



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.

- PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato:

MODIFICA TECNICA N. 248
INTERVENTI SU PONTI E VIADOTTI ESISTENTI - lotto 2a
VIADOTTO FRATTINA
Relazione di modifica tecnica n. 248

Codice Unico Progetto (CUP) : **F41B03000230001**

	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
Codice elaborato: PA17/08	P E	MT248	R T 0 1	6	0

CARTELLA:		FILE NAME:	NOTE:	PROT.				SCALA:	
		PEMT248_RT01_60_4137	1=1		4	1	3	7	
5									
4									
3									
2									
1									
0	PRIMA EMISSIONE			Maggio 2021	S. Fortino	S. Fortino	N. Behmann		
REV.		DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO		

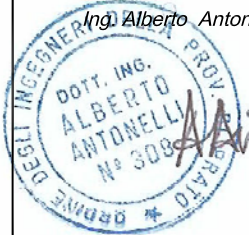
Progettisti :

ACS ingegneri

Via Catani,28/c - 59100 Prato
tel 0574.527864 fax 0574.568066
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile

Ing. Alberto Antonelli



Il Geologo

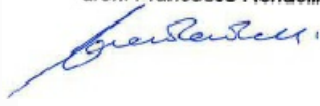
Dott. Geol. Enrico Cucuruto



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di Esecuzione:

Arch. Francesco Rondelli

**Il Coordinatore per la
Esecuzione dei Lavori**
arch. Francesco Rondelli

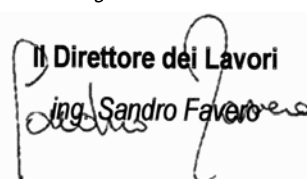


Il Direttore dei Lavori:

Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori

Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO

L O 4 1 0 C E 1 1 0 1

Dott. Ing. Luigi Mupo



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

COMMITTENTE: A N A S S.p.A.

* * * * *

CONTRAENTE GENERALE: BOLOGNETTA S.C.p.A.

SS 189 e SS 121

ITINERARIO PALERMO - AGRIGENTO

PA 17/08

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 S.S. n. 189 e S.S. n. 121

CUP F41B03000230001

Contratto per affidamento a Contraente Generale, stipulato in Roma il 19/10/2009c/oNotaio Paolo Cerasi rep. n. 7953 racc. n. 4132, registrato in Roma il 27/10/2009.

Succ. Atto Aggiuntivo n. 1 stipulato in data 02.11.2011 rep. n. 9879 racc. n. 5275,

succ. Atto Aggiuntivo n. 2 stipulato in data 30.05.2013 rep. n. 20888 racc. n. 5938

succ. Atto Aggiuntivo n. 3 stipulato in data 23.01.2014 rep. n. 21091 racc. n. 6057

e succ. Atto Aggiuntivo n. 4 stipulato in data 12.04.2017 rep. n. 23715 racc. n. 8247.

MODIFICA TECNICA N.248

WBS: Viadotto Frattina VE03

OGGETTO: Modifica posizione palo 1 della palificata della spalla lato PA da realizzarsi su lato corsia in direzione Palermo, e modifica posizione palo 6 della palificata della spalla lato AG da realizzarsi su lato corsia in direzione Agrigento.

DATA: 18/09/2019

**Progettisti: A.C.S. INGEGNERI
Ing. Alberto Antonelli**

**VISTO: Il Contraente Generale
Ing. Stanislao Fortino**

BOLOGNETTA s.c.p.a.
Via Trieste, 76 - 48122 Ravenna
C.F. e P.I.V. n. 02730620390



1 OGGETTO DELLA NOTA

Scopo della presente nota tecnica è la risoluzione delle N.C. n. 863 e n. 960 rilevate dai tecnici del C.G.:

la N.C. n. 863 è stata rilevata in data 28/03/2018, ed è relativa alla difformità riscontrata nella posizione planimetrica del palo n.1 della spalla lato PA rispetto a quanto previsto dagli elaborati grafici di PED, nell'ambito dell'intervento di miglioramento sismico del Viadotto Frattina; la N.C. n. 960 è stata rilevata in data 09/08/2019, ed è relativa alla difformità riscontrata nella posizione planimetrica del palo n.6 della spalla lato AG.

- **NON CONFORMITA' n.863 del 28/03/2018:**

"La posizione planimetrica del palo n.1 spalla PA risulta difforme dall'elaborato di progetto"

- **NON CONFORMITA' n.960 del 09/08/2019:**

"Si constata la realizzazione del palo n.6 della spalla AG del viadotto esistente Frattina in difformità al progetto. Il palo è stato realizzato come da schema allegato"

		Affidamento a Contraente Generale: "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"		MR - ps 17_08-0802-01 Rev. 0 CONTRAENTE GENERALE Bolognetta S.c.p.a.	
RAPPORTO DI NON CONFORMITÀ (RNC) N° 863				Emissione N° 1	
RILEVAZIONE					
WBS: VE03		Codice Attività: VE03.02		Opera: Viadotto Frattina	
Parte d'opera: spalla lato PA		Rilevata da: G. SCIACCHITANO			
Rilevata da: G. SCIACCHITANO		Ente: CG		In data: 28/03/2018	
Firma: <i>[Firma]</i>		Rilevata da: G. SCIACCHITANO			
CLASSIFICAZIONE - NOTIFICA					
TIPO NC		☐ ESTERNA		☐ INTERNA	
FASE		☐ Approvvigionamento		☒ Costruzione	
AREA		☐ Gestionale		☐ Materiali Forniti	
Rilevata da: G. SCIACCHITANO		Ente: CG		In data: 28/03/2018	
Firma: <i>[Firma]</i>		Rilevata da: G. SCIACCHITANO			
PROPOSTA DI RISOLUZIONE					
TIPOLOGIA RISOLUZIONE		NC Esterna			
☐ B1) Accettazione tal quale		☐ B2) Accettazione con riparazione			
NC Interna		☐ A) Rilevazione			
☐ C) Declassamento		☐ D) Rifiuto / Scarto / Demolizione			
Proposta da: S. FORTINO		(Funzione) RST		In data:	
Convalidata da: D. TIRONI		(Funzione) DPM		In data:	
Firma:		Firma:			
APPROVAZIONE PROPOSTA DI RISOLUZIONE DIREZIONE LAVORI (Solo per NC Esterne)					
NOTE		ESITO			
☐ Approvata		☐ Non approvata			
☐ Approvata con Note		Firma:			
APPROVAZIONE PROPOSTA DI RISOLUZIONE ALTA SORVEGLIANZA (Solo per NC Esterne)					
NOTE		ESITO			
☐ Approvata		☐ Non approvata			
☐ Approvata con Note		Firma:			
Verifica attuazione proposta NC da effettuarsi alla presenza di: ☐ AS ☐ DL ☐ CG					
Approvata da:		(Funzione)		In data:	
Firma:		Firma:			
VERIFICA ATTUAZIONE PROPOSTA NC					
NOTE		☐ Esito Positivo			
☐ Esito Negativo		☐ Nuova Proposta			
CHIUSURA DELLA NC					
Allegati: ☐ SI ☐ NO		Rif.			
Ente		Funzione		Nome	
Firma		Data Chiusura		Firma	
DIRETTORE DEI LAVORI Ing. Sandro Favero		Ufficio direzione lavori: SINTEL ENGINEERING			

Figura 1 – RNC 863 del 28.03.2018

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 ESECUTIVO DI DETTAGLIO

VE03 Ponte Frattina – Modifica posizionamento pali di fondazione

		Affidamento a Contraente Generale: "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)"		MR - pa. 17_08-0802-01 Rev. 0 CONTRAENTE GENERALE Bolognetta S.c.p.a.	
RAPPORTO DI NON CONFORMITA' (RNC) N° 960				Emissione N° 1	
RILEVAZIONE					
WBS: VE03		Codice Attività:		Opera: Viadotto Esistente Frattina	
Parte d'opera: Palo n. 6 spalla lato AG		Rif. Elaboratori di Progetto:			
DESCRIZIONE NC Si constata la realizzazione del palo n° 6 della spalla lato AG del viadotto esistente Frattina in difformità al progetto. Il palo è stato realizzato come da schema allegato.		Rilevata da: G. Solacchiano			
Ente: CG		In data: 09/08/2019		Firma: <i>[Firma]</i>	
CLASSIFICAZIONE - NOTIFICA					
TIPO NC		☐ ESTERNA		☐ INTERNA	
FASE		☐ Approvvigionamento		☒ Costruzione	
AREA		☐ Gestionale		☐ Materiali Forniti	
Ref. PCQ:		Titolo:		Fase PCQ:	
Funzione: RAC		Nome: G. COHANDE		Firma: <i>[Firma]</i>	
Data Notifica: 09/08/2019		PROPOSTA DI RISOLUZIONE			
DESCRIZIONE PROPOSTA		TIPOLOGIA RISOLUZIONE NC Esterna ☐ B.) Accettazione tal quale ☐ B.) Accettazione con riparazione NC Interna ☐ A.) Rilavorazione ☐ C.) Declassamento ☐ D.) Rifiuto / Scarto / Demolizione			
Proposta da: (Funzione)		In data:		Firma:	
Convalidata da: (Funzione)		In data:		Firma:	
APPROVAZIONE PROPOSTA DI RISOLUZIONE DIREZIONE LAVORI (Solo per NC Esterne)					
NOTE:		ESITO ☐ Approvata ☐ Non approvata ☐ Approvata con Note			
Approvata da: (Funzione)		In data:		Firma:	
APPROVAZIONE PROPOSTA DI RISOLUZIONE ALTA SORVEGLIANZA (Solo per NC Esterne)					
NOTE:		ESITO ☐ Approvata ☐ Non approvata ☐ Approvata con Note			
Verifica attuazione proposta NC da effettuarsi alla presenza di: ☐ AS ☐ DL ☐ CG		Approvata da: (Funzione)			
In data:		Firma:			
VERIFICA ATTUAZIONE PROPOSTA NC					
NOTE:		☐ Esito Positivo ☐ Esito Negativo ☐ Nuova Proposta			
CHIUSURA DELLA NC					
Allegati: ☐ SI ☐ NO		Rf:			
Ente		Funzione		Nome	
Firma		Data Chiusura			

DIRETTORE DEI LAVORI Ing. Sandro Favero


Figura 2 - RNC 960 del 09.08.2019

2 PROPOSTA DI RISOLUZIONE DELLE NON CONFORMITA'

Le non conformità rilevate nascono a seguito del ritrovamento di opere in c.a. esistenti, durante le lavorazioni di cantiere, ad una profondità di circa 8,00 mt e 5,00 mt dal piano di campagna, interferenti rispettivamente con la posizione del palo n.1, da realizzare per l'intervento di rinforzo della spalla lato PA, e del palo n.6, da realizzare per l'intervento di rinforzo della spalla lato AG.

Si è quindi reso necessario prevedere una traslazione della posizione per entrambi i pali così come illustrato nelle seguenti immagini.

Con una freccia di colore rosso si individua la posizione del palo n. 1 prevista per l'intervento di rinforzo della spalla lato PA nella configurazione di progetto (vedi MT196), mentre con una freccia di colore verde si individua la posizione del medesimo palo nella configurazione di progetto modificata.

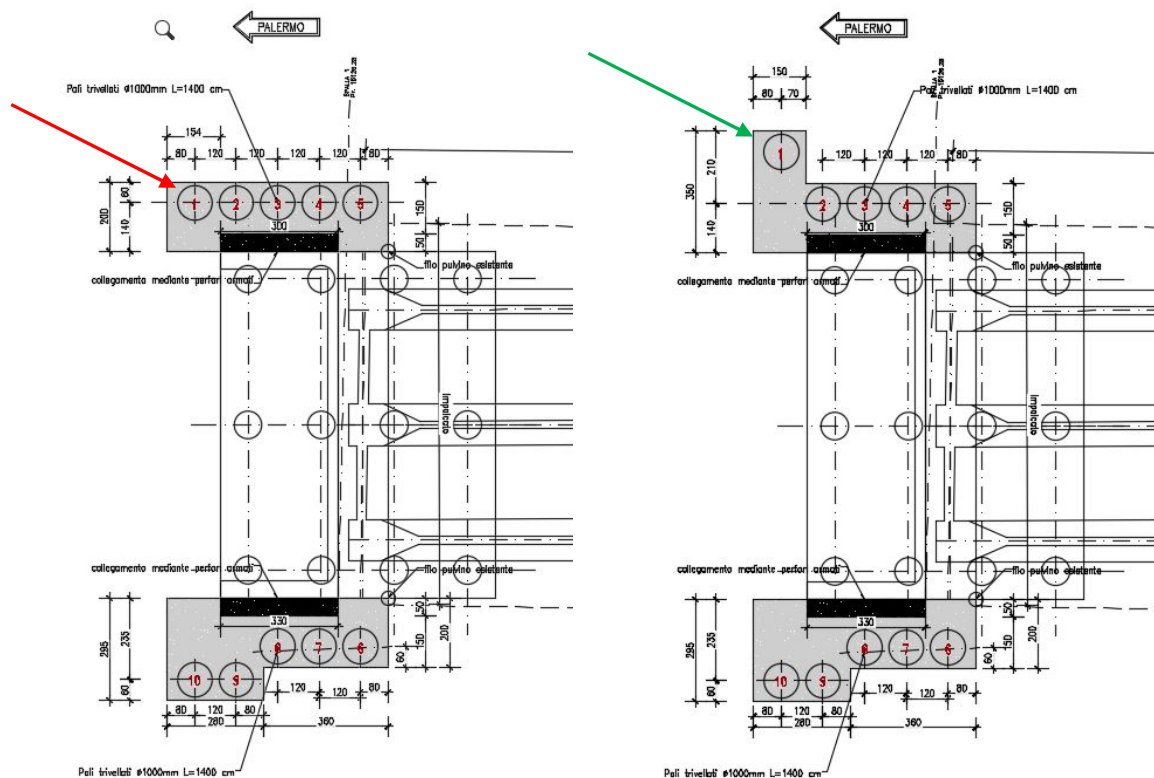


Figura 3 – Spalla lato PA (modifica posizione palo n.1 della palificata sulla corsia in direzione Palermo)

Con una freccia di colore rosso si individua la posizione del palo n. 6 prevista per l'intervento di rinforzo della spalla lato AG nella configurazione di progetto (vedi MT196), mentre con una freccia di colore verde si individua la posizione del medesimo palo nella configurazione di progetto modificata.

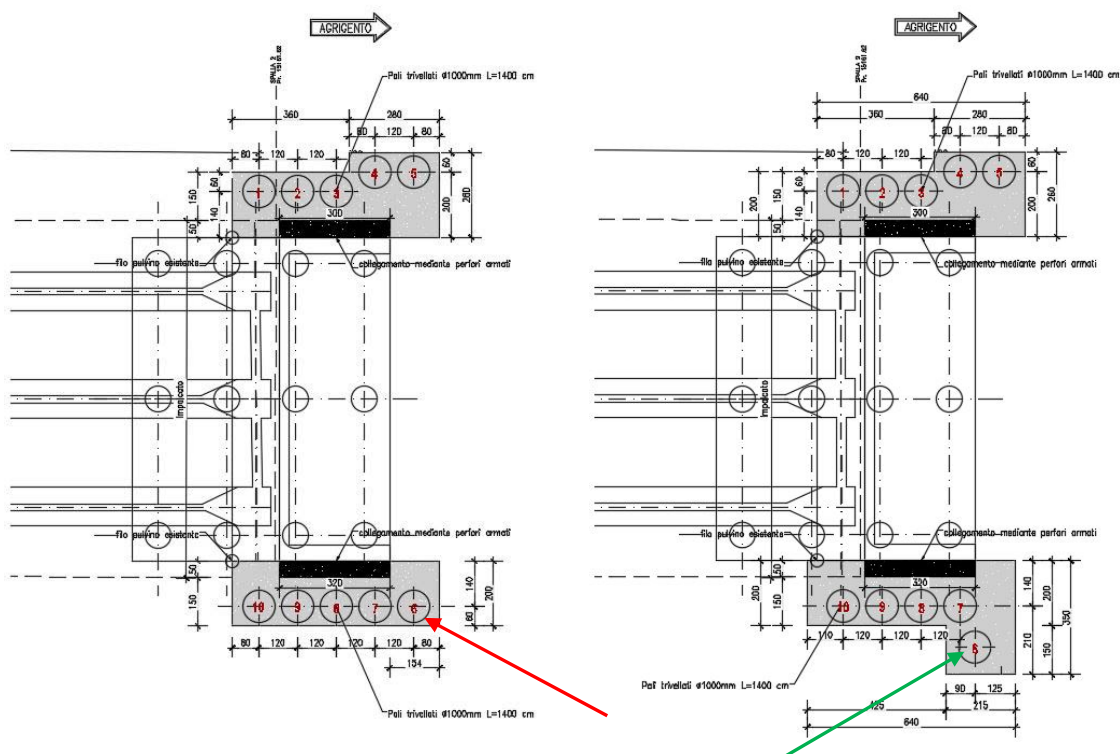


Figura 4 - Spalla lato AG (modifica posizione palo n.6 della palificata sulla corsia in direzione Agrigento)

Il problema è già stato affrontato sulla spalla lato PA (disposizione in pianta della palificata realizzata su lato corsia in direzione Agrigento) e sulla spalla lato AG (disposizione in pianta della palificata realizzata su lato corsia in direzione Palermo) dove è stato necessario prevedere un disassamento di alcuni pali a causa di interferenze con le fondazioni delle strutture esistenti riscontrate durante le fasi di cantierizzazione. Il calcolo e la verifica di ciascuna palificata è illustrato nella relazione di calcolo (PEPE2RC03_51_4137) dell'intervento di miglioramento sismico del Ponte Frattina (vedi MT196), alla quale si rimanda per la consultazione. Tuttavia si riporta in seguito stralcio della verifica delle nuove palificate illustrata nella citata relazione di calcolo, ed in particolare il capitolo 10.

“.....

10 Verifica delle nuove palificate

Così come descritto in precedenza, le nuove palificate previste dall'intervento illustrato nella presente relazione di calcolo, hanno il compito di assorbire l'incremento di azione orizzontale dovuta ai carichi sismici trasmessi dall'impalcato, dalle maggiori spinte sismiche esercitate dal terreno per effetto del sisma e dai carichi sismici relativi alle inerzie delle masse delle spalle stesse e del terreno su di esse direttamente

gravanti. Al vincolo alle azioni orizzontali dovuto alla realizzazione delle 2 nuove palificate previste dall'intervento, corrisponde un'azione orizzontale da applicare in testa alle palificate con la quale condurre le verifiche di sicurezza delle nuove strutture.

Le 2 nuove palificate da realizzare in affiancamento della spalla lato PA, devono essere in grado di sopportare un'azione orizzontale massima applicata in testa pari a 1363 kN (681.50 kN ciascuna).

Le 2 nuove palificate da realizzare in affiancamento della spalla lato AG, devono essere in grado di sopportare un'azione orizzontale massima applicata in testa pari a 1388 kN (694.00 kN ciascuna).

A favore di sicurezza le verifiche sulle nuove palificate da realizzare sono state condotte considerando un'azione orizzontale pari a 1000 kN.

Per la spalla lato PALERMO, la disposizione in pianta delle due palificate non sarà esattamente analoga per entrambe, bensì quella da realizzarsi su lato corsia in direzione Agrigento, prevede un disassamento di 95 cm per 2 dei 5 pali costituenti la palificata. Anche per la spalla lato AGRIGENTO, la disposizione in pianta delle due palificate non sarà esattamente analoga per entrambe, bensì quella da realizzarsi su lato corsia in direzione Palermo, prevede un disassamento di 60 cm per 2 dei 5 pali costituenti la palificata. Tali disassamenti si rendono necessari in quanto durante le fasi di cantierizzazione è stato riscontrato che la posizione prevista per alcuni pali delle palificate interferisce con le fondazioni delle strutture esistenti. I criteri di calcolo e le verifiche di sicurezza condotte e illustrate nella presente relazione risultano valide per entrambe le configurazioni previste per le due palificate, sia per quelle da realizzarsi in corrispondenza della spalla lato PALERMO che per quelle da realizzarsi in corrispondenza della spalla lato AGRIGENTO.

10.1 Metodologia di calcolo

L'analisi statica tridimensionale della palificata viene condotta considerando le fondazioni come costituite dai pali incastrati in testa al plinto, assimilato ad un corpo infinitamente rigido. I valori massimi delle sollecitazioni agenti su ciascun palo e gli spostamenti della fondazione causati dai carichi applicati sono stati determinati con il codice di calcolo MAP.

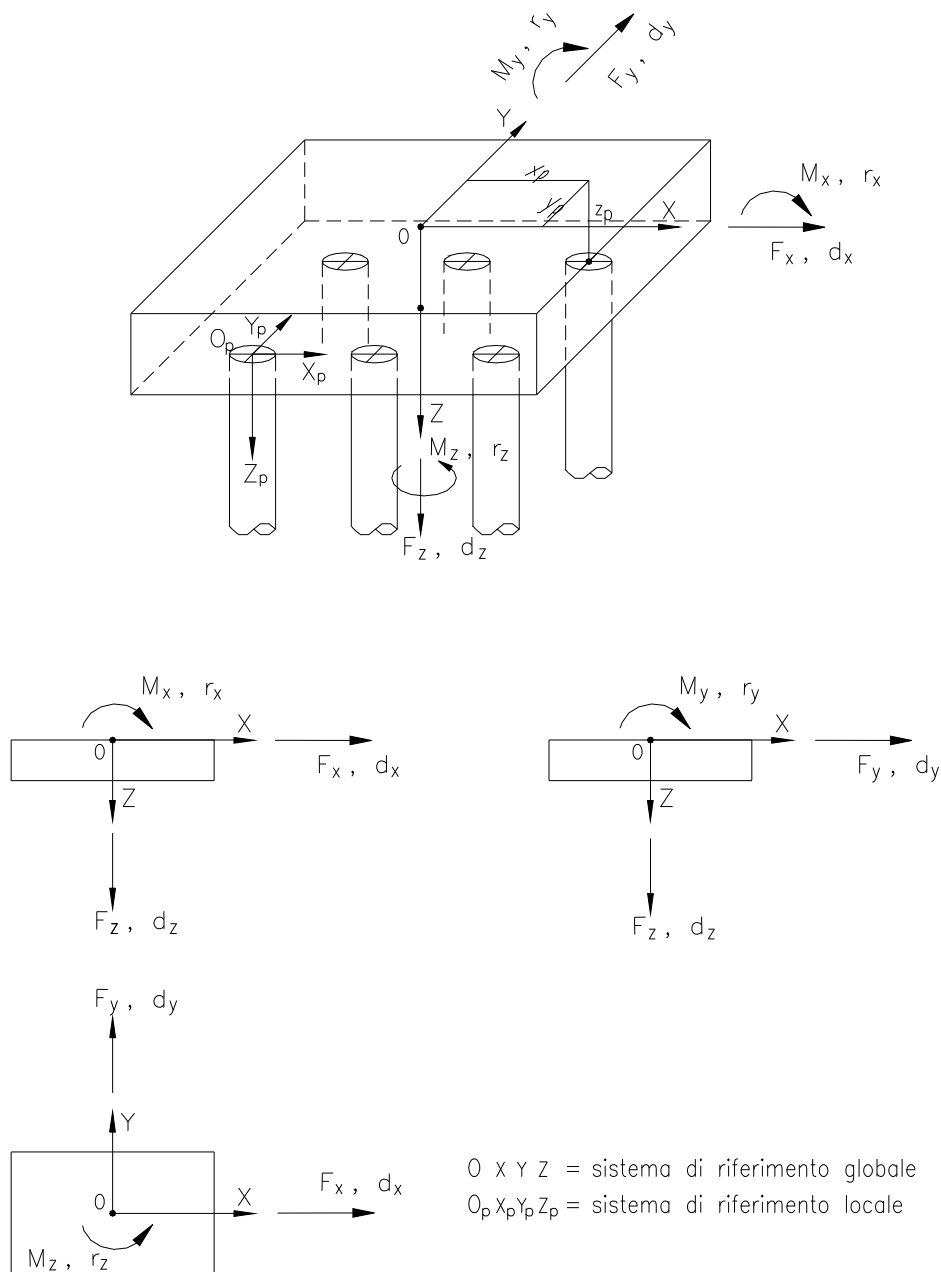
Il comportamento del palo isolato ai carichi assiali è definito da una caratteristica di rigidezza del sistema palo-terreno, che può essere lineare o non lineare.

Il comportamento del palo isolato soggetto a carico trasversale è definito da una caratteristica di rigidezza variabile con la profondità.

E' possibile tener conto delle reciproche influenze fra i pali (effetto gruppo sia per carichi verticali che orizzontali) sia in ambito elastico sulla base della teoria di [Poulos e Davis, 1980], sia adottando curve d'interazione sperimentali quali ad esempio quelle di [Prakash, 1962], [Cox et al., 1984], [Wang, 1986] e [Lieng, 1988].

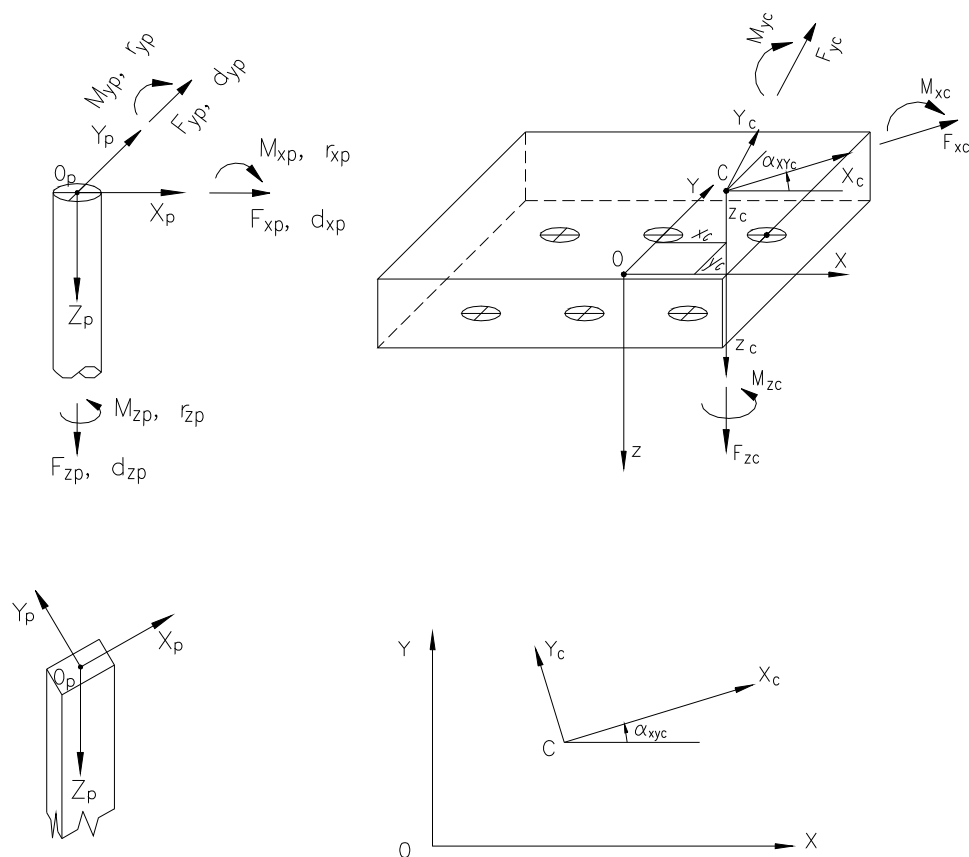
Le azioni esterne, siano esse carichi o coazioni possono essere applicate al plinto in più centri di carico, per ognuno dei quali vengono definite le componenti di carico in sistemi di riferimento locali.

Nelle figure sottostanti sono riportati i sistemi di riferimento globale e locale con le convenzioni sui segni delle variabili adottate, le possibili caratteristiche di rigidezza assiale ed orizzontale per i pali nonché le convenzioni adottate per la definizione dei centri di carico.

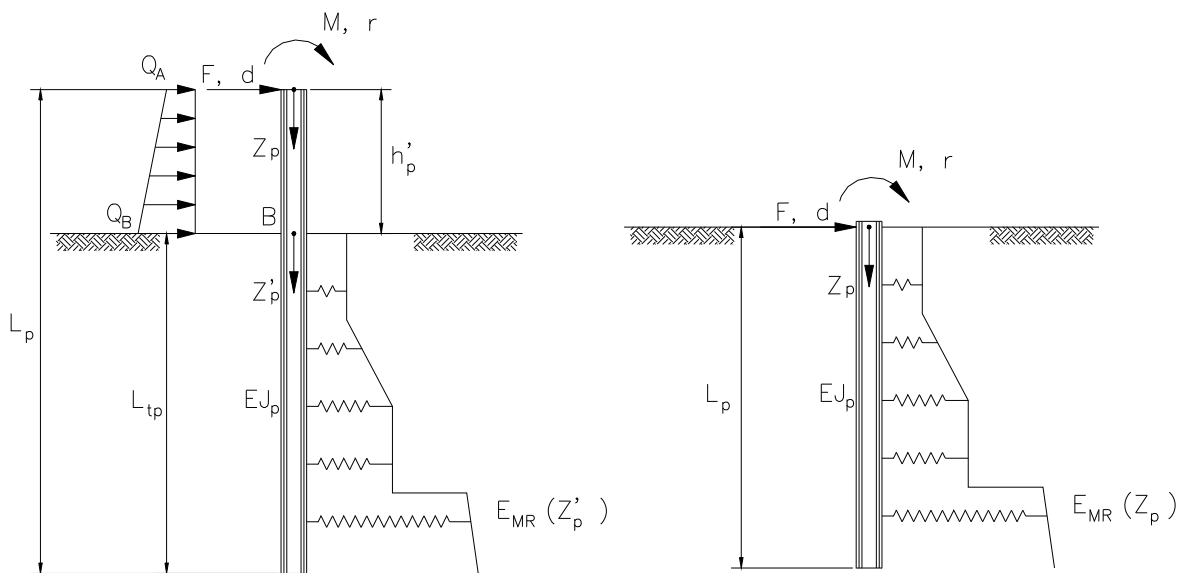


Definizione dei sistemi di riferimento globali adottati nelle analisi delle palificate

VE03 Ponte Frattina – Modifica posizionamento pali di fondazione



Definizione dei sistemi di riferimento locali e delle convenzioni sui centri di carico adottati nelle analisi delle palificate



Pali soggetti a carichi trasversali: moduli di reazione del terreno

10.2 Caratterizzazione della palificata

La struttura della palificata è stata modellata ipotizzando un plinto infinitamente rigido e schematizzando ciascun palo come una trave incastrata nel plinto, caratterizzata da una rigidezza flessionale ottenuta moltiplicando il modulo di Young $E_p=30000$ MPa per il momento di inerzia del palo.

10.3 Comportamento dei pali a carichi verticali

L'interazione fra palo soggetto a carichi verticali e terreno è stata definita dalla $A_k = 1000000 - 1200000$ kN/m ($D=1000$ mm) considerata indipendente dal cedimento del palo (curva carico-cedimento lineare). Tale rigidezza è calcolata per i livelli di cedimento attesi in esercizio per pali con pendenza secante della curva carico-cedimento, relativi a prove in sito disponibili in letteratura. La curva carico-cedimento del palo isolato viene assimilata ad una iperbole definita dalla pendenza iniziale (A_k), dal carico limite ultimo del singolo palo (Q_{lim}) corrispondente al collasso del sistema palo-terreno e dall'esponente (a_q) che ne influenza la forma in accordo allo schema della figura sottostante:

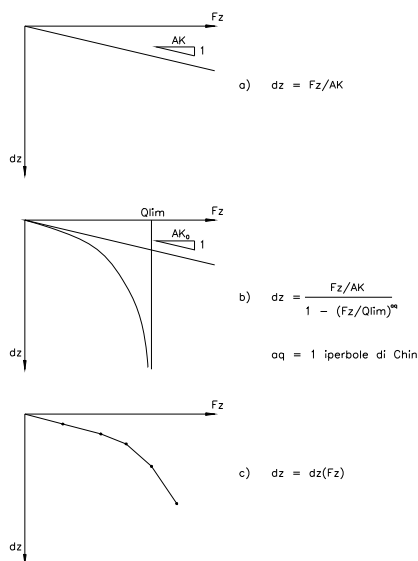
$$d_z = [F_z / A_k] / [1 - (F_z / Q_{lim})^{a_q}]$$

dove:

d_z = spostamento verticale a testa palo

F_z = carico assiale a testa palo

Tale curva permette di tenere in conto la non linearità di comportamento, rispetto ai carichi assiali, dei vari elementi della palificata.



Pali soggetti a carichi assiali: reazioni carico-cedimento

10.4 Comportamento dei pali a carichi orizzontali

La base teorica generale che permette la soluzione del problema dei pali caricati trasversalmente è la stessa delle travi inflesse soggette a carichi non uniformi che consente di scrivere la seguente equazione differenziale della linea elastica:

$$E_p J_p \frac{d^4 x}{dz^4} + P = 0$$

dove:

- P reazione del terreno
- x spostamento orizzontale del palo
- E_p modulo elastico del palo
- J_p momento di inerzia del palo

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno è effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno E_{mr} definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo p ed il corrispondente spostamento orizzontale y :

$$E_{mr} = \frac{p}{y}$$

Si osservi che, definito k_w il coefficiente di sottofondo di Winkler, per un palo di diametro D si ha:

$$E_{mr} = k_w D$$

L'andamento del modulo di reazione orizzontale con la profondità è funzione principalmente del tipo di terreno. Per i terreni incoerenti si assume, in genere, una legge di variazione lineare caratterizzata dai seguenti parametri:

$$E_{mr} = E_{mr0} + k_h z$$

dove:

- E_{mr0} è il valore del modulo di reazione a testa palo
- k_h è il gradiente del modulo di reazione del terreno funzione principalmente della densità relativa
- z è la profondità a partire dalla sommità del palo

Per i terreni a prevalente comportamento coesivo si assume una legge ricavata da prove in sito su pali di grosso diametro, corrispondenti a valori secanti del modulo E_{mr} per pali isolati con basse deformazioni ($y \leq 0.005 \cdot D$), del tipo:

$$E_{mr} = \xi \cdot c_u$$

dove:

ξ è il moltiplicatore generalmente pari a 300 - 400

c_u è la resistenza al taglio in condizioni non drenate

Nel caso in esame si assume un modulo di reazione orizzontale, variabile secondo questa legge:

Prof. m	E kN/m ²
.00	30000.0
11.00	45000.0
11.01	60000.0
20.00	120000.0

L'azione massima agente sul baricentro della palificata è pari ad un valore di 1000 kN

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime in sommità dei pali costituenti la palificata.

Sollecitazioni in sommità ai singoli pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	436.8	-200.0	524.2	.0	.0	.0	524.2
2	218.4	-200.0	524.2	.0	.0	.0	524.2
3	0.000	-200.0	524.2	.0	.0	.0	524.2
4	-218.4	-200.0	524.2	.0	.0	.0	524.2
5	-436.8	-200.0	524.2	.0	.0	.0	524.2

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

Si riportano di seguito le sollecitazioni lungo il fusto dei pali maggiormente sollecitati (1 e 5).

Sollecitazioni Taglienti e Flettenti lungo il fusto del palo 5 (riferimento locale)

profond. m	Txp kN	Mxp kN*m	Typ kN	Myp kN*m	Tris kN	Mris kN*m
.00	-200.0	524.2	.0	.0	200.0	524.2
.67	-200.0	390.8	.0	.0	200.0	390.8
1.33	-200.0	257.5	.0	.0	200.0	257.5
2.00	-200.0	124.2	.0	.0	200.0	124.2
2.38	-168.3	55.3	.0	.0	168.3	55.3
2.75	-139.1	-2.2	.0	.0	139.1	2.2
3.13	-112.6	-49.5	.0	.0	112.6	49.5
3.50	-87.7	-87.0	.0	.0	87.7	87.0
3.88	-66.3	-115.7	.0	.0	66.3	115.7
4.25	-46.5	-136.6	.0	.0	46.5	136.6
4.63	-30.6	-151.0	.0	.0	30.6	151.0
5.00	-15.7	-159.7	.0	.0	15.7	159.7
5.60	1.5	-163.9	.0	.0	1.5	163.9
6.20	14.7	-158.6	.0	.0	14.7	158.6
6.80	23.5	-146.9	.0	.0	23.5	146.9
7.40	28.7	-131.0	.0	.0	28.7	131.0
8.00	31.1	-112.8	.0	.0	31.1	112.8
9.00	30.2	-81.6	.0	.0	30.2	81.6
10.00	25.8	-53.3	.0	.0	25.8	53.3
11.00	19.4	-30.3	.0	.0	19.4	30.3
12.50	10.3	-7.9	.0	.0	10.3	7.9
14.00	0.0	.0	.0	.0	.0	.0

10.5 Verifica strutturale del nuovo palo $\Phi 1000$

I pali in c.a. costituenti le nuove palificate previste dall'intervento in oggetto, hanno una sezione circolare di diametro pari a 1000 mm e sono armati con 24 $\Phi 24$ per quanto riguarda l'armatura longitudinale; l'armatura trasversale è costituita da una spirale $\Phi 14/150$ mm per l'intero sviluppo di ogni singolo palo.

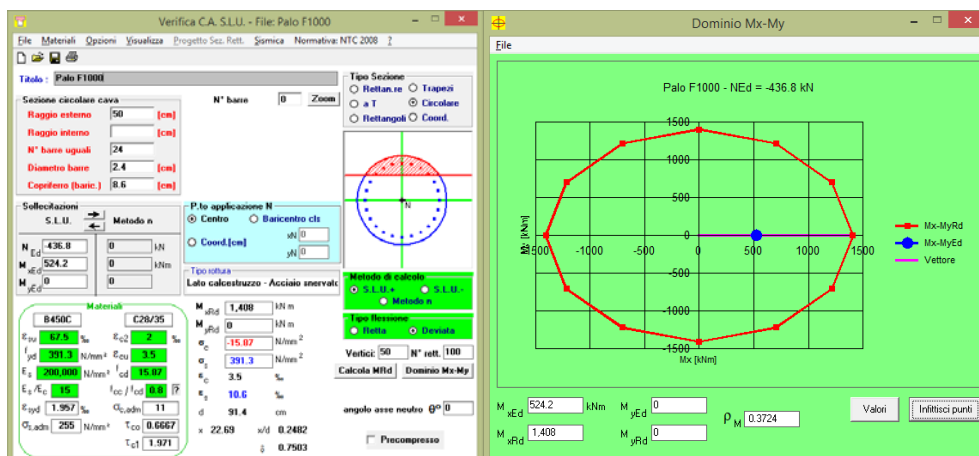
Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati delle verifiche a presso/tenso-flessione della sezione in c.a. soggetta alle sollecitazioni massime in sommità dei pali della palificata (F_z positivo corrisponde ad un azione assiale di compressione / F_z negativo corrisponde ad un azione assiale di trazione).

Verifica a presso/tenso-flessione					
F_z [kN]	M [kNm]	palo	ρ_M	FS	Esito verifica
436.8	524.2	1	0.3197	3.13	verifica soddisfatta
218.4	524.2	2	0.3304	3.03	verifica soddisfatta
0.0	524.2	3	0.3420	2.92	verifica soddisfatta

-218.4	524.2	4	0.3564	2.81	verifica soddisfatta
-436.8	524.2	5	0.3724	2.69	verifica soddisfatta

Nella seguente tabella si riportano invece i risultati della verifica a presso/tenso-flessione della sezione in c.a. lungo l'intero sviluppo del fusto del paloper il quale si ha il minimo fattore di sicurezza FS (nel caso di azione assiale di trazione, a favore di sicurezza, si considera costante il valore di sforzo normale lungo lo sviluppo dl palo).

Verifica a presso/tenso-flessione lungo fusto del palo						
profond. [m]	F _z [kN]	M [kNm]	M _{Rd} [kN]	ρ _M	FS	Esito verifica
0	-436.8	524.2	1408	0.3723	2.69	verifica soddisfatta
0.67	-436.8	390.8	1408	0.2776	3.60	verifica soddisfatta
1.33	-436.8	257.5	1408	0.1829	5.47	verifica soddisfatta
2	-436.8	124.2	1408	0.0882	11.34	verifica soddisfatta
2.38	-436.8	55.3	1408	0.0393	25.46	verifica soddisfatta
2.75	-436.8	-2.2	1408	0.0016	640.00	verifica soddisfatta
3.13	-436.8	-49.5	1408	0.0352	28.44	verifica soddisfatta
3.5	-436.8	-87.0	1408	0.0618	16.18	verifica soddisfatta
3.88	-436.8	-115.7	1408	0.0822	12.17	verifica soddisfatta
4.25	-436.8	-136.6	1408	0.0970	10.31	verifica soddisfatta
4.63	-436.8	-151.0	1408	0.1072	9.32	verifica soddisfatta
5	-436.8	-159.7	1408	0.1134	8.82	verifica soddisfatta
5.6	-436.8	-163.9	1408	0.1164	8.59	verifica soddisfatta
6.2	-436.8	-158.6	1408	0.1126	8.88	verifica soddisfatta
6.8	-436.8	-146.9	1408	0.1043	9.58	verifica soddisfatta
7.4	-436.8	-131.0	1408	0.0930	10.75	verifica soddisfatta
8	-436.8	-112.8	1408	0.0801	12.48	verifica soddisfatta
9	-436.8	-81.6	1408	0.0580	17.25	verifica soddisfatta
10	-436.8	-53.3	1408	0.0379	26.42	verifica soddisfatta
11	-436.8	-30.3	1408	0.0215	46.47	verifica soddisfatta
12.5	-436.8	-7.9	1408	0.0056	178.23	verifica soddisfatta
14	-436.8	0.0	1408			verifica soddisfatta



Verifica a pressoflessione del palo – minimo fattore di sicurezza

Per la verifica a taglio della sezione in c.a. del palo $\Phi 1000$, trattandosi di una sezione circolare di raggio $r = 50$ cm, l'altezza utile della sezione ai fini del calcolo della resistenza a taglio è stata assunta pari a

$$d = r + \frac{2 \cdot r}{\pi} = 81 \text{ cm}.$$

Assumendo, quindi, acciaio B450C, calcestruzzo C28/35, l'armatura trasversale costituita dalla spirale $\Phi 14$ a passo 15 cm, $\text{ctg } \theta$ pari a 1, α pari a 90° , α_c pari a 1, e applicando le relazioni indicate al punto 4.1.2.1.3.2 delle NTC2008 si ha:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot 810 \text{ mm} \cdot \frac{308 \text{ mm}^2}{150 \text{ mm}} \cdot 391.3 \text{ N/mm}^2 \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \text{sen} \alpha = 585.50 \text{ kN}$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot 810 \text{ mm} \cdot 810 \text{ mm} \cdot 1 \cdot 7.93 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)} = 2342.28 \text{ kN}$$

La resistenza a taglio risulta la minore delle due quantità appena determinate per cui si ha che:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) = 585.50 \text{ kN}$$

Il massimo taglio sollecitante risulta pari a 313 kN, per cui la verifica risulta soddisfatta con un coefficiente di sicurezza pari $FS = \frac{585.50 \text{ kN}}{200.00 \text{ kN}} = 2.927$

10.6 Verifica geotecnica del nuovo palo $\Phi 1000$ (carico limite nei riguardi dei carichi trasversali)

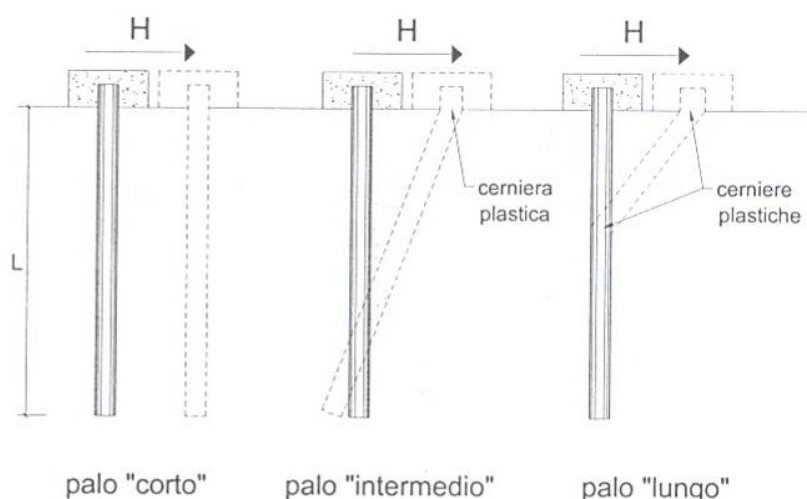
La resistenza del complesso palo terreno nei confronti delle azioni trasversali è stata calcolata secondo la teoria proposta da Broms (1964), in ipotesi di:

- comportamento flessionale del palo rigido perfettamente plastico dopo il raggiungimento del valore del momento di plasticizzazione;
- pressione di interazione palo–terreno dipendente solo dal tipo di terreno e dal diametro del palo;
- Terreno a comportamento rigido – plastico, con mobilitazione completa della resistenza per ogni non nullo dello spostamento.

La teoria di Broms fornisce stime sempre molto cautelative dell'effettivo carico limite trasversale del palo.

In generale il massimo carico trasversale esperibile dal palo dipende dalla geometria (lunghezza, diametro), dalle condizioni di vincolo in testa del palo, dalle caratteristiche strutturali del palo (momento di plasticizzazione M_y), dalla resistenza del terreno e dal meccanismo di rottura, ovvero dalla eventuale formazione di cerniere plastiche lungo il fusto del palo, fenomeno che avviene quando in una data sezione il momento agente eguaglia il momento di plasticizzazione.

I possibili meccanismi di rottura possono essere indicati come rottura a palo "corto", "intermedio" e "lungo", come riportato nella figura seguente.



PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

c_u	30 kPa	coesione non drenata
d	1000 mm	diametro palo
L	15 m	lunghezza del palo
M_y	1408 kNm	momento di plasticizzazione della sezione ($12\Phi 24 - N_{\text{min-sforzo normale}} = -436.8 \text{ kN}$)
γ_t	1.3	coefficiente parziale γ_R di sicurezza (R3) – Tab. 6.4.II NTC 2008
ξ_4	1.7	fattore di correlazione in funzione del n° delle vert. indagate – Tab. 6.4.IV NTC 2008

Palo Corto

$$H = 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right) \quad H_{LIM,1} = 3375 \text{ kN}$$

Palo Intermedio

$$H = -9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \cdot \frac{M_y}{c_u \cdot d^3} + 4.5} \quad H_{LIM,2} = 1331 \text{ kN}$$

Palo Lungo

$$H = -13.5 \cdot c_u \cdot d^2 + c_u \cdot d^2 \cdot \sqrt{182.5 + 36 \cdot \frac{M_y}{c_u \cdot d^3}} \quad H_{LIM,3} = 893 \text{ kN}$$

$$H_{LIM} = \min(H_{LIM,1}; H_{LIM,2}; H_{LIM,3}) = 893 \text{ kN}$$

Il carico limite orizzontale di progetto risulta quindi pari a $H_d = \frac{H_{LIM}}{\gamma_t \cdot \xi_4} = \frac{893 \text{ kN}}{1.3 \cdot 1.7} = 404 \text{ kN}$.

Poiché il valore del massimo taglio sollecitante risulta pari a 200 kN, la verifica **risulta soddisfatta** con un coefficiente di sicurezza pari a $FS = \frac{404 \text{ kN}}{200 \text{ kN}} = 2.02$.

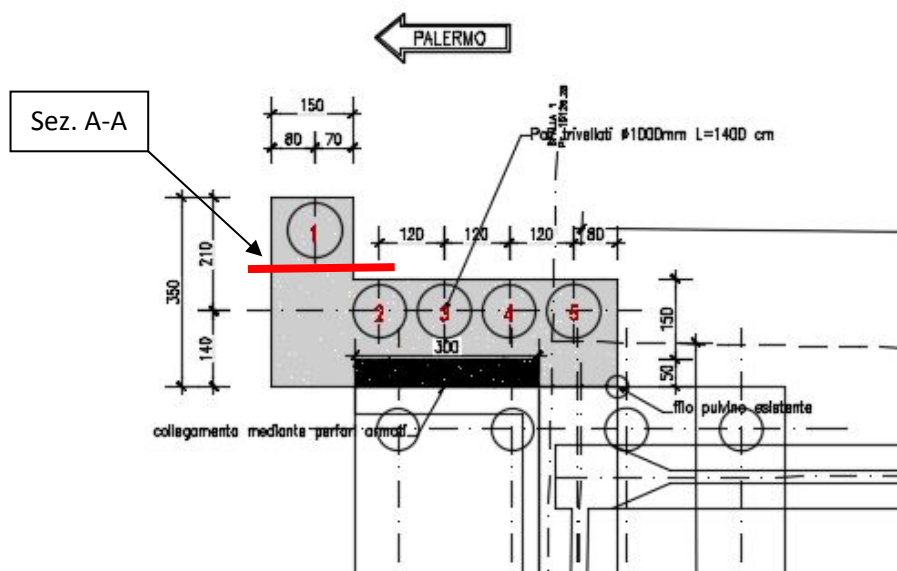
10.7 Verifica del collegamento con le strutture esistenti

Il collegamento tra il nuovo cordolo/lama in c.a e la struttura della spalla esistente viene realizzato mediante una serie di barre in acciaio da armatura, diametro $\Phi 20$, inghisate chimicamente nella struttura esistente, e successivamente inglobate nel getto in cls del nuovo cordolo/lama in c.a. Applicando le linee guida ETAG-EOTA per la progettazione degli ancoranti per il calcestruzzo, ed in particolare facendo riferimento al rispettivo allegato "C", il minimo valore di resistenza a taglio dell'ancoraggio risulta quello relativo al meccanismo di rottura lato acciaio, ed assume un valore pari a 56.52 kN per ogni singolo ancoraggio. Disponendo quindi, un numero minimo di collegamenti pari a 174 (96 in parete + 78 in fondazione), per ciascuno dei nuovi cordoli/lame in c.a., sull'intera superficie a disposizione della struttura esistente, come illustrato negli elaborati grafici, si riesce a garantire il trasferimento delle azioni alla palificata di nuova realizzazione.

....."

Nonostante le modifiche costruttive illustrate nella presente nota tecnica, rispetto allo schema di calcolo teorico, le sollecitazioni sui pali non variano in modo significativo, pertanto le verifiche di sicurezza illustrate nello stralcio di relazione di calcolo sopra riportato, possano ritenersi valide anche per la configurazione modificata della disposizione in pianta sia della palificata della spalla lato PA da realizzarsi su lato corsia in direzione Palermo, che della palificata della spalla lato AG da realizzarsi su lato corsia in direzione Agrigento.

Discorso diverso vale per il cordolo di fondazione, il quale avendo una forma da "L" risulta sollecitato in modo differente rispetto a quanto previsto nel PE, pertanto di seguito si riportano le verifiche di sicurezza del cordolo (sez. A-A) nella nuova configurazione modificata.



La sezione di verifica A-A risulta sollecitata dalle seguenti azioni massime:

V_{max} 200 kN (massima azione sollecitante in direzione orizzontale)

V_{max} 437 kN (massima azione sollecitante in direzione verticale)

Ai fini del calcolo della capacità resistente del dente in c.a. del cordolo si utilizza il modello Biella-Tirante (Struct and Ties); nel dettaglio si considera che si instauri un meccanismo in direzione orizzontale ed un meccanismo in direzione verticale. Per quanto riguarda il meccanismo "Struct and Ties" che si sviluppa sul piano orizzontale la massima azione sollecitante è pari a 200 kN, l'angolo di inclinazione della biella in cls è pari a $\theta = 43.4306^\circ$, l'azione di trazione risultante è pari a 211,27 kN, e quindi è necessario un quantitativo minimo di armatura pari a 539,91 mm². Per quanto riguarda invece il meccanismo "Struct and Ties" che si sviluppa sul piano verticale la massima azione sollecitante è pari a 437 kN, l'angolo di inclinazione della biella in cls è pari a $\theta = 49.9937^\circ$, l'azione di trazione risultante è pari a 366,77 kN, e quindi è necessario un quantitativo minimo di armatura pari a 937,30 mm². Considerando efficace il contributo delle sole armature

VE03 Ponte Frattina – Modifica posizionamento pali di fondazione

costituite dalle staffe 1+1Φ12/20 (complessivamente quindi si hanno staffe a passo 10 cm (si rimanda alla consultazione degli elaborati grafici)), **la verifica risulta quindi soddisfatta.**

Si riporta a seguire l'elenco degli elaborati di cui alla presente modifica tecnica, ai quali si rimanda per il dettaglio degli interventi illustrati:

• **Viadotto Frattina (VE03)**

Intervento di miglioramento sismico – Carpenteria intervento spalla lato PA e lato AG	varie	PEPE02N004	–	52	–	4137
Intervento di miglioramento sismico – Armatura intervento spalla lato PA e lato AG	varie	PEPE09N009	–	52	–	4137

Progettisti: A.C.S. INGEGNERI
Ing. Alberto Antonelli

