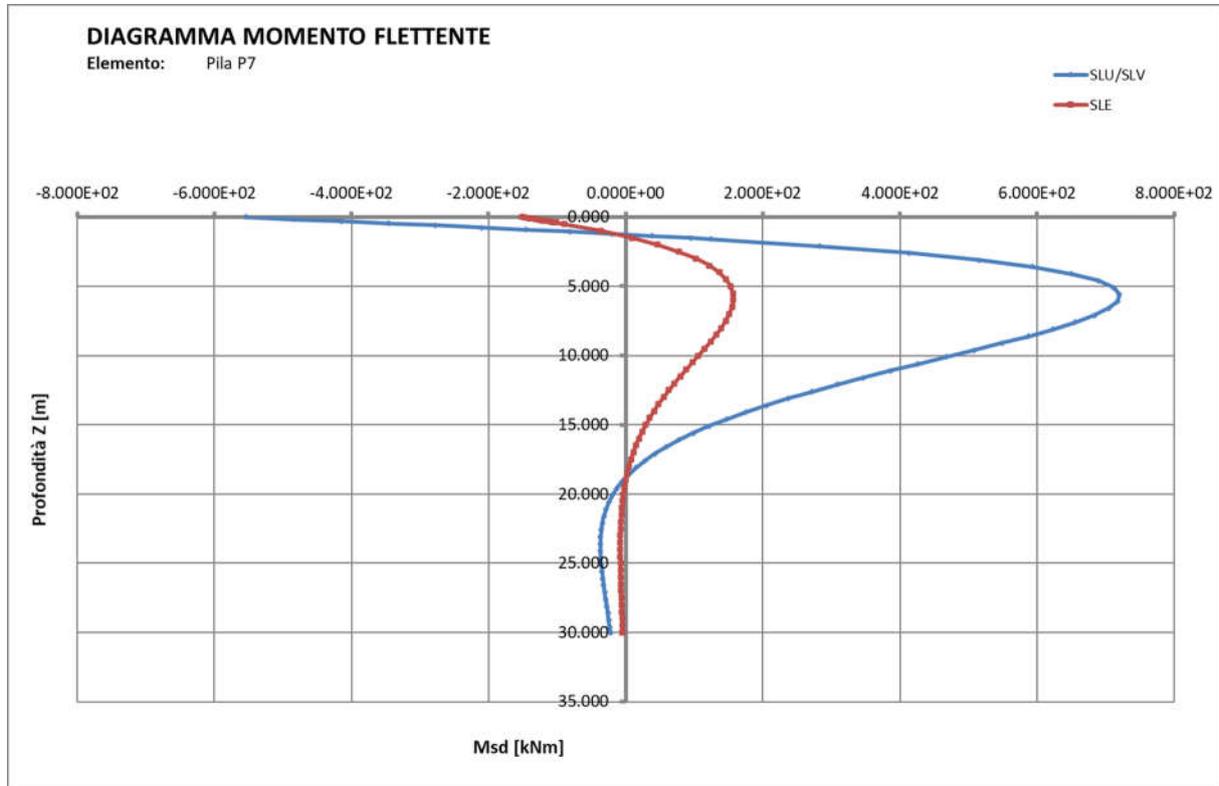


Figura 12 – Azioni fusto palo – Pila P7

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	22 di 47

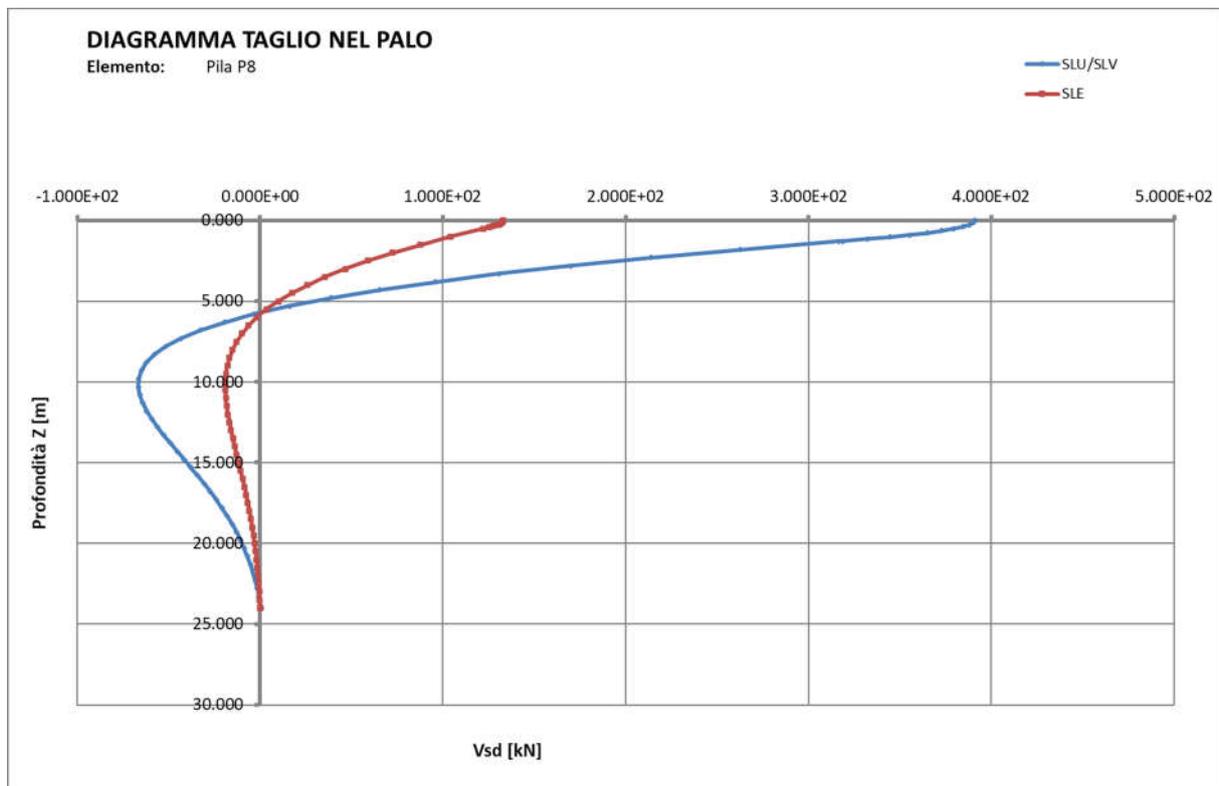
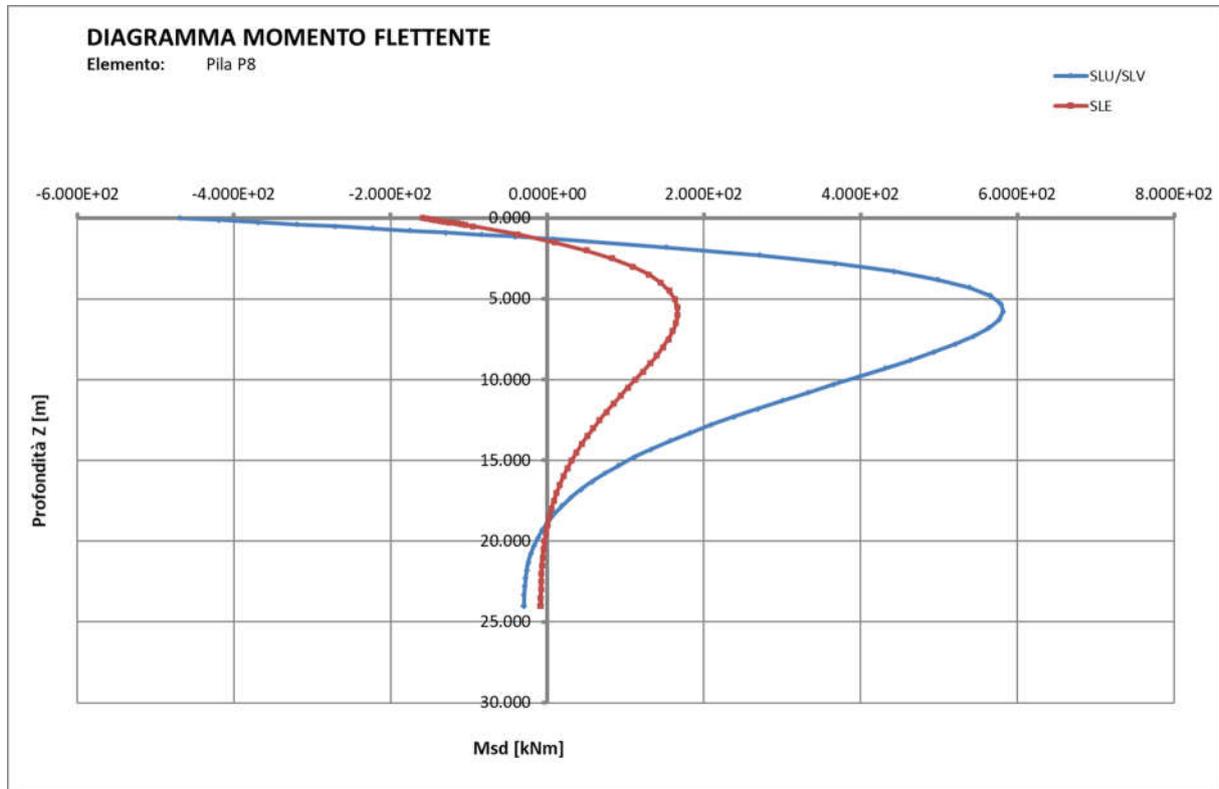


Figura 13 – Azioni fusto palo – Pila P8

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	23 di 47

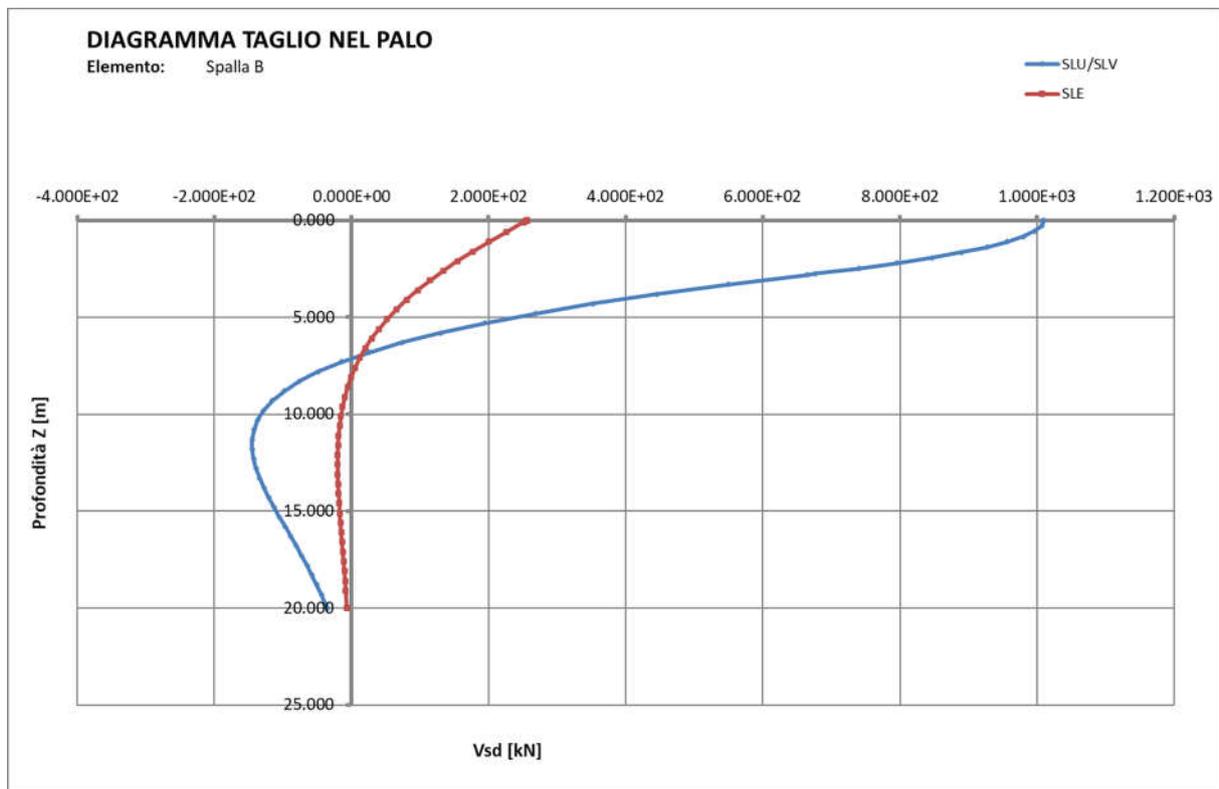
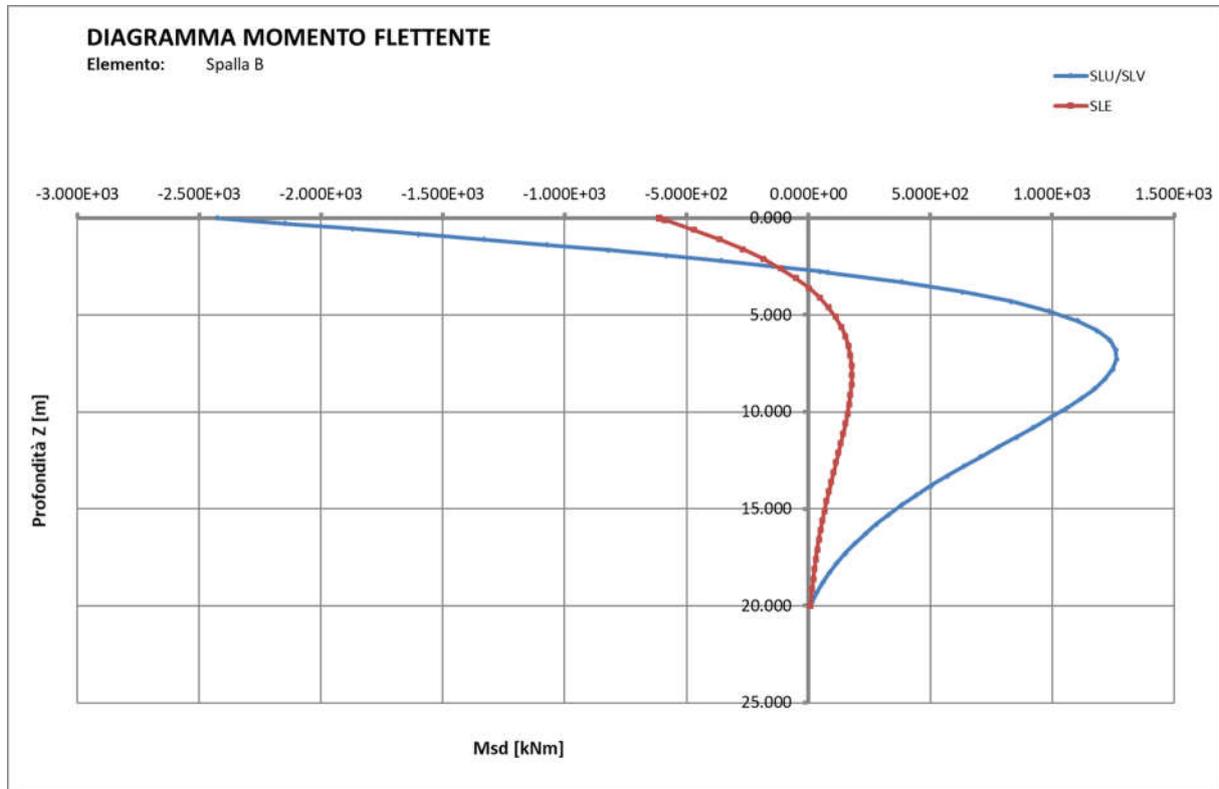


Figura 14 – Azioni fusto palo – Spalla B

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	24 di 47

7 VERIFICHE STRUTTURALI

7.1 SLU/SLV - PRESSOFLESSIONE

Con riferimento alla tabella di sintesi delle massime sollecitazioni sui pali, si procede con la verifica a pressoflessione assumendo come valore di sollecitazione flettente la risultante vettoriale delle componenti longitudinali e trasversali.

Manufatto	Elemento	Tratto	Armatura
Spalla A	Palo	$-12 \leq z \leq 0\text{m}$	24 ϕ 26 (D=1026mm) 24 ϕ 26 (D=922mm)
Spalla A	Palo	$z < -12\text{m}$	12 ϕ 20 (D=1032mm)

Manufatto	Elemento	Tratto	Armatura
Pile P1, P2, P3, P4	Palo	$-12 \leq z \leq 0\text{m}$	24 ϕ 26 (D=1026mm)
Pile P1, P2, P3, P4	Palo	$z < -12\text{m}$	12 ϕ 20 (D=1032mm)

Manufatto	Elemento	Tratto	Armatura
Pile P5, P6, P7, P8	Palo	$-12 \leq z \leq 0\text{m}$	24 ϕ 26 (D=1026mm) 12 ϕ 26 (D=922mm)
Pile P5, P6, P7, P8	Palo	$z < -12\text{m}$	12 ϕ 20 (D=1032mm)

Manufatto	Elemento	Tratto	Armatura
Spalla B	Palo	$-12 \leq z \leq 0\text{m}$	24 ϕ 30 (D=1022mm) 24 ϕ 30 (D=902mm)
Spalla B	Palo	$z < -12\text{m}$	12 ϕ 20 (D=1032mm)

La verifica di resistenza è svolta calcolando il dominio resistente della sezione (N-M) ed individuando i coefficienti di sicurezza minimi associati alle possibili rotture sezionali (e=costante, N=costante, M=costante).

Per quanto riguarda le azioni assiali lungo il fusto, si osserva che:

- lo schema di calcolo non dà informazione in merito al trasferimento di carico assiale al terreno;
- la resistenza a trazione "lato terreno" è garantita dalla sola portata laterale ovvero la reazione non è concentrata alla base ma distribuita lungo tutto il fusto; nel caso specifico di terreni coesivi, la resistenza unitaria è costante con la profondità.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di calcolo plinti e pali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0100 002</td> <td>B</td> <td>25 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	25 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	25 di 47								

Pertanto, ai fini delle verifiche strutturali l'azione assiale agente ad una generica quota z è valutata tenendo in conto della resistenza laterale sviluppata ovvero:

$$N_{sd}(z) = N_{sd}(z=0) - Q_{st,d}(z)$$

dove:

- $N_{sd}(z)$ = azione assiale agente alla quota di verifica z .
- $N_{sd}(z=0)$ = azione assiale agente in testa al palo
- $Q_{st,d}(z)$ = resistenza laterale di progetto alla quota di verifica z , desunta dalla Relazione Geotecnica dell'Opera cui si rimanda per i dettagli.

Cautelativamente le verifiche sono svolte come segue:

- $z \leq 10\phi = 12m$: $N_{sd}(z < 10\phi) = N_{sd}(z = 0)$
- $z > 10\phi = 12m$: $N_{sd}(z > 10\phi) \approx 0 \text{ kN}$

Convenzionalmente lo sforzo assiale è assunto positivo se di compressione.

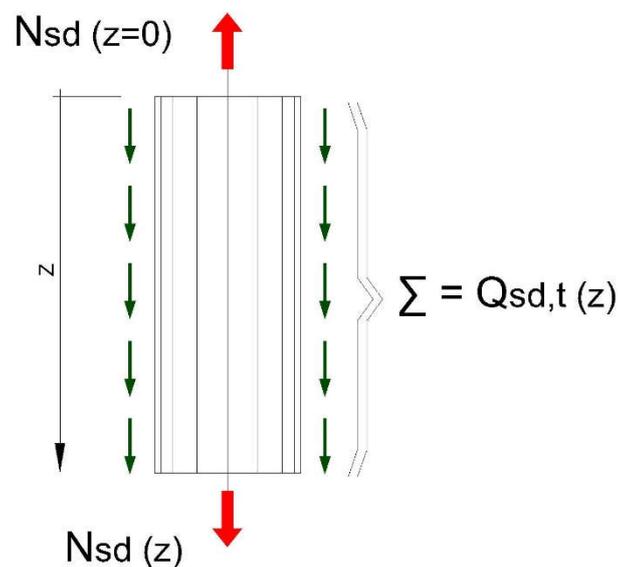


Figura 15 – Schema di calcolo per l'azione assiale lungo il fusto palo

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	26 di 47

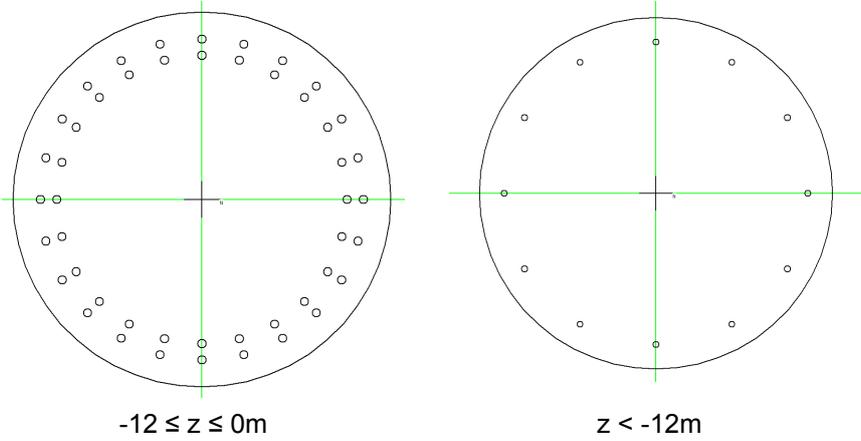


Figura 16 – Armatura di progetto pali Spalla A

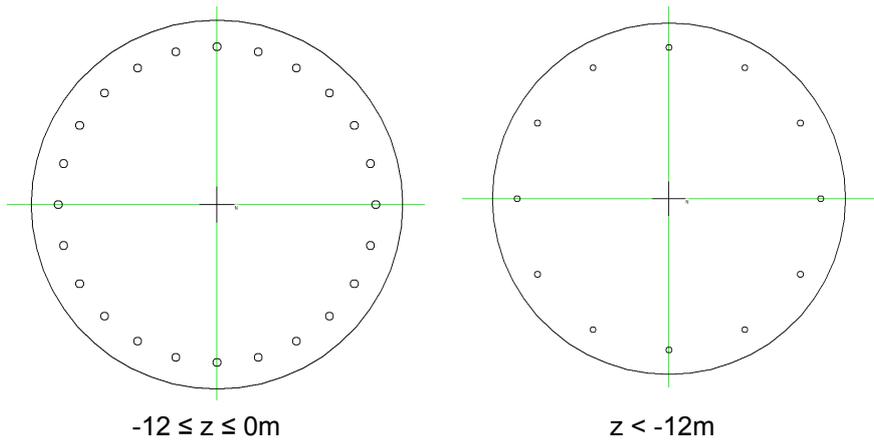


Figura 17 – Armatura di progetto pali Pila P1, P2, P3, P4

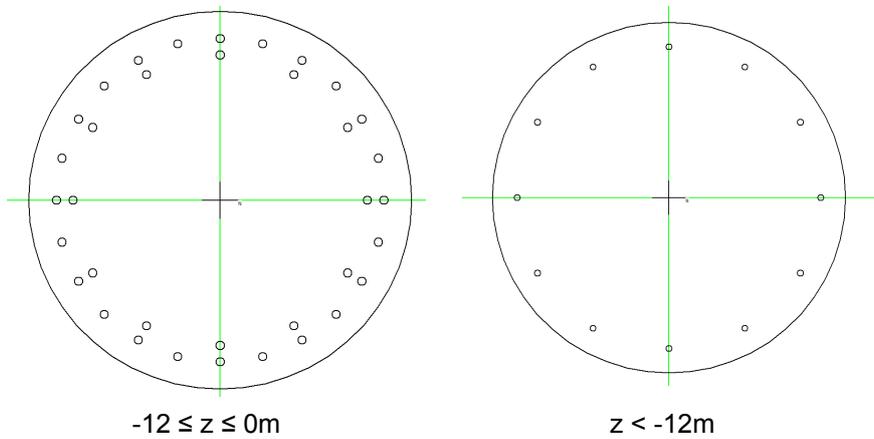


Figura 18 – Armatura di progetto pali Pila P5, P6, P7, P8

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	27 di 47

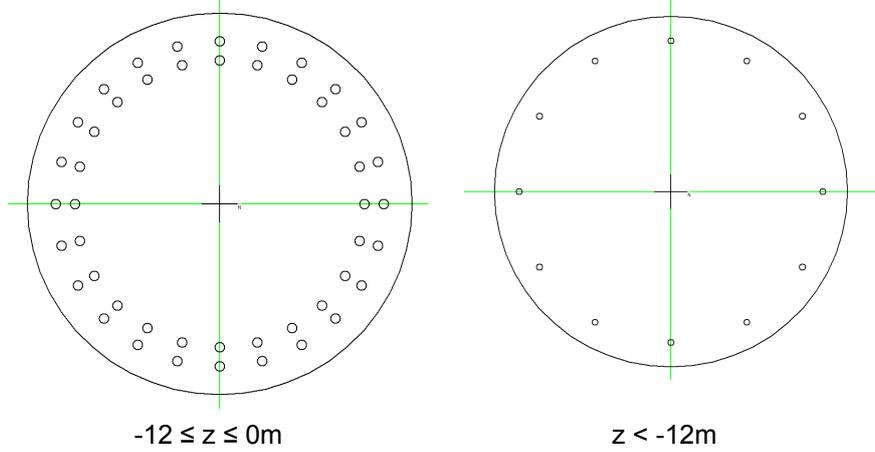


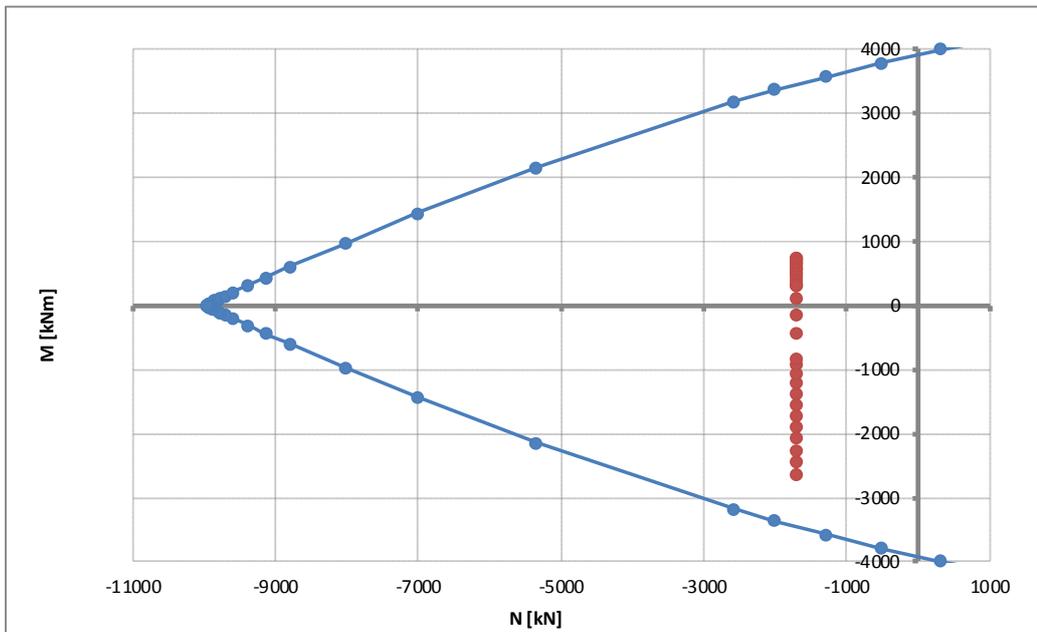
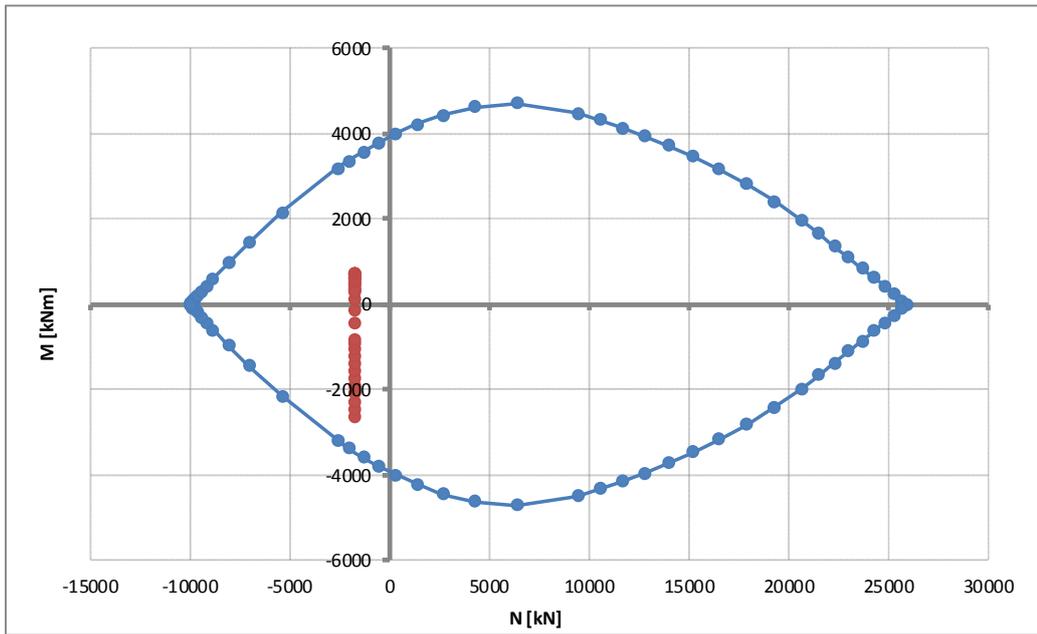
Figura 19 – Armatura di progetto pali Spalla B

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	28 di 47

Spalla A – Tratto $-12m \leq z \leq 0.0m$

Resistance	$F_{s,min}$	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,x}$
[-]	[-]	[kN]	[kNm]
E=cost	1.259	-2157	-3317
N=cost	2.355	-4037	-2635
M=cost	1.310	-1714	-3451

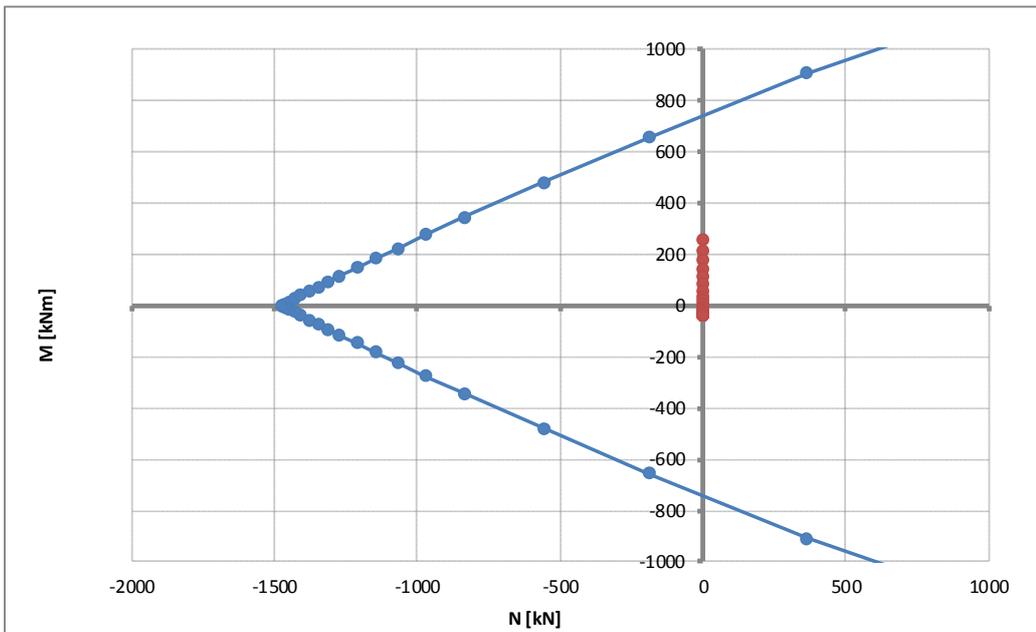
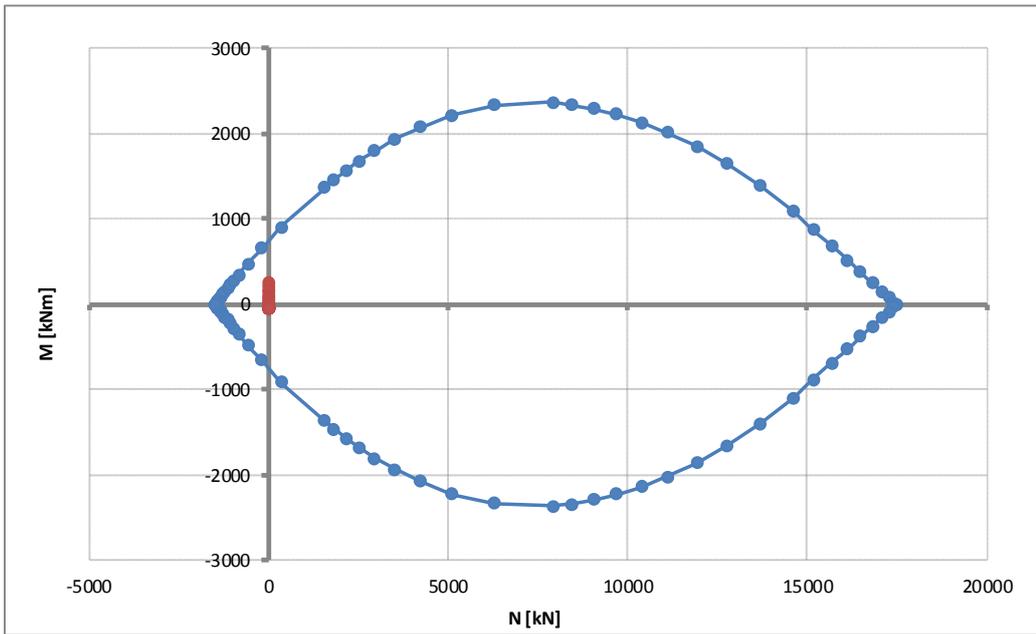


Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	29 di 47

Spalla A – Tratto $z < -12.0m$

Resistance	$F_{s,min}$	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,x}$
[-]	[-]	[kN]	[kNm]
E=cost	2.888	0	742
N=cost	>>1.00	16802	257
M=cost	2.888	0	742

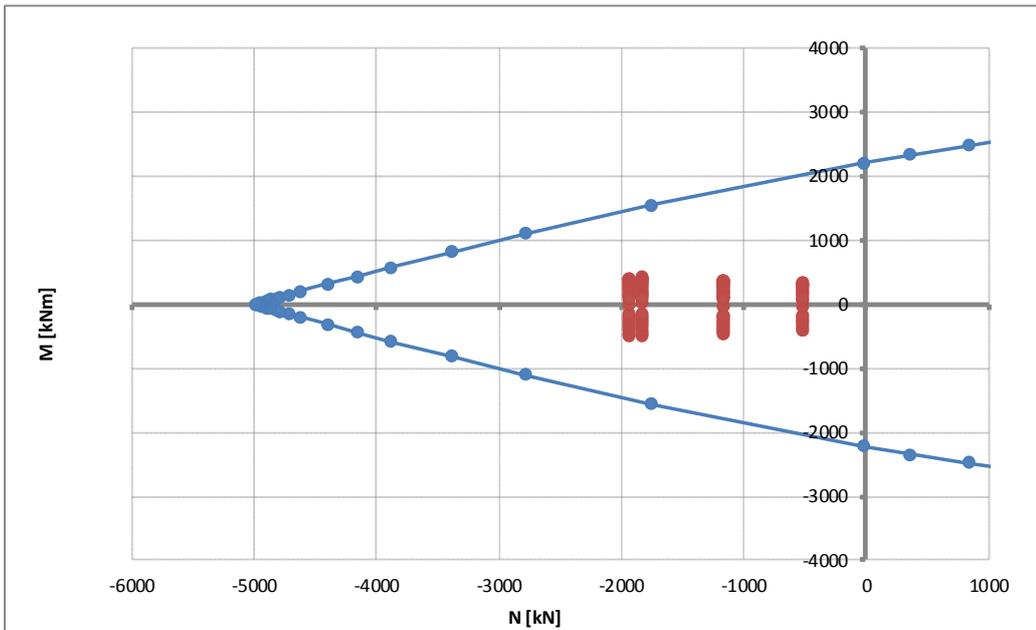
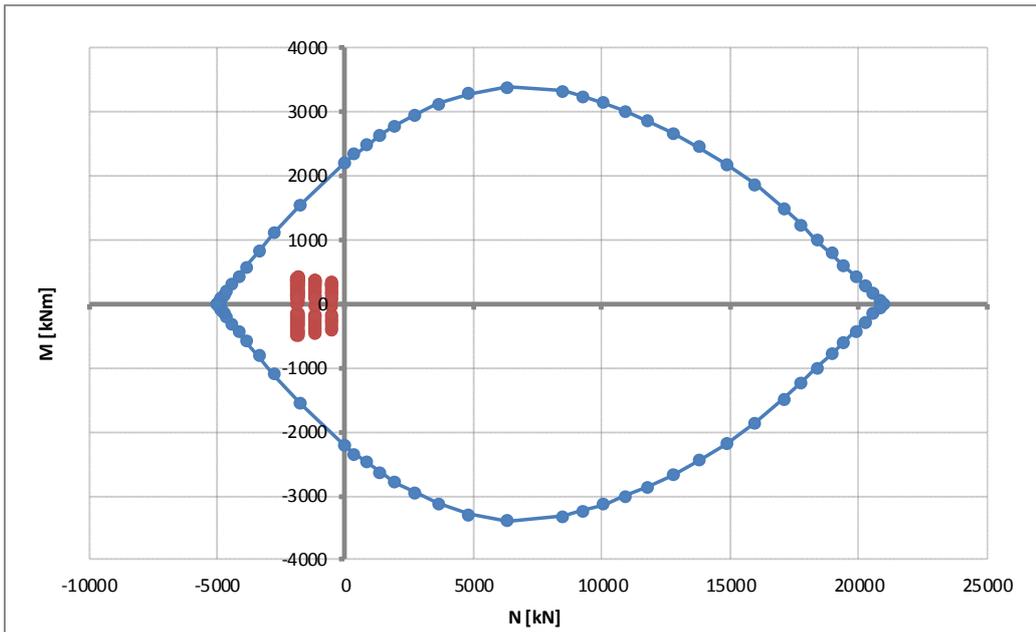


Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	30 di 47

Pila P1, P2, P3, P4 – Tratto $-12m \leq z \leq 0.0m$

Resistance	$F_{s,min}$	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,x}$
[-]	[-]	[kN]	[kNm]
E=cost	1.728	-3349	-834
N=cost	2.099	-4068	-482
M=cost	3.034	-1839	-1518

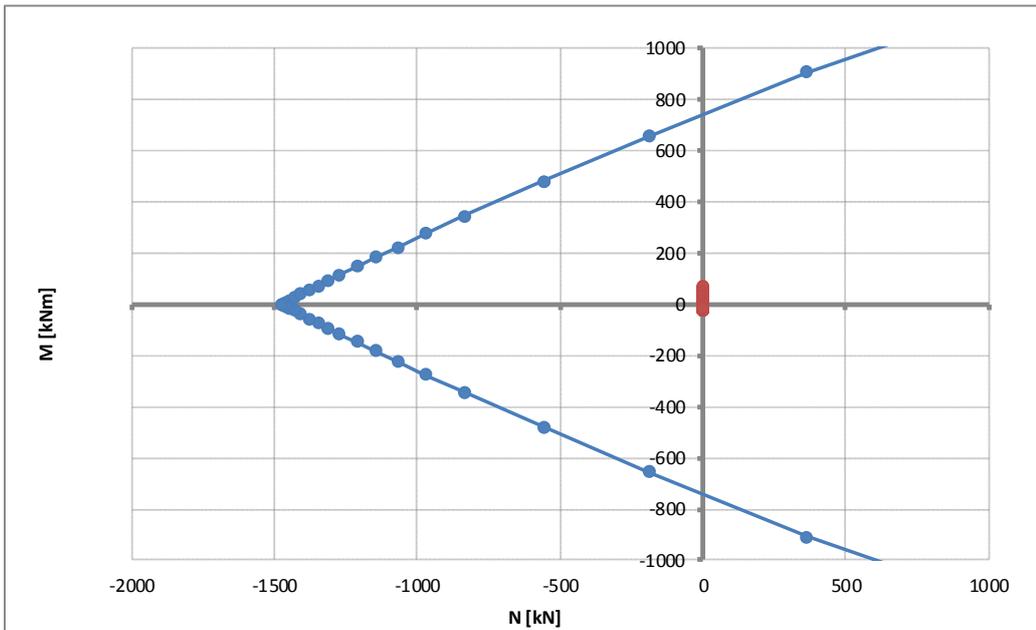
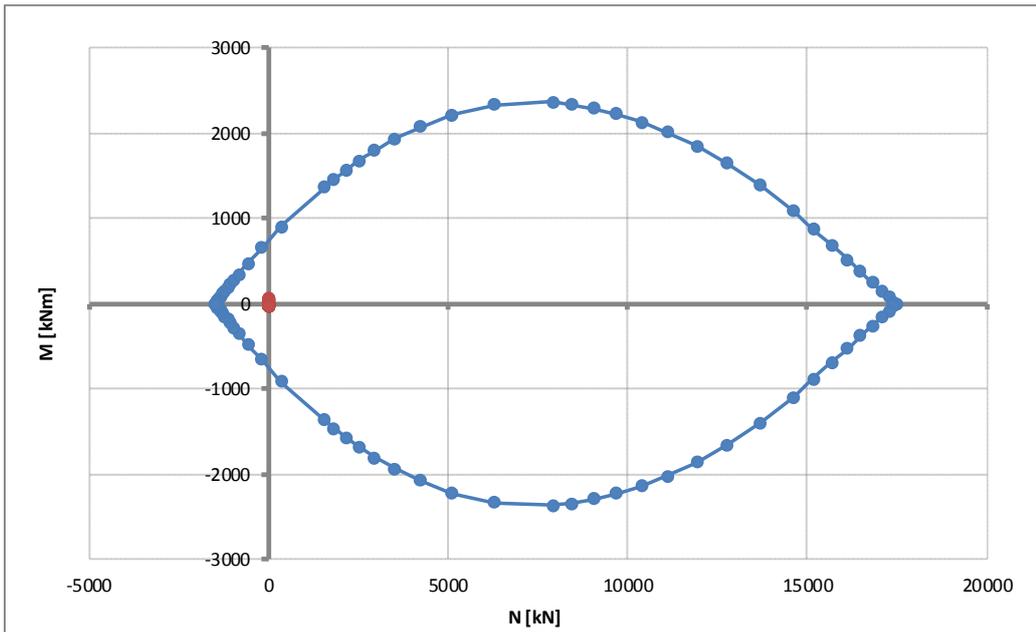


Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	31 di 47

Pila P1, P2, P3, P4 – Tratto z < -12.0m

Resistance	$F_{s,min}$	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,x}$
[-]	[-]	[kN]	[kNm]
E=cost	10.750	1	743
N=cost	>>1.00	17295	69
M=cost	10.744	0	742

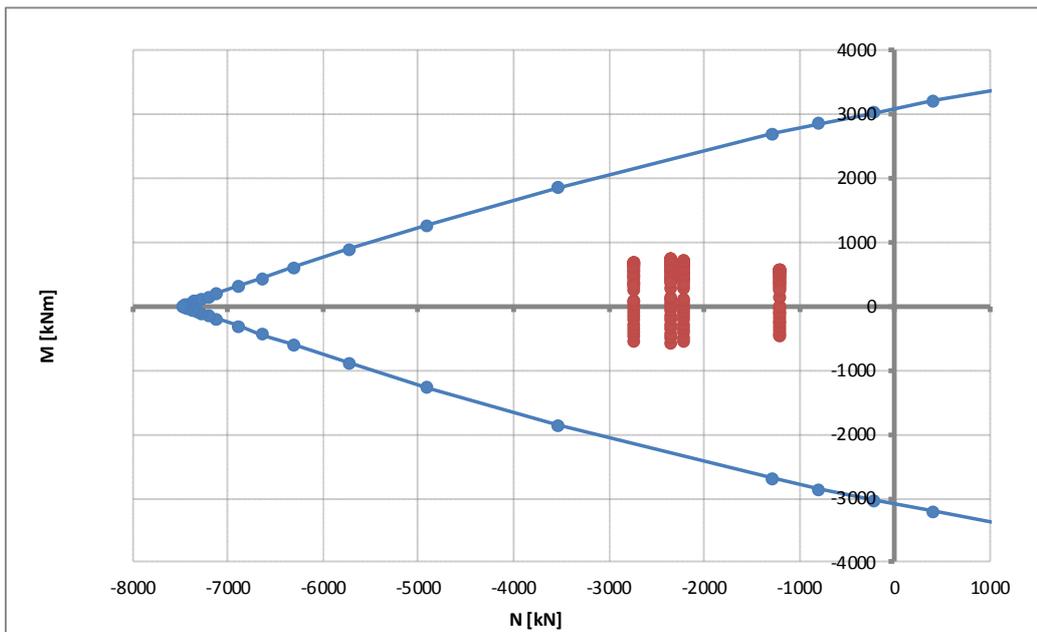
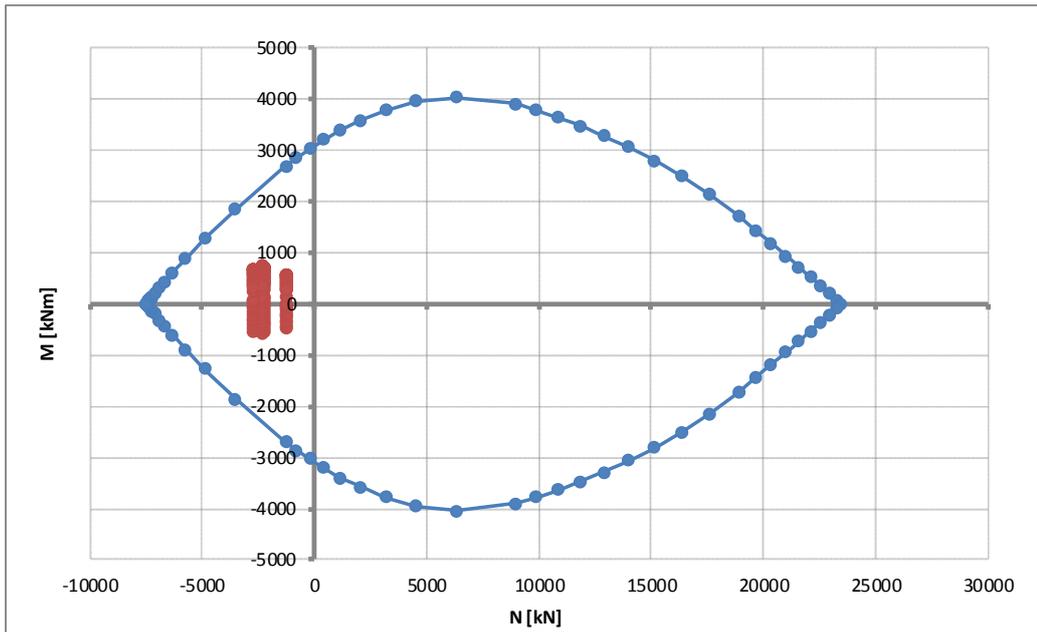


Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	32 di 47

Pila P5, P6, P7, P8 – Tratto $-12m \leq z \leq 0.0m$

Resistance	$F_{s,min}$	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,x}$
[-]	[-]	[kN]	[kNm]
E=cost	1.810	-4944	1248
N=cost	2.247	-6138	690
M=cost	3.071	-2349	2300

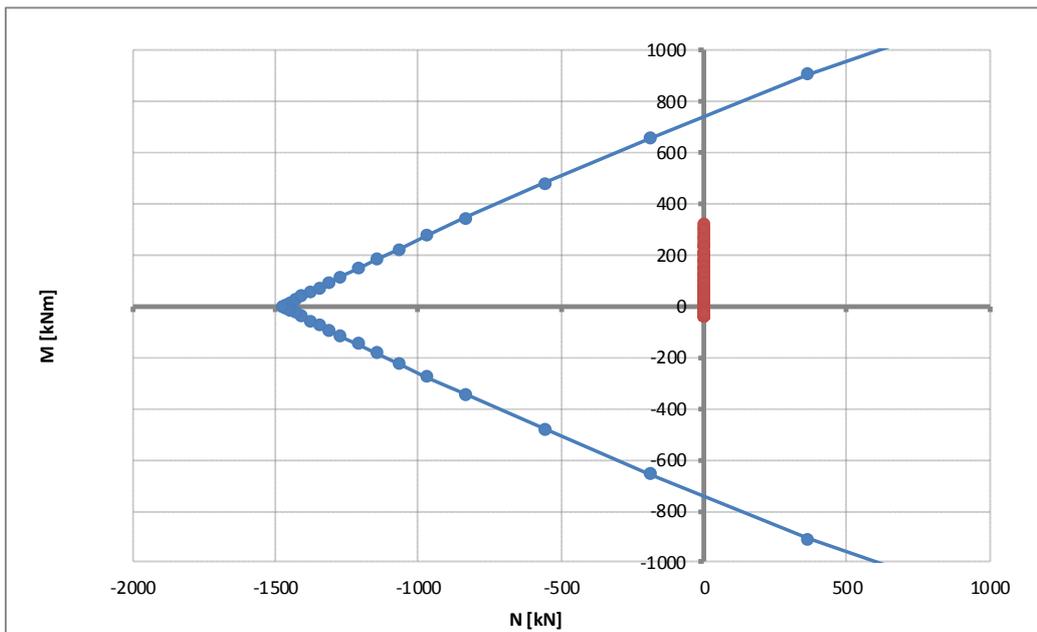
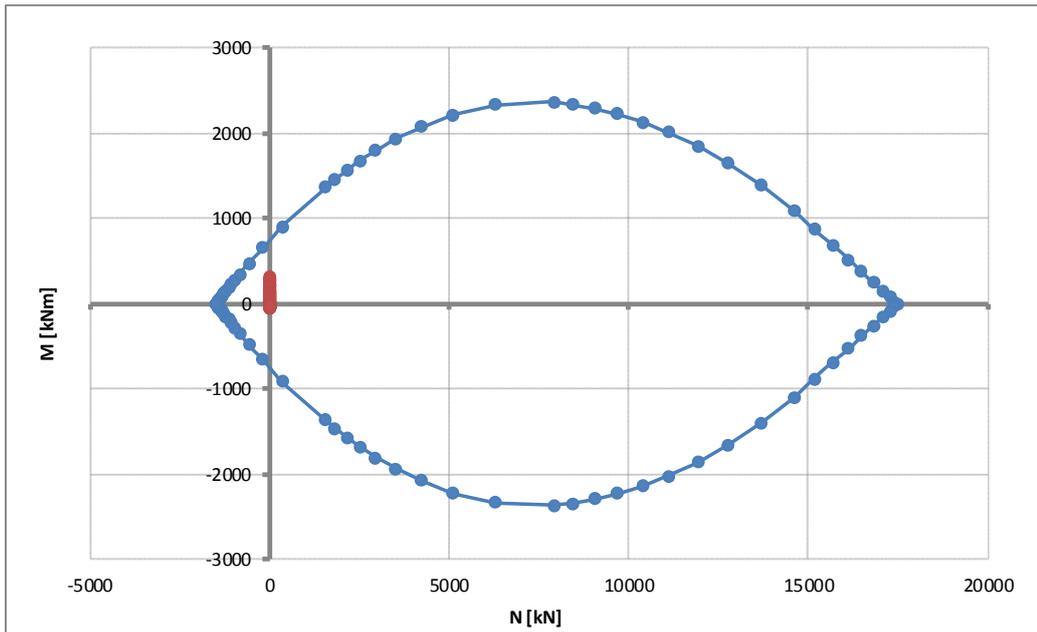


Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	33 di 47

Pila P5, P6, P7, P8 – Tratto z < -12.0m

Resistance	$F_{s,min}$	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,x}$
[-]	[-]	[kN]	[kNm]
E=cost	2.317	0	742
N=cost	>>1.00	16636	320
M=cost	2.317	0	742

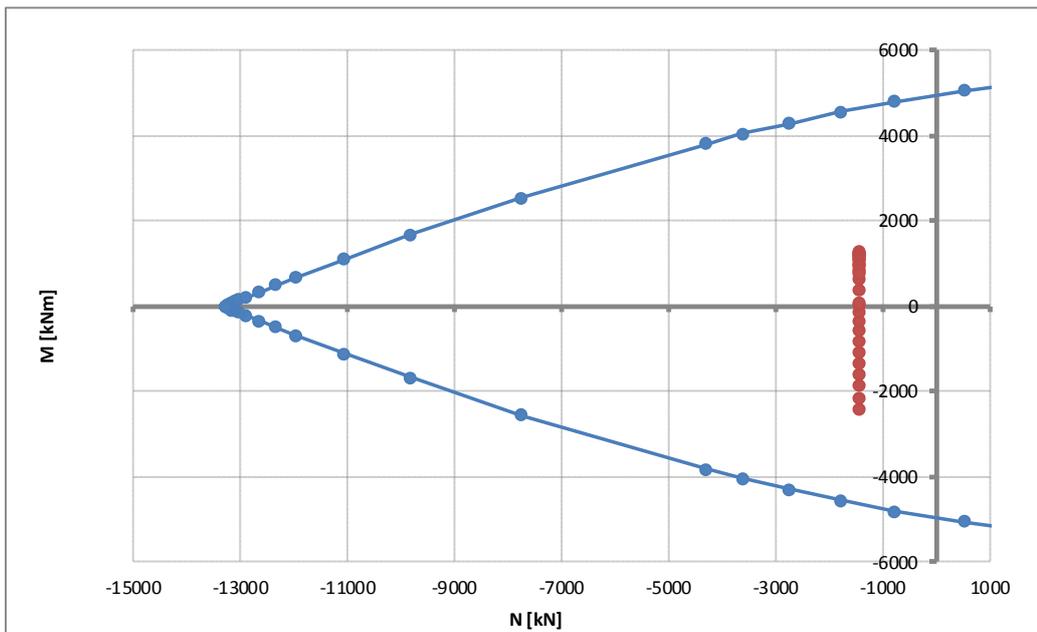
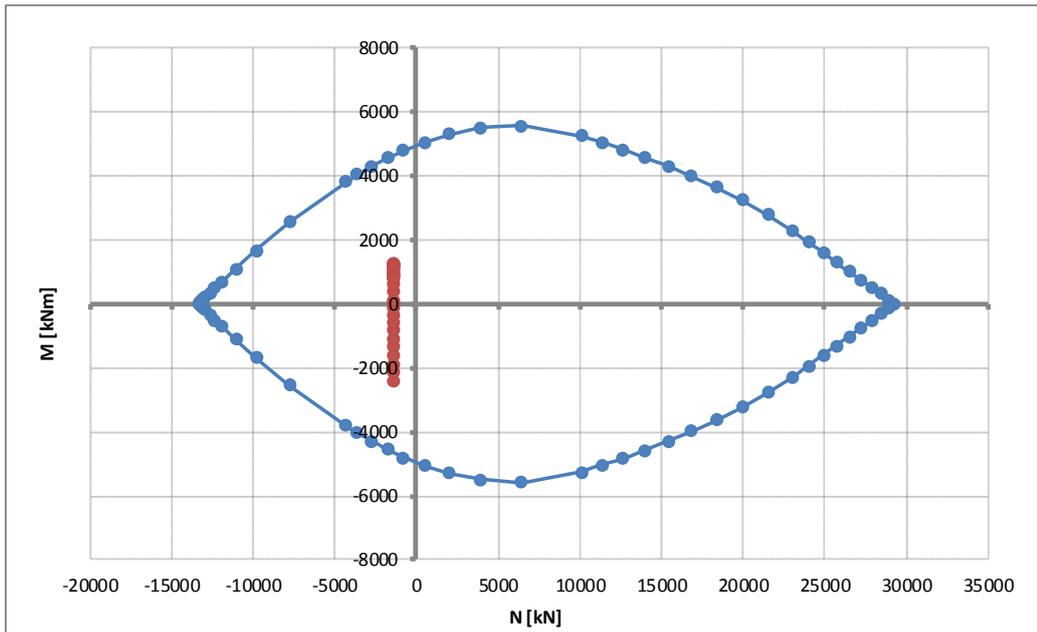


Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	34 di 47

Spalla B – Tratto $-12m \leq z \leq 0.0m$

Resistance	$F_{s,min}$	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,x}$
[-]	[-]	[kN]	[kNm]
E=cost	1.788	-2581	-4333
N=cost	5.564	-8035	-2424
M=cost	1.913	-1444	-4637

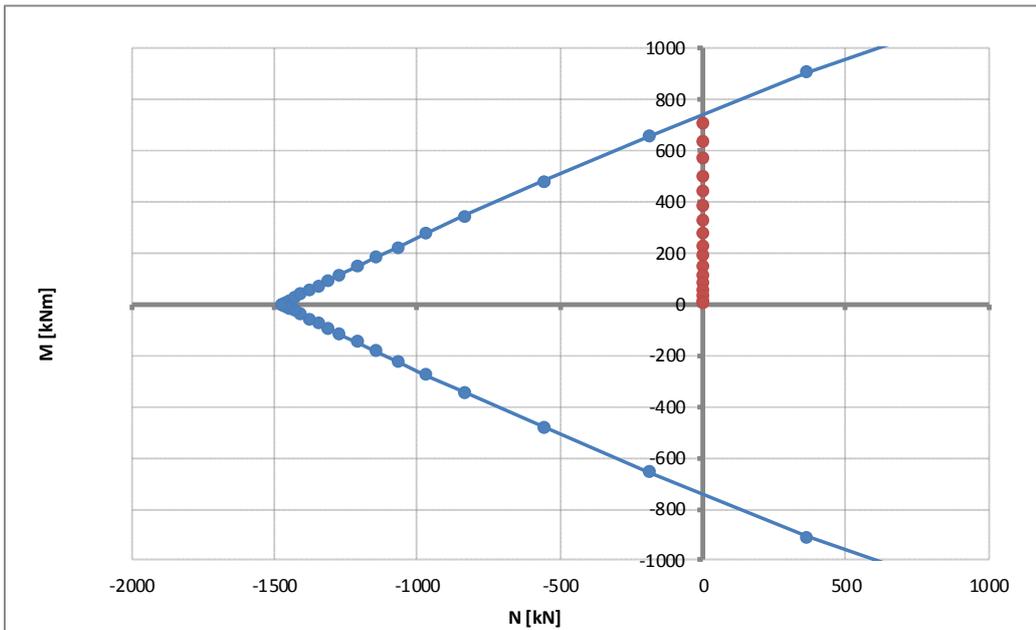
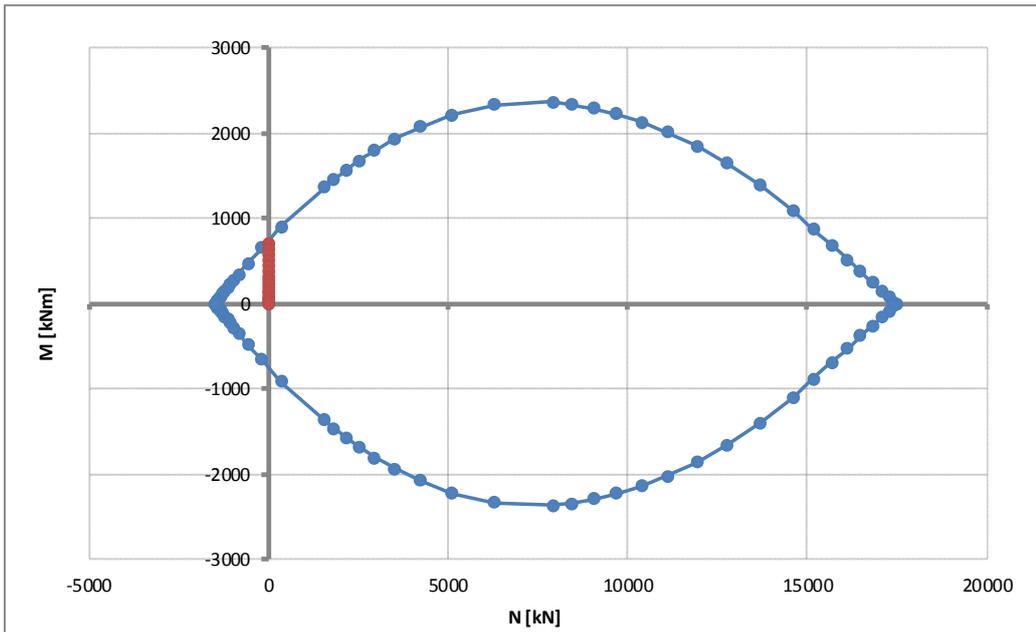


Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	35 di 47

Spalla B – Tratto $z < -12.0m$

Resistance	$F_{s,min}$	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,x}$
[-]	[-]	[kN]	[kNm]
E=cost	1.049	0	742
N=cost	>> 1.00	15621	708
M=cost	1.049	0	742



Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	36 di 47

7.2 TAGLIO

Le verifiche a taglio sono condotte in accordo al paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NTC2008 ed in particolare al caso di "elementi dotati di armature resistenti a taglio".

Trattandosi di sezioni circolari, il calcolo è svolto facendo riferimento ad una sezione rettangolare equivalente, individuata secondo la formulazione di Clarke & Birjandi's, ripresa dalle NTC2008 (vedi paragrafo 7.9.5.2.2), riferendosi cautelativamente alla disposizione di armatura della sezione di testa.

D	[mm]	1200	Diametro palo
r	[mm]	600	Raggio palo
r _s	[mm]	481	Raggio disposizione armatura
sen(α)	[-]	0.510	-
cos(α)	[-]	0.860	-
α	[rad]	0.536	-
A	[mm ²]	916302	Area effettiva
d	[mm]	906	Altezza utile sezionale
b	[mm]	1011	Larghezza effettiva

Tenuto in conto dei meccanismi resistenti a carichi trasversali "lato terreno" ovvero del fatto che la testa del palo rappresenta una sezione potenziale di formazione di cerniera plastica, ai fini del dimensionamento dell'armatura a taglio si assume quanto segue:

- tratto $-1.5 \leq z \leq 0\text{m}$: inclinazione biella compressa $\theta = 45.0^\circ$
- tratto $-1.5 > z$: inclinazione biella compressa $\theta = 21.8^\circ$

Manufatto	Elemento	Tratto	Armatura
Spalle	Palo	$-1.5 \leq z \leq 0.0\text{m}$	Spirale $\phi 14/7.5$
Spalle	Palo	$-6.0 \leq z \leq 1.5\text{m}$	Spirale $\phi 14/20$
Spalle	Palo	$z < -6.0\text{m}$	Spirale $\phi 10/20$

Manufatto	Elemento	Tratto	Armatura
Pile	Palo	$-1.5 \leq z \leq 0.0\text{m}$	Spirale $\phi 14/20$
Pile	Palo	$-6.0 \leq z \leq 1.5\text{m}$	Spirale $\phi 10/20$
Pile	Palo	$z < -6.0\text{m}$	Spirale $\phi 10/20$

Tenuto in conto dei dettagli di armatura previsti per le varie sottostrutture, si procede verificando:

- massimo taglio tra le spalle
- massimo taglio tra le pile

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	37 di 47

Elemento	[-]	Palo spalla	Palo spalla	Palo spalla
Dir.	[-]	-	-	-
Sezioni	[-]	-1.5 < z < 0	-6.0 < z < -1.5	-6.0 > z
γ_c	[-]	1.50	1.50	1.50
γ_s	[-]	1.15	1.15	1.15
R_{ck}	[N/mm ²]	30	30	30
f_{cd}	[N/mm ²]	14.1	14.1	14.1
f'_{cd}	[N/mm ²]	7.1	7.1	7.1
f_{yk}	[N/mm ²]	450	450	450
f_{yd}	[N/mm ²]	391	391	391
σ_{cp}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
α_c	[-]	1.00	1.00	1.00
d	[mm]	906	906	906
b_w	[mm]	1011	1011	1011
s	[mm]	75	200	200
A_{sw}	[mm ²]	308	308	157
α	[°]	90	90	90
θ	[°]	45	21.8	21.8
V_{Rsd}	[kN]	1310	1229	626
V_{Rcd}	[kN]	2909	2006	2006
V_{Rd}	[kN]	1310	1229	626
V_{Sd}	[kN]	1098	1098	145
F_s	[-]	1.19	1.12	4.32

Coefficiente parziale per il calcestruzzo
Coefficiente parziale per l'acciaio
Resistenza caratteristica cubica CLS
Resistenza a compressione di progetto
Resistenza a compressione ridotta di progetto
Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
Tensione di snervamento di progetto
Tensione media di compressione slla sezione (vedi NTC2018)
Altezza utile sezionale
Larghezza sezione
Passo armatura a taglio
Area armatura a taglio
Inclinazione armatura a taglio
Inclinazione puntone compresso
Taglio resistente lato acciaio
Taglio resistente lato CLS
Taglio resistente di progetto
Taglio sollecitante di progetto
Coefficiente di sicurezza

Elemento	[-]	Palo pila	Palo pila	Palo pila
Dir.	[-]	-	-	-
Sezioni	[-]	-1.5 < z < 0	-6.0 < z < -1.5	-6.0 > z
γ_c	[-]	1.50	1.50	1.50
γ_s	[-]	1.15	1.15	1.15
R_{ck}	[N/mm ²]	30	30	30
f_{cd}	[N/mm ²]	14.1	14.1	14.1
f'_{cd}	[N/mm ²]	7.1	7.1	7.1
f_{yk}	[N/mm ²]	450	450	450
f_{yd}	[N/mm ²]	391	391	391
σ_{cp}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
α_c	[-]	1.00	1.00	1.00
d	[mm]	906	906	906
b_w	[mm]	1011	1011	1011
s	[mm]	200	200	200
A_{sw}	[mm ²]	308	157	157
α	[°]	90	90	90
θ	[°]	45	21.8	21.8
V_{Rsd}	[kN]	491	626	626
V_{Rcd}	[kN]	2909	2006	2006
V_{Rd}	[kN]	491	626	626
V_{Sd}	[kN]	476	476	86
F_s	[-]	1.03	1.32	7.28

Coefficiente parziale per il calcestruzzo
Coefficiente parziale per l'acciaio
Resistenza caratteristica cubica CLS
Resistenza a compressione di progetto
Resistenza a compressione ridotta di progetto
Tensione caratt.di snervamento dell'acciaio
Tensione di snervamento di progetto
Tensione media di compressione slla sezione (vedi NTC2018)
Altezza utile sezionale
Larghezza sezione
Passo armatura a taglio
Area armatura a taglio
Inclinazione armatura a taglio
Inclinazione puntone compresso
Taglio resistente lato acciaio
Taglio resistente lato CLS
Taglio resistente di progetto
Taglio sollecitante di progetto
Coefficiente di sicurezza

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo plinti e pali	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0100 002	REV. B	FOGLIO 38 di 47

8 VERIFICHE SLE

8.1 PREMESSA

Si effettuano le verifiche allo stato limite in esercizio in accordo alla norma RFI DTC INC PO SP IFS 001 A. In dettaglio, tale norma al paragrafo 1.8.3.2.1 specifica i seguenti limiti tensionali:

- per combinazione di carico caratteristica (rara) $\sigma_{c,max} \leq 0.55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente $\sigma_{c,max} \leq 0.40 f_{ck}$;
- per le armature ordinarie e per la combinazione di carico caratteristica (rara) $\sigma_{s,max} \leq 0.75 f_{yk}$.

Per le verifiche di fessurazione, in accordo al paragrafo 1.8.3.2.4 si verifica quanto che, in condizioni di carico rare:

$$\delta_f \leq w_1 = 0.2\text{mm}$$

Convenzionalmente lo sforzo assiale è assunto positivo se di compressione.

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	39 di 47

8.2 STATO LIMITE TENSIONALE

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio. Cautelativamente si considera la sola condizione di carico rara cui si associano i limiti tensionali di quella quasi-permanente.

Convenzionalmente lo sforzo assiale è assunto positivo se di compressione.

Combinazione	Elemento	Sezione	M [kNm]	N [kN]
Rara	Spalla A	z = 0m	682	657
Rara	Pila P1, P2, P3, P4	z = 0m	160	949
Rara	Pila P5, P6, P7, P8	z = 0m	160	1046
Rara	Spalla B	z = 0m	614	651

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	40 di 47

Spalla A

Massima di compressione nel calcestruzzo

- combinazione rara:

σ_c < $\sigma_{c,lim}$
4.20 < 13.75 N/mm²

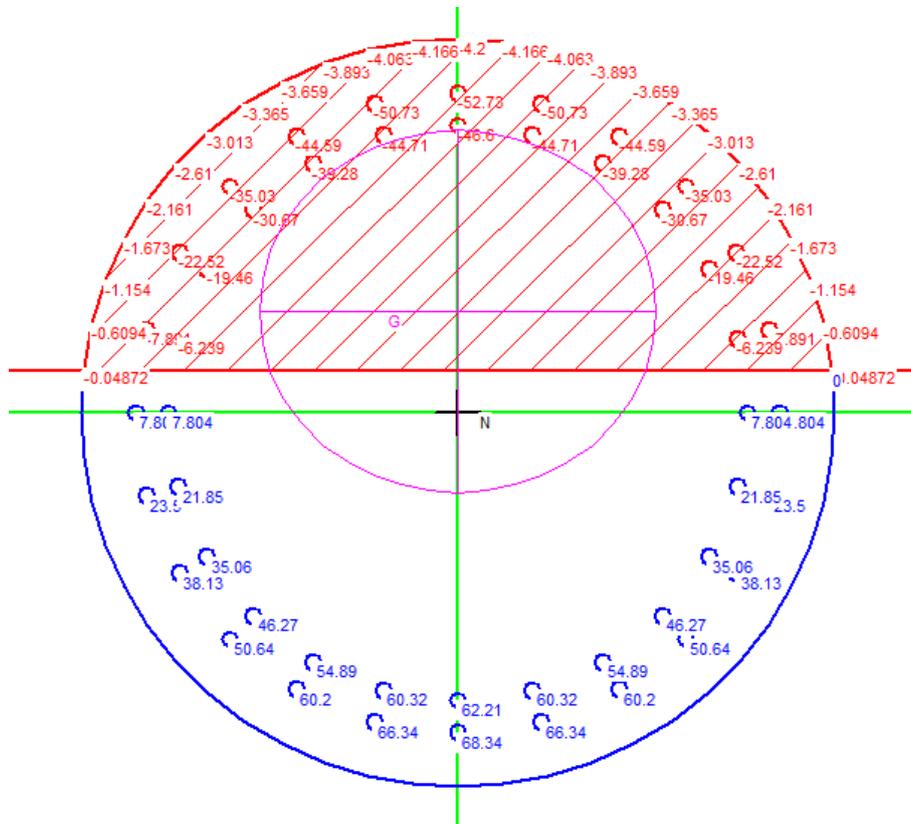
- combinazione quasi permanente:

4.20 < 10.00 N/mm²

Tensione massima dell'acciaio

- Combinazione rara:

σ_s < $\sigma_{s,lim}$
68 < 337 N/mm²



Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	41 di 47

Pila P1, P2, P3, P4

Massima di compressione nel calcestruzzo

- combinazione rara:

σ_c < $\sigma_{c,lim}$
1.48 < 13.75 N/mm²

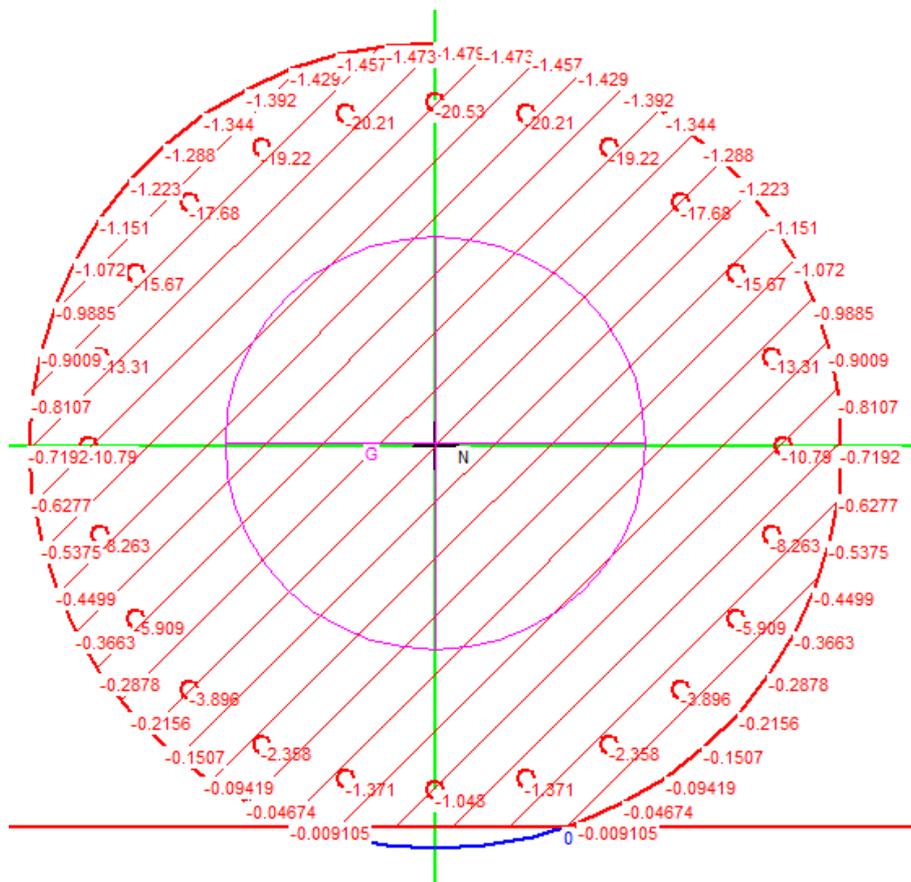
- combinazione quasi permanente:

1.48 < 10.00 N/mm²

Tensione massima dell'acciaio

- Combinazione rara:

σ_s < $\sigma_{s,lim}$
- < 337 N/mm²



Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	42 di 47

Pila P5, P6, P7, P8

Massima di compressione nel calcestruzzo

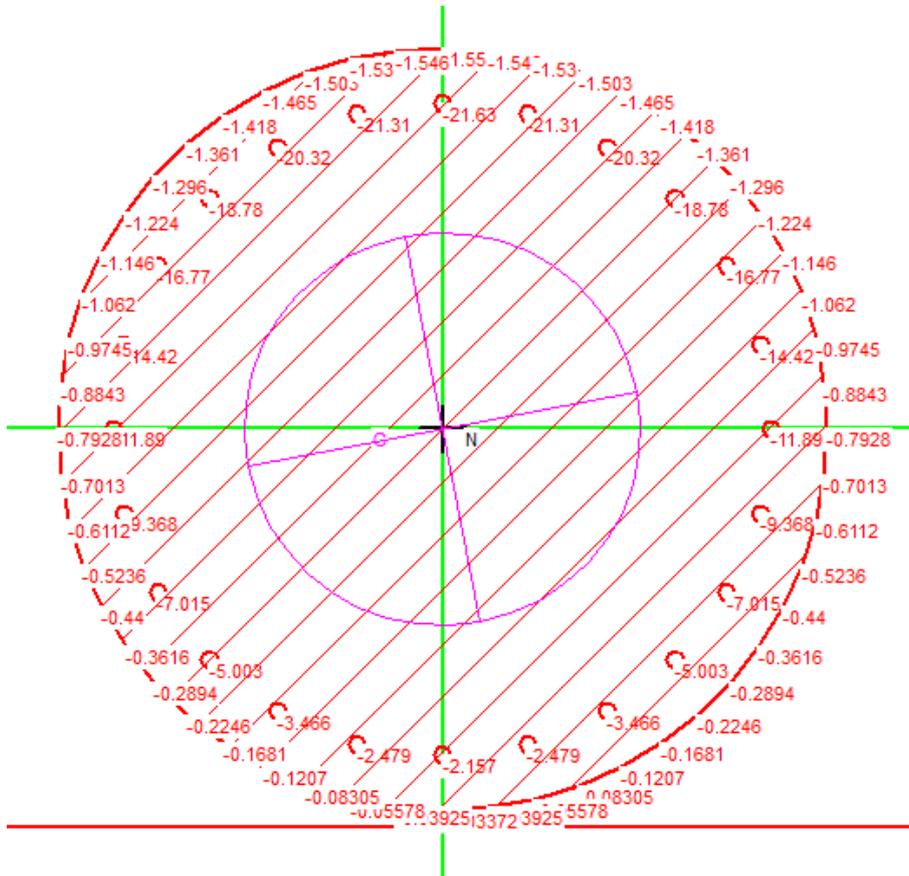
- combinazione rara:
- combinazione quasi permanente:

σ_c		$\sigma_{c,lim}$	
1.55	<	13.75	N/mm ²
1.55	<	10.00	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

- Combinazione rara:

σ_s		$\sigma_{s,lim}$	
-	<	337	N/mm ²



Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	43 di 47

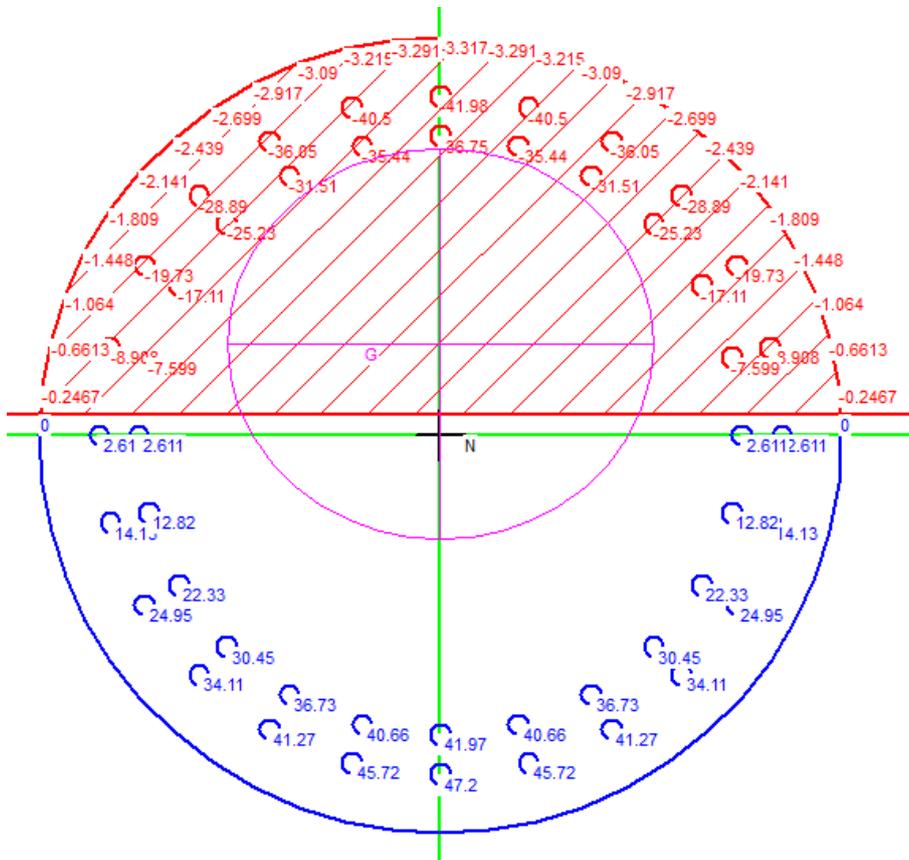
Spalla B

Massima di compressione nel calcestruzzo

	σ_c	<	$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	3.32	<	13.75	N/mm ²
- combinazione quasi permanente:	3.32	<	10.00	N/mm ²

Tensione massima dell'acciaio

	σ_s	<	$\sigma_{s,lim}$	
- Combinazione rara:	47	<	337	N/mm ²



Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	44 di 47

8.3 STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Cautelativamente la verifica è svolta per la combinazione rara, considerando però come limite di norma quello associato alle condizioni quasi permanenti in quanto più restrittivo.

Convenzionalmente lo sforzo assiale è assunto positivo se di compressione.

Combinazione	Elemento	Sezione	M [kNm]	N [kN]
Rara	Spalla A	z = 0m	682	657
Rara	Pila P1, P2, P3, P4	z = 0m	160	949
Rara	Pila P5, P6, P7, P8	z = 0m	160	1046
Rara	Spalla B	z = 0m	614	651

STEP 1 – Formazione delle fessure

Combinazione	[-]	SLE_RARA	SLE_RARA	SLE_RARA	SLE_RARA	-
Opera	[-]	Spalla A	Pila P1, P2, P3, P4	Pila P1, P2, P3, P4	Spalla B	-
Elemento	[-]	Palo	Palo	Palo	Palo	-
Direzione	[-]	-	-	-	-	-
Sezione	[-]	z = 0	z = 0	z = 0	z = 0	-
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	Flessione	Flessione	-
D	[mm]	1200	1200	1200	1200	Diametro palo
A	[mm ²]	1.131E+06	1.131E+06	1.131E+06	1.131E+06	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	1.696E+08	1.696E+08	1.696E+08	1.696E+08	Modulo resistente (solo CLS)
R _{ck}	[N/mm ²]	30	30	30	30	Classe di resistenza a compressione CLS
f _{ctm}	[N/mm ²]	2.61	2.61	2.61	2.61	Resistenza media a trazione
α _{ct,amm}	[N/mm ²]	2.61	2.61	2.61	2.61	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	657	949	1046	651	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kNm]	682	160	160	614	Momento massimo sollecitante
M _{fr}	[kNm]	541	585	599	540	Momento di formazione fessure
Check		SI	NO	NO	SI	

* =f_{ctm}/1.20 per trazione, =1.20xf_{ctm}/1.20 per flessione

Si procede pertanto con la verifica di apertura delle fessure per i soli pali delle spalle.

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	45 di 47

STEP 2 – Apertura delle fessure

	Combinazione Opera Elemento Direzione Sezione	[-] [-] [-] [-] [-]	SLE_RARA Spalla A Palo -	SLE_RARA Spalla B Palo -	
			z = 0	z = 0	
DATI CLS	R _{ck}	[N/mm ²]	30	30	Resistenza cubica caratteristica a compressione del CLS
	f _{ck}	[N/mm ²]	25	25	Resistenza cilindrica caratteristica a compressione del CLS
	f _{ctm}	[N/mm ²]	2.56	2.56	Resistenza media a trazione del CLS
	E _{cm}	[N/mm ²]	31447	31447	Modulo elastico medio del CLS
DATI ACCIAIO	N _{sd}	[kN]	-	-	Azione assiale SLE di progetto
	M _{sd}	[kNm]	-	-	Momento flettente SLE di progetto
	φ	[mm]	26	30	Diametro barre di armatura tesa
	σ	[N/mm ²]	68	47	Tensione in esercizio nelle barre di armatura
	A _s	[mm ²]	1062	1414	Area dell'armatura tesa
	E _s	[N/mm ²]	200000	200000	Modulo elastico dell'acciaio
	s	[mm]	135	135	Passo medio tra le barre
s _{max}	[mm]	435	445	Interasse massimo delle barre	
DATI SEZIONALI	c	[mm]	74	74	Copriferro delle barre di armatura
	b	[mm]	135	135	Larghezza della sezione reagente
	h	[mm]	1200	1200	Altezza della sezione reagente
	d	[mm]	1087	1081	Altezza utile della sezione reagente
	x	[mm]	534	570	Quota dell'asse neutro
	h _{c,eff}	[mm]	222	210	Altezza efficace del calcestruzzo teso
	A _{c,eff}	[mm ²]	29970	28350	Area del calcestruzzo teso
	ρ _{p,eff}	[-]	3.544E-02	4.988E-02	Rapporto geometrico di armatura tesa riferito all'area tesa di CLS
α _e	[-]	6.36	6.36	Rapporto geometrico di armatura tesa	
DATI PER CALCOLO AMPIEZZA FESSURE	k _t	[-]	0.4	0.4	Parametro funzione della durata del carico (0.6 breve, 0.4 lunga durata)
	Δ _e	[-]	0.000204	0.000141	Deformazione media di progetto
	k ₁	[-]	0.800	0.800	per barre lisce = 1.6; per barre ad aderenza migliorata = 0.8
	k ₂	[-]	0.500	0.500	per flessione = 0.5; per trazione = 1.0
	k ₃	[-]	3.400	3.400	-
	k ₄	[-]	0.425	0.425	-
S _{r,max}	[mm]	376	354	Distanza massima tra le fessure	
CHECK	w _k	[mm]	0.077	0.050	Apertura delle fessure
	w _{rif}	[mm]	0.200	0.200	Apertura limite delle fessure

OK

OK

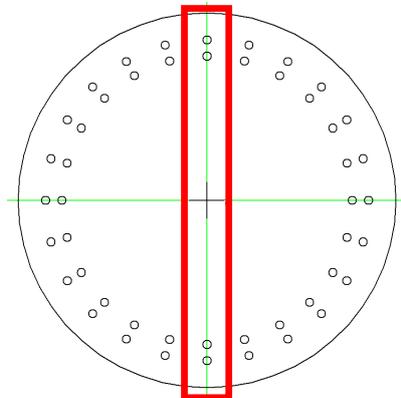


Figura 20 – Striscia di riferimento per verifica apertura di fessura

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	46 di 47

9 INCIDENZE

Elemento Palo spalla A

MAX 160.0 kg/mc

1. Volume di riferimento

D	[m]	1.200
L	[m]	20.000
V	[mc]	22.619

2. Armatura di calcolo

Direzione	Strato	Armatura	Peso unitario	Lunghezza ferro teorica	Numero giunzioni	Lunghezza effettiva	Peso totale
[-]	[-]	[-]	[kg/m]	[m]	[-]	[m]	[kg]
LONG	1.a gabbia	48ø26	200.1	12.000	2	15.120	3025
LONG	2.a gabbia	12ø20	29.6	8.000	0	8.000	237
SPIRALE	1.a gabbia	1ø14	1.2	75.413	0	75.413	91
SPIRALE	2.a gabbia	1ø14	1.2	84.942	0	84.942	103
SPIRALE	2.a gabbia	1ø10	0.6	264.265	0	264.265	163

Totale 3618

Elemento Palo spalla B

MAX 209.9 kg/mc

1. Volume di riferimento

D	[m]	1.200
L	[m]	20.000
V	[mc]	22.619

2. Armatura di calcolo

Direzione	Strato	Armatura	Peso unitario	Lunghezza ferro teorica	Numero giunzioni	Lunghezza effettiva	Peso totale
[-]	[-]	[-]	[kg/m]	[m]	[-]	[m]	[kg]
LONG	1.a gabbia	48ø30	266.3	12.000	2	15.600	4155
LONG	2.a gabbia	12ø20	29.6	8.000	0	8.000	237
SPIRALE	1.a gabbia	1ø14	1.2	75.413	0	75.413	91
SPIRALE	2.a gabbia	1ø14	1.2	84.942	0	84.942	103
SPIRALE	2.a gabbia	1ø10	0.6	264.265	0	264.265	163

Totale 4748

Relazione di calcolo plinti e pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IV0100 002	B	47 di 47

Elemento Palo pila P1-P2-P3-P4

MAX 81.0 kg/mc

1. Volume di riferimento

D	[m]	1.200
L	[m]	24.000
V	[mc]	27.143

2. Armatura di calcolo

Direzione	Strato	Armatura	Peso unitario	Lunghezza ferro teorica	Numero giunzioni	Lunghezza effettiva	Peso totale
[-]	[-]	[-]	[kg/m]	[m]	[-]	[m]	[kg]
LONG	1.a gabbia	24ø26	100.0	12.000	2	15.120	1512
LONG	2.a gabbia	12ø20	29.6	12.000	1	13.200	391
SPIRALE	1.a gabbia	1ø14	1.2	28.314	0	28.314	34
SPIRALE	2.a gabbia	1ø10	0.6	84.942	0	84.942	52
SPIRALE	2.a gabbia	1ø10	0.6	339.769	0	339.769	209

Totale 2199

Elemento Palo pila P5-P6-P7-P8

MAX 96.4 kg/mc

1. Volume di riferimento

D	[m]	1.200
L	[m]	29.000
V	[mc]	32.798

2. Armatura di calcolo

Direzione	Strato	Armatura	Peso unitario	Lunghezza ferro teorica	Numero giunzioni	Lunghezza effettiva	Peso totale
[-]	[-]	[-]	[kg/m]	[m]	[-]	[m]	[kg]
LONG	1.a gabbia	36ø26	150.0	12.000	2	15.120	2269
LONG	2.a gabbia	12ø20	29.6	17.000	1	18.200	539
SPIRALE	1.a gabbia	1ø14	1.2	28.314	0	28.314	34
SPIRALE	2.a gabbia	1ø10	0.6	84.942	0	84.942	52
SPIRALE	2.a gabbia	1ø10	0.6	434.149	0	434.149	268

Totale 3161