



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:
Dott. Maurizio D'Angelo

Bolognetta S.c.p.a.

PERIZIA DI VARIANTE



Titolo elaborato:

"TRATTO SCORCIAVACCHE" OPERE D'ARTE OPERE DI SOSTEGNO Relazione di calcolo strutturale

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	S V	O S	R C 0 2	5	1

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:		
	SVOSRC02	1=1	4 1 3 7	-		
5						
4						
3						
2						
1	ISTRUTTORIA - OSSERVAZIONI PRELIMINARI DL		Dicembre 2017	R. Sampietro	S. Fortino	D. Tironi
0	PRIMA EMISSIONE		Ottobre 2017	R. Sampietro	S. Fortino	D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

Il Progettista Responsabile <i>Prof. Ing. Mario Manassero</i> ORDINE INGEGNERI N. PROVINCIA DI TORINO 6134 Prof. Ing. MARIO MANASSERO 	Il Geologo <i>Dott. Fabio Brunamonte</i> 	Il Coordinatore per la Sicurezza in fase di esecuzione: <i>Ing. Francesco Cocciantè</i> Il Coordinatore per la sicurezza in fase di Esecuzione <i>Ing. Francesco Cocciantè</i> 	Il Direttore dei Lavori: <i>Ing. Sandro Favero</i> Il Direttore dei Lavori <i>Ing. Sandro Favero</i>
---	---	---	---

ANAS S.p.A.		VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	
DATA:	PROTOCOLLO:		
CODICE PROGETTO	L O 4 1 0 C E 1 1 0 1	<i>Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais</i>	

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVE	5
3	Criteri generali di progettazione.....	6
3.1	Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento	6
3.2	Verifiche della sicurezza e delle prestazioni	6
3.2.1	Stati limite ultimi	6
3.2.2	Stato limite di esercizio.....	7
4	Caratteristiche dei materiali	8
4.1	Cementi armati.....	8
4.2	Caratteristiche dell'acciaio di Armatura.....	8
4.3	Copriferri	8
5	ANALISI DEI CARICHI	10
5.1	Sollecitazioni OPERA DI SOSTEGNO OS90NEW	11
5.1.1	Palo di Valle combinazione SLU statica	11
5.1.2	Palo di Monte combinazione SLU statica	12
5.1.3	Palo di Valle combinazione SLV Sismica	13
5.1.4	Palo di Monte combinazione SLV Sismica	14
5.1.5	Palo di Valle combinazione SLE statica.....	15
5.1.6	Palo di Monte combinazione SLE statica.....	16
5.2	Sollecitazioni OPERA DI SOSTEGNO OS90A	17
5.2.1	Palo di Valle combinazione SLU statica	17
5.2.2	Palo di Monte combinazione SLU statica	18
5.2.3	Palo di Valle combinazione SLV Sismica	19
5.2.4	Palo di Monte combinazione SLV Sismica	20
5.2.5	Palo di Valle combinazione SLE statica.....	21
5.2.6	Palo di Monte combinazione SLE statica.....	22
5.3	Sollecitazioni OPERA DI SOSTEGNO OS92	23
5.3.1	Palo di Valle combinazione SLU statica	23
5.3.2	Palo di Monte combinazione SLU statica	24
5.3.3	Palo di Valle combinazione SLV Sismica	25
5.3.4	Palo di Monte combinazione SLV Sismica	26
5.3.5	Palo di Valle combinazione SLE statica.....	27

5.3.6	Palo di Monte combinazione SLE statica.....	28
6	VERIFICA DEI PALI	29
6.1	Verifica a Flessione SLU	29
6.2	Verifica a Taglio	31
6.3	Verifica agli stati limite di esercizio (SLE)	33
7	VERIFICA DELLA TRAVE DI CORONAMENTO	35
7.1	Verifica a Flessione SLU	37
7.2	Verifica a Flessione SLE	38
7.3	Verifica a Taglio	39
8	VERIFICA DEL TRATTO AD ALTEZZA VARIABILE DELLA TRAVE DI CORONAMENTO.....	41
8.1	Verifica Cordolo tratto OS90NEW, OS92	41
8.2	Verifica Cordolo tratto OS90A	46

1 PREMESSA

Nei seguenti paragrafi vengono riportate le verifiche strutturali degli elementi caratterizzanti le nuove opere di sostegno dei rilevati stradali della S.S. 121 nel tratto compreso tra la Progr. 11+140 e la Progr. 11+509.

Sul tratto oggetto di studio si prevedono interventi di rifacimento dei rilevati danneggiati e messa in sicurezza degli stessi attraverso opere di contenimento.

In particolare, a seguito di una approfondita analisi sui meccanismi di rottura, si è deciso di intervenire nel seguente modo:

- Progressiva 11+506 – 11+400:

Opera di sostegno OS90NEW: muro in terra rinforzata + cordolo su pali tirantato in sx con le seguenti caratteristiche:

- Diametro Pali $\phi 800$, lunghezza pali 13m.
- Interasse pali: longitudinale 1.6m su ciascuna fila, trasversale 800mm
- Tiranti da 8 trefoli ad interasse 1.8m, precarico 600kN, inclinazione 20° e 25° alternati. Lunghezza tratto libero 20m, lunghezza bulbo 12m
- Drenaggi sub-orizzontali di lunghezza 50m, interasse 2.4m ed inclinazione media 3%

- Progressiva 11+400 – 11+300:

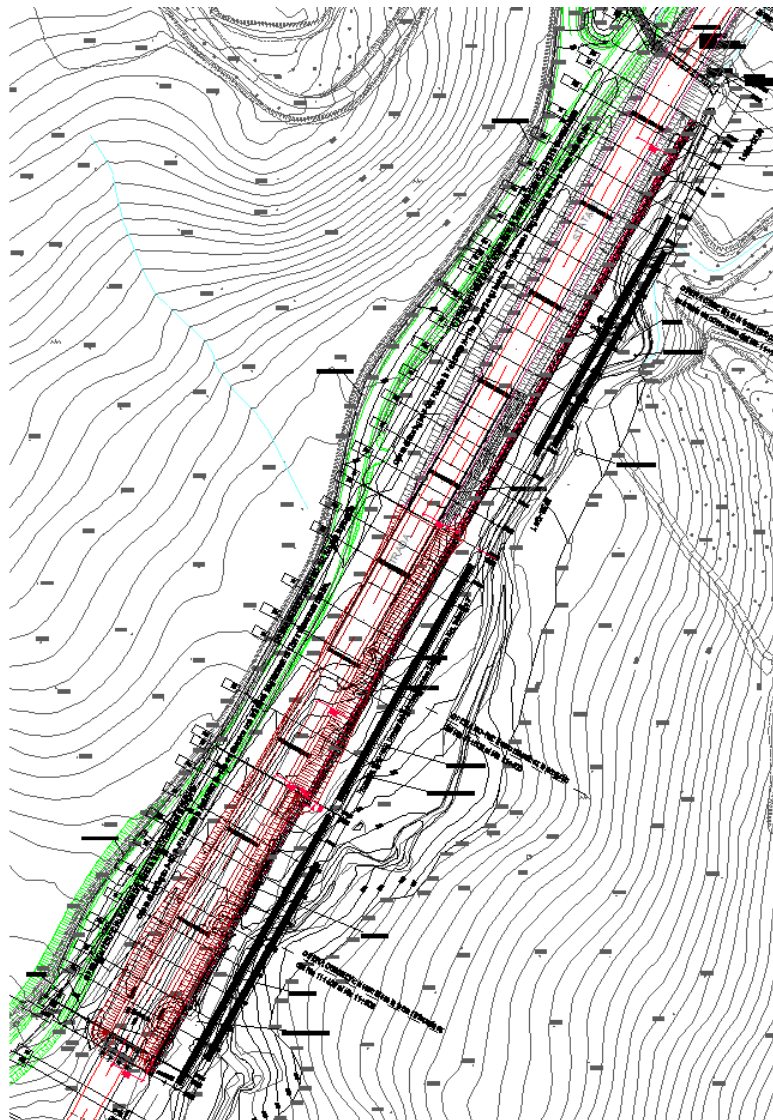
Opera di sostegno OS90A: cordolo su pali tirantato in sx con le seguenti caratteristiche:

- Diametro Pali: $\phi 800$, lunghezza pali 13m.
- Interasse pali: longitudinale 1.6m su ciascuna fila, trasversale 800mm
- Tiranti da 8 trefoli ad interasse 2.4m, precarico 600kN, inclinazione 22° . Lunghezza tratto libero 20m, lunghezza bulbo 12m
- Drenaggi sub-orizzontali di lunghezza 50m, interasse 2.4m ed inclinazione media 3%

- Progressiva 11+300 – 11+140:

Opera di sostegno OS92: muro in terra rinforzata esistente da conservare + cordolo su pali tirantato in sx con le seguenti caratteristiche:

- Diametro Pali: $\phi 800$, lunghezza pali 11m.
- Interasse pali: longitudinale 2.4m su ciascuna fila, trasversale 800mm
- Tiranti da 6 trefoli ad interasse 2.4m, precarico 450kN, inclinazione 22° . Lunghezza tratto libero 15m, lunghezza bulbo 12m
- Drenaggi sub-orizzontali di lunghezza 50m, interasse 2.4m ed inclinazione media 3%



Le verifiche oggetto di questa relazione di calcolo riguarderanno in particolare:

- Verifica Pali
- Verifica trave di coronamento pali

2 NORMATIVE

Nel seguito è riportato il dettaglio delle norme tecniche, procedurali ed amministrative alle quali si è fatto riferimento durante la progettazione:

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia Circ. n.11651 del 14/02/1974

DM 14/01/2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni”

Normativa tecnica di riferimento. Essendo un documento generale di carattere prestazionale per la definizione di parametri specifici e per le regole di dettaglio, come previsto dal Decreto stesso, ci si è riferiti alle seguenti normative:

Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti, circolare n. 617 del 2 febbraio 2009

Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

UNI EN 1990:2006

Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale

UNI EN 1991-1-1:2004

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in Generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

UNI EN 1991-1-4:2005

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in Generale – Azioni del Vento

UNI EN 1992-1-1:2005

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1993-1-1:2005

Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1998-1:2005

Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

UNI EN 206-1:2006

Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione e conformità.

UNI 11104:2004

Calcestruzzo: Specificazione, prestazione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

Circ. Min. LL.PP. 14.02.1974, n.11951

“Applicazione della legge 05.11.1971, n. 1086”

Circ. Min. LL.PP. 31.07.1979, n.19581

“Legge 05.11.1971, n. 1086, art. 7- Collaudo Statico”

Circ. Min. LL.PP. 23.10.1979, n.19777

“Competenza amministrativa: Legge 05.11.1971, n. 1086 02.02.1974, n.64”

Circ. Min. LL.PP. 09.01.1980, n.20049

"Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato".

Circ. Min. LL.PP. 01.09.1987, n.29010

"Legge 05.11.1971, n. 1086 DM 27.07.1985, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare".

CNR-DT 207/2008

"Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

3 Criteri generali di progettazione

Le verifiche degli elementi strutturali vengono eseguite col metodo degli stati limite.

3.1 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

Vita nominale	50	anni
Classe d'uso	IV	
Vita di riferimento per l'azione sismica	100	anni

3.2 VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

3.2.1 STATI LIMITE ULTIMI

Per la situazione permanente e transitoria si verifica che l'azione sollecitante di calcolo S_d sia inferiore alla resistenza ultima di calcolo R_d .

Le azioni sollecitanti di calcolo vanno calcolate secondo la seguente formulazione:

$$F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_q \cdot [Q_{1k} + \sum (\psi_{oi} \cdot Q_{ik})]$$

dove:

G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;

P_k è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;

Q_{1k} è il valore caratteristico dell'azione base di ogni combinazione;

Q_{ki} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

- γ_g = 1,3/1,5 (1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
 γ_p = 0,9 (1,2 se il suo contributo diminuisce la sicurezza);
 γ_q = 1,5 (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
 ψ_{0i} = coefficiente di combinazione allo SLU

3.2.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Per le verifiche di stati limite di esercizio si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

Combinazione rara:
$$F_r = G_k + P_k + Q_{1k} + \sum(\psi_{0,i} \cdot Q_{ki})$$

Combinazione frequente:
$$F_r = G_k + P_k + \psi_{11} \cdot Q_{1k} + \sum(\psi_{2,i} \cdot Q_{ki})$$

Combinazione quasi permanente:
$$F_r = G_k + P_k + \sum(\psi_{2,i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

$\gamma_g = \gamma_p = \gamma_q = 1,0$;

ψ_{1i} = coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

ψ_{2i} = coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei;

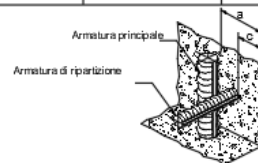
4 Caratteristiche dei materiali

Le strutture dell'opera in progetto verranno realizzate in calcestruzzo armato.

Le caratteristiche dei materiali adoperati sono le seguenti.

4.1 CEMENTI ARMATI

MATERIALI						
CALCESTRUZZO(UNI EN 206-1)	Classe di esposizione ambientale	Classe di resistenza	Dimensione max nominale aggregati (mm)	Rapporto a/c max	Classe di consistenza	Tipologia strutturale
GETTO IN OPERA						
Sottofondazioni	-	≥C12/15	-	-	-	Non Armato
Getti pali di fondazione	XA1	C30/37	32	0.55	S4	Armato
Altri getti (travi, cordoli, basamenti, etc)	XA1	C30/37	32	0.55	S4	Armato
COPRIFERRO STRUTTURE GETTATE IN OPERA						
Pali di fondazione		c = 60 mm				
Cordoli e getti		c = 40 mm				
E' PREVISTO L'UTILIZZO DEI DISTANZIATORI IN PLASTICA PER GARANTIRE IL COPRIFERRO PRESCRITTO SU TUTTE LE SUPERFICI DI GETTO						



4.2 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO DI ARMATURA

Barre ad aderenza migliorata tipo B450C

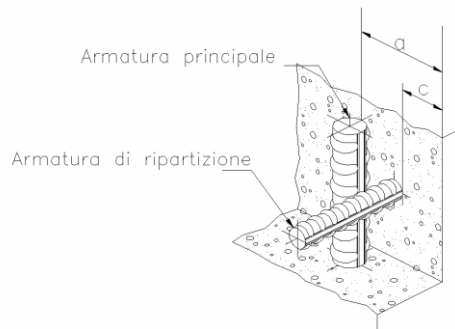
- Tipo di acciaio
- Peso specifico
- Modulo di elasticità:
- Tensione caratteristica di snervamento:
- Tensione di snervamento di progetto ($\gamma_s = 1,15$):
- Massima tensione di esercizio:

FB450C
 $\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$
 $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
 $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
 $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391$
 $\sigma_s = 0,8 f_{yk} = 360$

4.3 COPRIFERRI

Il copriferro minimo deve essere determinato sia in funzione della classe di esposizione ambientale che della resistenza al fuoco

Le relative normative di riferimento sulla resistenza al fuoco (Decreto 16 del Febbraio 2007 sulla "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione) e sulla durabilità del calcestruzzo (UNI EN 1992-1-1:2005) definiscono i valori di copriferro minimi da rispettare per garantire le prestazioni richieste. I copriferri sono definiti in maniera differente.



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

Per la durabilità il valore di copriferro minimo fa riferimento a:

- c =distanza tra il lembo esterno di calcestruzzo ed il filo esterno della barra di armatura di ripartizione;

Per la resistenza al fuoco il valore di copriferro minimo fa riferimento a:

- $a=c+\phi_r+\phi_p/2$ ossia alla distanza tra il lembo esterno di calcestruzzo e l'asse della barra d'armatura principale

I copriferri minimi da adottare per garantire la durabilità sono:

- Pali di fondazione: $c_{min} = 60\text{mm}$
- Cordoli e altri getti: $c_{min} = 40\text{mm}$

Non essendo presenti prescrizioni sulla resistenza al fuoco degli elementi strutturali, il copriferro verrà determinato in funzione della sola durabilità.

5 ANALISI DEI CARICHI

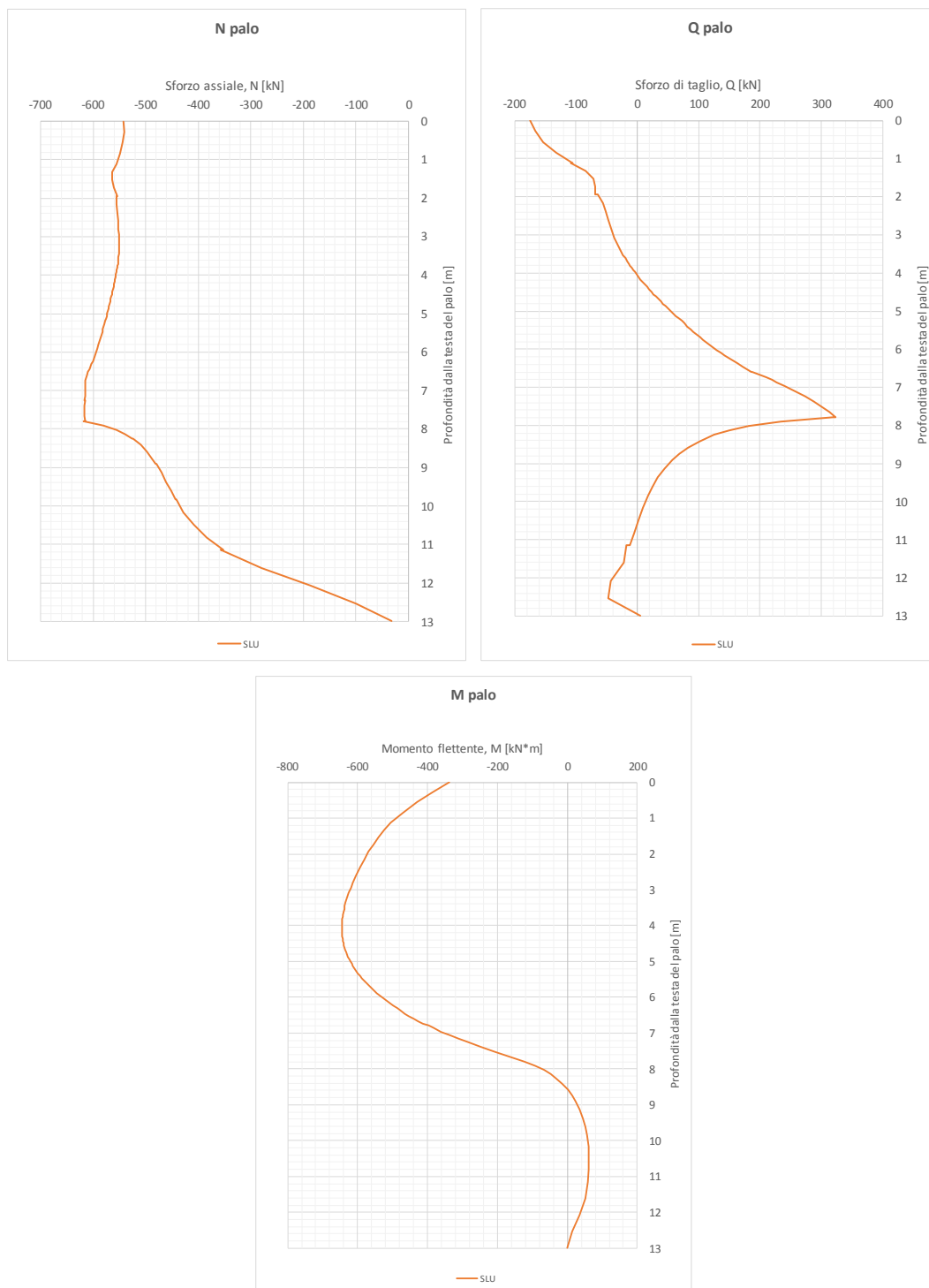
Come meglio dettagliato nella relazione Geotecnica le strutture di contenimento in progetto verranno dimensionate in modo da garantire un momento massimo di plasticizzazione pari a 960 kN*m/palo. Questo limite di resistenza verrà garantito in modo da soddisfare anche le verifiche di stabilità globale (SLU-GEO) ai sensi delle NTC 2008 in condizioni statiche e sismiche.

Analogo discorso per il dimensionamento della trave di coronamento che verrà dimensionata per sopportare le sollecitazioni derivanti dal massimo tiro trasmesso dai tiranti, e pari a 1615kN/tirante.

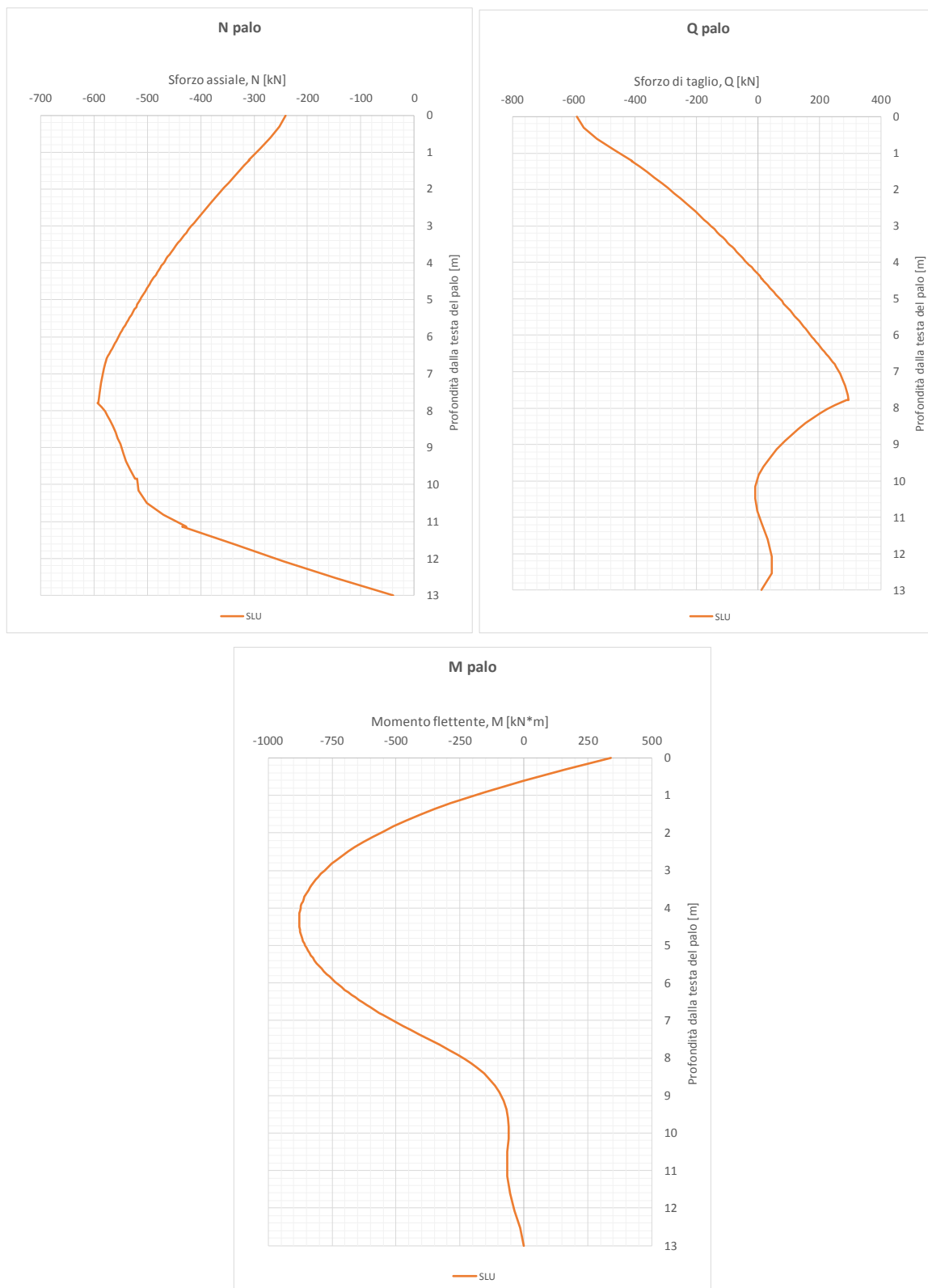
Oltre a questo sono state approfondite le sollecitazioni di progetto agenti sui pali. Come è possibile vedere dagli inviluppi sotto riportati, in ogni situazione tali sollecitazioni risultano inferiori rispetto al momento flettente di verifica.

5.1 SOLLECITAZIONI OPERA DI SOSTEGNO OS90NEW

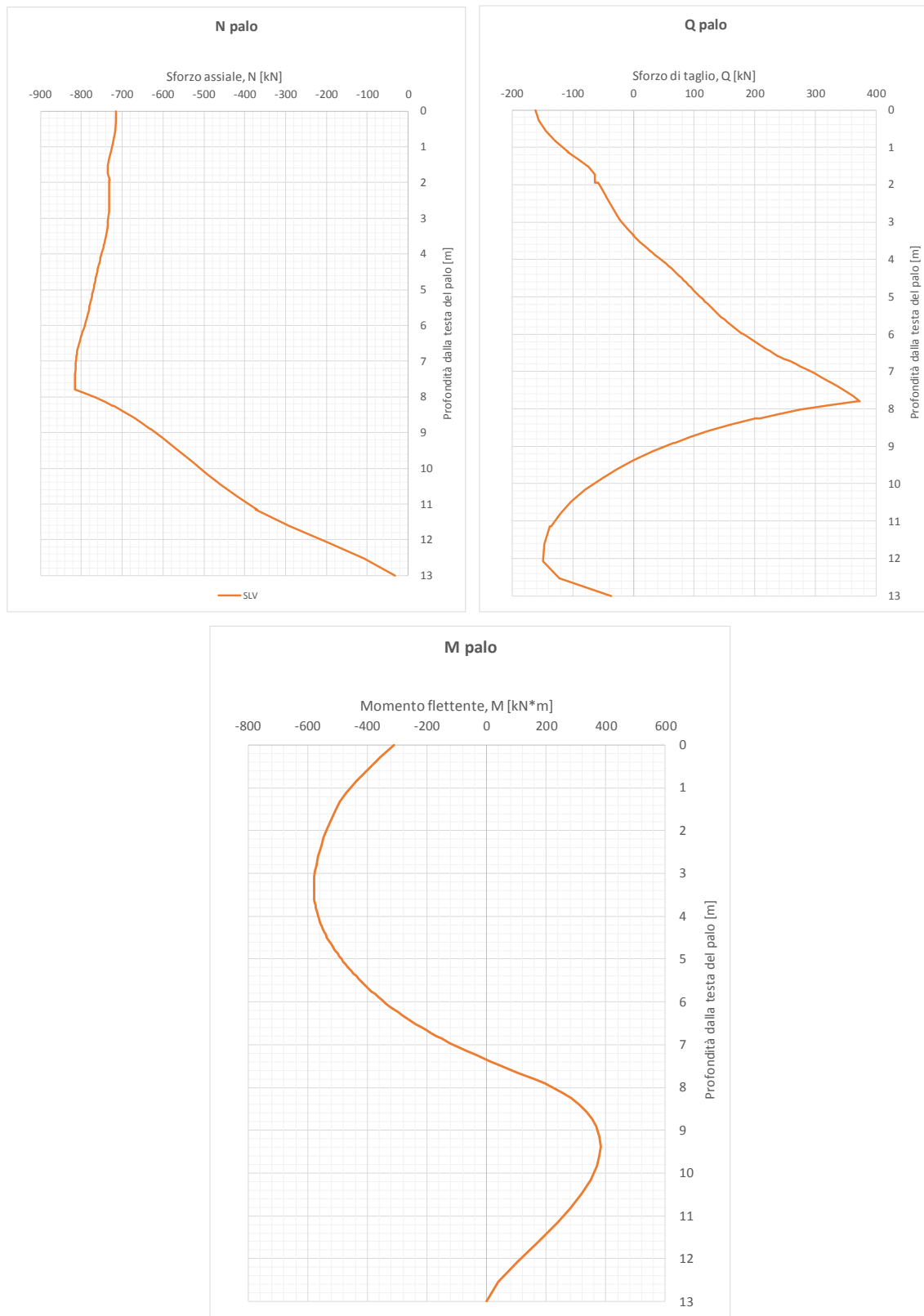
5.1.1 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLU STATICA



5.1.2 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLU STATICA



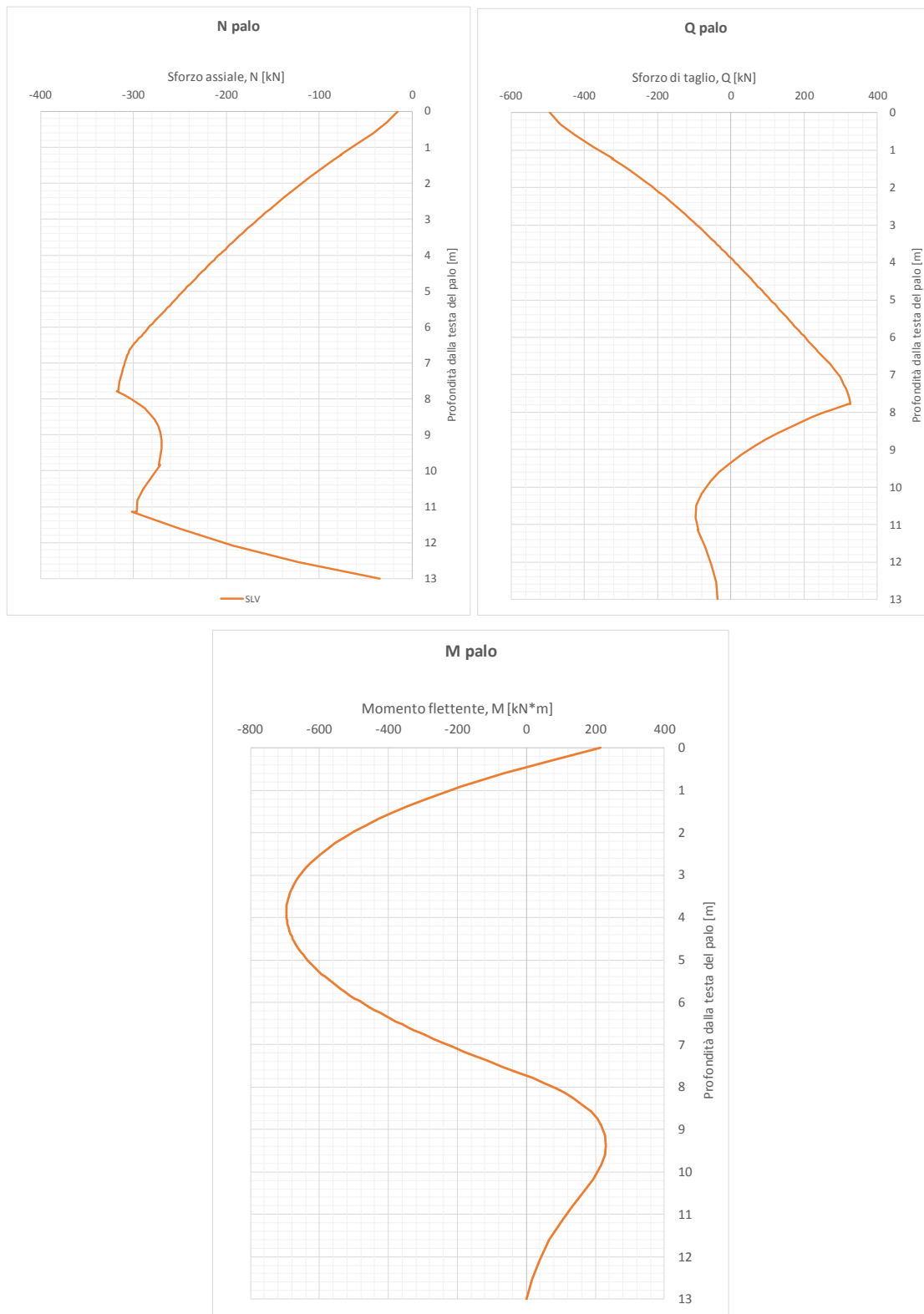
5.1.3 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLV SISMICA



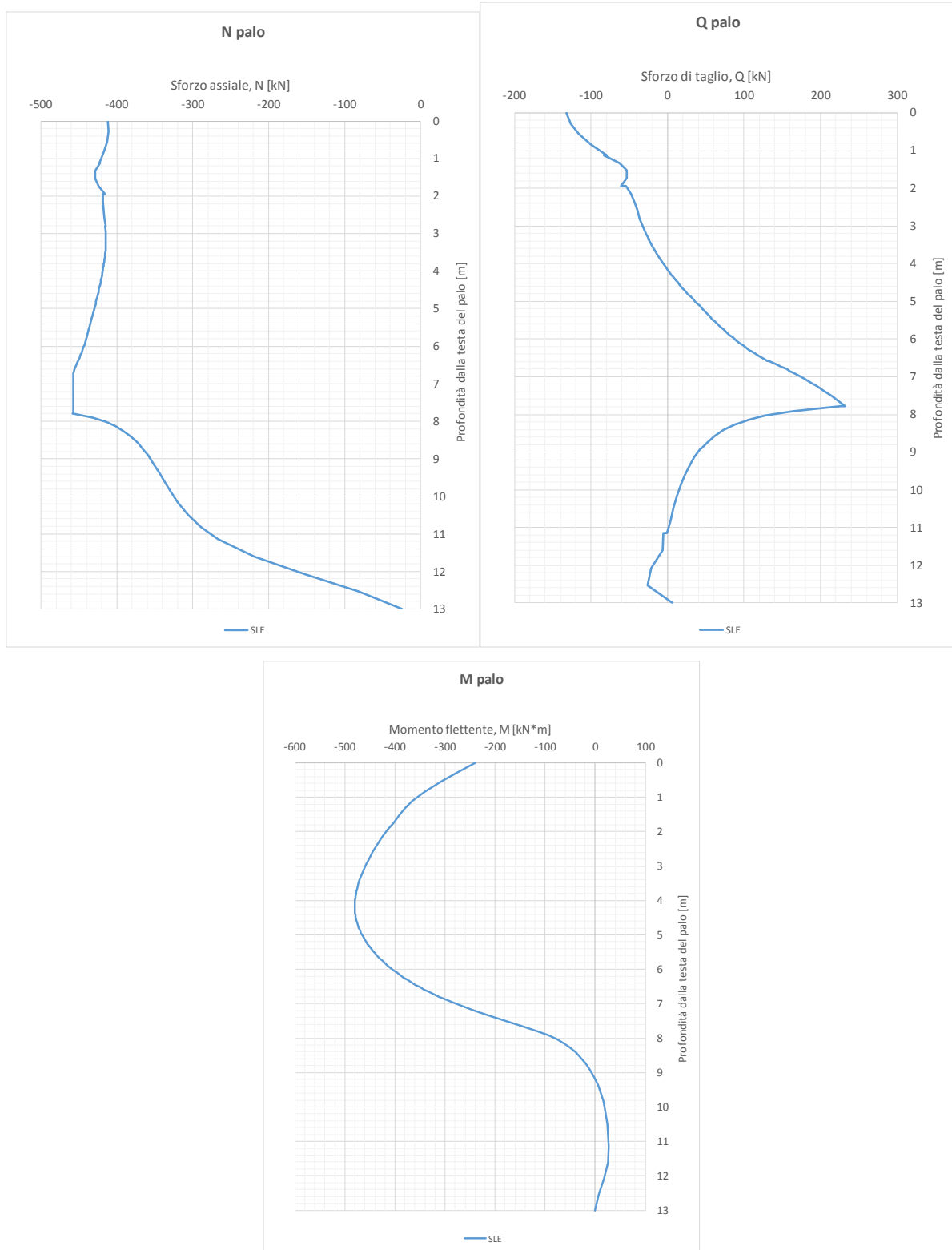
Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

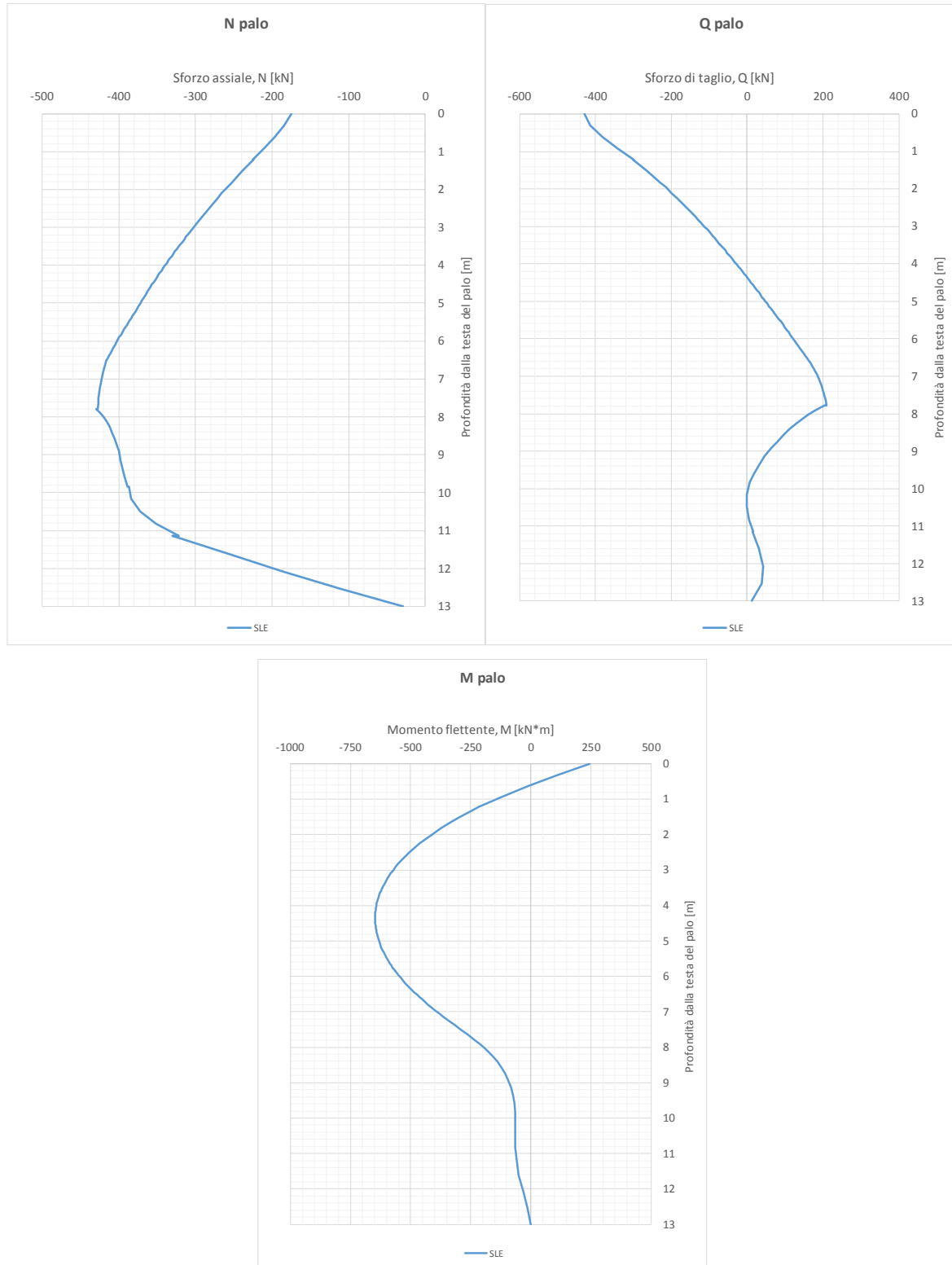
5.1.4 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLV SISMICA



5.1.5 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLE STATICA

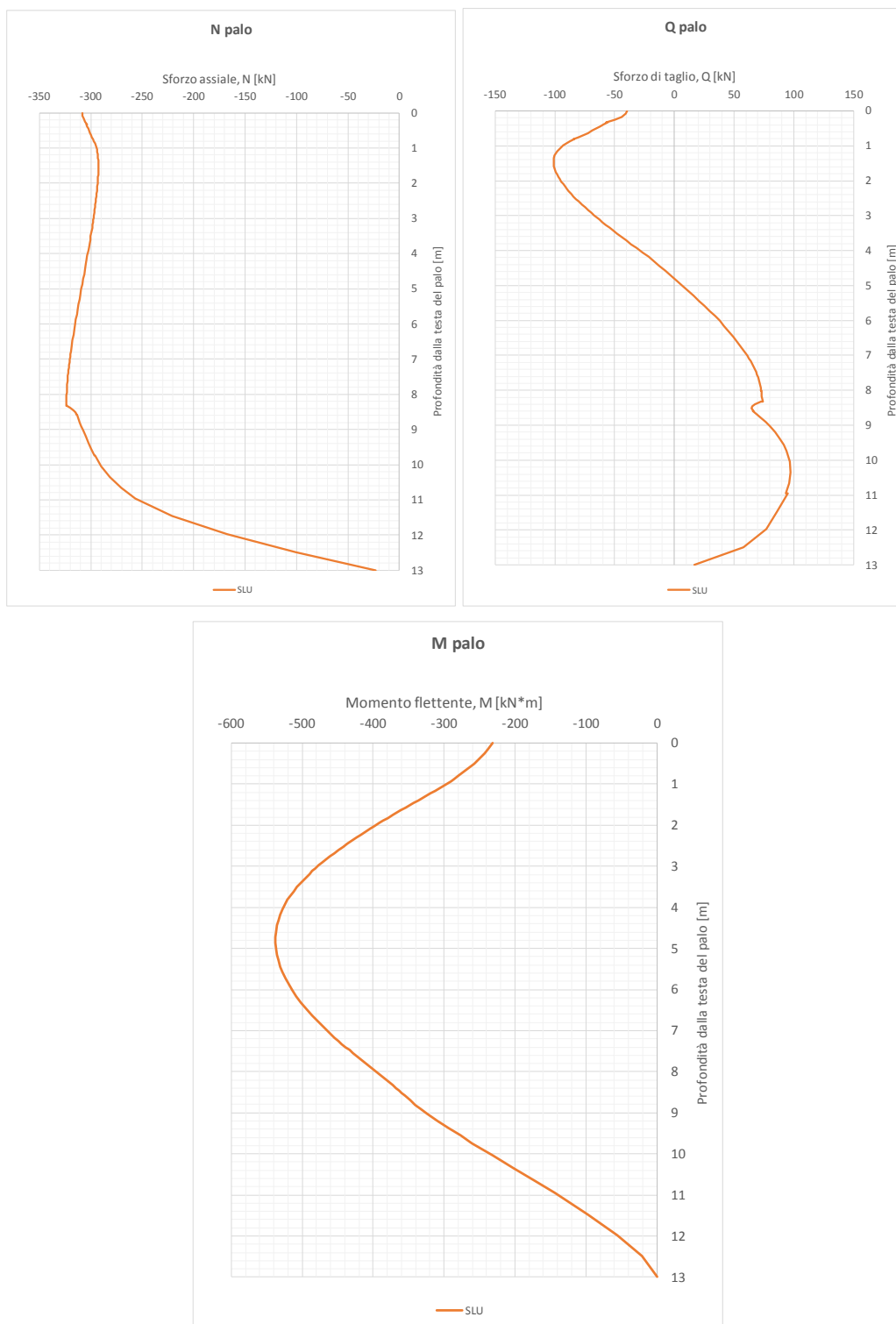


5.1.6 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLE STATICA

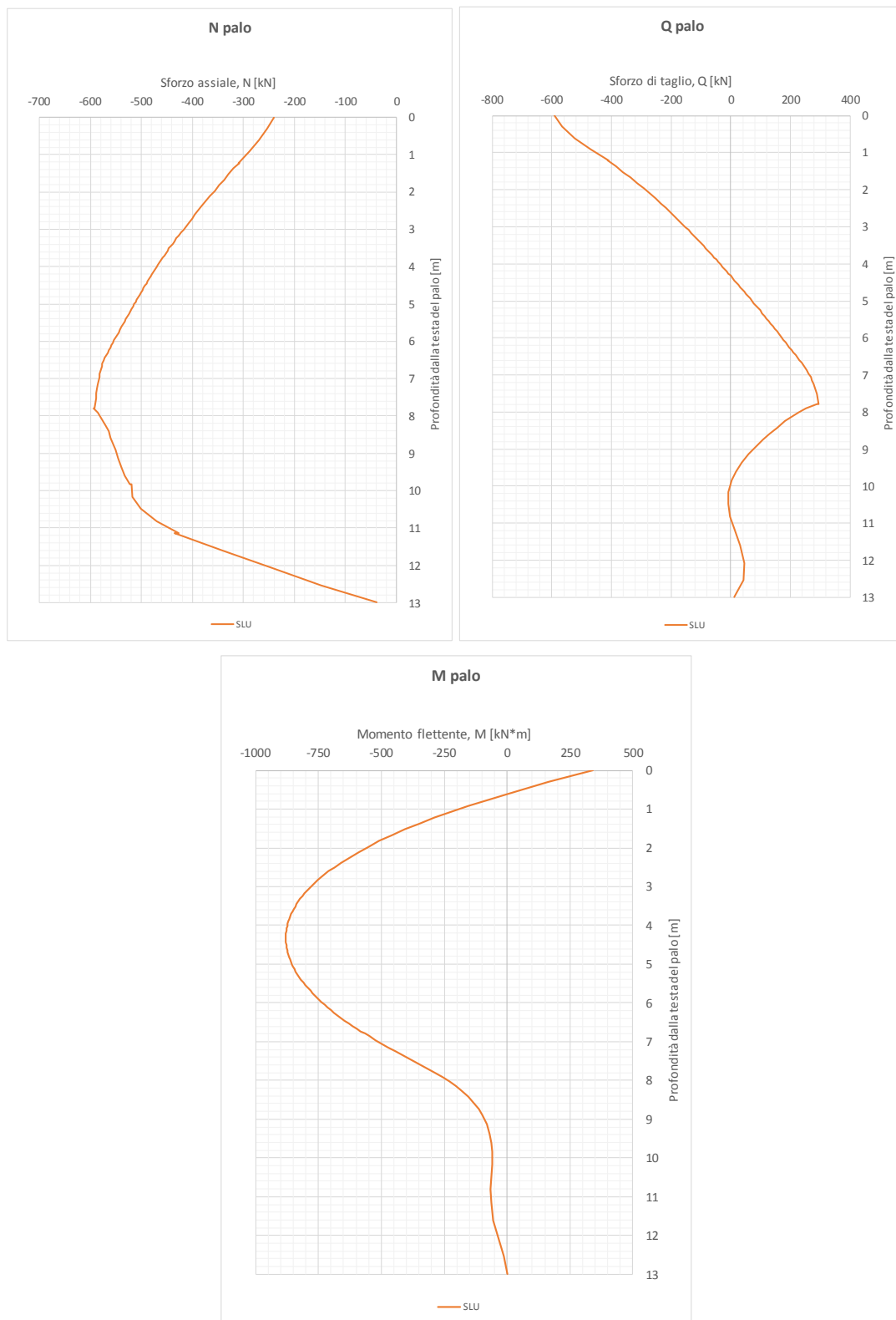


5.2 SOLLECITAZIONI OPERA DI SOSTEGNO OS90A

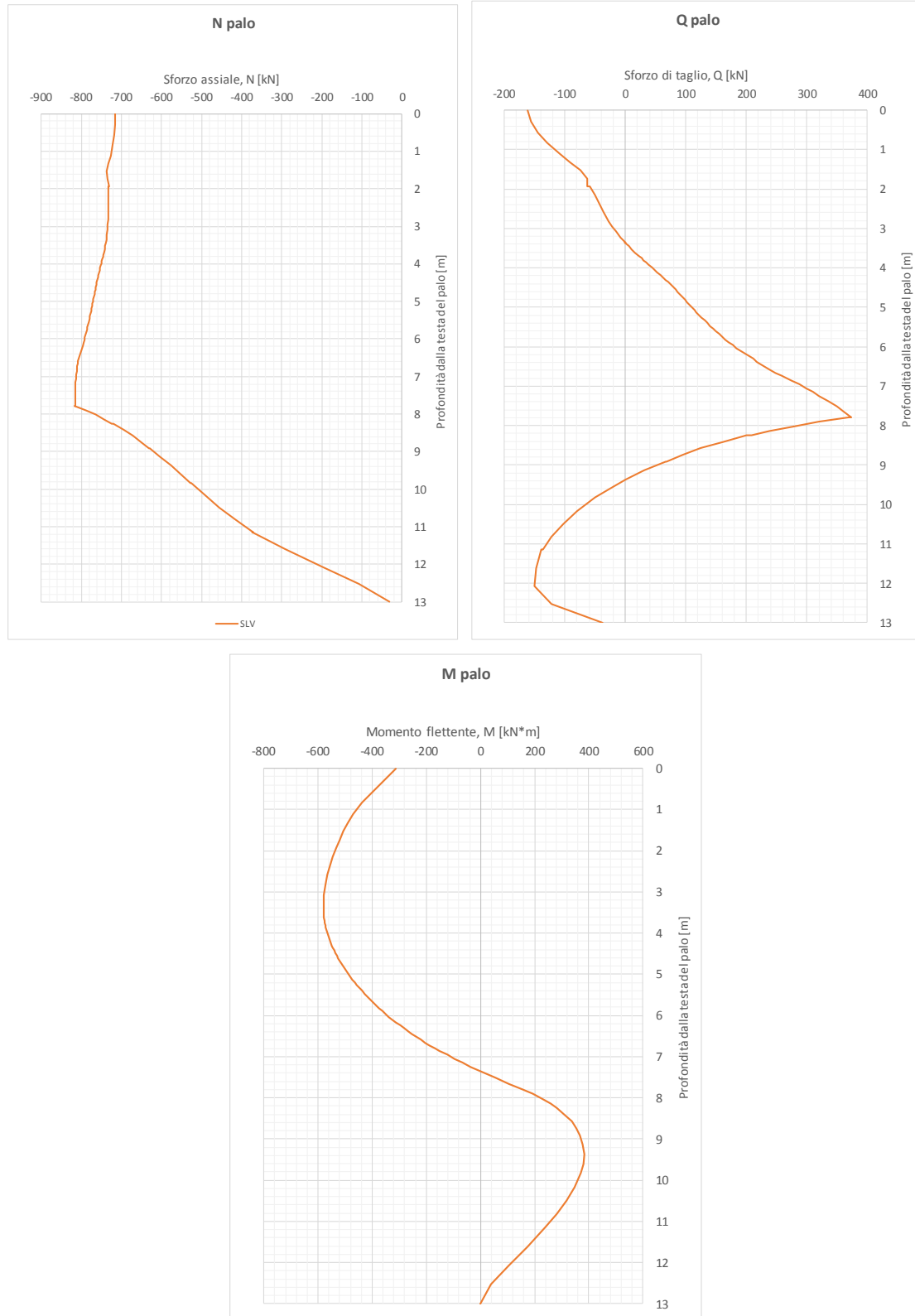
5.2.1 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLU STATICA



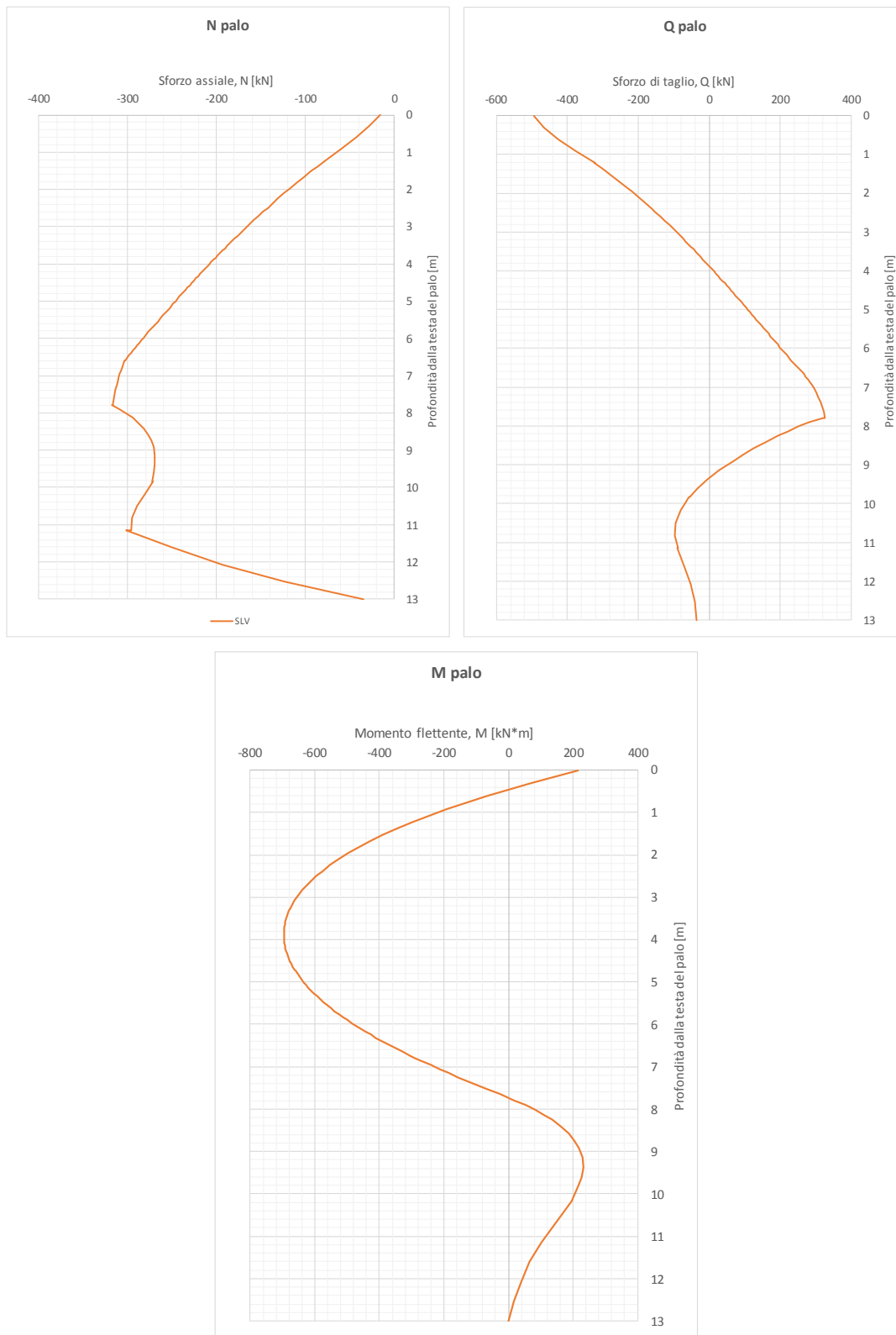
5.2.2 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLU STATICA



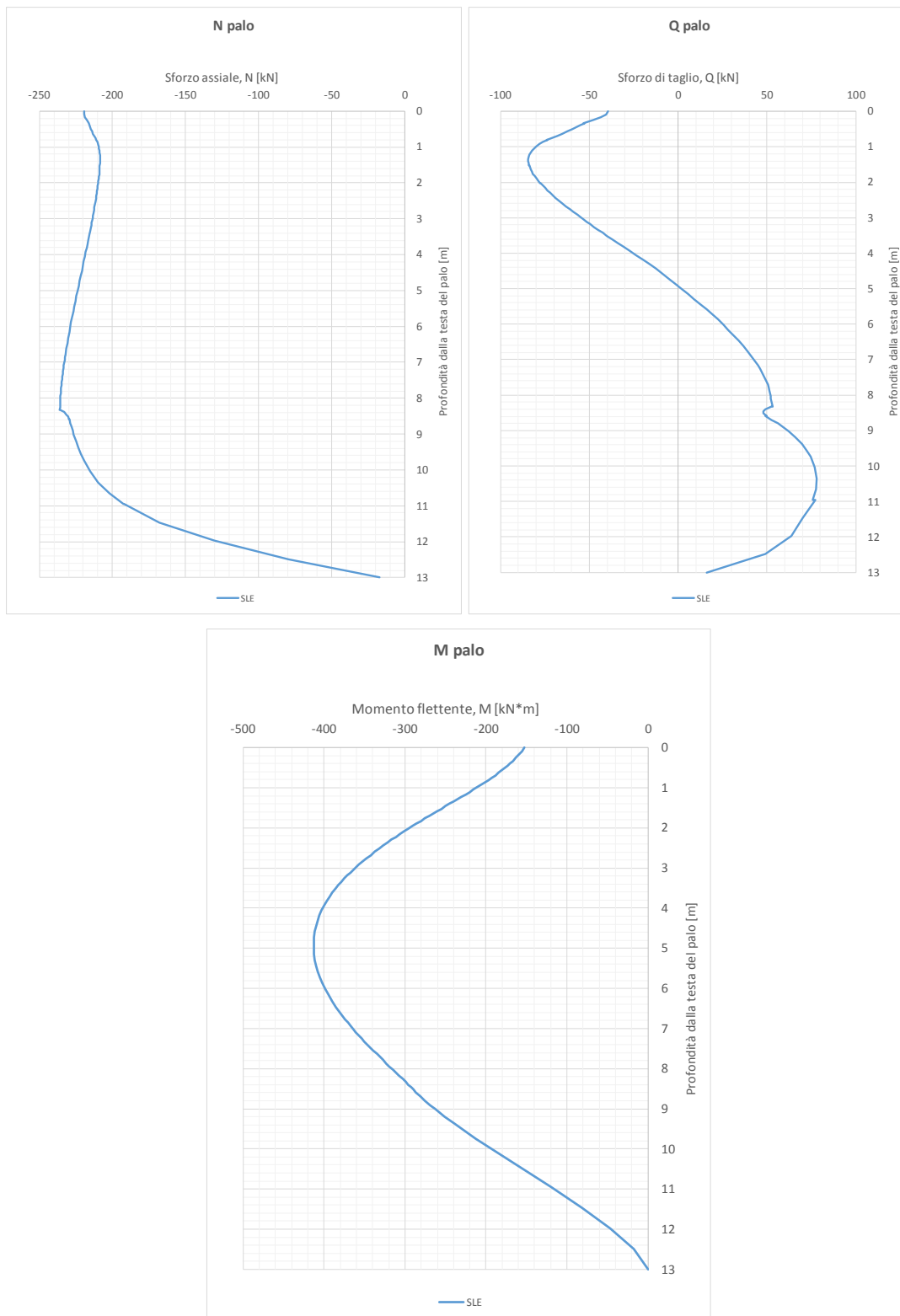
5.2.3 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLV SISMICA



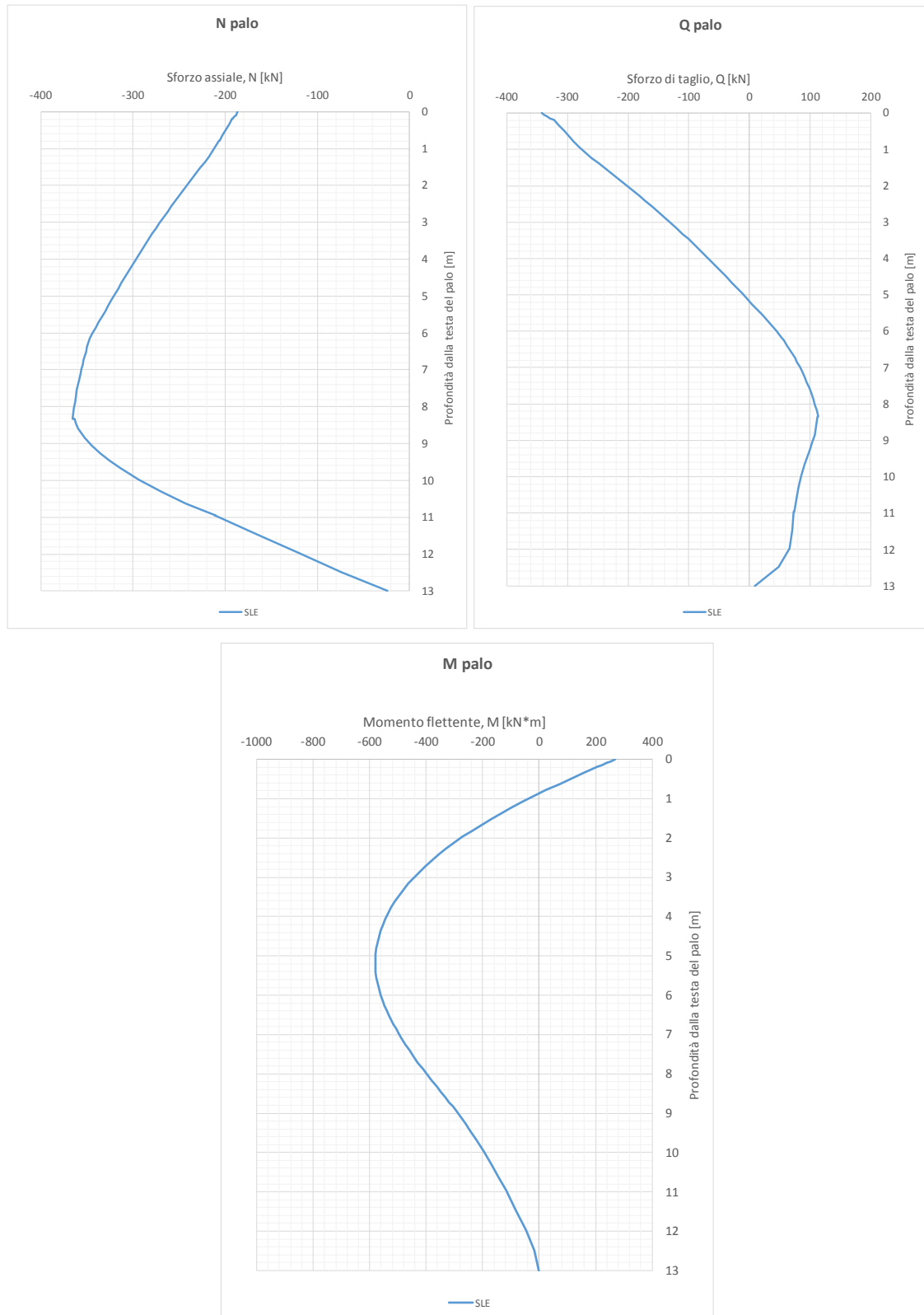
5.2.4 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLV SISMICA



5.2.5 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLE STATICA

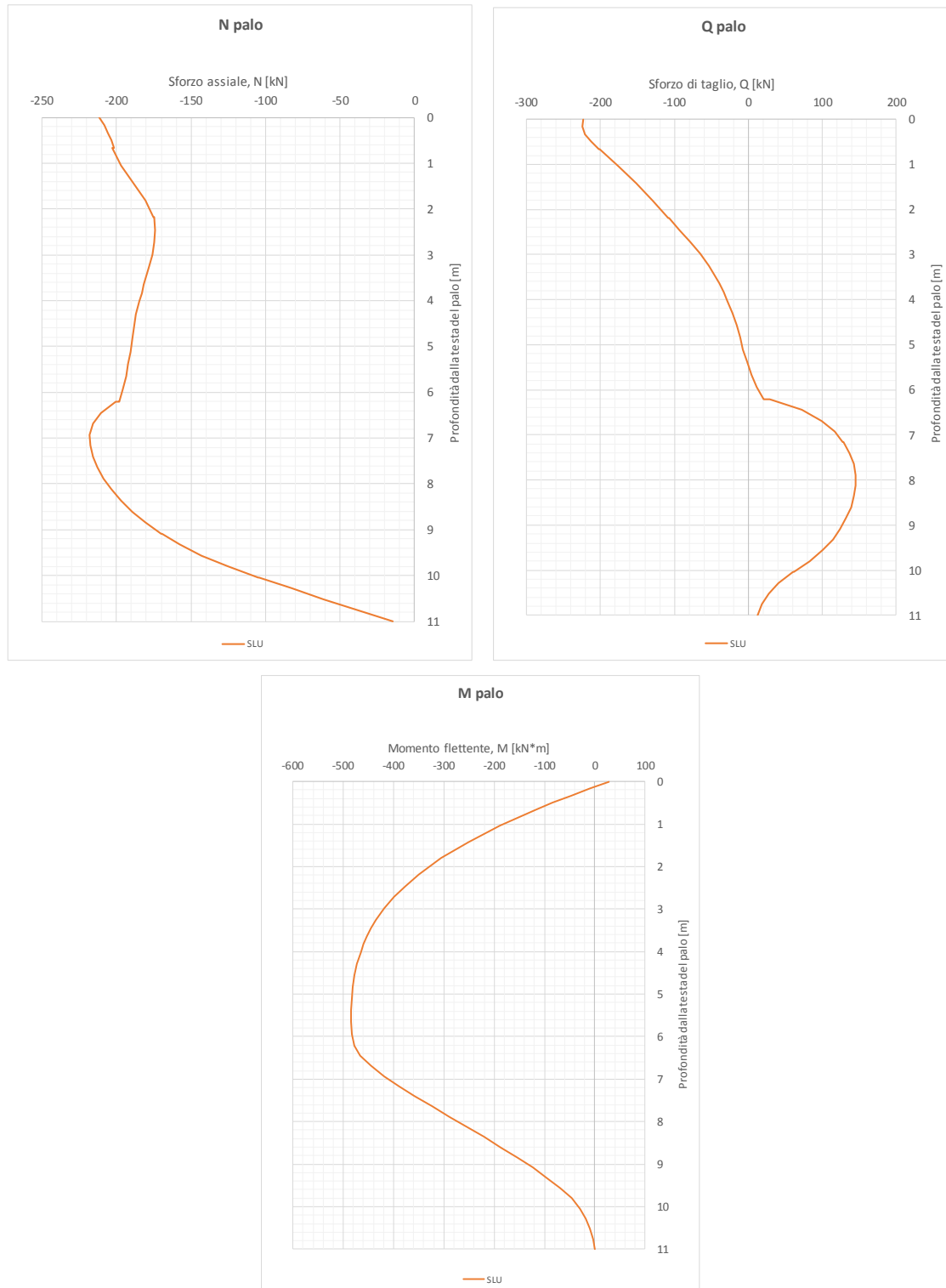


5.2.6 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLE STATICA

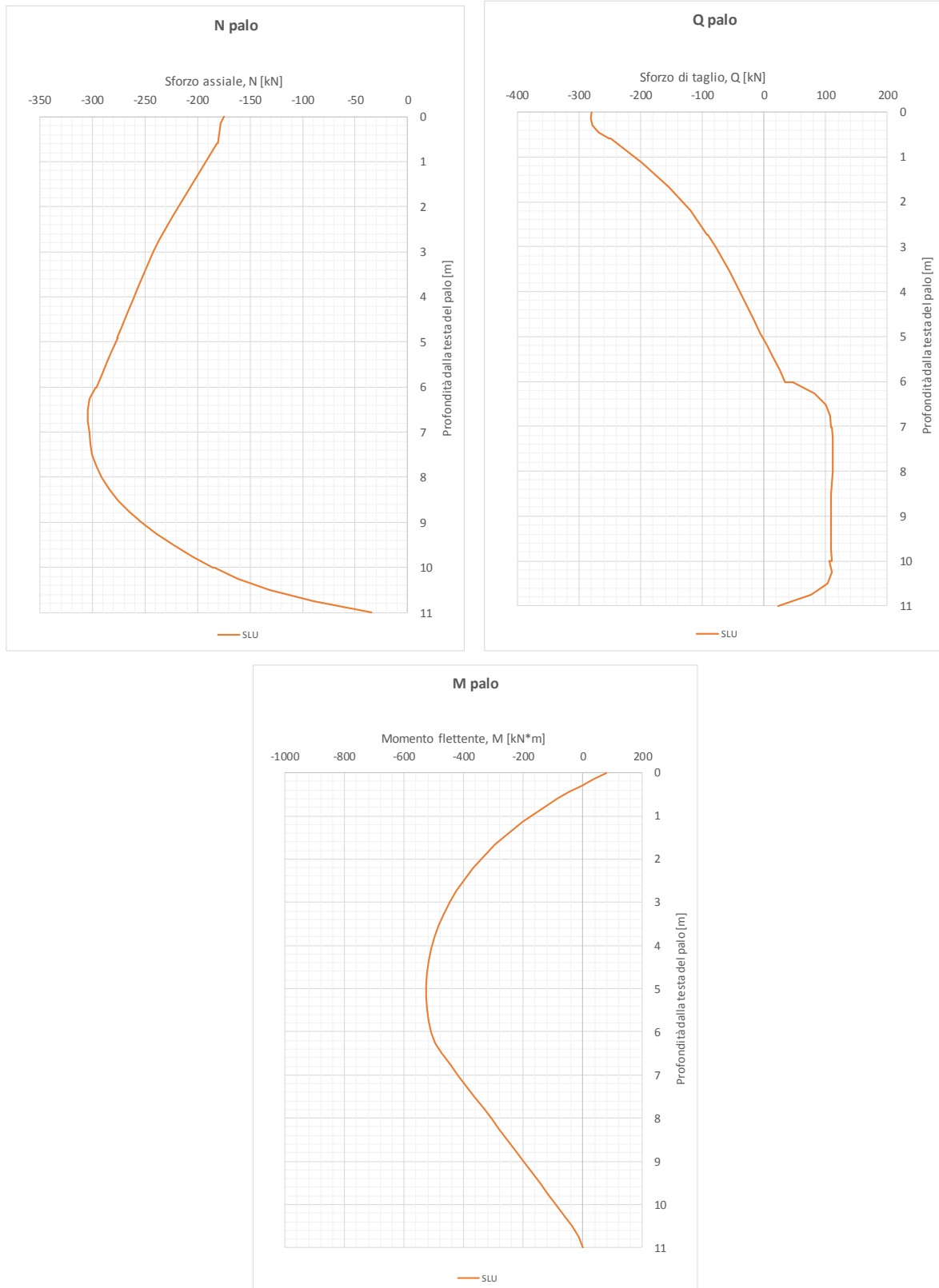


5.3 SOLLECITAZIONI OPERA DI SOSTEGNO OS92

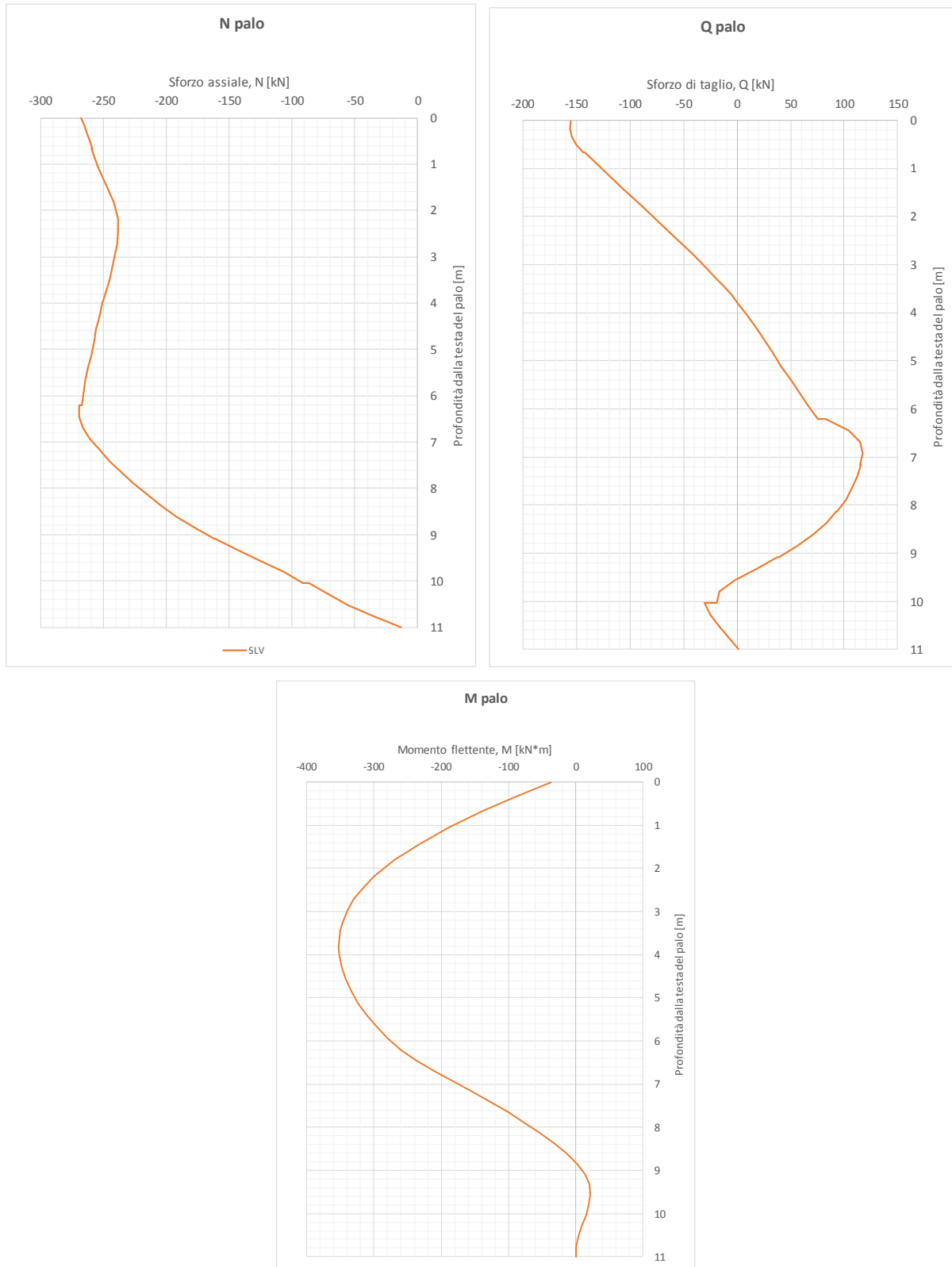
5.3.1 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLU STATICA



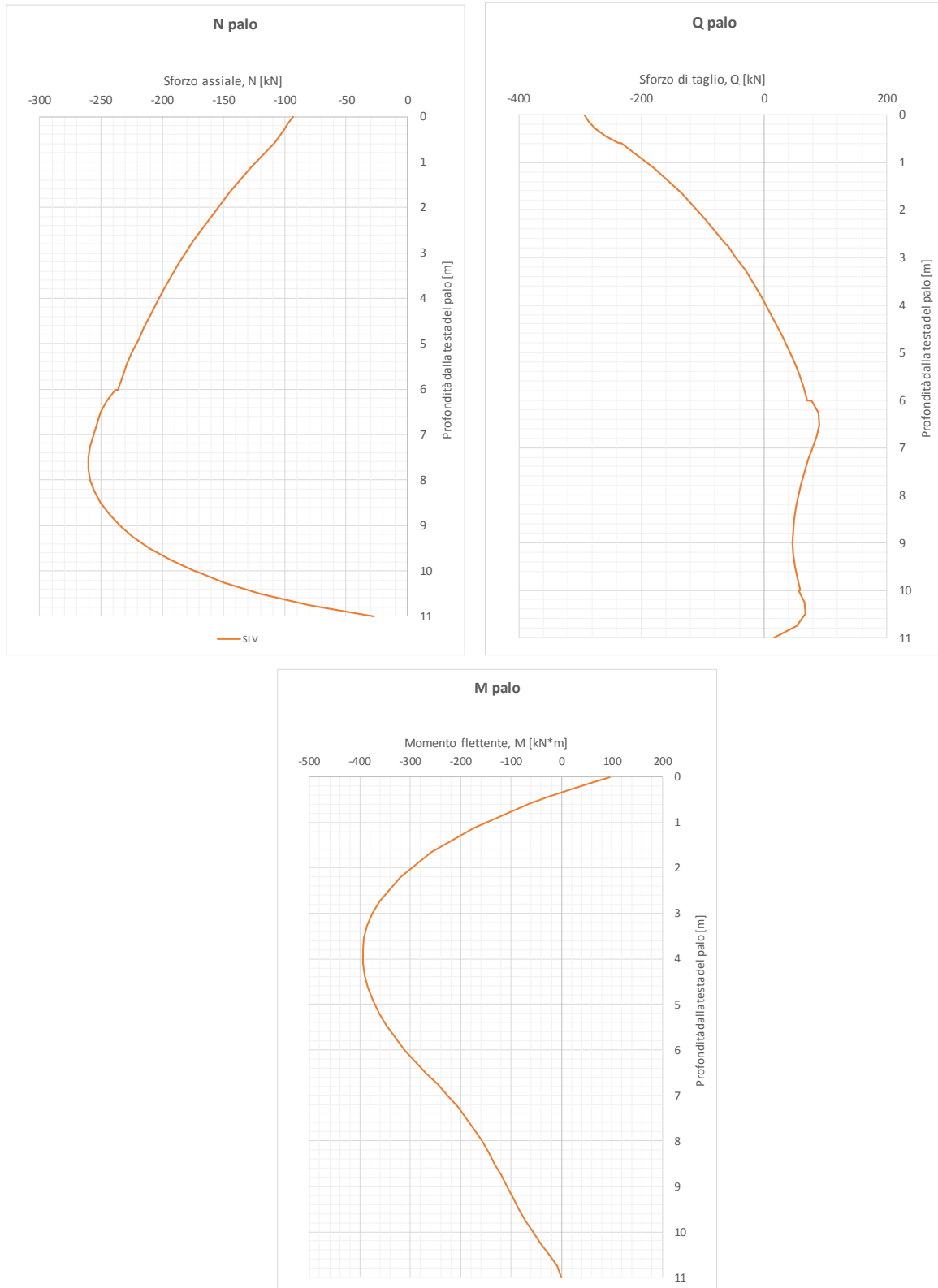
5.3.2 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLU STATICA



5.3.3 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLV SISMICA



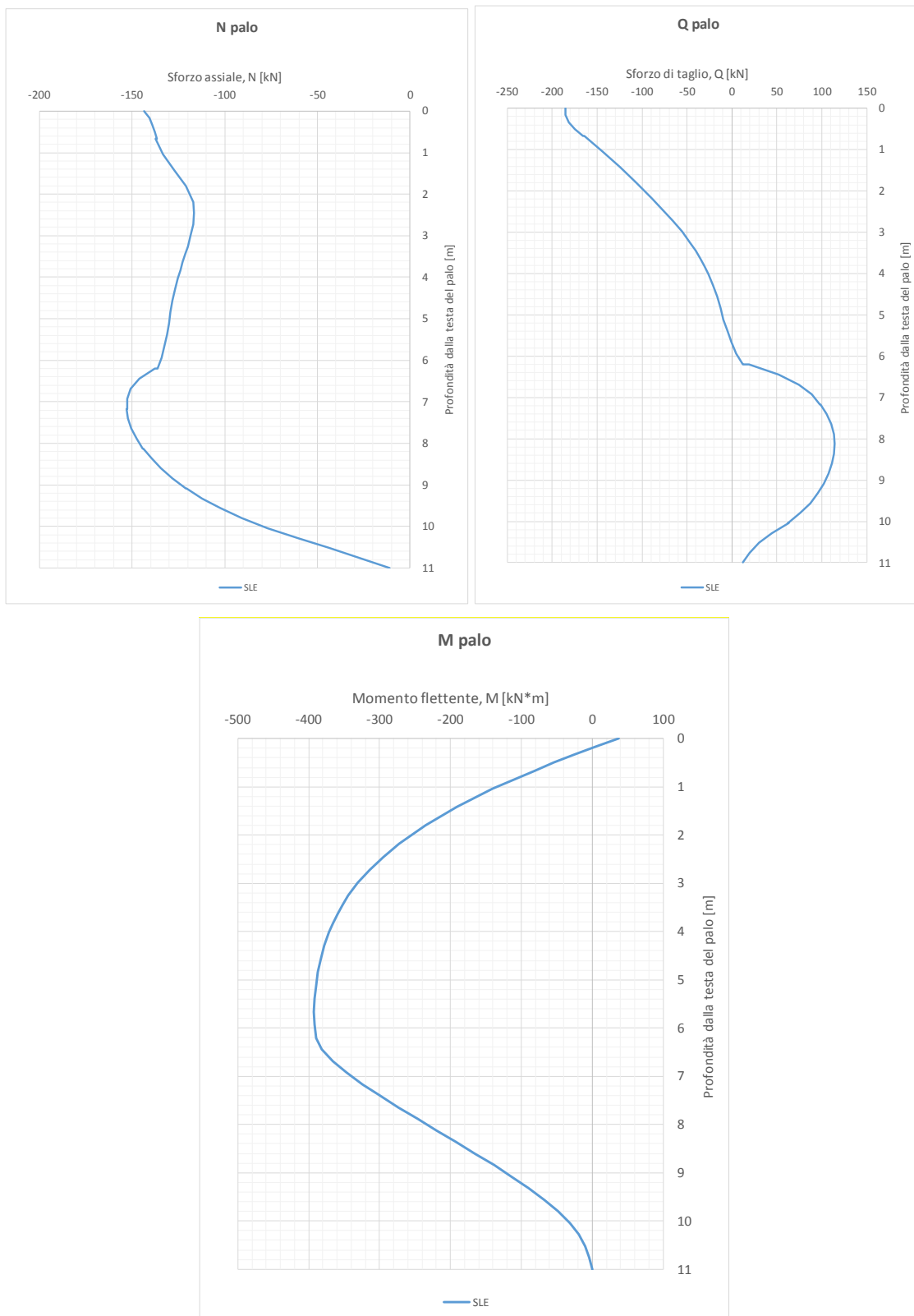
5.3.4 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLV SISMICA



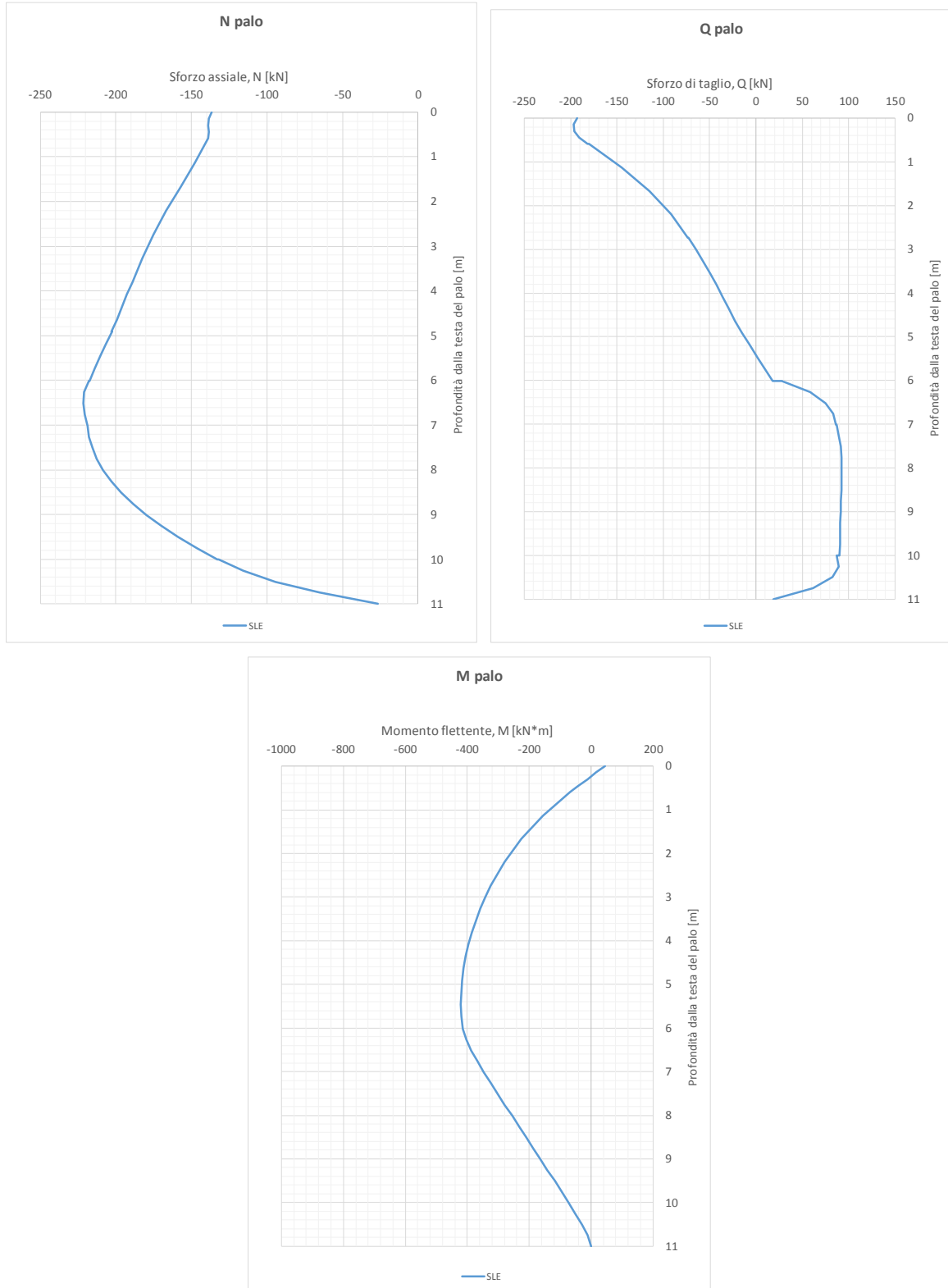
Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

5.3.5 PALO DI VALLE COMBINAZIONE SLE STATICA



5.3.6 PALO DI MONTE COMBINAZIONE SLE STATICA



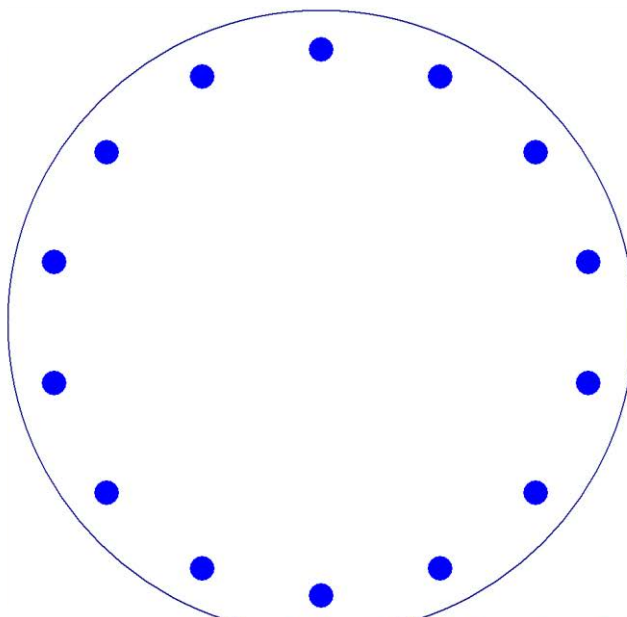
6 VERIFICA DEI PALI

Come anticipato nel paragrafo di analisi dei carichi, il dimensionamento del palo e verifica della quantità di armatura verrà fatta adottando la sollecitazione limite di plasticizzazione pari a 960kNm/palo.

La verifica a taglio verrà fatta adottando la sollecitazione più gravosa tra quelle ottenute dalle sollecitazioni SLU sopra elencate

6.1 VERIFICA A FLESSIONE SLU

La verifica verrà condotta adottando l'applicativo del codice agli elementi finiti ProSap (2Si), ProVlim.



DATI GENERALI DELLA SEZIONE

Calcestruzzo: $R_{ck} = 37.00$ N/mm²
 Sezione circolare. Raggio = 40.00 cm
 Acciaio: $f_{yk} = 450.00$ N/mm²

Ferro N.	X (cm)	Y (cm)	Area (cm ²)
1	40.0	75.0	7.07
2	55.2	71.5	7.07
3	67.4	61.8	7.07
4	74.1	47.8	7.07
5	74.1	32.2	7.07
6	67.4	18.2	7.07
7	55.2	8.5	7.07
8	40.0	5.0	7.07
9	24.8	8.5	7.07
10	12.6	18.2	7.07
11	5.9	32.2	7.07
12	5.9	47.8	7.07
13	12.6	61.8	7.07
14	24.8	71.5	7.07

Caratteristiche limite della sezione:

	Nu [kN]	Mxu [kN m]	Myu [kN m]
Sezione completamente tesa	-3872.4	0.0	0.0
Sezione completamente compressa	12126.8	0.0	0.0
Fibre inferiori tese	0.0	1110.8	0.0
Fibre superiori tese	0.0	-1110.8	0.0
Fibre di sinistra tese	0.0	0.0	1106.5
Fibre di destra tese	0.0	0.0	-1106.5

VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Note sulle unità di misura:
 Sollecitazioni: M [kN m], N [kN]
 Coef. sicurezza: Gamma

Soll.n.	Nd	Mxd	Myd	Nu	Mxu	Myu	EpsC	EpsA	Gamma
1	0.0	0.0	960.0	0.0	0.0	1110.8	-0.35	0.80	1.14 Ok

6.2 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio della sezione circolare verrà condotta adottando una sezione equivalente quadrata, inclusa all'interno della sezione circolare di progetto.

La massima azione tagliante in combinazione SLU vale: 590kN (comb SLU, opera P-90, palo di monte) in coincidenza con l'attacco della trave di testata.

L'armatura inserita nella sezione di verifica è pari ad una staffa circolare chiusa $\phi 12/20\text{cm} + 1$ spinotto $\phi 12/20$, per un totale di 3 braccia resistenti.

NORMA TECNICA 2008					
Verifica a taglio di una trave rettangolare ($\alpha = 90^\circ$)					
$V_{Rd} = (0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot bw \cdot d$			Valore di progetto della resistenza a taglio		
$V_{r,sd} = 0.9 \cdot A_{sw}/s \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$			sezione con staffe		
$V_{r,cd} = 0.9 \cdot b \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$					
Data una trave con le relative armature e resistenze:					
Ved	590	kN	forza tagliante sollecitante a distanza d dal filo dell'appoggio		
b _{trave}	600	mm	base della trave		
h _{trave}	600	mm	altezza della trave		
d'	58	mm	distanza tra bordo libero e asse barra compressa		
d	542	mm	distanza tra bordo libero e asse barra tesa		
c	45.00	mm	ricoprimento di cls barre principali esterne		
Caratteristiche cls:		Caratteristiche acciaio:		B450C	
f _{ck}	25	MPa	f _{yk}	450.00	MPa
f _{ctm}	2.56	MPa	f _{ywd}	391.30	MPa
f _{cd}	14.17	MPa			
γ_c	1.5		γ_s	1.15	
Il calcolo di $V_{rd,c}$ permette di verificare se occorre armatura a taglio:					
Armatura zona tesa:			Armatura zona compressa:		
ϕ	26	n°barre	4	ϕ	26
Asl	2123.7166	mm ²		Asl	2123.72
k	1.61				
ρ_l	0.0065	ok			
ρ_l = rapporto di armatura longitudinale che si estende per un tratto almeno pari a $(d+l_{bd})$					
$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$			EC2 - 2005 - rif.8.4.4 (1)		
Ned	0	N	forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione (>0 compressione)		
σ_{cp}	0	MPa	ok	EC2 - 2005 - rif.6.2.3	
v _{min}	0.36	MPa		α_{cw}	1
				v1	0.63
Se, sulla base dei calcoli, non fosse richiesta armatura a taglio, si predisporrà comunque dell'armatura minima:					
EC2 - 2005 - rif.9.2.2 (5)					
$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)$			α	90°	staffe verticali
$\rho_{w,min} = (0,08 \cdot \text{radq}(f_{ck})) / f_{yk}$					
$(A_{sw} / s)_{min}$	0.53	mm ² /mm			
$V_{rd,c} = (C_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot bw \cdot d =$					
V _{Rd}	159.13526	kN			
V _{Rd,min}	115.98385	kN			
V _{Rd,c}	159.13526	kN	occorre armare a taglio		

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

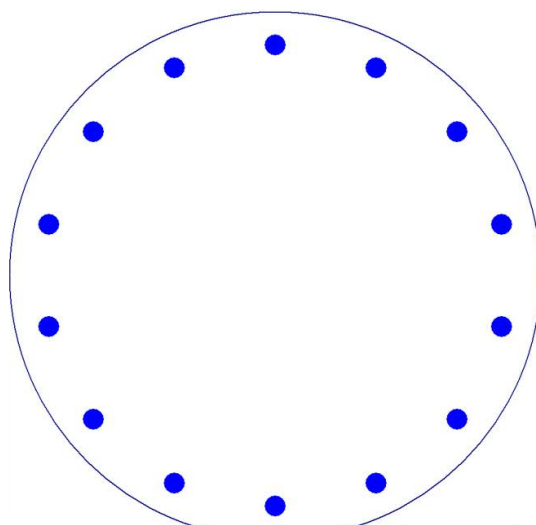
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

<i>Preliminarmente occorre verificare che Ved sia non maggiore di Vrd,max con cot θ=1:</i>				
$V_{rd,max}$	1037.40	kN	(resistenza della sezione di cls)	ok
Ved in appoggio	590.00	kN		
Quindi eguagliando $V_{ed} = V_{rd,max}$:				
Dalla precedente espressione si ricava il valore di θ :				
			rad	gradi
$\theta = 1/2 * \arcsin (2V_{ed}/((\alpha_{cw} * v_1 * f_{cd}) * b_w * z)) =$			0.3805	21.80
Se risulta compreso tra 45° e 21,8°, A_{sw}/s si determina con il θ individuato, altrimenti si impone il limite inferiore (21,8°):				
$(A_{sw} / s) = V_{ed} / (z * f_{ywd} * \cot\theta) =$	1.24	mm ² /mm		
ϕ	10.24	mm		
A_{sw}	247.27	mm ²	n°bracci	3 n° bracci delle staffe
s	200	mm	passo staffe verticali	
ϕ	12.00	mm	diametro delle staffe da utilizzare	
A_{sw}	339.29	mm ²		

6.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

La verifica verrà condotta adottando l'applicativo del codice agli elementi finiti ProSap (2Si), ProVlim.

Per la verifiche sono state adottate le sollecitazioni SLE uguali per tutti e tre gli stati di sollecitazione di esercizio (rare, qp, freq)



DATI GENERALI DELLA SEZIONE

Calcestruzzo: $R_{ck} = 37.00 \text{ N/mm}^2$

Sezione circolare. Raggio = 40.00 cm

Acciaio: $f_{yk} = 450.00 \text{ N/mm}^2$

Caratteristiche limite della sezione:

	Nu [kN]	Mxu [kN m]	Myu
[kN m]			
Sezione completamente tesa	-3872.4	0.0	
0.0			
Sezione completamente compressa	12126.8	0.0	
0.0			
Fibre inferiori tese	0.0	1110.8	
0.0			
Fibre superiori tese	0.0	-1110.8	
0.0			
Fibre di sinistra tese	0.0	0.0	
1106.5			
Fibre di destra tese	0.0	0.0	-
1106.5			

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Note sulle unità di misura:

Sollecitazioni: M [kN m], N [kN]

Tensioni: [N/mm²] (CLS: SigC+ = max; SigC- = min) (Acciaio: SigA+ = max; SigA- = min)

Fessurazione: Wk [mm]

Coef. sicurezza: GammaC = SigC/fck; GammaA = SigA/fyk

COMBINAZIONI DI CARICO RARE:

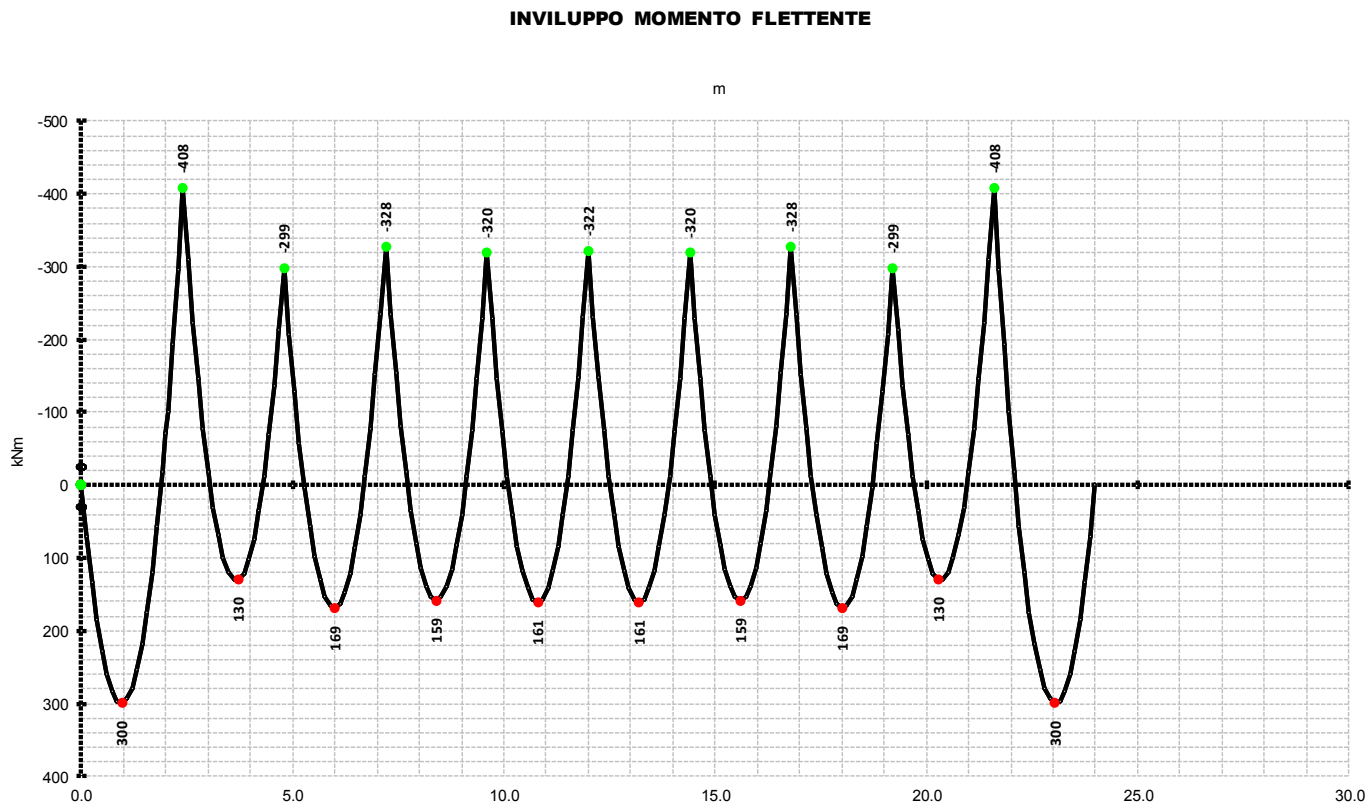
Soll.n.	Nd	Mxd	Myd	SigC+	SigC-	SigA+	SigA-	γC	γA	Wk	
1	354	0.0	647	0.00	-14.17	290.04	-154.27	0.46	0.64	0.281	Ok

7 VERIFICA DELLA TRAVE DI CORONAMENTO

Come anticipato nel paragrafo di analisi dei carichi, il massimo tiro cui è sottoposto il tirante in combinazione SLU è pari a 1615kN.

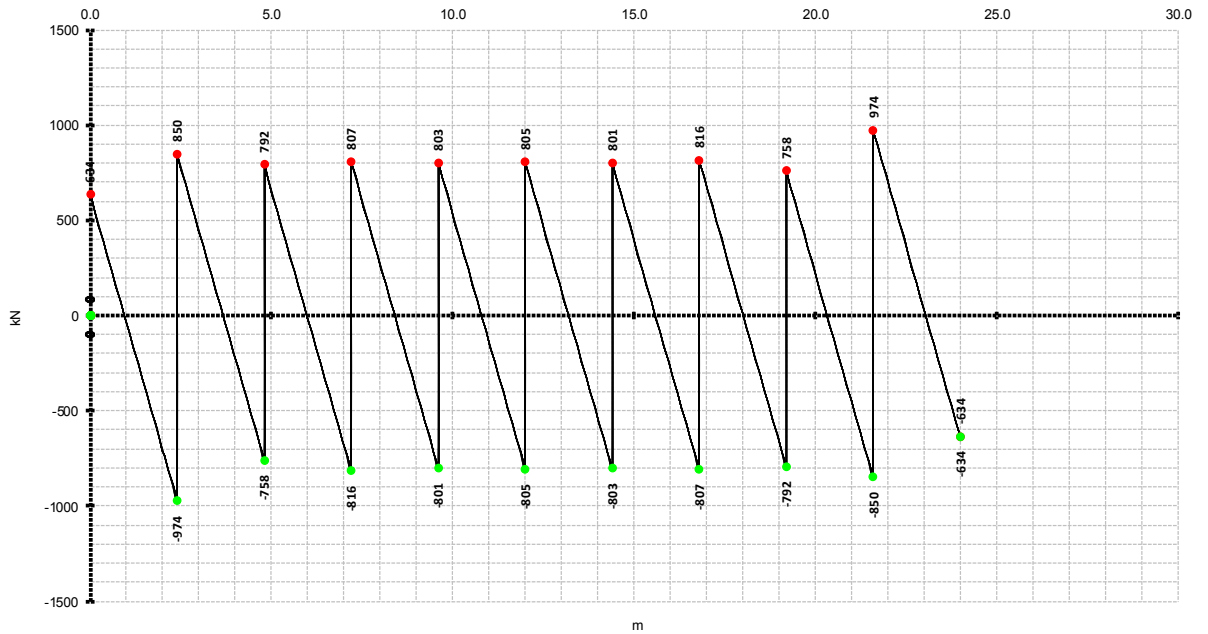
Considerando una distribuzione costante delle pressioni sul terreno dovute a questa forza, si ottiene, nella configurazione più sfavorevole, una sollecitazione sulla trave tipica di uno schema statico di trave su più appoggi, dove l'appoggio è proprio il punto di applicazione del tirante.

Nel caso più gravoso, l'interasse tra i tiranti è pari a 2.4m, da cui si ricava il seguente andamento delle sollecitazioni:



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

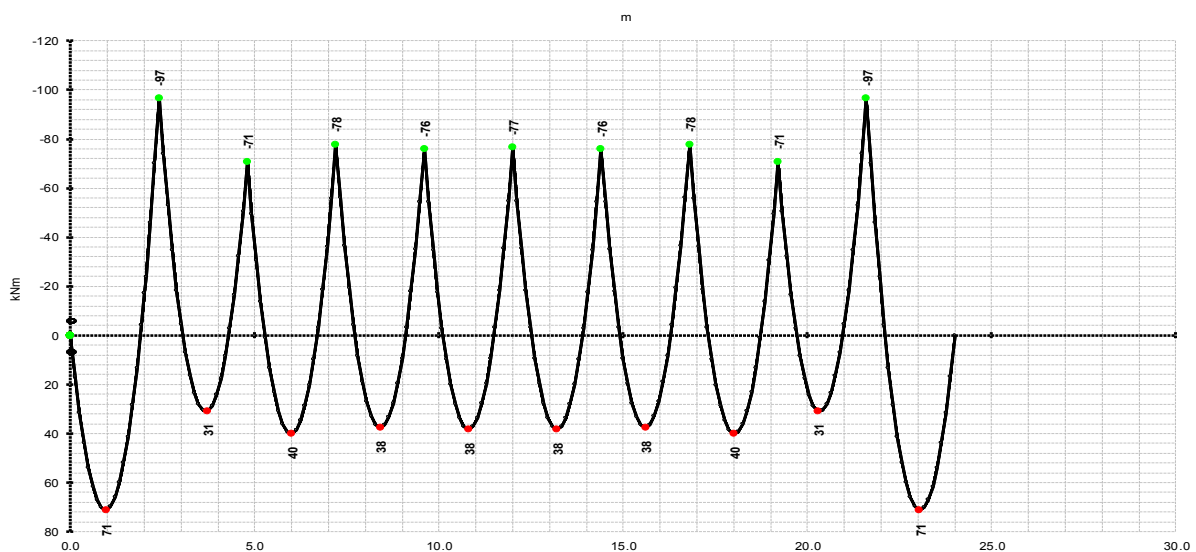
INVILUPPO DEL TAGLIO



Per le sollecitazioni in esercizio si considererà il taglio trasmesso dai pali in coincidenza dell'attacco con la trave di coronamento, distribuito sull'interasse tra i pali (2.4m). Essendo il taglio massimo pari alla somma tra il palo di valle e quello di monte, il carico lineare per il calcolo delle sollecitazioni sarà pari a:

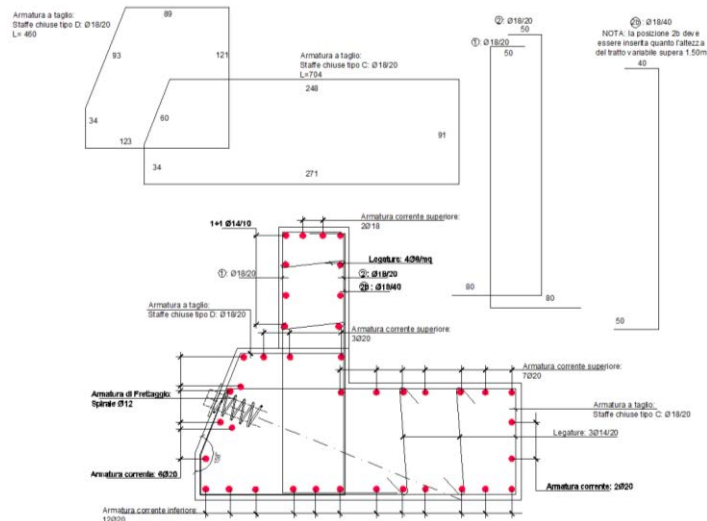
$$q = 196.3 \text{ kN} (\text{palo monte}) + 185.3 \text{ kN} (\text{palo valle}) / 2.4 \text{ m} = 159 \text{ kN/m}$$

INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE



7.1 VERIFICA A FLESSIONE SLU

Il massimo valore di momento flettente si ha in coincidenza dell'estremità e vale 408kNm.



Per la verifica si considererà, a favore di sicurezza, il contributo delle sole 4 barre correnti disposte sulle due facce verticali della trave (4φ20 nella condizione più sfavorevole)

SEZIONE		MATERIALI	
Ala superiore	B	Acciaio	f_{yk} 450 N/mm ²
Spessore ala superiore	h_s		E_s 200000 N/mm ²
Base	b_u 100.0 cm	Calcestruzzo	f_{ck} 30 N/mm ²
Altezza totale	H 280.0 cm		R_{ck} 37 N/mm ²
Coprifero armatura compressa	c' 5 cm		E_c 32800 N/mm ²
Coprifero armatura tesa	c 5 cm	Fluage	ϕ 1.70
Altezza utile	d 274.0 cm		
Luce trave	L		
CAMPATA		STATO LIMITE ULTIMO	
Calcolo SLU		ARMATURE	
Momento di calcolo trave continua	M^* 408.00 kNm	Estradosso	n° 4 ϕ [mm] 20 Area 12.57
Coefficiente per calcolo momento minimo	α 1	Intradosso	n° 4 ϕ [mm] 20 Area 12.57
Momento minimo	$M_{min} = QL^2/8\alpha$ kNm		
Momento di verifica	M_{sd} 408.00 kNm		
Momento resistente	M_{rd} 1326.09 kNm verificato 3.25		
Deformazioni	Campo 2		
	ϵ_c -0.46 ϵ_s 10.00	$\gamma = A_f' / A_f$ 1.00	A_f / A_c 0.04%
	x 12.09 cm	Diametro equivalente 20.0 mm	A_{fmin} 46.08 cm ²

La verifica è ampiamente soddisfatta. La trave verrà fondamentalemente armata con la sezione minima di armatura corrente.

7.2 VERIFICA A FLESSIONE SLE

Il massimo valore di momento flettente si ha in coincidenza dell'estremità e vale 97kNm.
Per la verifica si considererà, a favore di sicurezza, il contributo delle sole 4 barre correnti disposte sulle due facce verticali della trave (4φ20 nella condizione più sfavorevole)

VERIFICHE A STATO LIMITE IN ESERCIZIO										
Caratteristiche sezione		Tempo t_0				Tempo t_{00}				
Coefficiente di omogeneizzazione		ρ_s	6.1		$\rho_{00}=\rho_0*(1+\phi)$		18.3			
Sezione interamente reagente		asse neutro	x	120.0 cm		Sezione interamente reagente	asse neutro	x	120.0 cm	
momento di inerzia sezione		J_{int}	116865788 cm ⁴		momento di inerzia sezione		J_{int}	120850614 cm ⁴		
momento di prima fessurazione		M_{fess}	2824.3 kNm		momento di prima fessurazione		M_{fess}	2920.6 kNm		
Tensione acciaio per sez. parzializzata alla fessurazione		σ_{sf}	985.8 N/mm ²		Tensione acciaio per sez. parzializzata alla fessurazione		σ_{sf}	1026.8 N/mm ²		
Sezione parzializzata		asse neutro	x	17.7 cm		Sezione parzializzata	asse neu	x	30.4 cm	
momento di inerzia sezione		J_i	3779962 cm ⁴		momento di inerzia sezione		J_i	10598538 cm ⁴		
Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature		$h_{c,eff}$	15.00 cm		Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature		$h_{c,eff}$	15.00 cm		
Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature		$A_{c,eff}$	1500.0 cm ²		Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature		$A_{c,eff}$	1500.0 cm ²		
Percentuale armatura rispetto area efficace		$\rho_{p,eff}$	0.0084		Percentuale armatura rispetto area efficace		$\rho_{p,eff}$	0.0084		
Parametri fessurazione		k_1	0.80		k_2	0.50		k_3	3.400	
Distanza fessure		S_{max}	575.85 mm		k_4	0.425		S_{max}	575.85 mm	
Combinazione RARA										
Momento di calcolo trave continua		M^*	97.00 kNm							
Momento minimo		$M_{min}=qL^2/\alpha$			kNm					
Momento di verifica (rara)		M	97.00 kNm							
Calcestruzzo		σ_{cis}	0.5 N/mm ² verificato		39.61		Calcestruzzo		σ_{cis} 0.3 N/mm ² verificato 64.72	
Armatura		σ'_t	-2 N/mm ² verificato		196.40		Armatura		σ'_t -2 N/mm ² verificato 183.56	
		σ_f	34 N/mm ² verificato		10.63				σ_f 34 N/mm ² verificato 10.56	
Fessurazione		w_k	0.058 mm				Fessurazione		w_k 0.059 mm	
		$(\epsilon_{sm}-\epsilon_c)*E_s$	20 N/mm ²						$(\epsilon_{sm}-\epsilon_c)*E_s$ 20 N/mm ²	
Combinazione FREQUENTE										
Momento di calcolo trave continua		M^*	97.00 kNm							
Momento minimo		$M_{min}=qL^2/\alpha$			kNm					
Momento di verifica (frequente)		M	97.00 kNm							
Calcestruzzo		σ_{cis}	0.5 N/mm ² verificato		39.61		Calcestruzzo		σ_{cis} 0.3 N/mm ² verificato	
Armatura		σ'_t	-2 N/mm ² verificato		196.40		Armatura		σ'_t -2 N/mm ² verificato	
		σ_f	34 N/mm ² verificato		10.63				σ_f 34 N/mm ² verificato	
Fessurazione		w_k	0.058 mm				Fessurazione		w_k 0.059 mm	
		$(\epsilon_{sm}-\epsilon_c)*E_s$	20 N/mm ²						$(\epsilon_{sm}-\epsilon_c)*E_s$ 20 N/mm ²	
Combinazione QUASI PERMANENTE										
Momento di calcolo trave continua		M^*	97.00 kNm							
Momento minimo		$M_{min}=qL^2/\alpha$			kNm					
Momento di verifica (quasi perm.)		M	97.00 kNm							
Calcestruzzo		σ_{cis}	0.5 N/mm ² verificato		29.71		Calcestruzzo		σ_{cis} 0.3 N/mm ² verificato 48.54	
Armatura		σ'_t	-2 N/mm ²				Armatura		σ'_t -2 N/mm ²	
		σ_f	34 N/mm ²						σ_f 34 N/mm ²	
Fessurazione		w_k	0.058 mm				Fessurazione		w_k 0.059 mm	
		$(\epsilon_{sm}-\epsilon_c)*E_s$	20 N/mm ²						$(\epsilon_{sm}-\epsilon_c)*E_s$ 20 N/mm ²	

La verifica è ampiamente soddisfatta.

7.3 VERIFICA A TAGLIO

Il massimo valore di azione tagliante vale 974kN.

NORMA TECNICA 2008							
Verifica a taglio di una trave rettangolare ($\alpha = 90^\circ$)							
$V_{Rd} = (0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot bw \cdot d$			Valore di progetto della resistenza a taglio				
$V_{r,sd} = 0.9 \cdot A_{sw}/s \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$			sezione con staffe				
$V_{r,cd} = 0.9 \cdot b \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$							
Data una trave con le relative armature e resistenze:							
Ved	974	kN	forza tagliante sollecitante a distanza d dal filo dell'appoggio				
b _{trave}	1000	mm	base della trave				
h _{trave}	2800	mm	altezza della trave				
d'	50	mm	distanza tra bordo libero e asse barra compressa				
d	2750	mm	distanza tra bordo libero e asse barra tesa				
c	40.00	mm	ricoprimento di cls barre principali esterne				
Caratteristiche cls:		Caratteristiche acciaio:		B450C			
f _{ck}	30	MPa	f _{yk}	450.00	MPa		
f _{ctm}	2.90	MPa	f _{ywd}	391.30	MPa		
f _{cd}	17.00	MPa					
γ_c	1.5		γ_s	1.15			
Il calcolo di V _{rd,c} permette di verificare se occorre armatura a taglio:							
Armatura zona tesa:			Armatura zona compressa:				
ϕ	20	n°barre	4	ϕ	20	n°barre	4
Asl	1256.6371	mm ²		Asl	1256.64	mm ²	
k	1.27						
ρ_l	0.0005	ok					
ρ_l = rapporto di armatura longitudinale che si estende per un tratto almeno pari a (d+l _{bd})							
$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$ EC2 - 2005 - rif.8.4.4 (1)							
Ned	0	N	forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione (>0 compressione)				
σ_{cp}	0	MPa	ok	EC2 - 2005 - rif.6.2.3			
v _{min}	0.27	MPa	α_{cw}		1		
			v1		0.616	f _{ck} ≤ 60 MPa	
Se, sulla base dei calcoli, non fosse richiesta armatura a taglio, si predisporrà comunque dell'armatura minima:							
EC2 - 2005 - rif.9.2.2 (5)							
$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)$			α	90°	staffe verticali		
$\rho_{w,min} = (0,08 \cdot \text{radq}(f_{ck})) / f_{yk}$							
(A _{sw} / s) _{min}	0.97	mm ² /mm					
$V_{rd,c} = (C_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot bw \cdot d =$							
V _{Rd}	465.4514	kN					
V _{Rd,min}	754.22818	kN					
V _{Rd,c}	754.22818	kN	occorre armare a taglio				

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

<i>Preliminarmente occorre verificare che Ved sia non maggiore di Vrd,max con cot θ=1:</i>				
$V_{rd,max}$	10511.80	kN	(resistenza della sezione di cls)	ok
Ved in appoggio	974.00	kN		
Quindi eguagliando $V_{ed} = V_{rd,max}$:				
Dalla precedente espressione si ricava il valore di θ :				
			rad	gradi
$\theta = 1/2 * \arcsin(2V_{ed}/((\alpha_{cw} * v_1 * f_{cd}) * b_w * z)) =$			0.3805	21.80
Se risulta compreso tra 45° e 21,8°, A_{sw}/s si determina con il θ individuato, altrimenti si impone il limite inferiore (21,8°):				
$(A_{sw} / s) = V_{ed} / (z * f_{ywd} * \cot\theta) =$	0.97	mm ² /mm		
ϕ	12.45	mm		
A_{sw}	243.43	mm ²	n°bracci	2 n° bracci delle staffe
s	250	mm	passo staffe verticali	
ϕ	14.00	mm	diametro delle staffe da utilizzare	
A_{sw}	307.88	mm ²		

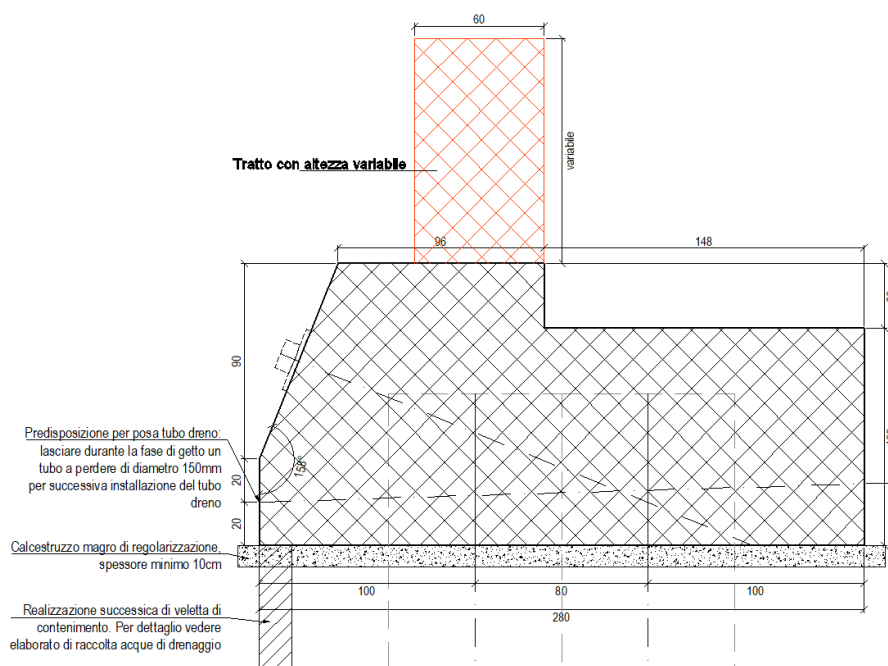
La sezione risulta soddisfatta con l'inserimento di 1 staffa ϕ 14/25cm.

L'armatura inserita sarà pertanto quella minima da normativa.

8 VERIFICA DEL TRATTO AD ALTEZZA VARIABILE DELLA TRAVE DI CORONAMENTO

8.1 VERIFICA CORDOLO TRATTO OS90NEW, OS92

Come riportato negli elaborati grafici ed estrapolati qui in calce, la trave di coronamento avrà localmente dei tratti ad altezza variabile necessari per contenere i nuovi rilevati. La massima altezza del paramento vale 2m in coincidenza del salto di quota ad intradosso.



Seguono le verifiche:

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_G	γ_Q	γ_{E^*}	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ	R_{RIB}	R_{SCH}	R_{SCO}
1	EQU	1.10	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
2	EQU	1.10	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
3	EQU	0.90	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
4	EQU	0.90	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
5	STR	1.30	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
6	STR	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
7	STR	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
8	STR	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
9	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
10	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
11	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
12	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
13	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
14	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
15	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.25	1.25	1.00	1	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
16	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.25	1.25	1.00	1	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)

* Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo \Downarrow e negativo \Uparrow .

Spinta del terreno

Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AS} = 0.0782$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AS} = 0.1409$

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 5.6114$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 6.4993$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 1.7663$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 2.1328$

NOTA: per tenere in considerazione, in via cautelativa, la possibilità che a tergo della trave si generi, sia in condizioni statiche che sismiche, una spinta K_0 (a riposo), le verifiche verranno condotte moltiplicando i valori delle sollecitazioni di seguito riportati e valutati nell'ipotesi di attivazione della spinta attiva, per il fattore 1.7 derivante dal rapporto tra i due coefficienti di spinta.

Valori della spinta attiva del terreno di monte per metro di estensione del muro

Altezza di calcolo $H_t = 3.300$ m

Le spinte sono espresse in chilogrammi e le coordinate in metri.

CMB	$S_{S,X}$	$S_{S,Y}$	Y_S	X_S	$S_{D,X}$	$S_{D,Y}$	Y_D	X_D	$S_{T,X}$	$S_{T,Y}$	Y_T	X_T
1	780	1352	1.100	1.320	-	-	-	-	780	1352	1.100	1.320
2	780	1352	1.100	1.320	-	-	-	-	780	1352	1.100	1.320
3	639	1106	1.100	1.320	-	-	-	-	639	1106	1.100	1.320
4	639	1106	1.100	1.320	-	-	-	-	639	1106	1.100	1.320
5	512	887	1.100	1.320	-	-	-	-	512	887	1.100	1.320
6	512	887	1.100	1.320	-	-	-	-	512	887	1.100	1.320
7	394	682	1.100	1.320	-	-	-	-	394	682	1.100	1.320
8	394	682	1.100	1.320	-	-	-	-	394	682	1.100	1.320
9	710	1229	1.100	1.320	-	-	-	-	710	1229	1.100	1.320
10	710	1229	1.100	1.320	-	-	-	-	710	1229	1.100	1.320
11	710	1229	1.100	1.320	-	-	-	-	710	1229	1.100	1.320
12	710	1229	1.100	1.320	-	-	-	-	710	1229	1.100	1.320
13	394	682	1.100	1.320	10152	17584	1.650	1.320	10546	18267	1.629	1.320
14	394	682	1.100	1.320	22627	39191	1.650	1.320	23021	39874	1.641	1.320
15	710	1229	1.100	1.320	12025	20828	1.650	1.320	12735	22057	1.619	1.320
16	710	1229	1.100	1.320	25954	44954	1.650	1.320	26664	46183	1.635	1.320

Legenda

$S_{S,X}$, $S_{D,X}$, $S_{T,X}$ componente orizzontale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

$S_{S,Y}$, $S_{D,Y}$, $S_{T,Y}$ componente verticale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

Y_S , Y_D , Y_T ordinata del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

X_S , X_D , X_T ascissa del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

(le coordinate del punto di applicazione sono riferite al piede di valle della fondazione)

Forze d'inerzia per metro di estensione del muro

Componente orizzontale forza d'inerzia $F_{I,X} = 7087$ kg

Ordinata del punto di applicazione della forza $Y_I = 1.914$ m

Componente verticale forza d'inerzia $F_{I,Y} = \pm 3544$ kg

Ascissa del punto di applicazione della forza $X_I = 1.750$ m

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccato di fondazione.

Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A _f e A _{f'} [cm ²]
1.533	100.0	40.0 (1 Ø 18 / 20+1 Ø 18 / 40 cm)	19.09

Condizioni più gravose (Combinazione 16)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·m]
1060	6467	5208

VERIFICA DI UNA TRAVE IN C.A. A STATO LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (verifica trave rettangolare o a T)														
						Normativa di riferimento		Decreto 14/01/2008 Norme Tecniche						
SEZIONE														
Ala superiore	B	cm	MATERIALI		f_{yk}	450 N/mm ²	γ_s	1,15	f_{yd}	391,3 N/mm ²				
Spessore ala superiore	h_s	cm	Acciaio	B450C	E_s	200000 N/mm ²	e_{syd}	0,196%	f_{ydrare}	360,0 N/mm ²				
Base	b_U	100,0 cm	Calcestruzzo	C30/37	f_{ck}	30 N/mm ²	γ_c	1,50	f_{cd}	17,0 N/mm ²				
Altezza totale	H	60,0 cm	R_{ck}		E_c	32800 N/mm ²	α_{cc}	0,85	f_{ctm}	2,9 N/mm ²				
Copriferro armatura compressa	c'	4 cm							$f_{cd rare}$	18,0 N/mm ²				
Copriferro armatura tesa	c	4 cm							$f_{cd q.perm.}$	13,5 N/mm ²				
Altezza utile	d	55,1 cm							ϵ_{rt}	2 · 10 ⁻⁴				
Luce trave	L	m	Fluage	ϕ	1,70		Ritiro							
CAMPATA														
STATO LIMITE ULTIMO														
			Calcolo SLU			ARMATURE								
Momento di calcolo trave continua	M^*	52,00 kNm	Estradosso		n^*	ϕ [mm]	Area	Intradosso		n^*	ϕ [mm]	Area		
Coefficiente per calcolo momento minimo	α	1			5	18	12,72			5	18	12,72		
Momento minimo	$M_{min} = qL^2/\alpha$	kNm			3	18	6,36			3	18	6,36		
Momento di verifica	M_{sd}	52,00 kNm					A_f					A_f	19,09 cm ²	
Momento resistente	M_{rd}	390,12 kNm verificato 7,50					$\gamma = A_f' / A_f$					A_f/A_c	0,32%	
Deformazioni	Campo 2	ϵ_c	-1,39	ϵ_s	10,00	Diametro equivalente						A_{fmin}	9,38 cm ²	
		x	6,74 cm											
VERIFICHE A STATO LIMITE IN ESERCIZIO														
Caratteristiche sezione														
Coefficiente di omogeneizzazione			Tempo t₀			Tempo t₀₀								
η_b			6,1			$\eta_{00} = \eta_0 \cdot (1 + \phi)$			18,3					
Sezione interamente reagente			asse neutro			Sezione interamente reagente			asse neutro					
x			30,0 cm			x			30,0 cm					
momento di inerzia sezione			J_{int}			momento di inerzia sezione			J_{int}					
1922643 cm ⁴						2216025 cm ⁴								
momento di prima fessurazione			M_{fess}			momento di prima fessurazione			M_{fess}					
185,9 kNm						214,2 kNm								
Tensione acciaio per sez. parzializzata alla fessurazione			σ_{sr}			Tensione acciaio per sez. parzializzata alla fessurazione			σ_{sr}					
188,7 N/mm ²						212,2 N/mm ²								
Sezione parzializzata			asse neutro			Sezione parzializzata			asse neu					
x			9,7 cm			x			16,4 cm					
momento di inerzia sezione			J_i			momento di inerzia sezione			J_i					
272621 cm ⁴						714103 cm ⁴								
Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature			$h_{c,eff}$			Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature			$h_{c,eff}$					
12,25 cm						12,25 cm								
Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature			$A_{c,eff}$			Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature			$A_{c,eff}$					
1225,0 cm ²						1225,0 cm ²								
Percentuale armatura rispetto area efficace			$\rho_{p,eff}$			Percentuale armatura rispetto area efficace			$\rho_{p,eff}$					
0,0156						0,0156								
Parametri fessurazione			k_1			k_2			k_3			k_4		
$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_c$			0,80			0,50			3,400			0,425		
Distanza fessure			S_{max}			Distanza fessure			S_{max}					
332,41 mm						332,41 mm								
Combinazione RARA														
Momento di calcolo trave continua			M^*			Momento di calcolo trave continua			M^*					
40,00 kNm						40,00 kNm								
Momento minimo			$M_{min} = qL^2/\alpha$			Momento minimo			$M_{min} = qL^2/\alpha$					
kNm						kNm								
Momento di verifica (rara)			M			Momento di verifica (rara)			M					
40,00 kNm						40,00 kNm								
Calcestruzzo			σ_{cis}			Calcestruzzo			σ_{cis}					
1,4 N/mm ² verificato 12,62						0,9 N/mm ² verificato 19,54								
Armatura			σ'_t			Armatura			σ'_t					
-4 N/mm ² verificato 83,48						-5 N/mm ² verificato 72,89								
σ_r			41 N/mm ² verificato 8,86			σ_r			40 N/mm ² verificato 9,08					
Fessurazione			w_k			Fessurazione			w_k					
0,041 mm						0,040 mm								
$(\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_c) \cdot E_s$			24 N/mm ²			$(\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_c) \cdot E_s$			24 N/mm ²					
Combinazione FREQUENTE														
Momento di calcolo trave continua			M^*			Momento di calcolo trave continua			M^*					
40,00 kNm						40,00 kNm								
Momento minimo			$M_{min} = qL^2/\alpha$			Momento minimo			$M_{min} = qL^2/\alpha$					
kNm						kNm								
Momento di verifica (frequente)			M			Momento di verifica (frequente)			M					
40,00 kNm						40,00 kNm								
Calcestruzzo			σ_{cis}			Calcestruzzo			σ_{cis}					
1,4 N/mm ² verificato						0,9 N/mm ² verificato								
Armatura			σ'_t			Armatura			σ'_t					
-4 N/mm ² verificato						-5 N/mm ² verificato								
σ_r			41 N/mm ² verificato			σ_r			40 N/mm ² verificato					
Fessurazione			w_k			Fessurazione			w_k					
0,041 mm						0,040 mm								
$(\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_c) \cdot E_s$			24 N/mm ²			$(\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_c) \cdot E_s$			24 N/mm ²					
Combinazione QUASI PERMANENTE														
Momento di calcolo trave continua			M^*			Momento di calcolo trave continua			M^*					
40,00 kNm						40,00 kNm								
Momento minimo			$M_{min} = qL^2/\alpha$			Momento minimo			$M_{min} = qL^2/\alpha$					
kNm						kNm								
Momento di verifica (quasi perm.)			M			Momento di verifica (quasi perm.)			M					
40,00 kNm						40,00 kNm								
Calcestruzzo			σ_{cis}			Calcestruzzo			σ_{cis}					
1,4 N/mm ² verificato 9,47						0,9 N/mm ² verificato 14,66								
Armatura			σ'_t			Armatura			σ'_t					
-4 N/mm ²						-5 N/mm ²								
σ_r			41 N/mm ²			σ_r			40 N/mm ²					
Fessurazione			w_k			Fessurazione			w_k					
0,041 mm						0,040 mm								
$(\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_c) \cdot E_s$			24 N/mm ²			$(\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_c) \cdot E_s$			24 N/mm ²					

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

Sezione 2 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	Af e Af' [cm ²]
0.767	100.0	40.0 (1 Ø 18 / 20+1 Ø 18 / 40 cm)	19.09

Condizioni più gravose (Combinazione 16)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·m]
2123	15612	15490

VERIFICA DI UNA TRAVE IN C.A. A STATO LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (verifica trave rettangolare o a T)									
Normativa di riferimento: Decreto 14/01/2008 Norme Tecniche									
SEZIONE					MATERIALI				
Ala superiore	B	cm	Acciaio	f _{yk}	450 N/mm ²	γ _s	1,15	f _{yd}	391,3 N/mm ²
Spessore ala superiore	h _s	cm	B450C	E _s	200000 N/mm ²	Tensione in comb.rare		f _{yk}	360,0 N/mm ²
Base	b ₀	100,0 cm	Calcestruzzo	f _{ck}	30 N/mm ²	γ _c	1,50	f _{cd}	17,0 N/mm ²
Altezza totale	H	60,0 cm	C30/37	R _{ck}	37 N/mm ²	α _{cc}	0,85	f _{ctm}	2,9 N/mm ²
Copriferro armatura compressa	c'	4 cm	E _c	32800 N/mm ²	Tensione in comb.rare		f _{ctd}	18,0 N/mm ²	
Copriferro armatura tesa	c	4 cm	Fluage	φ	1,70	Tensione in comb.quasi permanenti		f _{cd,q.perm.}	13,5 N/mm ²
Altezza utile	d	55,1 cm	Ritiro	ε _r	2 · 10 ⁻⁴				
Luce trave	L	m							
CAMPATA									
STATO LIMITE ULTIMO									
Calcolo SLU					ARMATURE				
Momento di calcolo trave continua	M*	154,90 kNm	Estradosso		n°	φ [mm]	Area	Intradosso	
Coefficiente per calcolo momento minimo	α	1			5	18	12,72	5 18 12,72	
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm			3	18	6,36	3 18 6,36	
Momento di verifica	M _{sd}	154,90 kNm			Af		19,09 cm ²	Af 19,09 cm ²	
Momento resistente	M _{rd}	390,12 kNm verificato 2,52			γ = Af' / Af		1,00	Af/Ac 0,32%	
Deformazioni	Campo 2	ε _c	-1,39	ε _s	10,00	Diametro equivalente		18,0 mm	
		x	6,74 cm			Af _{min}		9,38 cm ²	
VERIFICHE A STATO LIMITE IN ESERCIZIO									
Caratteristiche sezione									
Tempo t₀					Tempo t_{0o}				
Coefficiente di omogeneizzazione	η _s	6,1			ρ _{oo} =ρ _o *(1+φ)		18,3		
Sezione interamente resante	asse neutro	x	30,0 cm	Sezione interamente resante		asse neutro	x	30,0 cm	
	momento di inerzia sezione	J _{int}	1922643 cm ⁴			momento di inerzia sezione	J _{int}	2216025 cm ⁴	
	momento di prima fessurazione	M _{ess}	185,9 kNm			momento di prima fessurazione	M _{ess}	214,2 kNm	
	Tensione acciaio per sez.parzializzata alla fessurazione	σ _{sr}	188,7 N/mm ²			Tensione acciaio per sez.parzializzata alla fessurazione	σ _{sr}	212,2 N/mm ²	
Sezione parzializzata	asse neutro	x	9,7 cm	Sezione parzializzata		asse neu	x	16,4 cm	
	momento di inerzia sezione	J _i	272621 cm ⁴			momento di inerzia sezione	J _i	714103 cm ⁴	
	Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	h _{c,eff}	12,25 cm			Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	h _{c,eff}	12,25 cm	
	Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	A _{c,eff}	1225,0 cm ²			Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	A _{c,eff}	1225,0 cm ²	
	Percentuale armatura rispetto area efficace	ρ _{peff}	0,0156			Percentuale armatura rispetto area efficace	ρ _{peff}	0,0156	
Parametri fessurazione	Distanza fessure	S _{max}	332,41 mm	k ₂	0,50	k ₃	3,400	k ₄	0,425
								Distanza fessure	S _{max}
									332,41 mm
Combinazione RARA									
Momento di calcolo trave continua	M*	118,46 kNm			Calcestruzzo		σ _{cls}	2,7 N/mm ² verificato	6,60
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm			Armatura		σ _{s'}	-13 N/mm ² verificato	24,61
Momento di verifica (rara)	M	118,46 kNm					σ _r	117 N/mm ² verificato	3,07
Calcestruzzo	σ _{cls}	4,2 N/mm ² verificato	4,26			w _k		0,117 mm	
Armatura	σ _{s'}	-13 N/mm ² verificato	28,19			(ε _{s,lim} -ε _c)*E _s		72 N/mm ²	
	σ _r	120 N/mm ² verificato	2,99			(ε _{s,lim} -ε _c)*E _s		70 N/mm ²	
Fessurazione	w _k	0,120 mm							
Combinazione FREQUENTE									
Momento di calcolo trave continua	M*	118,46 kNm			Calcestruzzo		σ _{cls}	2,7 N/mm ² verificato	
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm			Armatura		σ _{s'}	-15 N/mm ² verificato	
Momento di verifica (frequente)	M	118,46 kNm					σ _r	117 N/mm ² verificato	
Calcestruzzo	σ _{cls}	4,2 N/mm ² verificato				w _k		0,117 mm	
Armatura	σ _{s'}	-13 N/mm ² verificato				(ε _{s,lim} -ε _c)*E _s		70 N/mm ²	
	σ _r	120 N/mm ² verificato							
Fessurazione	w _k	0,120 mm							
Combinazione QUASI PERMANENTE									
Momento di calcolo trave continua	M*	118,46 kNm			Calcestruzzo		σ _{cls}	2,7 N/mm ² verificato	4,95
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm			Armatura		σ _{s'}	-15 N/mm ²	
Momento di verifica (quasi perm.)	M	118,46 kNm					σ _r	117 N/mm ²	
Calcestruzzo	σ _{cls}	4,2 N/mm ² verificato	3,20			w _k		0,117 mm	
Armatura	σ _{s'}	-13 N/mm ²				(ε _{s,lim} -ε _c)*E _s		70 N/mm ²	
	σ _r	120 N/mm ²							
Fessurazione	w _k	0,120 mm							

Sezione 3 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A _f e A _{f'} [cm ²]
0.000	100.0	40.0	(1 Ø 18 / 20+1 Ø 18 / 40 cm) 19.09

Condizioni più gravose (Combinazione 16)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·m]
3184	29653	38311

VERIFICA DI UNA TRAVE IN C.A. A STATO LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (verifica trave rettangolare o a T)

Normativa di riferimento: Decreto 14/01/2008 Norme Tecniche

SEZIONE		MATERIALI	
Ala superiore	B	cm	Acciaio
Spessore ala superiore	h _s	cm	f _{yk} 450 N/mm ² γ _s 1,15
Base	b _{ij}	100,0 cm	E _s 200000 N/mm ²
Altezza totale	H	60,0 cm	Tensione in comb.rare
Copriferro armatura compressa	c'	4 cm	f _{yk} 30 N/mm ² γ _c 1,50
Copriferro armatura tesa	c	4 cm	R _{ck} 37 N/mm ² α _{cc} 0,85
Altezza utile	d	55,1 cm	E _c 32800 N/mm ²
Luce trave	L	m	Tensione in comb. permanenti
			f _{cd,perm.} 13,5 N/mm ²
			Fluage φ 1,70 Ritiro ε _r 2 · 10 ⁻⁴

CAMPATA		STATO LIMITE ULTIMO		ARMATURE	
Momento di calcolo trave continua	M*	383,11 kNm	Calcolo SLU	n°	φ [mm]
Coefficiente per calcolo momento minimo	α	1		Estradosso	5 18
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm		Intradosso	3 18
Momento di verifica	M _{sd}	383,11 kNm			
Momento resistente	M _{rd}	390,12 kNm verificato 1,02		Area	12,72
Deformazioni	Campo 2	ε _c -1,39 ε _s 10,00			6,36
		x 6,74 cm		Area	12,72
				Af	19,09 cm ²
				Af'	19,09 cm ²
				γ = Af' / Af	1,00
				Af/Ac	0,32%
				Diametro equivalente	18,0 mm
				Af _{min}	9,38 cm ²

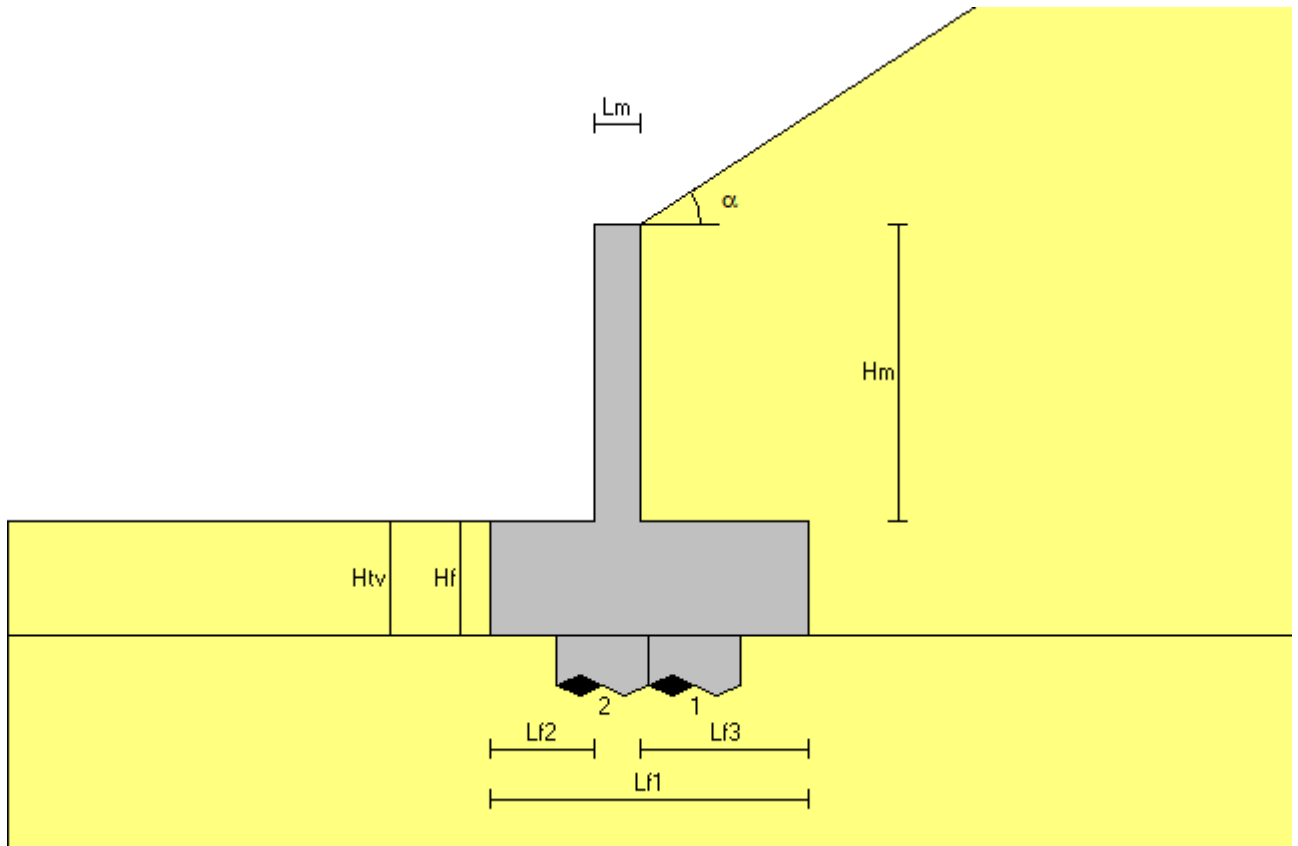
VERIFICHE A STATO LIMITE IN ESERCIZIO		Caratteristiche sezione		Caratteristiche sezione	
Coefficiente di omogeneizzazione	η _b	6.1	Tempo t ₀	η _{no} =no*(1+φ)	18.3
Sezione interamente reagente	asse neutro	x 30.0 cm		Sezione interamente reagente	asse neutro
	momento di inerzia sezione	J _{int} 1922643 cm ⁴			momento di inerzia sezione
	momento di prima fessurazione	M _{ess} 185.9 kNm			momento di prima fessurazione
	Tensione acciaio per sez. parzializzata alla fessurazione	σ _{sr} 188.7 N/mm ²			Tensione acciaio per sez. parzializzata alla fessurazione
Sezione parzializzata	asse neutro	x 9.7 cm		Sezione parzializzata	asse neu
	momento di inerzia sezione	J _i 272621 cm ⁴			momento di inerzia sezione
	Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	h _{ceff} 12.25 cm			Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature
	Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	A _{ceff} 1225.0 cm ²			Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature
	Percentuale armatura rispetto area efficace	ρ _{peff} 0.0156			Percentuale armatura rispetto area efficace
Parametri fessurazione		k ₁ 0.80 k ₂ 0.50 k ₃ 3.400 k ₄ 0.425			
	Distanza fessure	s _{max} 332.41 mm			Distanza fessure
					s _{max} 332.41 mm

Combinazione RARA		Combinazione FREQUENTE		Combinazione QUASI PERMANENTE	
Momento di calcolo trave continua	M*	294.62 kNm	Momento di calcolo trave continua	M*	294.62 kNm
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm	Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm
Momento di verifica (rara)	M	294.62 kNm	Momento di verifica (frequente)	M	294.62 kNm
Calcestruzzo	σ _{cls}	10.5 N/mm ² verificato 1.71	Calcestruzzo	σ _{cls}	6.8 N/mm ² verificato
Armatura	σ _t	-32 N/mm ² verificato 11.33	Armatura	σ _t	-36 N/mm ² verificato 9.90
	σ _r	299 N/mm ² verificato 1.20		σ _r	292 N/mm ² verificato
Fessurazione	w _k	0.298 mm	Fessurazione	w _k	0.326 mm
	(ε _{sm} -ε _c)*E _s	179 N/mm ²		(ε _{sm} -ε _c)*E _s	196 N/mm ²

Combinazione RARA		Combinazione FREQUENTE		Combinazione QUASI PERMANENTE	
Momento di calcolo trave continua	M*	294.62 kNm	Momento di calcolo trave continua	M*	294.62 kNm
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm	Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm
Momento di verifica (quasi perm.)	M	294.62 kNm	Momento di verifica (quasi perm.)	M	294.62 kNm
Calcestruzzo	σ _{cls}	10.5 N/mm ² verificato 1.29	Calcestruzzo	σ _{cls}	6.8 N/mm ² verificato
Armatura	σ _t	-32 N/mm ²	Armatura	σ _t	-36 N/mm ²
	σ _r	299 N/mm ²		σ _r	292 N/mm ²
Fessurazione	w _k	0.298 mm	Fessurazione	w _k	0.326 mm
	(ε _{sm} -ε _c)*E _s	179 N/mm ²		(ε _{sm} -ε _c)*E _s	196 N/mm ²

8.2 VERIFICA CORDOLO TRATTO OS90A

Analogamente per quanto concerne il tratto OS90NEW, OS92, la massima altezza del paramento vale 2.40m.



Spinta del terreno

Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AS} = 0.2400$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AS} = 0.3685$

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 1.3509$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 1.4477$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 1.0350$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 1.1448$

Valori della spinta attiva del terreno di monte per metro di estensione del muro

NOTA: per tenere in considerazione, in via cautelativa, la possibilità che a tergo della trave si generi, sia in condizioni statiche che sismiche, una spinta K0 (a riposo), le verifiche verranno condotte moltiplicando i valori delle sollecitazioni di seguito riportati e valutati nell'ipotesi di attivazione della spinta attiva, per il fattore 1.7 derivante dal rapporto tra i due coefficienti di spinta.

Altezza di calcolo $H_t = 3.600 \text{ m}$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

Le spinte sono espresse in chilogrammi e le coordinate in metri.

CMB	S _{S,X}	S _{S,Y}	Y _S	X _S	S _{D,X}	S _{D,Y}	Y _D	X _D	S _{T,X}	S _{T,Y}	Y _T	X _T
1	4567	1662	1.200	1.320	-	-	-	-	4567	1662	1.200	1.320
2	4567	1662	1.200	1.320	-	-	-	-	4567	1662	1.200	1.320
3	3736	1360	1.200	1.320	-	-	-	-	3736	1360	1.200	1.320
4	3736	1360	1.200	1.320	-	-	-	-	3736	1360	1.200	1.320
5	3515	1279	1.200	1.320	-	-	-	-	3515	1279	1.200	1.320
6	3515	1279	1.200	1.320	-	-	-	-	3515	1279	1.200	1.320
7	2704	984	1.200	1.320	-	-	-	-	2704	984	1.200	1.320
8	2704	984	1.200	1.320	-	-	-	-	2704	984	1.200	1.320
9	4152	1511	1.200	1.320	-	-	-	-	4152	1511	1.200	1.320
10	4152	1511	1.200	1.320	-	-	-	-	4152	1511	1.200	1.320
11	4152	1511	1.200	1.320	-	-	-	-	4152	1511	1.200	1.320
12	4152	1511	1.200	1.320	-	-	-	-	4152	1511	1.200	1.320
13	2704	984	1.200	1.320	11118	4047	1.800	1.320	13822	5031	1.683	1.320
14	2704	984	1.200	1.320	9692	3528	1.800	1.320	12396	4512	1.669	1.320
15	4152	1511	1.200	1.320	11136	4053	1.800	1.320	15287	5564	1.637	1.320
16	4152	1511	1.200	1.320	9133	3324	1.800	1.320	13284	4835	1.612	1.320

Legenda

- S_{S,X} , S_{D,X} , S_{T,X} componente orizzontale della spinta statica , dinamica , totale del terreno
 - S_{S,Y} , S_{D,Y} , S_{T,Y} componente verticale della spinta statica , dinamica , totale del terreno
 - Y_S , Y_D , Y_T ordinata del punto di applicazione della spinta statica , dinamica , totale
 - X_S , X_D , X_T ascissa del punto di applicazione della spinta statica , dinamica , totale
- (le coordinate del punto di applicazione sono riferite al piede di valle della fondazione)

Forze d'inerzia per metro di estensione del muro

Componente orizzontale forza d'inerzia	F _{I,X} =	6689 kg
Ordinata del punto di applicazione della forza	Y _I =	1.720 m
Componente verticale forza d'inerzia	F _{I,Y} =	±3345 kg
Ascissa del punto di applicazione della forza	X _I =	1.686 m

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccato di fondazione.

Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A _f e A _{f'} [cm ²]
1.733	100.0	40.0	(1 Ø 18 / 20+1 Ø 18 / 40 cm) 19.09

Condizioni più gravose (Combinazione 16)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·m]
1200	4182	2376

VERIFICA DI UNA TRAVE IN C.A. A STATO LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (verifica trave rettangolare o a T)												
						Normativa di riferimento		Decreto 14/01/2008 Norme Tecniche				
SEZIONE												
Ala superiore	B	cm	MATERIALI		f _{yk}	450 N/mm ²	γ _s	1,15	f _{yd}	391,3 N/mm ²		
Spessore ala superiore	h _s	cm	Acciaio	B450C	E _s	200000 N/mm ²	Tensione in comb.rare		e _{syd}	0,196%		
Base	b ₀	100,0 cm	Calcestruzzo	C30/37	f _{ck}	30 N/mm ²	γ _c	1,50	f _{yd,rare}	360,0 N/mm ²		
Altezza totale	H	60,0 cm			R _{ck}	37 N/mm ²	α _{cc}	0,85	f _{ctm}	2,9 N/mm ²		
Copriferro armatura compressa	c'	4 cm			E _c	32800 N/mm ²	Tensione in comb.rare		f _{ctd,rare}	18,0 N/mm ²		
Copriferro armatura tesa	c	4 cm			Fluage	φ	1,70	Tensione in comb.quasi permanenti		f _{ctd,q.perm.}	13,5 N/mm ²	
Altezza utile	d	55,1 cm						Ritiro	ε _r	2 · 10 ⁻⁴		
Luce trave	L	m										
CAMPATA												
STATO LIMITE ULTIMO												
			Calcolo SLU			ARMATURE						
Momento di calcolo trave continua	M*	23,76 kNm	Estradosso		n°	φ [mm]	Area	Intradosso		n°	φ [mm]	Area
Coefficiente per calcolo momento minimo	α	1	3		18	12,72	3		18	12,72		
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm	3		18	6,36	3		18	6,36		
Momento di verifica	M _{sd}	23,76 kNm	A _f		19,09 cm ²		A _f		19,09 cm ²			
Momento resistente	M _{rd}	390,12 kNm verificato 16,42	A _f		19,09 cm ²		A _f		19,09 cm ²			
Deformazioni	Campo 2	ε _c -1,39 ε _s 10,00	x		6,74 cm		γ = A _f ' / A _f		1,00		A _f /A _c	0,32%
			Diametro equivalente		18,0 mm		A _{f,min}		9,38 cm ²			
VERIFICHE A STATO LIMITE IN ESERCIZIO												
Caratteristiche sezione												
Coefficiente di omogeneizzazione			Tempo t ₀			Tempo t ₀₀			ρ ₀₀ =ρ ₀ ·(1+φ)			
ρ ₀			6,1			18,3			18,3			
Sezione interamente reagente			asse neutro			asse neutro			asse neutro			
x			30,0 cm			x			30,0 cm			
momento di inerzia sezione			J _{int}			momento di inerzia sezione			J _{int}			
1922643 cm ⁴						2216025 cm ⁴						
momento di prima fessurazione			M _{ess}			momento di prima fessurazione			M _{ess}			
185,9 kNm						214,2 kNm						
Tensione acciaio per sez.parzializzata alla fessurazione			σ _{sr}			Tensione acciaio per sez.parzializzata alla fessurazione			σ _{sr}			
188,7 N/mm ²						212,2 N/mm ²						
Sezione parzializzata			asse neutro			Sezione parzializzata			asse neu			
x			9,7 cm			x			16,4 cm			
momento di inerzia sezione			J _i			momento di inerzia sezione			J _i			
272621 cm ⁴						714103 cm ⁴						
Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature			h _{c,eff}			Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature			h _{c,eff}			
12,25 cm						12,25 cm						
Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature			A _{c,eff}			Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature			A _{c,eff}			
1225,0 cm ²						1225,0 cm ²						
Percentuale armatura rispetto area efficace			ρ _{peff}			Percentuale armatura rispetto area efficace			ρ _{peff}			
0,0156						0,0156						
Parametri fessurazione			k ₁			k ₂			k ₃			
0,80			0,50			3,400			0,425			
Distanza fessure			S _{max}			Distanza fessure			S _{max}			
332,41 mm						332,41 mm						
Combinazione RARA												
Momento di calcolo trave continua			M*			18,28 kNm						
Momento minimo			M _{min} =qL ² /α			kNm						
Momento di verifica (rara)			M			18,28 kNm						
Calcestruzzo			σ _{cis}			0,7 N/mm ² verificato 27,63			Calcestruzzo			
Armatura			σ _{t'}			-2 N/mm ² verificato 182,69			Armatura			
			σ _t			19 N/mm ² verificato 19,40						
Fessurazione			w _k			0,019 mm			Calcestruzzo			
			(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			11 N/mm ²			(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			
									Armatura			
									σ _{cis}			
									0,4 N/mm ² verificato 42,77			
									σ _{t'}			
									-2 N/mm ² verificato 159,52			
									σ _t			
									18 N/mm ² verificato 19,88			
									w _k			
									0,018 mm			
									(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			
									11 N/mm ²			
Combinazione FREQUENTE												
Momento di calcolo trave continua			M*			18,28 kNm						
Momento minimo			M _{min} =qL ² /α			kNm						
Momento di verifica (frequente)			M			18,28 kNm						
Calcestruzzo			σ _{cis}			0,7 N/mm ² verificato			Calcestruzzo			
Armatura			σ _{t'}			-2 N/mm ² verificato			Armatura			
			σ _t			19 N/mm ² verificato						
Fessurazione			w _k			0,019 mm			Calcestruzzo			
			(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			11 N/mm ²			(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			
									Armatura			
									σ _{cis}			
									0,4 N/mm ² verificato			
									σ _{t'}			
									-2 N/mm ² verificato			
									σ _t			
									18 N/mm ² verificato			
									w _k			
									0,018 mm			
									(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			
									11 N/mm ²			
Combinazione QUASI PERMANENTE												
Momento di calcolo trave continua			M*			18,28 kNm						
Momento minimo			M _{min} =qL ² /α			kNm						
Momento di verifica (quasi perm.)			M			18,28 kNm						
Calcestruzzo			σ _{cis}			0,7 N/mm ² verificato 20,72			Calcestruzzo			
Armatura			σ _{t'}			-2 N/mm ²			Armatura			
			σ _t			19 N/mm ²						
Fessurazione			w _k			0,019 mm			Calcestruzzo			
			(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			11 N/mm ²			(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			
									Armatura			
									σ _{cis}			
									0,4 N/mm ² verificato 32,08			
									σ _{t'}			
									-2 N/mm ²			
									σ _t			
									18 N/mm ²			
									w _k			
									0,018 mm			
									(ε _{sm} ·ε _c)·E _s			
									11 N/mm ²			

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

Sezione 2 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	Af e Af' [cm ²]
0.867	100.0	40.0 (1 Ø 18 / 20+1 Ø 18 / 40 cm)	19.09

Condizioni più gravose (Combinazione 15)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·m]
3493	10940	9992

VERIFICA DI UNA TRAVE IN C.A. A STATO LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (verifica trave rettangolare o a T)											
Normativa di riferimento: Decreto 14/01/2008 Norme Tecniche											
SEZIONE					MATERIALI						
Ala superiore	B	cm	Acciaio	f _{yk}	450 N/mm ²	γ _s	1,15	f _{yd}	391,3 N/mm ²		
Spessore ala superiore	h _s	cm	B450C	E _s	200000 N/mm ²			e _{syd}	0,196%		
Base	b ₀	100,0 cm	Calcestruzzo	f _{ck}	30 N/mm ²	γ _c	1,50	f _{cd}	17,0 N/mm ²		
Altezza totale	H	60,0 cm	C30/37	R _{ck}	37 N/mm ²	α _{cc}	0,85	f _{ctm}	2,9 N/mm ²		
Copriferro armatura compressa	c'	4 cm	E _c	32800 N/mm ²				f _{ctd}	18,0 N/mm ²		
Copriferro armatura tesa	c	4 cm						f _{ctd,q.perm.}	13,5 N/mm ²		
Altezza utile	d	55,1 cm	Fluage	φ	1,70			Ritiro	ε _r		
Luce trave	L	m							2 · 10 ⁻⁴		
CAMPATA											
STATO LIMITE ULTIMO											
Calcolo SLU					ARMATURE						
Momento di calcolo trave continua	M*	99,92 kNm		n°	φ [mm]	Area	n°	φ [mm]	Area		
Coefficiente per calcolo momento minimo	α	1		Estradosso	5	18	12,72	Intradosso	5	18	12,72
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm			3	18	6,36		3	18	6,36
Momento di verifica	Msd	99,92 kNm									
Momento resistente	Mrd	390,12 kNm	verificato 3,90			Af	19,09 cm ²		Af	19,09 cm ²	
Deformazioni	Campo 2	ε _c	-1,39	ε _s	10,00	γ = Af' / Af	1,00	Af/Ac	0,32%	Af _{min}	9,38 cm ²
		x	6,74 cm			Diametro equivalente	18,0 mm				
VERIFICHE A STATO LIMITE IN ESERCIZIO											
Caratteristiche sezione											
Tempo t ₀					Tempo t ₀₀						
Coefficiente di omogeneizzazione	η _s	6,1						η ₀₀ =η _s (1+φ)	18,3		
Sezione interamente resante	asse neutro	x	30,0 cm		Sezione interamente resante	asse neutro	x	30,0 cm			
	momento di inerzia sezione	J _{int}	1922643 cm ⁴			momento di inerzia sezione	J _{int}	2216025 cm ⁴			
	momento di prima fessurazione	M _{ess}	185,9 kNm			momento di prima fessurazione	M _{ess}	214,2 kNm			
	Tensione acciaio per sez. parzializzata alla fessurazione	σ _{sr}	188,7 N/mm ²			Tensione acciaio per sez. parzializzata alla fessurazione	σ _{sr}	212,2 N/mm ²			
Sezione parzializzata	asse neutro	x	9,7 cm		Sezione parzializzata	asse neu	x	16,4 cm			
	momento di inerzia sezione	J _i	272621 cm ⁴			momento di inerzia sezione	J _i	714103 cm ⁴			
	Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	h _{ceff}	12,25 cm			Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	h _{ceff}	12,25 cm			
	Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	AC _{eff}	1225,0 cm ²			Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	AC _{eff}	1225,0 cm ²			
	Percentuale armatura rispetto area efficace	ρ _{peff}	0,0156			Percentuale armatura rispetto area efficace	ρ _{peff}	0,0156			
Parametri fessurazione		k ₁	0,80	k ₂	0,50	k ₃	3,400	k ₄	0,425		
	Distanza fessure	S _{max}	332,41 mm			Distanza fessure	S _{max}	332,41 mm			
Combinazione RARA											
Momento di calcolo trave continua	M*	76,86 kNm									
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm									
Momento di verifica (rara)	M	76,86 kNm									
Calcestruzzo	σ _{cls}	2,7 N/mm ²	verificato 6,57		Calcestruzzo	σ _{cls}	1,8 N/mm ²	verificato 10,17			
Armatura	σ _s	-8 N/mm ²	verificato 43,44		Armatura	σ _s	-9 N/mm ²	verificato 37,93			
	σ _r	78 N/mm ²	verificato 4,61			σ _r	76 N/mm ²	verificato 4,73			
Fessurazione	w _k	0,078 mm				w _k	0,076 mm				
	(ε _{sm} -ε _c)E _s	47 N/mm ²				(ε _{sm} -ε _c)E _s	46 N/mm ²				
Combinazione FREQUENTE											
Momento di calcolo trave continua	M*	76,86 kNm									
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm									
Momento di verifica (frequente)	M	76,86 kNm									
Calcestruzzo	σ _{cls}	2,7 N/mm ²	verificato		Calcestruzzo	σ _{cls}	1,8 N/mm ²	verificato			
Armatura	σ _s	-8 N/mm ²	verificato		Armatura	σ _s	-9 N/mm ²	verificato			
	σ _r	78 N/mm ²	verificato			σ _r	76 N/mm ²	verificato			
Fessurazione	w _k	0,078 mm				w _k	0,076 mm				
	(ε _{sm} -ε _c)E _s	47 N/mm ²				(ε _{sm} -ε _c)E _s	46 N/mm ²				
Combinazione QUASI PERMANENTE											
Momento di calcolo trave continua	M*	76,86 kNm									
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm									
Momento di verifica (quasi perm.)	M	76,86 kNm									
Calcestruzzo	σ _{cls}	2,7 N/mm ²	verificato 4,93		Calcestruzzo	σ _{cls}	1,8 N/mm ²	verificato 7,63			
Armatura	σ _s	-8 N/mm ²			Armatura	σ _s	-9 N/mm ²				
	σ _r	78 N/mm ²				σ _r	76 N/mm ²				
Fessurazione	w _k	0,078 mm				w _k	0,076 mm				
	(ε _{sm} -ε _c)E _s	47 N/mm ²				(ε _{sm} -ε _c)E _s	46 N/mm ²				

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121" - PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL RILEVATO SCORCIAVACCHE – DAL KM 11+140 AL KM 11+509

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE - DAL KM 11+140 AL KM 11+509

Sezione 3 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	Af e Af' [cm ²]
0.000	100.0	40.0	(1 Ø 18 / 20+1 Ø 18 / 40 cm) 19.09

Condizioni più gravose (Combinazione 15)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·m]
5239	20514	26416

VERIFICA DI UNA TRAVE IN C.A. A STATO LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (verifica trave rettangolare o a T)									
Normativa di riferimento: Decreto 14/01/2008 Norme Tecniche									
SEZIONE					MATERIALI				
Ala superiore	B	cm	Acciaio	f _{yk}	450 N/mm ²	γ _s	1,15	f _{yd}	391,3 N/mm ²
Spessore ala superiore	h _s	cm	B450C	E _s	200000 N/mm ²	Tensione in comb.rare		f _{yk}	360,0 N/mm ²
Base	b ₀	100,0 cm	Calcestruzzo	f _{ck}	30 N/mm ²	γ _c	1,50	f _{cd}	17,0 N/mm ²
Altezza totale	H	60,0 cm	C30/37	R _{ck}	37 N/mm ²	α _{cc}	0,85	f _{ctm}	2,9 N/mm ²
Copriferro armatura compressa	c'	4 cm	E _c	32800 N/mm ²	Tensione in comb.rare		f _{ctd,rare}	18,0 N/mm ²	
Copriferro armatura lesa	c	4 cm	Fluage	φ	1,70	Tensione in comb.quasi permanenti		f _{ctd,q.perm.}	13,5 N/mm ²
Altezza utile	d	55,1 cm	Ritiro	ε _r	2 · 10 ⁻⁴				
Luce trave	L	m							
CAMPATA									
STATO LIMITE ULTIMO									
Calcolo SLU					ARMATURE				
Momento di calcolo trave continua	M*	264,00 kNm	Estradosso		n°	φ [mm]	Area	Intradosso	
Coefficiente per calcolo momento minimo	α	1	3 18		5 18	12,72	3 18		12,72
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm	6,36		6,36				
Momento di verifica	Msd	264,00 kNm	Af'		19,09 cm ²	Af		19,09 cm ²	
Momento resistente	Mrd	390,12 kNm	γ = Af' / Af		1,00	Af/Ac		0,32%	
Deformazioni	Campo 2	ε _c	-1,39	ε _s	10,00	Diametro equivalente		18,0 mm	Af _{min}
		x	6,74 cm					9,38 cm ²	
VERIFICHE A STATO LIMITE IN ESERCIZIO									
Caratteristiche sezione									
Tempo t₀					Tempo t₀₀				
Coefficiente di omogeneizzazione	η _s	6,1	Sezione interamente resante		asse neutro	x	30,0 cm	Sezione parzialmente resante	
Sezione interamente resante	asse neutro	x	30,0 cm	momento di inerzia sezione		J _{int}	1922643 cm ⁴	momento di inerzia sezione	
momento di inerzia sezione	J _{int}	1922643 cm ⁴	momento di prima fessurazione		M _{ess}	185,9 kNm	momento di prima fessurazione		M _{ess}
momento di prima fessurazione	M _{ess}	185,9 kNm	Tensione acciaio per sez.parzializzata alla fessurazione		σ _{sr}	188,7 N/mm ²	Tensione acciaio per sez.parzializzata alla fessurazione		σ _{sr}
Tensione acciaio per sez.parzializzata alla fessurazione	σ _{sr}	188,7 N/mm ²	Sezione parzializzata		asse neutro	x	9,7 cm	Sezione parzializzata	
Sezione parzializzata	asse neutro	x	9,7 cm	momento di inerzia sezione		J _i	272621 cm ⁴	momento di inerzia sezione	
momento di inerzia sezione	J _i	272621 cm ⁴	Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature		h _{c,eff}	12,25 cm	Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature		h _{c,eff}
Altezza efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	h _{c,eff}	12,25 cm	Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature		A _{c,eff}	1225,0 cm ²	Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature		A _{c,eff}
Area efficace calcestruzzo teso attorno alle armature	A _{c,eff}	1225,0 cm ²	Percentuale armatura rispetto area efficace		ρ _{peff}	0,0156	Percentuale armatura rispetto area efficace		ρ _{peff}
Percentuale armatura rispetto area efficace	ρ _{peff}	0,0156	Parametri fessurazione		k ₁	0,80	k ₂	0,50	k ₃
Parametri fessurazione	k ₁	0,80	k ₂	0,50	k ₃	3,400	k ₄	0,425	S _{max}
Distanza fessure	S _{max}	332,41 mm							332,41 mm
Combinazione RARA									
Momento di calcolo trave continua	M*	203,08 kNm	Calcestruzzo		σ _{clis}	7,2 N/mm ²	verificato	2,49	Calcestruzzo
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm	Armatura		σ _{t'}	-22 N/mm ²	verificato	16,44	Armatura
Momento di verifica (rara)	M	203,08 kNm	Fessurazione		σ _r	206 N/mm ²	verificato	1,75	Fessurazione
Calcestruzzo	σ _{clis}	7,2 N/mm ²	verificato	2,49	Calcestruzzo	σ _{clis}	4,7 N/mm ²	verificato	3,85
Armatura	σ _{t'}	-22 N/mm ²	verificato	16,44	Armatura	σ _{t'}	-25 N/mm ²	verificato	14,36
Fessurazione	σ _r	206 N/mm ²	verificato	1,75	Fessurazione	σ _r	201 N/mm ²	verificato	1,79
	w _k	0,206 mm	(ε _{sm} ·ε _c)·E _s		124 N/mm ²		w _k	0,201 mm	(ε _{sm} ·ε _c)·E _s
									121 N/mm ²
Combinazione FREQUENTE									
Momento di calcolo trave continua	M*	203,08 kNm	Calcestruzzo		σ _{clis}	7,2 N/mm ²	verificato		Calcestruzzo
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm	Armatura		σ _{t'}	-22 N/mm ²	verificato		Armatura
Momento di verifica (frequente)	M	203,08 kNm	Fessurazione		σ _r	206 N/mm ²	verificato		Fessurazione
Calcestruzzo	σ _{clis}	7,2 N/mm ²	verificato		Calcestruzzo	σ _{clis}	4,7 N/mm ²	verificato	
Armatura	σ _{t'}	-22 N/mm ²	verificato		Armatura	σ _{t'}	-25 N/mm ²	verificato	
Fessurazione	σ _r	206 N/mm ²	verificato		Fessurazione	σ _r	201 N/mm ²	verificato	
	w _k	0,206 mm	(ε _{sm} ·ε _c)·E _s		124 N/mm ²		w _k	0,201 mm	(ε _{sm} ·ε _c)·E _s
									121 N/mm ²
Combinazione QUASI PERMANENTE									
Momento di calcolo trave continua	M*	203,08 kNm	Calcestruzzo		σ _{clis}	7,2 N/mm ²	verificato	1,86	Calcestruzzo
Momento minimo	M _{min} =qL ² /α	kNm	Armatura		σ _{t'}	-22 N/mm ²	verificato		Armatura
Momento di verifica (quasi perm.)	M	203,08 kNm	Fessurazione		σ _r	206 N/mm ²	verificato		Fessurazione
Calcestruzzo	σ _{clis}	7,2 N/mm ²	verificato	1,86	Calcestruzzo	σ _{clis}	4,7 N/mm ²	verificato	2,89
Armatura	σ _{t'}	-22 N/mm ²	verificato		Armatura	σ _{t'}	-25 N/mm ²	verificato	
Fessurazione	σ _r	206 N/mm ²	verificato		Fessurazione	σ _r	201 N/mm ²	verificato	
	w _k	0,206 mm	(ε _{sm} ·ε _c)·E _s		124 N/mm ²		w _k	0,201 mm	(ε _{sm} ·ε _c)·E _s
									121 N/mm ²