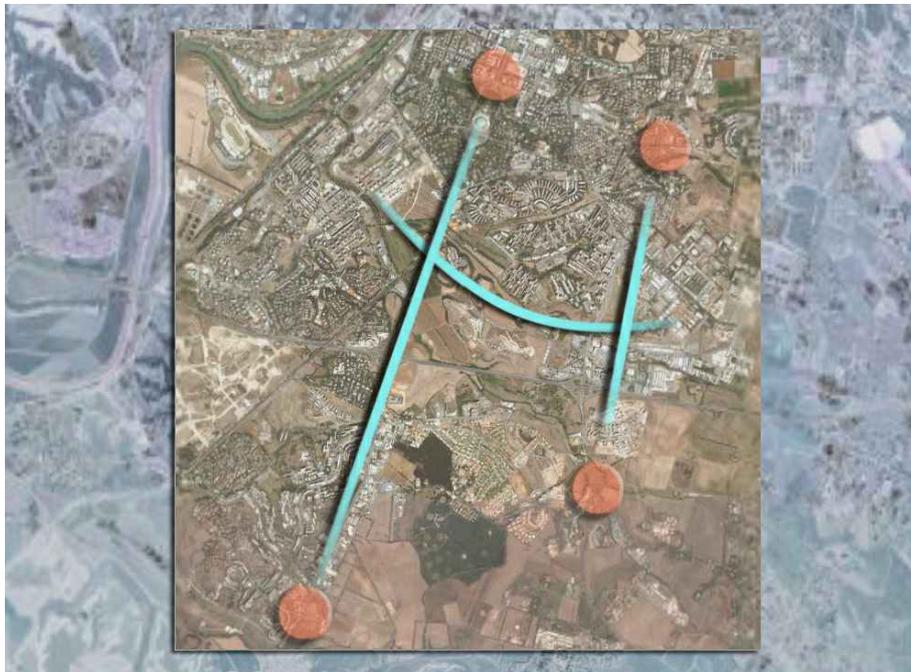


SISTEMA DI TRASPORTO PUBBLICO A CAPACITA' INTERMEDIA A SERVIZIO DEI CORRIDOI EUR-TOR DE' CENCI ED EUR LAURENTINA-TOR PAGNOTTA-TRIGORIA



DIRETTORE DEI LAVORI ing. D. Di Pietro	DIRETTORE TECNICO ing. C. Pasquali	RESPONSABILE DI PROGETTO ing. M. Enchelli	RESPONSABILE AREA STRUTTURE E GEOTECNICA ing. A. Dell'Armi

CORRIDOIO EUR-TOR DE' CENCI - VARIANTE DI TRACCIATO **Conferenza di Servizi (14.07.2017)**

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO **OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo pali TE e relative fondazioni dirette

rev	data	descrizione	redatto	verificato RP	approvato DP	autorizzato RdP
-	Settembre 2015	Emissione per CdS	ing. C. Farneti	ing. M. Enchelli	ing. C. Pasquali	arch. M. Meloni
A	Ottobre 2017	PROGETTO ESITO CDS (AA n. 20)	ing. A. Dell'Armi	ing. M. Enchelli	ing. C. Pasquali	arch. M. Meloni
B	Dicembre 2018	INTEGRAZIONI POST CDS	ing. A. Dell'Armi	ing. M. Enchelli	ing. C. Pasquali	arch. M. Meloni
C						

scala

A4

COMMESSA

T D C A 1 P E

CODIFICA

tratta fase opera liv elab argom progress rev

T U D T D C P R O C 0 0 2 B

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
1.1. Oggetto e descrizione dell'opera.....	2
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
4. STRATIGRAFIA	6
5. AZIONI DI PROGETTO	7
5.1. Pesi propri strutturali (G1)	7
5.2. Carichi Permanenti non strutturali (G2)	7
5.3. Carichi variabili (Q)	8
6. COMBINAZIONI DI CARICO	9
7. PALI: MODELLI DI CALCOLO E VERIFICHE SLU	10
7.1. Pali con trasverso e singolo bifilare	10
7.2. Pali con trasverso e doppio bifilare	16
7.3. Pali con mensola e doppio bifilare	19
7.4. Pali da ormeggio.....	25
8. PLINTI DI FONDAZIONE: MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE.....	27
9. RISOLUZIONE DI INTERFERENZE CON I PLINTI A FONDAZIONE DIRETTA	40

1. PREMESSA

1.1. *Oggetto e descrizione dell'opera*

La presente relazione tecnica ha per oggetto i calcoli di stabilità dei sostegni della linea di contatto e delle relative strutture di fondazione del sistema di trasporto pubblico di tipo filoviario in realizzazione a Roma, relativamente alla variante di tracciato del ramo EUR-Tor de' Cenci. I sostegni saranno analoghi a quelli impiegati nel tratto di "via Laurentina AMBITO 8, tratto stazione Laurentina – via dell'Umanesimo". Dal punto di vista geometrico i pali sono cilindrici rastremati, costruiti con elementi singolari cilindrici di diametro diverso tra di loro incastrati e saldati. Si evidenzia che dal punto di vista geometrico tale specifica tipologia di palo risponde esattamente agli standard dei pali rastremati tipo "Mannessman" senza saldatura. La loro tipologia sarà dunque costituita da elementi tronco cilindrici, realizzati dall'unione di 3 tubi cilindrici di diverso diametro. Ogni tronco è realizzato in acciaio tipo S355J2H i cui valori caratteristici sono indicati nelle figure nella tabella sotto riportata. Si è previsto l'utilizzo di 5 tipologie diverse di palo, denominate MS28, MS29, MS30, MS31 e MS32. Le prime quattro tipologie presentano la medesima geometria (altezze e diametri), differendo solo per gli spessori dei tubolari. Avranno dunque una lunghezza totale di 11m, una lunghezza dei singoli tratti $L_1=6m$, $L_2=3m$ e $L_3=2m$ e i diametri relativi pari a $d_1=273mm$, $d_2=219,1mm$ e $d_3=121mm$. La lunghezza di ancoraggio sarà di 1,45 m. Per gli spessori e i pesi si riportano le specifiche caratteristiche:

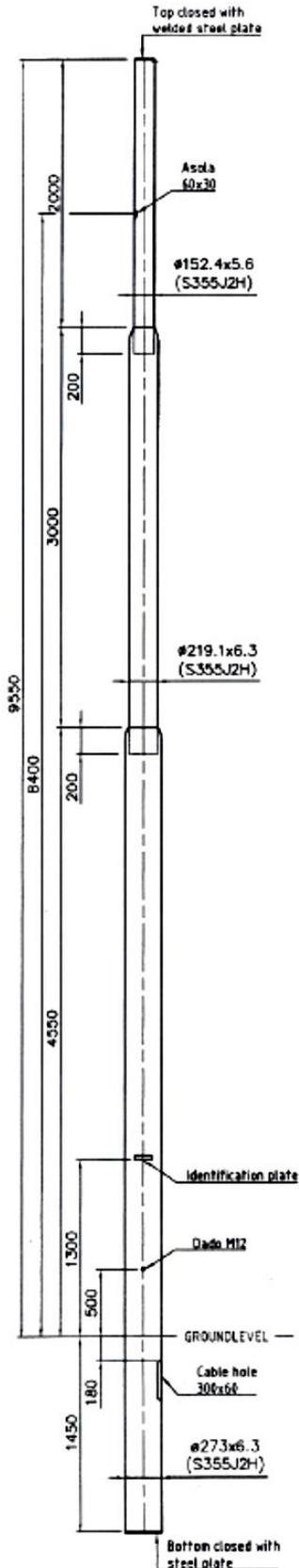
- MS28 (P=453daN; $sp_1=6,3$ mm; $sp_2=6,3$ mm; $sp_3=5,6$ mm);
- MS29 (P=491daN; $sp_1=8$ mm; $sp_2=8$ mm; $sp_3=5,6$ m);
- MS30 (P=604daN; $sp_1=10$ mm; $sp_2=10$ mm; $sp_3=5,6$ m);
- MS31 (P=705daN; $sp_1=12,5$ mm; $sp_2=12,5$ mm; $sp_3=5,6$ m);

L'ultima tipologia MS32, utilizzata nel caso di carichi considerevoli, presenta le stesse altezze ma con diametri maggiorati pari a $d_1=355,6mm$, $d_2=273,0mm$ e $d_3=219,1mm$. Spessori e peso sono di seguito riportati:

- MS 32 (P=986,5daN; $sp_1=12,5$ mm; $sp_2=12,5$ mm; $sp_3=5,6$ m).

I sostegni saranno fondati su plinti alti $h=160cm$ di pianta quadrata con lato di dimensione variabile a seconda delle azioni calcolate.

Si riportano di seguito uno schema grafico dei pali e la tabella riepilogativa con le specifiche caratteristiche:



Tipo di palo	Peso [daN]	Lungh.fuori T. [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	Lungh.tot [mm]	Diam.1 [mm]	Diam.2 [mm]	Diam.3 [mm]	Spess.1 [mm]	Spess.2 [mm]	Spess.3 [mm]
MS28	453,7	1450	6000	3000	2000	11000	273,0	219,1	152,4	6,3	6,3	5,6
MS29	491,8	1450	6000	3000	2000	11000	273,0	219,1	152,4	8,0	8,0	5,6
MS30	604,4	1450	6000	3000	2000	11000	273,0	219,1	152,4	10,0	10,0	5,6
MS31	705,1	1450	6000	3000	2000	11000	273,0	219,1	152,4	12,5	12,5	5,6
MS 32	986,5	1450	6000	3000	2000	11000	355,6	273,0	219,1	12,5	12,5	5,6

Tipo di palo	A1 [mm ²]	A2 [mm ²]	A3 [mm ²]	W1 [mm ³]	W2 [mm ³]	W3 [mm ³]	J1 [mm ⁴]	J2 [mm ⁴]	J3 [mm ⁴]
MS28	5279	4212	2583	344.016	217.813	91.433	24.310.667	12.460.127	3.682.687
MS29	6660	5306	2583	428.697	270.163	91.433	30.582.482	15.638.362	3.682.687
MS30	8262	6569	2583	524.109	328.475	91.433	37.808.149	19.280.429	3.682.687
MS31	10230	8113	2583	637.176	396.584	91.433	46.611.335	23.688.369	3.682.687
MS 32	13474	10230	3756	1.116.545	637.176	195.491	104.679.376	46.611.335	11.129.105

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative vigenti:

- **D.M. 9.1.1996:** Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche.
- **D.M. 11.3.1988:** Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **D.M. 04.05.90:** Aggiornamento delle Norme Tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali.
- **Legge 5.11.1971 n. 1086:** Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **D.M. 16.1.1996:** Norme relative ai "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- **D.M. 15.10.1996:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9.1.1996.
- **Circ. 4.7.1996:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16.1.96.
- **Circ. 10.4.1997:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16.1.96.
- **D.M. 14.01.2008 (NTC-2008)** - Norme tecniche per le costruzioni
- **NORMA ITALIANA "CEI 11-4"** - Esecuzione di linee elettriche aeree esterne
- **NORMA ITALIANA "CEI EN 50119"** – Applicazione ferrovie, tranvie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono state stabilite in accordo con le norme UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004 indicate dalle NTC 2008 le cui suddette norme fanno esplicito riferimento.

Si prevede l'impiego dei seguenti materiali:

Plinti di fondazione in cls

classe di resistenza: C25/30;

classe di esposizione ambientale XC2;

rapporto a/c max: 0,50;

diametro massimo dell'aggregato: 30 mm;

classe di consistenza al getto S3

copriferro minimo: 50 mm.

Valori delle tensioni caratteristiche e di calcolo:

- $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} \geq 24,9 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cd} \geq 14,1 \text{ N/mm}^2$

Magrone di sottofondazione in cls:

classe di resistenza: C12/15;

classe di esposizione ambientale XC0 .

Acciaio d'armatura:

Acciaio tipo B450C conforme al D.M. 14.1.2008 i cui valori delle tensioni caratteristiche e di calcolo sono:

- $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$;
- $f_{yd} \geq 391,3 \text{ N/mm}^2$ con $\gamma_s = 1,15 \text{ N/mm}^2$;

Acciaio dei pali:

Acciaio S355H

$$R_d = R_k / \gamma_M$$

$\gamma_M = 1,05$ secondo la tab.4.2.V delle NTC 2008

4. STRATIGRAFIA

Ai fini della presente relazione, si adottano per i riporti di tipo piroclastico, che costituiscono il volume significativo degli interventi di fondazione, valori cautelativi, considerata anche l'ampiezza dell'area di interesse. Si assumono dunque i seguenti valori.

Spessore strato (cm)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Presenza di falda (Si/No)	Descrizione
Variab. tra 1 e 8m.	17.00	25	0.00	No	rilevato

5. AZIONI DI PROGETTO

Si riporta nel seguito la descrizione dei carichi e dei sovraccarichi considerati per il dimensionamento delle strutture in oggetto, valutati in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008). Le azioni sismiche sono da ritenere trascurabili rispetto agli altri carichi e non verranno considerate.

5.1. *Pesi propri strutturali (G1)*

Il pesi propri degli elementi strutturali sono riferiti ai plinti in c.a. determinati con riferimento ai valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella Tab. 3.1.I. delle N.T.C. 2008 (c.a.: $\gamma_{cls}=25.0 \text{ KN/m}^3$) e quelli dei pali di sostegno con riferimento alle tabelle riportate in premessa. Sono stati inoltre considerati i traversi aggettanti in vetroresina $\phi 55$ per i sostegni a mensola valutati con 4,5daN/m.

5.2. *Carichi Permanenti non strutturali (G2)*

I carichi permanenti non strutturali principali sono dovuti al tiro dei bifilari conduttori. Questi vengono tesi con un tiro pari a circa 624 daN ad una temperatura di 15°C. Tale carico assiale, ad una temperatura di -5°C assume una trazione di 1145 daN. Da tale valore è possibile anche determinare la componente radiale della sollecitazione generata dalla poligonazione in curva:

$$Tr = 2 T \sin (\beta/2)$$

Al fine di mantenere dei tiri radiali non troppo gravosi si prescrive di non impiegare curve con angoli di poligonazione superiori a 21 gradi. Inoltre si raccomanda di posizionare i traversi sulla bisettrice degli angoli sottesi tra le direttrici di poligonazione.

Il peso proprio dei conduttori è stato considerato con una forza di 1,03 daN/m, tale carico corrisponde ad una sezione di 12,36 mm di diametro e si applica sui traversi in funzione dell'esatta area di influenza e per il numero di bifilari previsti nel tratto considerato.

Nei carichi permanenti non strutturali sono stati inseriti, vista l'aleatorietà del carico ipotizzato, i pesi dei corpi illuminanti stimati in 25daN.

5.3. Carichi variabili (Q)

Il carico variabile applicato è quello del vento, la sua determinazione soddisfa i requisiti della norma NTC 2008, tale procedura di calcolo è riconosciuta anche dalle Norme CEI EN 50119 facendo esplicito riferimento al par.6.2.4.1 alla possibilità di impiegare metodi standard previsti dalla normativa vigente.

E' stata dunque individuata la velocità di riferimento v_b definita come il valore caratteristico della velocità del vento a 10m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni. Trovandosi l'opera ad una quota inferiore ai 500m, $v_b=v_{b,0}=27\text{m/s}$. Successivamente si è determinata la pressione del vento data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d$$

dove:

- q_b è la pressione cinetica di riferimento $q_b=1/2 \rho v_b^2$ e $\rho =1,25 \text{ kg/m}^3$. Dunque $q_b=455,63 \text{ N/m}^2$;
- $c_e(z)$ è il coefficiente di esposizione e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze non superiori a $z=200\text{m}$ è dato dalla formula $c_e(z)= k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7+c_t \ln(z/z_0)]=1,75$ avendo desunto k_r , z_0 e z_{\min} indicati dalla tab.3.3.II con una categoria di esposizione del sito pari a IV e una classe di rugosità del terreno pario a "A";
- c_p coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore viene preso pari a 0,70 per superfici cilindriche (v.re circ. 3.3.10.5).
- c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità. E' stato assunto cautelativamente pari ad 1.

In definitiva la pressione del vento così calcolata è pari a $55,87 \text{ daN/m}^2$.

6. COMBINAZIONI DI CARICO

Per le combinazioni di carico è stato scelto l'approccio progettuale 2. Pertanto, secondo quanto indicato dalle NTC 14 Gennaio 2008, le verifiche di sicurezza agli SLU fanno riferimento alla combinazione **A1 + M1 + R3**. I coefficienti parziali di amplificazione delle azioni adottati sono riportati nelle tabelle 2.6.I:

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1	1
	Sfavorevole		1,1	1,3	1
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0	0	0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0	0	0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Ai fini delle verifiche delle fondazioni dei pali sono stati impiegati i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno della tabella 6.2.II:

PARAMETRO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1) STR	(M2) GEO
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi_k$	γ_φ	1	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_k	γ_γ	1	1

I coefficienti parziali di sicurezza per le fondazioni superficiali sono stati dedotti dalla tabella tab.6.4.I, in particolare per la verifica di carico limite e per lo scorrimento dei plinti di fondazione dei pali;

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	$\gamma_R =$	1	1,8	2,3
Scorrimento	$\gamma_R =$	1	1,1	1,1

Ai soli fini della verifica al ribaltamento del sistema palo-fondazione, come previsto al punto 6.5.3.1.1 "Per i muri di sostegno o per le strutture miste ad essi assimilabili...", la combinazione impiegata è stata quella di equilibrio di corpo rigido (**EQU**).

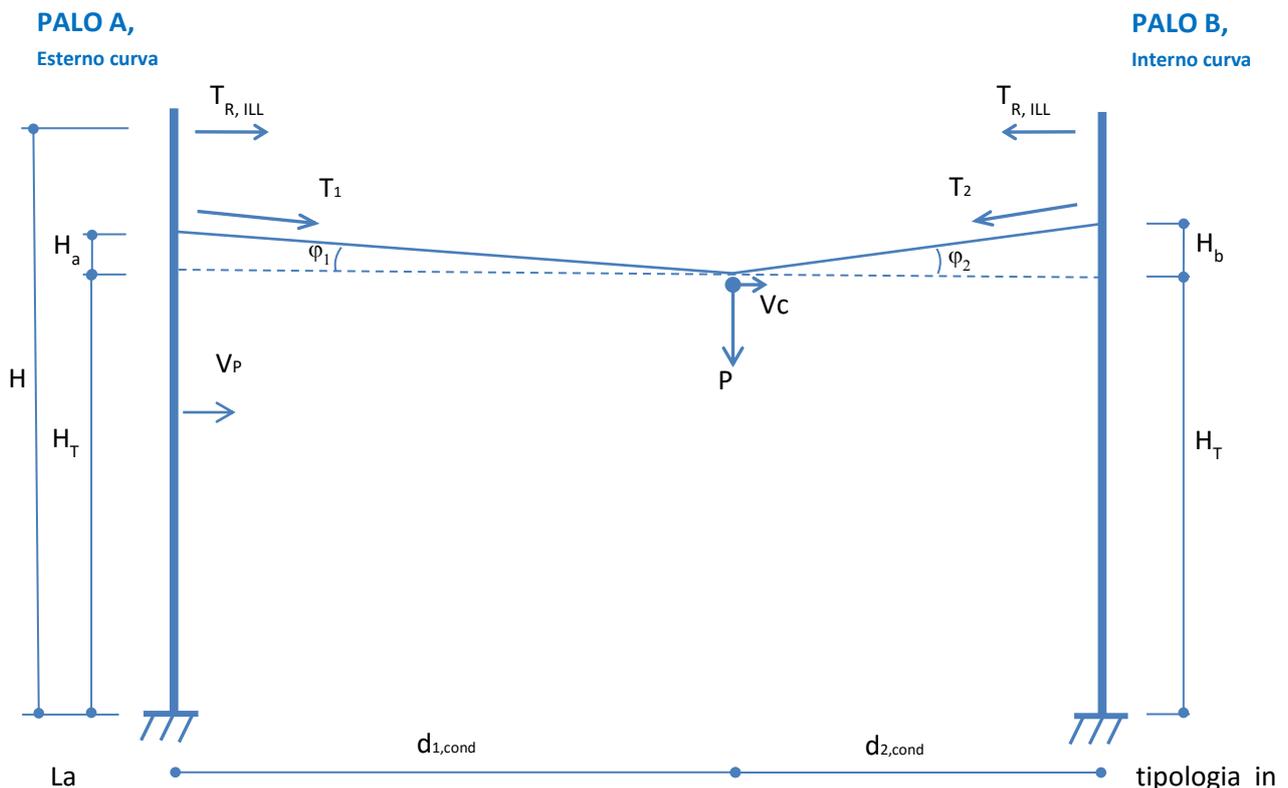
7. PALI: MODELLI DI CALCOLO E VERIFICHE SLU

A seconda della configurazione geometrica del tracciato sono state individuate alcune sezioni tipologiche sia per i tratti in rettilineo che in curva. In particolare sono state analizzate le seguenti tipologie di sostegno per la trazione elettrica:

- pali con traverso e singolo bifilare;
- pali con traverso e doppio bifilare;
- pali con mensola e doppio bifilare;
- pali d'ormeggio.

7.1. Pali con trasverso e singolo bifilare

La prima tipologia studiata è rappresentata dai pali con trasverso e singolo bifilare. Tale tipologia è impiegata prevalentemente nei tratti in rotatoria. Il calcolo del peso dei conduttori tiene conto dell'influenza della lunghezza delle semicampate, prima e dopo la sezione di riferimento. Il carico è stato scalarizzato secondo l'angolo φ_1 determinando il tiro sul palo. Sullo stesso palo è stato calcolato anche il tiro dovuto al corpo illuminante sospeso nella mezzeria della sezione secondo l'angolo risultante da una freccia preimpostata. Il carico del vento, agente sul palo e sui conduttori, è stato applicato nella direzione più sfavorevole e cioè nel verso concorde ai tiri dovuti alla poligonazione e ai pesi dei conduttori.



esame si adatta anche ai tratti in curva del tracciato. L'angolo di poligonazione comporta un tiro sui pali esterni alla curva stessa. Tale azione viene determinata con la formula: $T_r = 2T \cdot \sin(B/2)$. Nel caso in cui la rete di ritenute sia supportata da più tiranti rispetto al principale, i relativi tiri vengono amplificati di un fattore di maggiorazione dovuto dell'angolazione laterale degli stessi.

L'altezza dei sopralzi H_a e H_b sarà conseguente alla scelta degli angoli φ_1 e φ_2 , i cui valori saranno determinanti per l'ottimizzazione della scalarizzazione delle forze nel piano verticale.

Ai fini del calcolo dei momenti alla base del palo, l'altezza dei conduttori dalla base è $H_t=5,60m$.

Si riporta il calcolo delle sollecitazioni di alcuni dei pali, considerati come rappresentativi nelle varie tipologie. La verifica allo SLU nei confronti dei tiranti e dei pali soggetti a pressoflessione è stata condotta combinando le azioni con i coefficienti moltiplicativi A_1 (v.re cap. combinazioni di carico). Viene successivamente verificato lo spostamento massimo in testa dei pali allo SLE. Per tali spostamenti si tenga conto che il valore calcolato è riferito alle condizioni rare nelle quali si presentino contemporaneamente il carico massimo da vento, e il tiro a -5° . In queste condizioni è possibile accettare una freccia massima di circa 18 cm. Sarà possibile recuperare una parte di questo spostamento con uno strapiombo di 5 cm in fase di installazione del palo.

Caso1: sollecitazioni calcolate per un palo MS32 sull'esterno curva di una rotatoria con angolo di poligonazione tipico $\beta=6^\circ$.

Tipo di palo Lato A	Indicare il palo da elenco -->		MS 32	
Altezza del palo da terra	H	[m]	9,55	
Peso del palo	P	[daN]	986,50	(G1)
Distanza tra i pali A e B	Dt	[m]	10,00	
Altezza del conduttore	Ht	[m]	5,60	
Distanza del bifilare dal palo A	d1	[m]	6,00	
Angolo del sopralzo 1	φ_1	°	4,00	
Dislivello sopralzo sul palo A	Ha	[m]	0,42	
Distanza del bifilare dal palo B	d2	[m]	4,000	
Angolo del sopralzo 2	φ_2	°	4,00	
Dislivello sopralzo sul palo B	Hb	[m]	0,28	
Lunghezza sviluppo tirante	Lsv	[m]	10,024	
Peso proprio del conduttore	Ps,c	[daN/m]	1,03	
Diametro del conduttore	ϕ_c	[mm]	12,36	
Lunghezza Campata libera vert. del conduttore	Lc	[m]	20,00	
Bifilare - Peso condutt. + sospensione da 10daN	P1	[daN]	51,2	
Bifilare - Peso componente verticale $P_{1,A}$	$P_{1,A}$	[daN]	25,6	(G2)
Bifilare - Peso componente verticale $P_{1,B}$	$P_{1,B}$	[daN]	25,6	
Bifilare - Tiro orizzont. generato da P su palo A e B	Px	[daN]	366,1	(G2)
Bifilare - Momento alla base del palo A	M1	[daNm]	2204	(G2)
Tiro longitudinale dei Bifilari a -5°C	Ta	[daN]	1145	
Angolo poligonazione principale	β	[°]	6,0	
Numero Tiri ritenuta principale	n°	-	2	
Angolo medio poligonazioni laterali	λ_{LAT}	[°]	5,5	
Numero Tiri da ritenute laterali	n°	-	4	
Rapp. tra dist. ritegni e lung. tirante dal palo	-	-	1,0	
Fattore di maggiorazione Tiri da ritenute laterali	-	-	1,12	
Tiro radiale risultante orizzontale	Tcond,rad	[daN]	775	(G2)
Tiro radiale scalarizzato su tirante inclinato	Tcond,1	[daN]	777	
Momento del tiro radiale risultante	Mrad	[daNm]	4668	(G2)
Peso del corpo illuminante sospeso in mezzera	Pp.ill	[daN]	25,00	(G2)
Freccia ammissibile per corpo illuminante	f	[m]	1,50	
Altezza del tiro del corpo illum. su palo A	hill	[m]	8,50	
Angolo della fune soggetta al peso corpo illum.	γ	[°]	16,7	
Azione orizz. sul palo A e B dovuto al corpo illum.	Tr.ill	[daN]	43,5	(G2)
Momento alla base del palo per i c.illum.	Mp.ill	[daNm]	369,8	(G2)
Normativa per carico da vento	Indicare la norma da elenco -->		NTC 2008	
Carico da Vento (comb. dir. tiro)	p	[daN/mq]	55,878	
Diametro medio del palo	ϕ_p	[m]	0,273	
Vento - carico agente sul palo verticale	Vp	[daN]	145,68	
Vento - carico agente sul bifilare	Vc	[daN]	27,63	
Vento - bifilari 1 comp.vert. verso l'alto	$V_{1-2,v}$	[daN]	-1,93	(Q)*
Vento - Carico complessivo su palo A	Vt	[daN]	173,31	(Q)
Momento alla base palo per il vento	Mv	[daNm]	861,94	(Q)

Carichi Risultanti alla base del palo A

		Carichi Risultanti alla base del palo A		
		Permanenti	Pesi portati	Carichi Variabili
		G1	G2	Q
Azioni verticali	[daN]	987	38	
Momento flettente	[daNm]		7241	862
Taglio	[daN]		1185	173

La verifica dei tiranti e dello SLU del palo alla sua base è di seguito riportata:

Fattori moltiplicativi combinaz. dei carichi		G1	G2	Q
		1,3	1,5	1,5

Verifica tiro max su tirante inclinato di α

Tiro dovuto al peso del bifilare	$T_{P1,A}$	[daN]	550
Tiro dovuto al vento del bifilare	$T_{1,Vc}$	[daN]	42
Tiro radiale dovuto conduttore	$T_{cond,1}$	[daN]	777
Tiro complessivo su palo A secondo l'angolo α	T1	[daN]	1369

Verifica strutturale presso-flessione base del palo A

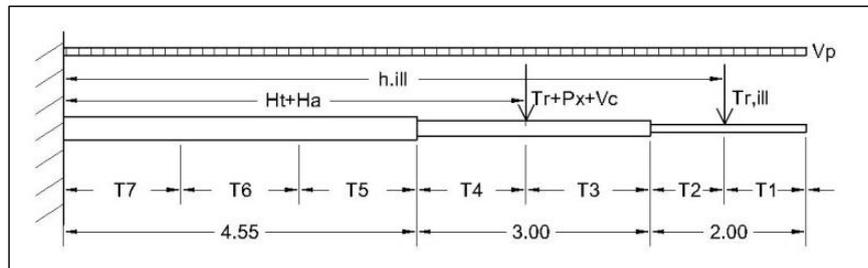
Forza Normale alla base combinata	N	[daN]	1340
Momento alla base combinato	M	[daNm]	12155
Area della sezione alla base del palo	A1	[cm ²]	134,7
Modulo di resistenza alla base del palo	W1	[cm ³]	1116,5
Tipo di Acciaio	fk	[N/mm ²]	355,00
Fattore parziale di sicurezza	γ_{M1}	-	1,05
Resistenza di calcolo	fd	[daN/cm ²]	3380,95
Sforzo dovuto a carico verticale	N / A	[daN/cm ²]	9,9
Sforzo dovuto al momento	M / W	[daN/cm ²]	1088,6

OK < 3381

Allo SLE viene determinato lo spostamento in testa al palo discretizzando in più tratti la sua lunghezza e applicando i carichi calcolati. Si determina dunque lo spostamento a partire dalla rotazione nelle varie coordinate xi la cui origine di riferimento è l'estremo libero:

Tronco i	Dx [m]	xi [m]	Mi distr. [daN m]	Mi conc. [daN m]	S Mi [daN m]	Ji [cm ⁴]	Mi Dx / Ji [daN/cm ²]	Mi xi Dx / Ji [daN/cm]
1	1,05	0,53	1,69	1,69	1,69	1.113	16	836
2	0,95	1,53	14,24	20,66	34,90	1.113	298	45.431
3	1,53	2,77	58,32	74,61	132,94	4.661	436	120.698
4	1,47	4,27	138,76	998,97	1137,72	4.661	3.587	1.529.941
5	1,52	5,76	329,44	2809,66	3139,09	10.468	4.548	2.618.966
6	1,52	7,28	525,83	4648,91	5174,74	10.468	7.498	5.454.441
7	1,52	8,79	767,92	6488,16	7256,09	10.468	10.513	9.242.783
9,55							26.896	19.013.095

Modulo elasticità	[daN/cm ²]	2.100.000
Rotazione massima	tg ψ	0,0128
Freccia estremo libero	[cm]	9,05



Caso 2: sollecitazioni calcolate per un palo MS32 sull'esterno curva di una rotatoria con angolo di poligonazione tipico $\beta = 16^\circ$

Tipo di palo Lato A	Indicare il palo da elenco -->		MS 32	
Altezza del palo da terra	H	[m]	9,55	
Peso del palo	P	[daN]	986,50	(G1)
Distanza tra i pali A e B	Dt	[m]	22,00	
Altezza del conduttore	Ht	[m]	5,60	
Distanza del bifilare dal palo A	d1	[m]	7,00	
Angolo del sopralzo 1	φ_1	°	4,00	
Dislivello sopralzo sul palo A	Ha	[m]	0,49	
Distanza del bifilare dal palo B	d2	[m]	15,000	
Angolo del sopralzo 2	φ_2	°	4,00	
Dislivello sopralzo sul palo B	Hb	[m]	1,05	
Lunghezza sviluppo tirante	Lsv	[m]	22,054	
Peso proprio del conduttore	Ps,c	[daN/m]	1,03	
Diametro del conduttore	ϕ_c	[mm]	12,36	
Lunghezza Campata libera vert. del conduttore	Lc	[m]	12,00	
Bifilare - Peso condutt. + sospensione da 10daN	P1	[daN]	34,7	
Bifilare - Peso componente verticale $P_{1,A}$	$P_{1,A}$	[daN]	17,4	(G2)
Bifilare - Peso componente verticale $P_{1,B}$	$P_{1,B}$	[daN]	17,4	
Bifilare - Tiro orizzont. generato da P su palo A e B	Px	[daN]	248,3	(G2)
Bifilare - Momento alla base del palo A	M1	[daNm]	1512	(G2)
Tiro longitudinale dei Bifilari a -5°C	Ta	[daN]	1145	
Angolo poligonazione principale	β	[°]	16	
Numero Tiri ritenuta principale	n°	-	2	
Angolo medio poligonazioni laterali	λ_{LAT}	[°]	15	
Numero Tiri da ritenute laterali	n°	-	4	
Rapp. tra dist. ritegni e lung. tirante dal palo	-	-	0,5	
Fattore di maggiorazione Tiri da ritenute laterali	-	-	1,20	
Tiro radiale risultante orizzontale	Tcond,rad	[daN]	2173	(G2)
Tiro radiale scalarizzato su tirante inclinato	Tcond,1	[daN]	2179	
Momento del tiro radiale risultante	Mrad	[daNm]	13234	(G2)
Peso del corpo illuminante sospeso in mezzaria	Pp.ill	[daN]	25,00	(G2)
Freccia ammissibile per corpo illuminante	f	[m]	1,50	
Altezza del tiro del corpo illum. su palo A	hill	[m]	8,50	
Angolo della fune soggetta al peso corpo illum.	γ	[°]	7,8	
Azione orizz. sul palo A e B dovuto al corpo illum.	Tr.ill	[daN]	92,5	(G2)
Momento alla base del palo per i c.illum.	Mp.ill	[daNm]	786,4	(G2)
Normativa per carico da vento	Indicare la norma da elenco -->		NTC 2008	
Carico da Vento (comb. dir. tiro)	ρ	[daN/mq]	55,878	
Diametro medio del palo	ϕ_p	[m]	0,273	
Vento - carico agente sul palo verticale	Vp	[daN]	145,68	
Vento - carico agente sul bifilare	Vc	[daN]	16,58	
Vento - bifilari 1 comp.vert. verso l'alto	$V_{1-2,v}$	[daN]	-1,16	(Q)*
Vento - Carico complessivo su palo A	Vt	[daN]	162,26	(Q)
Momento alla base palo per il vento	Mv	[daNm]	796,58	(Q)

Carichi Risultanti alla base del palo A

		Permanenti	Pesi portati	Carichi Variabili
		G1	G2	Q
Azioni verticali	[daN]	987	30	
Momento flettente	[daNm]		15533	797
Taglio	[daN]		2514	162

La verifica dei tiranti e dello SLU del palo alla sua base è di seguito riportata:

Fattori moltiplicativi combinaz. dei carichi	G1	G2	Q
	1,3	1,5	1,5

Verifica tiro max su tirante inclinato di α

Tiro dovuto al peso del bifilare	$T_{P1,A}$	[daN]	373
Tiro dovuto al vento del bifilare	$T_{1,Vc}$	[daN]	25
Tiro radiale dovuto conduttore	$T_{cond,1}$	[daN]	2179
Tiro complessivo su palo A secondo l'angolo α	T1	[daN]	2577

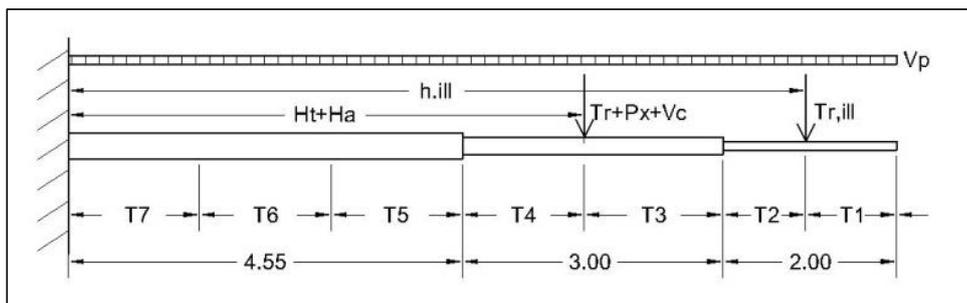
Verifica strutturale presso-flessione base del palo A

Forza Normale alla base combinata	N	[daN]	1327
Momento alla base combinato	M	[daNm]	24494
Area della sezione alla base del palo	A1	[cm ²]	134,7
Modulo di resistenza alla base del palo	W1	[cm ³]	1116,5
Tipo di Acciaio	fk	[N/mm ²]	355,00
Fattore parziale di sicurezza	γ_{M1}	-	1,05
Resistenza di calcolo	fd	[daN/cm ²]	3380,95
Sforzo dovuto a carico verticale	N / A	[daN/cm ²]	9,9
Sforzo dovuto al momento	M / W	[daN/cm ²]	2193,7
			OK < 3381

Allo SLE viene determinato lo spostamento in testa al palo discretizzando in più tratti la sua lunghezza e applicando i carichi calcolati. Si determina dunque lo spostamento a partire dalla rotazione nelle varie coordinate xi la cui origine di riferimento è l'estremo libero:

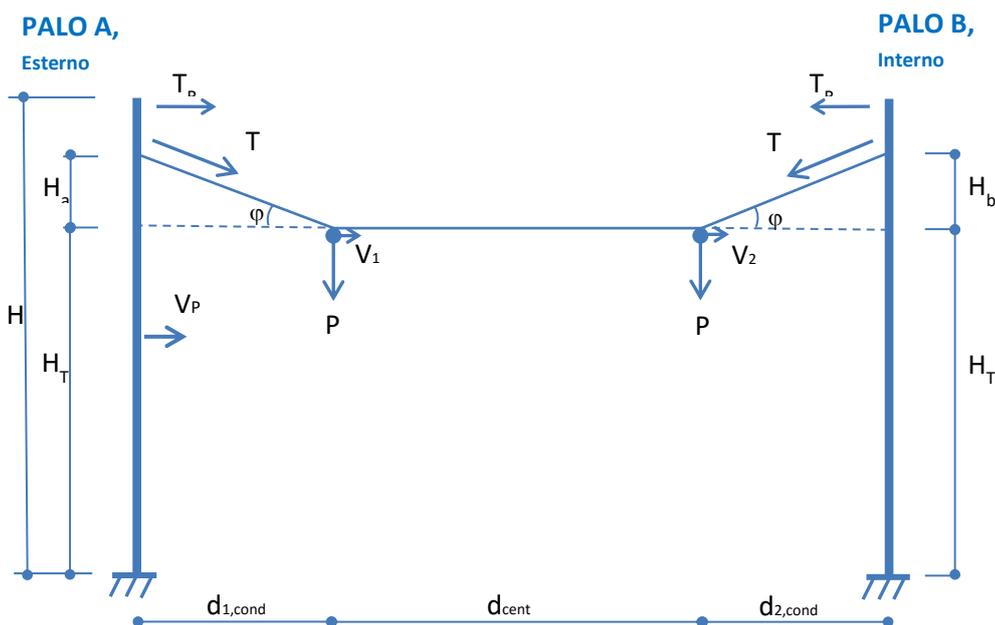
Tronco i	Dx [m]	xi [m]	Mi distr. [daN m]	Mi conc. [daN m]	S Mi [daN m]	Ji [cm ⁴]	Mi Dx / Ji [daN/cm ²]	Mi xi Dx / Ji [daN/cm]
1	1,05	0,53	1,69		1,69	1.113	16	836
2	0,95	1,53	14,24	43,94	58,18	1.113	497	75.738
3	1,46	2,73	56,86	155,45	212,31	4.661	665	181.626
4	1,54	4,23	136,49	2170,98	2307,47	4.661	7.621	3.223.950
5	1,52	5,76	329,44	6038,05	6367,49	10.468	9.226	5.312.437
6	1,52	7,28	525,83	9876,24	10402,07	10.468	15.071	10.964.322
7	1,52	8,79	767,92	13714,44	14482,36	10.468	20.983	18.447.590
	9,55						54.079	38.206.499

Modulo elasticità	[daN/cm ²]	2.100.000
Rotazione massima	tg ψ	0,0258
Freccia estremo libero	[cm]	18,19



7.2. Pali con trasverso e doppio bifilare

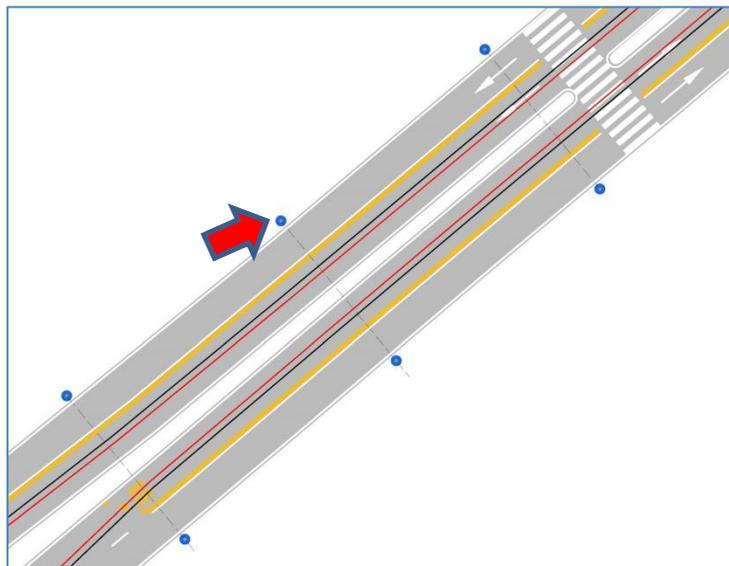
Nel caso in cui i sostegni della trazione elettrica comprendano due bifilari si è predisposto un modello specifico. La tipologia viene impiegata su carreggiate con più corsie, in rettilinei o in tratti con curve di ampio raggio. E' chiaramente escluso l'impiego in rotatoria. Le sollecitazioni vengono calcolate per il palo A, ossia quello maggiormente caricato, essendo esterno ad una eventuale curva e avendo considerato i carichi da vento ad esso sfavorevoli. Si riportano nella figura sottostante le azioni agenti e le definizioni



delle grandezze.

Caso 3: sollecitazioni calcolate per un palo su tracciato in rettilineo

Si esamina ora un caso rappresentativo, i pali con trasverso e doppio bifilare in un tratto rettilineo con interasse di 25m e una distanza dei due bifilari dai pali di 5,00 m.



Tipo di palo	Indicare il palo da elenco -->		MS30	
Altezza del palo da terra	H	[m]	9,55	
Peso del palo	P	[daN]	604,40	(G1)
Lungh. tot. della proiezione orizzont. del tirante	Dt	[m]	15,00	
Altezza del conduttore	Ht	[m]	5,60	
Distanza del Bifilare 1 dalla base del palo A	d1	[m]	5,00	
Angolo del sopralzo 1	φ_1	°	11,30	
Dislivello sopralzo bifilare 1	Ha	[m]	1,00	
Distanza del Bifilare 2 dalla base del palo B	d2	[m]	5,00	
Angolo del sopralzo 2	φ_2	°	11,30	
Dislivello sopralzo bifilare 2	Hb	[m]	1,00	
Lunghezza sviluppo tirante	Lsv	[m]	15,20	
Peso proprio del conduttore	P _{s,c}	[daN/m]	1,03	
Diametro del conduttore	ϕ_c	[mm]	12,36	
Lunghezza Campata libera del conduttore	Lc	[m]	25,00	
Bifilare 1 - Peso condutt. + sospensione da 10daN	P ₁	[daN]	61,5	(G2)
Bifilare 1 - Tiro orizzont. generato dal peso su palo A	P _{1,x}	[daN]	307,8	(G2)
Bifilare 1 - Momento alla base del palo A	M ₁	[daNm]	2031	(G2)
Bifilare 2 - Peso condutt. + sospensione da 10daN	P ₂	[daN]	61,50	(G2)
Bifilare 2 - Tiro orizzont. generato dal peso su palo B	P _{2,x}	[daN]	307,78	(G2)
Bifilare 2 - Momento alla base del palo B	M ₂	[daNm]	2031	(G2)
Tiro longitudinale dei Bifilari a -5°C	Ta	[daN]	1145	
Angolo poligonazione principale	β	[°]	0	
Numero Tiri ritenuta principale	n°	-	0	
Angolo medio poligonazioni laterali	λ_{LAT}	[°]	0	
Numero Tiri da ritenute laterali	n°	-	0	
Rapp. tra dist. ritegni e lung. tirante dal palo	-	-	0,0	
Fattore di maggiorazione Tiri da ritenute laterali	-	-	1,00	
Tiro radiale risultante orizzontale	Tcond,rad	[daN]	0	(G2)
Tiro radiale scalarizzato su tirante inclinato	Tcond,1	[daN]	0	
Momento del tiro radiale risultante	Mrad	[daNm]	0	(G2)
Peso del corpo illuminante sospeso in mezzeria	Pp.ill	[daN]	25,00	(G2)
Freccia ammissibile per corpo illuminante	f	[m]	1,50	
Altezza del tiro del corpo illum. su palo A	hill	[m]	8,50	
Angolo della fune soggetta al peso corpo illum.	γ	[°]	11,3	
Azione orizz. sul palo A e B dovuto al corpo illum.	Tr.ill	[daN]	63,7	(G2)
Momento alla base del palo per i c.illum.	Mp.ill	[daNm]	541,8	(G2)
Normativa per carico da vento	Indicare la norma da elenco -->		NTC 2008	
Carico da Vento (comb. dir. tiro)	v	[daN/mq]	55,878	
Diametro medio del palo	ϕ_p	[m]	0,219	
Vento - carico agente sul palo verticale	Vp	[daN]	116,92	
Vento - carico agente su bifilare 1	V1	[daN]	34,53	
Vento - carico agente su bifilare 2	V2	[daN]	34,53	
Vento - bifilari 1 e 2 comp.vert. verso l'alto	V _{1-2,v}	[daN]	-13,80	(Q)*
Vento - Carico complessivo su palo A	V	[daN]	185,99	(Q)
Momento alla base palo A per il vento	Mv	[daNm]	1014,07	(Q)

Carichi Risultanti alla base del palo A

		Carichi Risultanti alla base del palo A		
		Permanenti	Pesi portati	Carichi Variabili
		G1	G2	Q
Azioni verticali	[daN]	604	74	
Momento flettente	[daNm]		2573	1014
Taglio	[daN]		372	186
Fattori moltiplicativi		G1	G2	Q
combinaz. dei carichi		1,3	1,5	1,5

La verifica dei tiranti e dello SLU del palo alla sua base è di seguito riportata:

Verifica tiro max su tirante inclinato di α

Tiro dovuto al peso del bifilare 1	T1,p1	[daN]	471
Tiro dovuto al vento dei bifilari 1 e 2	T1,1-2	[daN]	106
Tiro radiale dovuto conduttore	Tcond,1	[daN]	0
Tiro complessivo su palo A secondo l'angolo α	T1	[daN]	576

Verifica strutturale presso-flessione base del palo

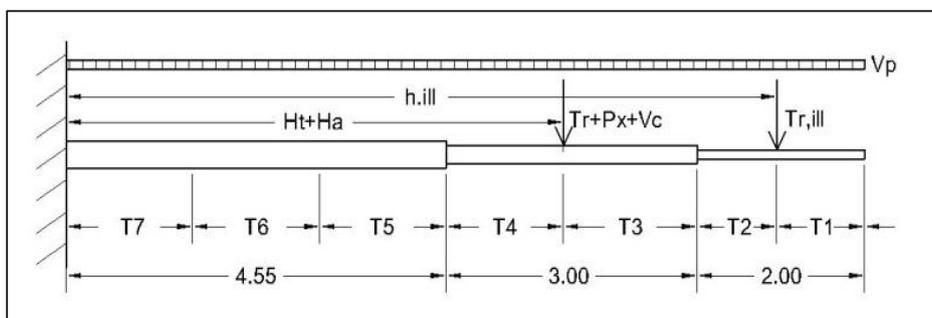
Forza Normale alla base combinata	N	[daN]	897
Momento alla base combinato	M	[daNm]	5380
Area della sezione alla base del palo	A1	[cm ²]	82,6
Modulo di resistenza alla base del palo	W1	[cm ³]	524,1
Tipo di Acciaio	fk	[N/mm ²]	355,00
Fattore parziale di sicurezza	γ_{M1}	-	1,05
Resistenza di calcolo	fd	[daN/cm ²]	3380,95
Sforzo dovuto a carico verticale	N / A	[daN/cm ²]	10,9
Sforzo dovuto al momento	M / W	[daN/cm ²]	1026,6

OK < 3381

Lo spostamento in testa al palo viene calcolata tenendo conto delle azioni permanenti e accidentali:

Tronco i	Dx [m]	xi [m]	Mi distr. [daN m]	Mi conc. [daN m]	S Mi [daN m]	Ji [cm ⁴]	Mi Dx / Ji [daN/cm ²]	Mi xi Dx / Ji [daN/cm]
1	1,05	0,53	1,69		1,69	368	48	2.526
2	0,95	1,53	14,24	30,28	44,51	368	1.148	175.107
3	0,95	2,48	46,74	90,86	137,59	1.928	679	167.987
4	2,05	3,98	120,55	572,56	693,10	1.928	7.366	2.928.392
5	1,52	5,76	329,44	1358,06	1687,50	3.781	6.769	3.898.021
6	1,52	7,28	525,83	2026,27	2552,10	3.781	10.238	7.447.930
7	1,52	8,79	767,92	2694,49	3462,41	3.781	13.889	12.211.105
	9,55						40.138	26.831.067

Modulo elasticità	[daN/cm ²]	2.100.000
Rotazione massima	tg ψ	0,0191
Freccia estremo libero	[cm]	12,78

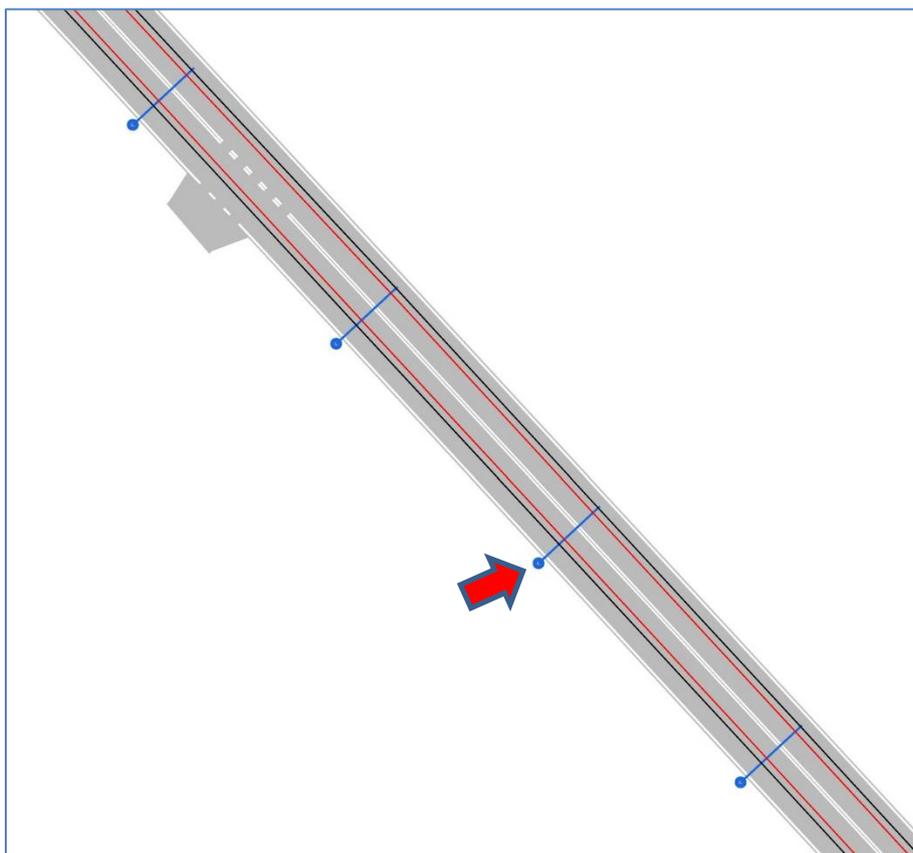


7.3. Pali con mensola e doppio bifilare

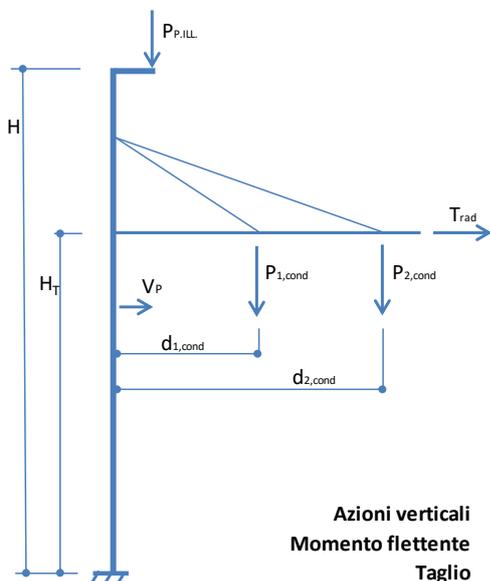
Il terzo modello definito è quello del sostegno dotato di mensola con doppio bifilare. La mensola è stata computata con il peso corrispondente ad una barra in vetroresina del diametro di 55mm. Nel caso prescelto è stata impiegata una mensola di 7m di lunghezza. In questo tipologico le distanze del primo e del secondo bifilare sono pari rispettivamente a $d_1=2m$ e $d_2=6m$. Anche in questo caso, se presente, viene calcolato il tiro in curva secondo la poligonale definita dal tracciato. Il peso del corpo illuminante viene questa volta ipotizzato come un carico aggettante sulla sommità del palo. Il vento è stato applicato come negli altri modelli sia sul palo che sui bifilari. Nei tratti in rettilineo su campate di 25m, è idoneo il palo MS28.

Caso 4: sollecitazioni calcolate per un palo con mensola e doppio bifilare su tracciato in rettilineo

Si determinano le sollecitazioni del palo con mensola a doppio bifilare in rettilineo in un tratto rettilineo con interasse di 25m.



Tipo di palo	Indicare il palo da elenco -->		MS28	
Altezza del palo da terra	H	[m]	9,55	
Peso del palo	P	[daN]	453,70	(G1)
Peso proprio del conduttore	Ps	[daN/m]	1,03	
Diametro del conduttore	ϕ_c	[mm]	12,36	
Lunghezza Campata libera	Lc	[m]	25,00	
Bifilare 1 - Distanza su mensola	d1	[m]	2,00	
Bifilare 1 - Peso	P1	[daN]	51,50	(G2)
Bifilare 1 - Momento alla base del palo	M1	[daNm]	103,00	(G2)
Bifilare 2 - Distanza su mensola	d2	[m]	6,00	
Bifilare 2 - Peso	P2	[daN]	51,50	(G2)
Bifilare 2 - Momento alla base del palo	M2	[daNm]	309,00	(G2)
Lunghezza della mensola in VTR	Lm	[m]	7,00	
Altezza della mensola in VTR	H _T	[m]	5,60	
Mensola in VTR - Peso Specifico	Ps ($\phi 55$)	[daN/m]	4,51	
Peso della mensola in VTR	Pm	[daN]	31,60	(G1)
Mensola - Momento	Ms	[daNm]	110,59	(G1)
Tiro longitudinale dei Bifilari a -5°C	Ta	[daN]	1145	
Numero bifilari	n°	-	0	
Angolo orizzontale deviazione poligonale	β	[°]	0,0	
Angolo orizzontale di scalarizzazione tiro	$\alpha=\beta/2$	[°]	0,0	
Tiro radiale risultante orizzontale	T _{cond,rad}	[daN]	0	(G2)
Momento del tiro radiale risultante	M _{rad}	[daNm]	0	(G2)
Peso dei corpi illuminanti	Pp.ill	[daN]	25,00	(G2)
Aggetto dei corpi illuminanti	dp.ill	[m]	2,00	
Momento alla base del palo per i c.illum.	Mp.ill	[daNm]	50,00	(G2)
Normativa per carico da vento	Indicare la norma da elenco -->		NTC 2008	
Carico da Vento (comb. dir. tiro)	v	[daN/mq]	55,878	
Diametro medio del palo	ϕ_p	[m]	0,219	
Vento - carico agente sul palo verticale	Vp	[daN]	116,92	
Vento - carico agente su bifilare 1	V1	[daN]	34,53	
Vento - carico agente su bifilare 2	V2	[daN]	34,53	
Vento - Risultante totale	V	[daN]	185,99	(Q)
Momento alla base palo per il vento	Mv	[daNm]	945,06	(Q)



Calcolo del Vento NTC 2008

qb	$1/2 * \rho v_b^2$ [N/mq]	455,63
ce	Coeff.espos.	1,75
cp	Coeff.forma	0,70
cd	Coeff.dinamico	1,00
ct	Coeff. Topogr.	1,00
vb	v. di riferim. [m/s]	27
ρ	Dens.aria [kg/m ³]	1,25
qb ce cp cd	[N/mq]	558,78

Carichi Risultanti alla base del palo

	Permanenti	Pesi portati	Carichi Variabili
	G1	G2	Q
Azioni verticali [daN]	510	103	
Momento flettente [daNm]	161	412	945
Taglio [daN]		0	186

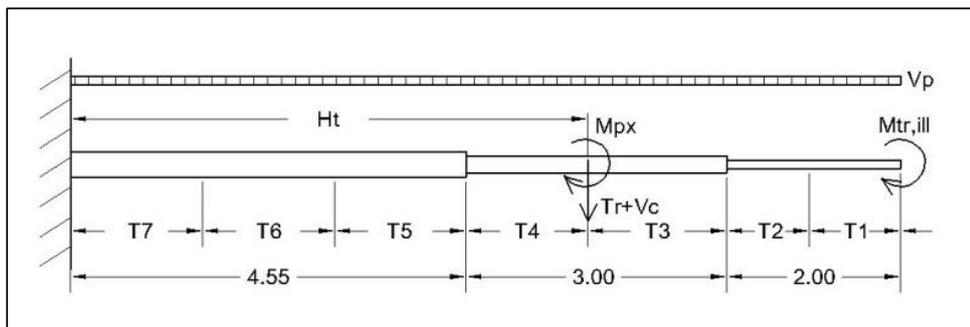
La verifica allo SLU del palo alla sua base è di seguito riportata:

		G1	G2	Q
Fattori moltiplicativi per la combinaz. dei carichi		1,3	1,5	1,5
Forza Normale alla base combinata	N	[daN]	818	
Momento alla base combinato	M	[daNm]	2244	
Area della sezione alla base del palo	A1	[cm ²]	52,8	
Modulo di resistenza alla base del palo	W1	[cm ³]	344,0	
Tipo di Acciaio	S355J2H	[N/mmq]	355,00	
Fattore parziale di sicurezza	γ_{M1}	-	1,05	
Resistenza di calcolo	f_d	[N/mmq]	3381	
Sforzo dovuto a carico verticale	N / A	[daN/cm ^q]	15,5	
Sforzo dovuto al momento	M / W	[daN/cm ^q]	652,4	OK < 3381

Lo spostamento in testa al palo viene calcolato tenendo conto delle azioni permanenti e accidentali:

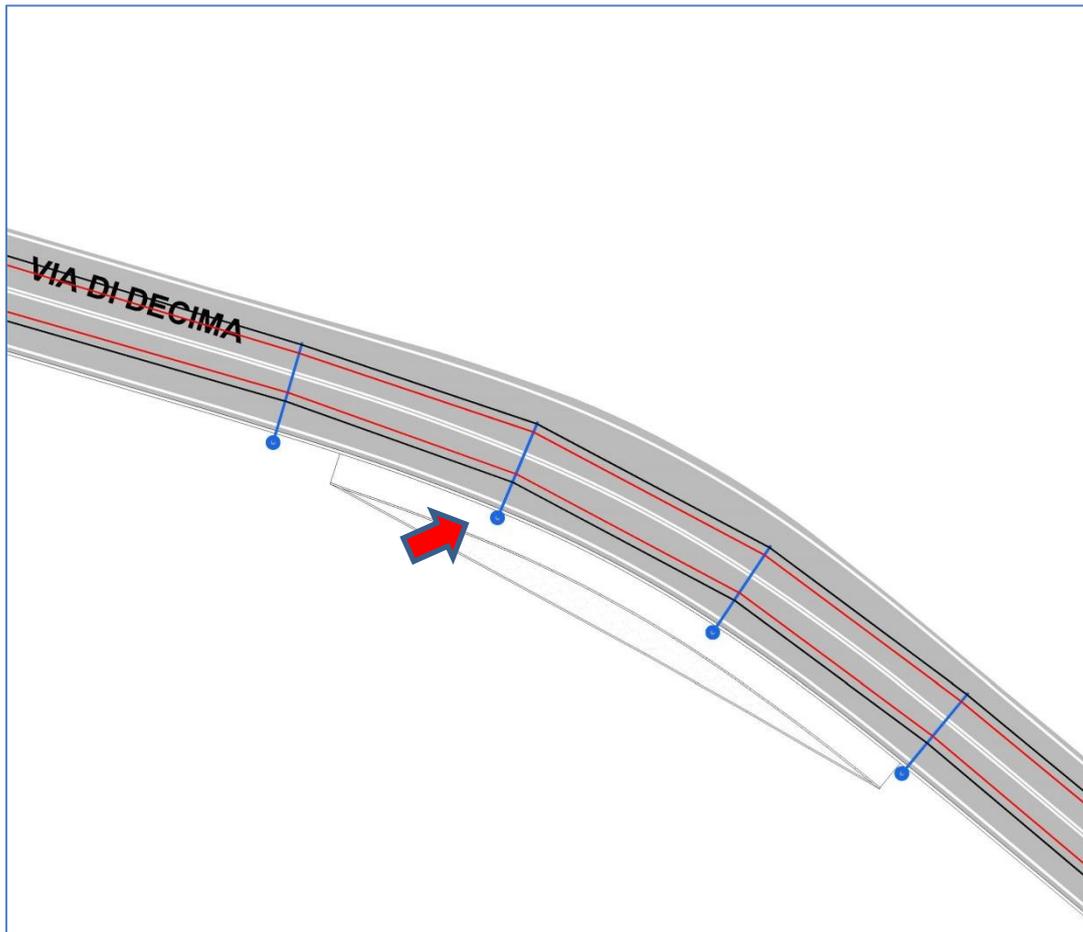
Tronco i	Dx [m]	xi [m]	Mi distr. [daN m]	Mi conc. [daN m]	S Mi [daN m]	Ji [cm ⁴]	Mi Dx / Ji [daN/cm ^q]	Mi xi Dx / Ji [daN/cm]
1	1,00	0,50	51,53		51,53	368	1.399	69.963
2	1,00	1,50	63,77		63,77	368	1.732	259.756
3	1,95	2,98	117,51		117,51	1.246	1.839	547.097
4	1,05	4,48	202,74	448,26	651,00	1.246	5.486	2.454.952
5	1,52	5,76	379,44	536,89	916,33	2.431	5.717	3.291.862
6	1,52	7,28	575,83	641,64	1217,47	2.431	7.595	5.525.665
7	1,52	8,79	817,92	746,39	1564,32	2.431	9.759	8.580.047
	9,55						33.527	20.729.342

Modulo elasticità	[daN/cm ^q]	2.100.000
Rotazione massima	tg ψ	0,0160
Freccia estremo libero	[cm]	9,87

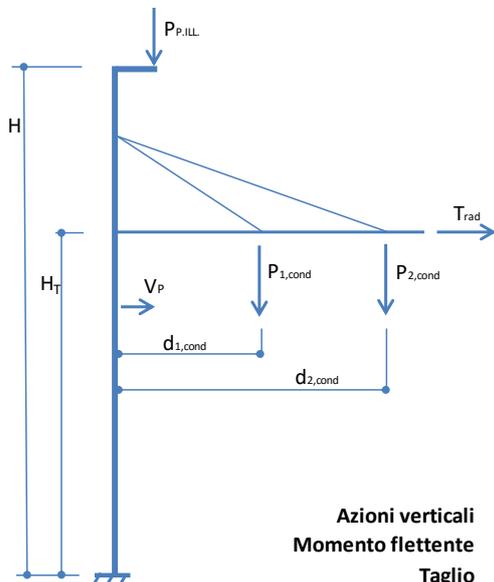


Caso 5: sollecitazioni calcolate per un palo con mensola e doppio bifilare su tracciato in curva

Si determinano le sollecitazioni del palo con mensola a doppio bifilare in curva con angolo di poligonazione fino a 10° in un tratto con interasse di 25m.



Tipo di palo	Indicare il palo da elenco -->		MS31	
Altezza del palo da terra	H	[m]	9,55	
Peso del palo	P	[daN]	705,10	(G1)
Peso proprio del conduttore	Ps	[daN/m]	1,03	
Diámetro del conduttore	ϕ_c	[mm]	12,36	
Lunghezza Campata libera	Lc	[m]	25,00	
Bifilare 1 - Distanza su mensola	d1	[m]	2,00	
Bifilare 1 - Peso	P1	[daN]	51,50	(G2)
Bifilare 1 - Momento alla base del palo	M1	[daNm]	103,00	(G2)
Bifilare 2 - Distanza su mensola	d2	[m]	6,00	
Bifilare 2 - Peso	P2	[daN]	51,50	(G2)
Bifilare 2 - Momento alla base del palo	M2	[daNm]	309,00	(G2)
Lunghezza della mensola in VTR	Lm	[m]	7,00	
Altezza della mensola in VTR	H _T	[m]	5,60	
Mensola in VTR - Peso Specifico	Ps (ϕ_{55})	[daN/m]	4,51	
Peso della mensola in VTR	Pm	[daN]	31,60	(G1)
Mensola - Momento	Ms	[daNm]	110,59	(G1)
Tiro longitudinale dei Bifilari a -5°C	Ta	[daN]	1145	
Numero bifilari	n°	-	4	
Angolo orizzontale deviazione poligonale	β	[°]	10,0	
Angolo orizzontale di scalarizzazione tiro	$\alpha=\beta/2$	[°]	5,0	
Tiro radiale risultante orizzontale	Tcond,rad	[daN]	798	(G2)
Momento del tiro radiale risultante	Mrad	[daNm]	4471	(G2)
Peso dei corpi illuminanti	Pp.ill	[daN]	25,00	(G2)
Aggetto dei corpi illuminanti	dp.ill	[m]	2,00	
Momento alla base del palo per i c.illum.	Mp.ill	[daNm]	50,00	(G2)
Normativa per carico da vento	Indicare la norma da elenco -->		NTC 2008	
Carico da Vento (comb. dir. tiro)	v	[daN/mq]	55,878	
Diámetro medio del palo	ϕ_p	[m]	0,219	
Vento - carico agente sul palo verticale	Vp	[daN]	116,92	
Vento - carico agente su bifilare 1	V1	[daN]	34,53	
Vento - carico agente su bifilare 2	V2	[daN]	34,53	
Vento - Risultante totale	V	[daN]	185,99	(Q)
Momento alla base palo per il vento	Mv	[daNm]	945,06	(Q)



Calcolo del Vento NTC 2008

qb	$1/2 * \rho v_b^2$ [N/mq]	455,63
ce	Coeff.espos.	1,75
cp	Coeff.forma	0,70
cd	Coeff.dinamico	1,00
ct	Coeff. Topogr.	1,00
vb	v. di riferim. [m/s]	27
ρ	Dens.aria [kg/m ³]	1,25
qb ce cp cd	[N/mq]	558,78

Carichi Risultanti alla base del palo

	Permanenti	Pesi portati	Carichi Variabili
	G1	G2	Q
Azioni verticali [daN]	762	103	
Momento flettente [daNm]	161	4883	945
Taglio [daN]		798	186

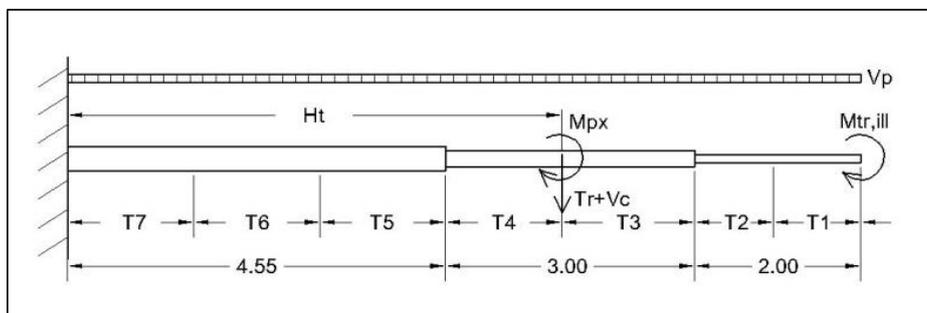
La verifica allo SLU del palo alla sua base è di seguito riportata:

		G1	G2	Q
Fattori moltiplicativi per la combinaz. dei carichi		1,3	1,5	1,5
Forza Normale alla base combinata	N	[daN]	1145	
Momento alla base combinato	M	[daNm]	8950	
Area della sezione alla base del palo	A1	[cm ²]	102,3	
Modulo di resistenza alla base del palo	W1	[cm ³]	637,2	
Tipo di Acciaio	S355J2H	[N/mm ²]	355,00	
Fattore parziale di sicurezza	γ_{M1}	-	1,05	
Resistenza di calcolo	fd	[N/mm ²]	3381	
Sforzo dovuto a carico verticale	N / A	[daN/cm ²]	11,2	
Sforzo dovuto al momento	M / W	[daN/cm ²]	1404,7	OK < 3381

Lo spostamento in testa al palo viene calcolato tenendo conto delle azioni permanenti e accidentali:

Tronco i	Dx [m]	xi [m]	Mi distr. [daN m]	Mi conc. [daN m]	S Mi [daN m]	Ji [cm ⁴]	Mi Dx / Ji [daN/cm ²]	Mi xi Dx / Ji [daN/cm]
1	1,00	0,50	51,53		51,53	368	1.399	69.963
2	1,00	1,50	63,77		63,77	368	1.732	259.756
3	1,95	2,98	117,51		117,51	2.369	967	287.774
4	1,05	4,48	202,74	867,39	1070,14	2.369	4.743	2.122.686
5	1,52	5,76	379,44	1980,57	2360,01	4.661	7.679	4.421.896
6	1,52	7,28	575,83	3296,15	3871,97	4.661	12.599	9.165.663
7	1,52	8,79	817,92	4611,72	5429,65	4.661	17.667	15.532.501
	9,55						46.787	31.860.239

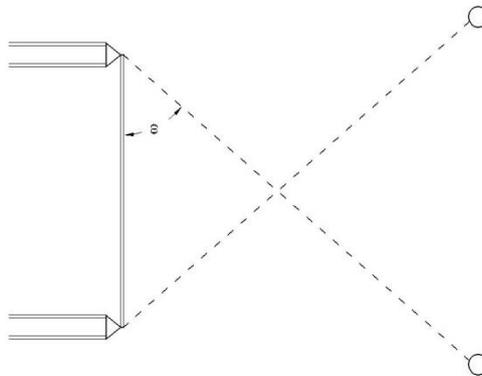
Modulo elasticità	[daN/cm ²]	2.100.000
Rotazione massima	tg ψ	0,0223
Freccia estremo libero	[cm]	15,17



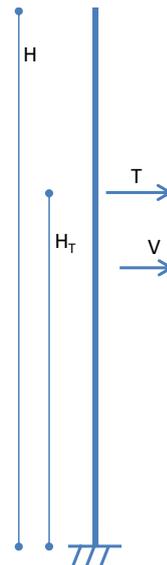
7.4. Pali da ormeggio

L'ormeggio dei due bifilari è affidato a due pali appositi attraverso due tiranti incrociati e connessi da un anello di collegamento.

Caso 6: sollecitazioni calcolate per i pali di ormeggio



Tipo di palo	Indicare il palo in elenco -->		MS 32
Altezza del palo da terra	H	[m]	9,55
Peso del palo	P	[daN]	491,80 (G1)
Peso proprio del filo di contatto	Ps	[daN/m]	1,03
Lunghezza Campata libera	Lc	[m]	25,00
Peso Risultante su ormeggio	Po	[daN]	12,88 (G2)
Carico ormeggio tiro conduttore a -5°C	Ta	[daN]	1145,00
Angolo orizzontale su asse conduttore	ω	[°]	50,00
Numero di tiri associati al palo	n°	-	2,00
Altezza del tiro	H _T	[m]	5,60
Risultante tiro del conduttore	T	[daN]	2989,38 (G2)
Normativa per carico da vento	Indicare la norma da elenco -->		NTC 2008
Carico da Vento (comb. dir. tiro)	v	[daN/mq]	55,88
Diametro medio del palo	ϕ_{med}	[mm]	273,00
Risultante sul palo	F	[daN]	145,68 (Q)



Carichi Risultanti alla base del palo		Permanenti	Pesi portati	Carichi Variabili
		G1	G2	Q
Azioni verticali	[daN]	491,8	13	
Momento flettente	[daNm]		16741	695,64
Taglio	[daN]		2989	145,68

La verifica allo SLU del palo alla sua base è di seguito riportata:

**Fattori moltiplicativi
combinaz. dei carichi**

G1	G2	Q
1,3	1,5	1,5

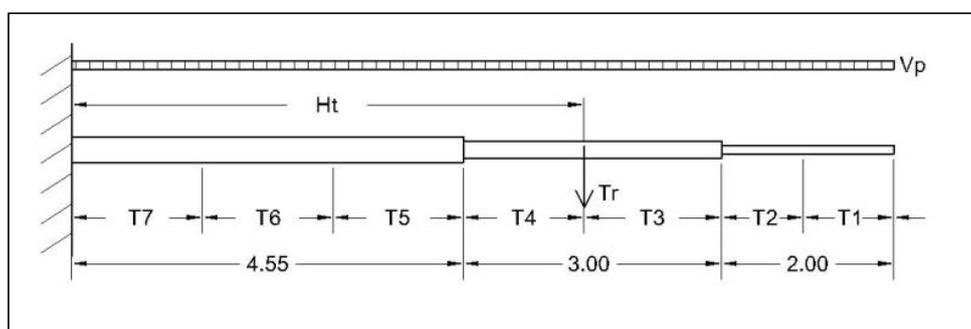
Verifica strutturale presso-flessione base del palo A

Forza Normale alla base combinata	N	[daN]	659	
Momento alla base combinato	M	[daNm]	26154	
Area della sezione alla base del palo	A1	[cm ²]	134,7	
Modulo di resistenza alla base del palo	W1	[cm ³]	1116,5	
Tipo di Acciaio	fk	[N/mm ²]	355,00	
Fattore parziale di sicurezza	γ_{M1}	-	1,05	
Resistenza di calcolo	fd	[daN/cm ²]	3380,95	
Sforzo dovuto a carico verticale	N / A	[daN/cm ²]	4,9	
Sforzo dovuto al momento	M / W	[daN/cm ²]	2342,4	OK < 3381

Lo spostamento in testa al palo viene calcolato tenendo conto delle azioni permanenti e accidentali:

Tronco i	Dx [m]	xi [m]	Mi distr. [daN m]	Mi conc. [daN m]	S Mi [daN m]	Ji [cm ⁴]	Mi Dx / Ji [daN/cm ²]	Mi xi Dx / Ji [daN/cm]
1	1,00	0,50	1,91		1,91	1.113	17	857
2	1,00	1,50	17,16		17,16	1.113	154	23.131
3	1,95	2,98	67,51		67,51	4.661	282	84.020
4	1,05	4,48	152,74	1569,43	1722,17	4.661	3.879	1.736.068
5	1,52	5,76	252,91	5405,80	5658,71	10.468	8.199	4.721.103
6	1,52	7,28	403,69	9939,70	10343,38	10.468	14.986	10.902.463
7	1,52	8,79	589,55	14473,59	15063,14	10.468	21.825	19.187.387
	9,55						49.343	36.655.028

Modulo elasticità	[daN/cm ²]	2.100.000
Rotazione massima	tg ψ	0,0235
Freccia estremo libero	[cm]	17,45



8. PLINTI DI FONDAZIONE: MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE

Le azioni Normali, di Taglio e il Momento alla base del palo vengono trasferite alla base del plinto dopo aver applicato i coefficienti di amplificazione A1 e aver determinato la componente integrativa del momento secondo il braccio del taglio (pari all'altezza del plinto stesso). Alla base del plinto viene determinata l'eccentricità del carico verticale e di conseguenza la massima compressione nel terreno.

Le verifiche eseguite sul plinto comprendono:

- Verifica del Carico Limite, usando la formulazione di Terzaghi in condizioni drenate;
- Verifica allo Scorrimento secondo l'angolo di attrito;
- Verifica a Ribaltamento relativa al punto critico di rotazione;
- Verifica Strutturale dell'armatura inferiore sottoposta a trazione alla base del plinto.

I valori numerici di sollecitazione riportati all'inizio delle schede di calcolo dei plinti sono quelli calcolati per i rispettivi pali, numerati con i casi da 1 a 6, analizzati nei precedenti paragrafi nelle tipologie di sostegno con un bifilare, due bifilari, mensole e ormeggio.

Caso 1: calcolo del plinto di fondazione del palo avente angolo di poligonazione principale $\beta = 6^\circ$.

		Perm	Port	Var	Σ	A1	EQU
Azione Normale Caratteristica	N [DaN] =	987	38		1025	1340	1142
Momento flettente Caratteristico	M [DaNm] =		7241	862	8103	12155	12155
Taglio Caratteristico	V [DaN] =		1185	173	1358	2038	2038

		A1	A2
Peso specifico cls	ρ [DaN/mc] =	2500	2500

Acciaio tipo FeB44k = **B450C**

		M1	M2
Peso Specifico del terreno	γ_d [DaN/mc] =	1700	1700
Coefficiente d'attrito	ϕ [°] =	25	20
Coazione terreno	c [DaN/cm ²] =	0	0

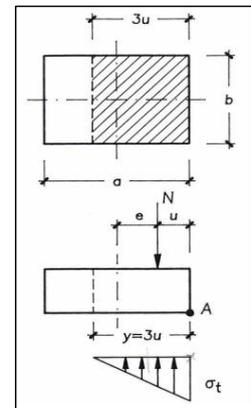
Lato Plinto Base quadrata	B [cm] =	250
Altezza Plinto	H [cm] =	160
Copriferro	C [cm] =	4,0
Diametro palo sulla sommità	D [cm] =	27,3

Azioni alla Base del Plinto (comb.A1)

	N [DaN]	V [DaN]	Dist _G [cm]	M _G [DaNm]
- Contributo Nd	1340			0
- Contributo Vd		2038	160	3260
- Contributo Md				12155
- Peso Plinto	32500			0
	33840	2037,56676	160	15415

Nocciolo centrale di inerzia	B/6	[cm]	41,7
Centro di pressione rispetto a G	$e = M / N$	[cm]	45,6
Distanza dal lato più compresso di N	$u = L/2 - e$	[cm]	79,4
Larghezza dell'impronta di carico	$y = 3u$	[cm]	238,3
Max compressione nel terreno	$\sigma_t = 2N / 3Bu$	[DaN/cm ²]	1,14

ATTENZ: la sezione è parzializzata



Calcolo del Carico Limite secondo Terzaghi in condizioni drenate (comb.M1)

In caso di condizioni drenate si ha:

$$N_q = (1 + \text{sen } \phi) / (1 - \text{sen } \phi) * \exp(\pi * \text{tg } \phi) \quad - \quad 10,662$$

$$N_c = (N_q - 1) * \text{ctg } \phi \quad - \quad 20,721$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) * \text{tg } \phi \quad - \quad 10,876$$

Correz. Base per Car. Eccentrico

$$B' = B - 2e \quad [\text{cm}] \quad 158,89$$

Tipi di terreno per correz. Incl. carichi:

Incoerente

Contributi carico limite e correzioni

			Fatt.inclin.	Fatt.forma	
$N_q \gamma_1 D \zeta_q$	[DaN/cmq]	2,90	0,91	1,47	3,87
$N_c c \zeta_c$	[DaN/cmq]	0,00	1,00	1,51	0,00
$N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma$	[DaN/cmq]	1,47	0,86	0,60	0,88
		4,37			4,76

Verifica del carico limite

$$q_{\text{lim}} = (N_q \gamma_1 D \zeta_q + N_c c \zeta_c + N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma) B'$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN]	188906	
$FS = q_{\text{lim}} / q_d$	5,58	2,30 OK

Verifica allo scorrimento

$$q_{H,d} = V / A$$

$$q_{H,\text{lim}} = c + q_v \text{tg } \phi$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN/cmq]	0,03	
[DaN/cmq]	0,19	
$FS = q_{H,\text{lim}} / q_H$	5,72	1,10 OK

Verifica a Ribaltamento

$$M_A = M_{\text{tot}}$$

$$M_{\text{stab Peso}} = N_{\text{tot}} * B / 2$$

Approccio 1	Comb. 2	γ_R	EQU
[DaNm]	15415		
[DaNm]	32483		
$FS = M_{A,\text{RES}} / M_{A,d}$	2,11	1,00	OK

Verifica Strutturale

Verifica area armatura

$$T_x = N (B - \text{Diam}) / (12 (H - C)) + 3 M / 2 B$$

$$\text{Resistenza di calcolo} \quad f_{y,d} = f_{y,k} / \gamma_s$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
n. barre	8	ϕ [mm] 12 9,05
[DaN]	7452	
[DaN/cmq]	3913	
$FS = f_{y,d} / (T * A_s)$	4,75	1 OK

Caso 2: calcolo del plinto di fondazione del palo avente angolo di poligonazione principale $\beta = 16^\circ$.

		Perm	Port	Var	Σ	A1	EQU
Azione Normale Caratteristica	N [DaN] =	987	30		1016	1327	1130
Momento flettente Caratteristico	M [DaNm] =		15533	797	16329	24494	24494
Taglio Caratteristico	V [DaN] =		2514	162	2676	4015	4015

		A1	A2
Peso specifico cls	p [DaN/mc] =	2500	2500

Acciaio tipo FeB44k = **B450C**

		M1	M2
Peso Specifico del terreno	γ_d [DaN/mc] =	1700	1700
Coefficiente d'attrito	ϕ [°] =	25	20
Coazione terreno	c [DaN/cm ²] =	0	0

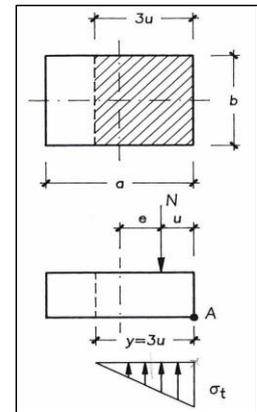
Lato Plinto Base quadrata	B [cm] =	270
Altezza Plinto	H [cm] =	160
Copriferro	C [cm] =	4,0
Diametro palo sulla sommità	D [cm] =	27,3

Azioni alla Base del Plinto (comb.A1)

	N [DaN]	V [DaN]	Dist _G [cm]	M _G [DaNm]
- Contributo Nd	1327			0
- Contributo Vd		4015	160	6423
- Contributo Md				24494
- Peso Plinto	37908			0
	39235	4014,54055	160	30917

Nocciolo centrale di inerzia	B/6	[cm]	45,0
Centro di pressione rispetto a G	$e = M / N$	[cm]	78,8
Distanza dal lato più compresso di N	$u = L/2 - e$	[cm]	56,2
Larghezza dell'impronta di carico	$y = 3 u$	[cm]	168,6
Max compressione nel terreno	$\sigma_t = 2N / 3Bu$	[DaN/cm ²]	1,72

ATTENZ: la sezione è parzializzata



Calcolo del Carico Limite secondo Terzaghi in condizioni drenate (comb.M1)

In caso di condizioni drenate si ha:

$N_q = (1 + \text{sen } \phi) / (1 - \text{sen } \phi) * \exp(\pi * \text{tg } \phi)$	-	10,662
$N_c = (N_q - 1) * \text{ctg } \phi$	-	20,721
$N_\gamma = 2 (N_q + 1) * \text{tg } \phi$	-	10,876
Correz. Base per Car. Eccentrico		
$B' = B - 2e$	[cm]	112,40

Tipi di terreno per correz. Incl. carichi:

Incoerente

Contributi carico limite e correzioni

			Fatt.inclin.	Fatt.forma	
$N_q \gamma_1 D \zeta_q$	[DaN/cm ²]	2,90	0,85	1,47	3,62
$N_c c \zeta_c$	[DaN/cm ²]	0,00	1,00	1,51	0,00
$N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma$	[DaN/cm ²]	1,04	0,76	0,60	0,62
		3,94			4,24

Verifica del carico limite

$$q_{lim} = (N_q \gamma_1 D \zeta_q + N_c c \zeta_c + N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma) B'$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN]	128685	
FS = q_{lim} / q_d	3,28	OK

Verifica allo scorrimento

$$q_{H,d} = V / A$$

$$q_{H,lim} = c + q_v \text{tg } \phi$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN/cm ²]	0,06	
[DaN/cm ²]	0,19	
FS = $q_{H,lim} / q_H$	3,39	OK

Verifica a Ribaltamento

$$M_A = M_{tot}$$

$$M_{stab \text{ Peso}} = N_{tot} * B / 2$$

Approccio 1	Comb. 2	γ_R	EQU
[DaNm]	30917		
[DaNm]	40698		
FS = $M_{A,RES} / M_{A,d}$	1,32	1,00	OK

Verifica Strutturale

Verifica area armatura

$$T_x = N (B - \text{Diam}) / (12 (H - C)) + 3 M / 2 B$$

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
n. barre	8	ϕ [mm] 12
[DaN]	13780	9,05
[DaN/cm ²]	3913	
FS = $f_{yd} / (T * A_s)$	2,57	1
		OK

Caso 3: calcolo del plinto di fondazione del palo sul rettilineo con sostegno doppio bifilare

	Perm	Port	Var	Σ	A1	EQU
Azione Normale Caratteristica N [DaN] =	604	74		678	897	776
Momento flettente Caratteristico M [DaNm] =		2573	1014	3587	5380	5380
Taglio Caratteristico V [DaN] =		372	186	558	836	836

	A1	A2
Peso specifico cls p [DaN/mc] =	2500	2500

Acciaio tipo FeB44k = B450C

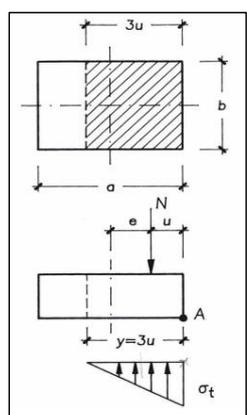
	M1	M2
Peso Specifico del terreno γ_d [DaN/mc] =	1700	1700
Coefficiente d'attrito ϕ [°] =	25	20
Coesione terreno c [DaN/cm ²] =	0	0

Lato Plinto Base quadrata B [cm] = 200
 Altezza Plinto H [cm] = 160
 Copriferro C [cm] = 4,0
 Diametro palo sulla sommità D [cm] = 27,3

Azioni alla Base del Plinto (comb.A1)

	N [DaN]	V [DaN]	Dist _G [cm]	M _G [DaNm]
- Contributo Nd	897			0
- Contributo Vd		836	160	1338
- Contributo Md				5380
- Peso Plinto	20800			0
Totale	21697	836,25208	160	6718

Nocciolo centrale di inerzia $B/6$ [cm] = 33,3
 Centro di pressione rispetto a G $e = M / N$ [cm] = 31,0
 Distanza dal lato più compresso di N $u = L/2 - e$ [cm] = 69,0
 Larghezza dell'impronta di carico $y = 3u$ [cm] = 207,1
 Max compressione nel terreno $\sigma_t = 2N / 3Bu$ [DaN/cm²] = 1,05
 La sezione è interamente compressa



Calcolo del Carico Limite secondo Terzaghi in condizioni drenate (comb.M1)

In caso di condizioni drenate si ha:

$N_q = (1 + \text{sen } \phi) / (1 - \text{sen } \phi) * \exp(\pi * \text{tg } \phi)$	-	10,662
$N_c = (N_q - 1) * \text{ctg } \phi$	-	20,721
$N_\gamma = 2 (N_q + 1) * \text{tg } \phi$	-	10,876
Correz. Base per Car. Eccentrico		
$B' = B - 2e$	[cm]	138,07

Tipi di terreno per correz. Incl. carichi:

Incoerente

Contributi carico limite e correzioni

			Fatt.inclin.	Fatt.forma	
$N_q \gamma_1 D \zeta_q$	[DaN/cmq]	2,90	0,94	1,47	4,01
$N_c c \zeta_c$	[DaN/cmq]	0,00	1,00	1,51	0,00
$N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma$	[DaN/cmq]	1,28	0,91	0,60	0,77
		4,18			4,77

Verifica del carico limite

$$q_{lim} = (N_q \gamma_1 D \zeta_q + N_c c \zeta_c + N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma) B'$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN]	131853	
$FS = q_{lim} / q_d$	6,08	2,30 OK

Verifica allo scorrimento

$$q_{H,d} = V / A$$

$$q_{H,lim} = c + q_v \text{tg } \phi$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN/cmq]	0,02	
[DaN/cmq]	0,19	
$FS = q_{H,lim} / q_H$	8,92	1,10 OK

Verifica a Ribaltamento

$$M_A = M_{tot}$$

$$M_{stab \text{ Peso}} = N_{tot} * B / 2$$

Approccio 1	Comb. 2	γ_R	EQU
[DaNm]	6718		
[DaNm]	16604		
$FS = M_{A,RES} / M_{A,d}$	2,47	1,00	OK

Verifica Strutturale

Verifica area armatura

$$T_x = N (B - \text{Diam}) / (12 (H - C)) + 3 M / 2 B$$

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
n. barre	8	ϕ [mm] 12 9,05
[DaN]	4118	
[DaN/cmq]	3913	
$FS = f_{yd} / (T * A_s)$	8,60	1 OK

Caso 4: calcolo del plinto di fondazione del palo della mensola con doppio bifilare in rettilineo

		Perm	Port	Var	Σ	A1	EQU
Azione Normale Caratteristica	N [DaN] =	510	103		613	818	716
Momento flettente Caratteristico	M [DaNm] =	161	412	945	1518	2244	2212
Taglio Caratteristico	V [DaN] =		0	186	186	279	279

		A1	A2
Peso specifico cls	p [DaN/mc] =	2500	2500

Acciaio tipo FeB44k = B450C

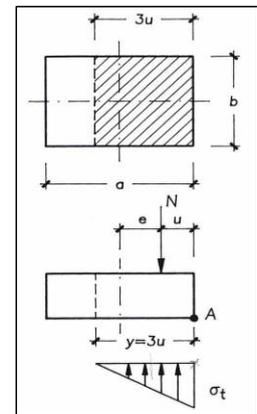
		M1	M2
Peso Specifico del terreno	γ_d [DaN/mc] =	1700	1700
Coefficiente d'attrito	ϕ [°] =	25	20
Coazione terreno	c [DaN/cm ²] =	0	0

Lato Plinto Base quadrata	B [cm] =	150
Altezza Plinto	H [cm] =	160
Copriferro	C [cm] =	4,0
Diametro palo sulla sommità	D [cm] =	27,3

Azioni alla Base del Plinto (comb.A1)

	N [DaN]	V [DaN]	Dist _G [cm]	M _G [DaNm]
- Contributo Nd	818			0
- Contributo Vd		279	160	446
- Contributo Md				2244
- Peso Plinto	11700			0
	12518	278,979313	160	2691

Nocciolo centrale di inerzia	B/6	[cm]	25,0
Centro di pressione rispetto a G	$e = M / N$	[cm]	21,5
Distanza dal lato più compresso di N	$u = L/2 - e$	[cm]	53,5
Larghezza dell'impronta di carico	$y = 3 u$	[cm]	160,5
Max compressione nel terreno	$\sigma_t = 2N / 3Bu$	[DaN/cm ²]	1,04
La sezione è interamente compressa			



Calcolo del Carico Limite secondo Terzaghi in condizioni drenate (comb.M1)

In caso di condizioni drenate si ha:

$N_q = (1 + \text{sen } \phi) / (1 - \text{sen } \phi) * \exp(\pi * \text{tg } \phi)$	-	10,662
$N_c = (N_q - 1) * \text{ctg } \phi$	-	20,721
$N_\gamma = 2 (N_q + 1) * \text{tg } \phi$	-	10,876
Correz. Base per Car. Eccentrico		
$B' = B - 2e$	[cm]	107,01

Tipi di terreno per correz. Incl. carichi:

Incoerente

Contributi carico limite e correzioni

			Fatt.inclin.	Fatt.forma	
$N_q \gamma_1 D \zeta_q$	[DaN/cm ²]	2,90	0,97	1,47	4,11
$N_c c \zeta_c$	[DaN/cm ²]	0,00	1,00	1,51	0,00
$N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma$	[DaN/cm ²]	0,99	0,95	0,60	0,59
		3,89			4,70

Verifica del carico limite

$$q_{lim} = (N_q \gamma_1 D \zeta_q + N_c c \zeta_c + N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma) B'$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN]	75517	
FS = q_{lim} / q_d	6,03	OK

Verifica allo scorrimento

$$q_{H,d} = V / A$$

$$q_{H,lim} = c + q_v \text{tg } \phi$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN/cm ²]	0,01	
[DaN/cm ²]	0,19	
FS = $q_{H,lim} / q_H$	15,04	OK

Verifica a Ribaltamento

$$M_A = M_{tot}$$

$$M_{stab \text{ Peso}} = N_{tot} * B / 2$$

Approccio 1	Comb. 2	γ_R	EQU
[DaNm]	2659		
[DaNm]	7133		
FS = $M_{A,RES} / M_{A,d}$	2,68	1,00	OK

Verifica Strutturale

Verifica area armatura

$$T_x = N (B - \text{Diam}) / (12 (H - C)) + 3 M / 2 B$$

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
n. barre	8	ϕ [mm] 12
[DaN]	2298	9,05
[DaN/cm ²]	3913	
FS = $f_{yd} / (T * A_s)$	15,41	1
		OK

Caso 5: calcolo del plinto di fondazione del palo della mensola con doppio bifilare in curva

		Perm	Port	Var	Σ	A1	EQU
Azione Normale Caratteristica	N [DaN] =	762	103		865	1145	992
Momento flettente Caratteristico	M [DaNm] =	161	4883	945	5988	8950	8918
Taglio Caratteristico	V [DaN] =		798	186	984	1476	1476

		A1	A2
Peso specifico cls	p [DaN/mc] =	2500	2500

Acciaio tipo FeB44k = B450C

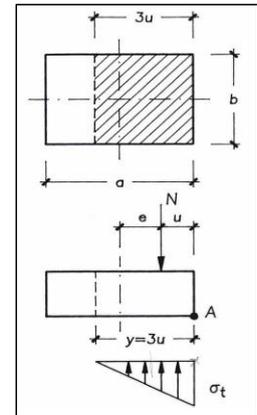
		M1	M2
Peso Specifico del terreno	γ_d [DaN/mc] =	1700	1700
Coefficiente d'attrito	ϕ [°] =	25	20
Coesione terreno	c [DaN/cm ²] =	0	0

Lato Plinto Base quadrata	B [cm] =	260
Altezza Plinto	H [cm] =	160
Copriferro	C [cm] =	4,0
Diametro palo sulla sommità	D [cm] =	27,3

Azioni alla Base del Plinto (comb.A1)

	N [DaN]	V [DaN]	Dist _G [cm]	M _G [DaNm]
- Contributo Nd	1145			0
- Contributo Vd		1476	160	2362
- Contributo Md				8950
- Peso Plinto	35152			0
	36297	1476,49922	160	11313

Nocciolo centrale di inerzia	B/6	[cm]	43,3
Centro di pressione rispetto a G	$e = M / N$	[cm]	31,2
Distanza dal lato più compresso di N	$u = L/2 - e$	[cm]	98,8
Larghezza dell'impronta di carico	$y = 3 u$	[cm]	296,5
Max compressione nel terreno	$\sigma_t = 2N / 3Bu$	[DaN/cm ²]	0,94
La sezione è interamente compressa			



Calcolo del Carico Limite secondo Terzaghi in condizioni drenate (comb.M1)

In caso di condizioni drenate si ha:

$N_q = (1 + \text{sen } \phi) / (1 - \text{sen } \phi) * \exp(\pi * \text{tg } \phi)$	-	10,662
$N_c = (N_q - 1) * \text{ctg } \phi$	-	20,721
$N_\gamma = 2 (N_q + 1) * \text{tg } \phi$	-	10,876
Correz. Base per Car. Eccentrico		
$B' = B - 2e$	[cm]	197,66

Tipi di terreno per correz. Incl. carichi:

Incoerente

Contributi carico limite e correzioni

			Fatt.inclin.	Fatt.forma	
$N_q \gamma_1 D \zeta_q$	[DaN/cm ²]	2,90	0,94	1,47	4,00
$N_c c \zeta_c$	[DaN/cm ²]	0,00	1,00	1,51	0,00
$N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma$	[DaN/cm ²]	1,83	0,90	0,60	1,10
		4,73			5,09

Verifica del carico limite

$$q_{lim} = (N_q \gamma_1 D \zeta_q + N_c c \zeta_c + N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma) B'$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN]	261695	
FS = q_{lim} / q_d	7,21	OK

Verifica allo scorrimento

$$q_{H,d} = V / A$$

$$q_{H,lim} = c + q_v \text{tg } \phi$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN/cm ²]	0,02	
[DaN/cm ²]	0,19	
FS = $q_{H,lim} / q_H$	8,54	OK

Verifica a Ribaltamento

$$M_A = M_{tot}$$

$$M_{stab \text{ Peso}} = N_{tot} * B / 2$$

Approccio 1	Comb. 2	γ_R	EQU
[DaNm]	11281		
[DaNm]	36142		
FS = $M_{A,RES} / M_{A,d}$	3,20	1,00	OK

Verifica Strutturale

Verifica area armatura

$$T_x = N (B - \text{Diam}) / (12 (H - C)) + 3 M / 2 B$$

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
n. barre	8	ϕ [mm] 12
[DaN]	5306	9,05
[DaN/cm ²]	3913	
FS = $f_{yd} / (T * A_s)$	6,67	1
		OK

Caso 6: calcolo del plinto di fondazione del palo di ormeggio

		Perm	Port	Var	Σ	A1	EQU
Azione Normale Caratteristica	N [DaN] =	492	13		505	659	560
Momento flettente Caratteristico	M [DaNm] =		16741	696	17436	26154	26154
Taglio Caratteristico	V [DaN] =		2989	146	3135	4703	4703

		A1	A2
Peso specifico cls	p [DaN/mc] =	2500	2500

Acciaio tipo FeB44k = B450C

		M1	M2
Peso Specifico del terreno	γ_d [DaN/mc] =	1700	1700
Coefficiente d'attrito	ϕ [°] =	25	20
Coesione terreno	c [DaN/cm ²] =	0	0

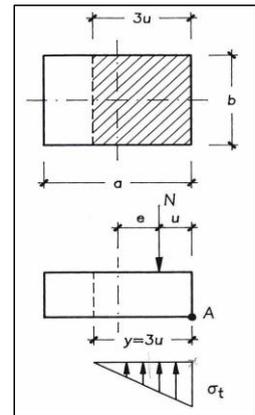
Lato Plinto Base quadrata	B [cm] =	270
Altezza Plinto	H [cm] =	160
Copriferro	C [cm] =	4,0
Diametro palo sulla sommità	D [cm] =	27,3

Azioni alla Base del Plinto (comb.A1)

	N [DaN]	V [DaN]	Dist _G [cm]	M _G [DaNm]
- Contributo Nd	659			0
- Contributo Vd		4703	160	7524
- Contributo Md				26154
- Peso Plinto	37908			0
	38567	4702,5994	160	33678

Nocciolo centrale di inerzia	B/6	[cm]	45,0
Centro di pressione rispetto a G	$e = M / N$	[cm]	87,3
Distanza dal lato più compresso di N	$u = L/2 - e$	[cm]	47,7
Larghezza dell'impronta di carico	$y = 3 u$	[cm]	143,0
Max compressione nel terreno	$\sigma_t = 2N / 3Bu$	[DaN/cm ²]	2,00

ATTENZ: la sezione è parzializzata



Calcolo del Carico Limite secondo Terzaghi in condizioni drenate (comb.M1)

In caso di condizioni drenate si ha:

$N_q = (1 + \text{sen } \phi) / (1 - \text{sen } \phi) * \exp(\pi * \text{tg } \phi)$	-	10,662
$N_c = (N_q - 1) * \text{ctg } \phi$	-	20,721
$N_\gamma = 2 (N_q + 1) * \text{tg } \phi$	-	10,876
Correz. Base per Car. Eccentrico		
$B' = B - 2e$	[cm]	95,35

Tipi di terreno per correz. Incl. carichi:

Incoerente

Contributi carico limite e correzioni

			Fatt.inclin.	Fatt.forma	
$N_q \gamma_1 D \zeta_q$	[DaN/cmq]	2,90	0,82	1,47	3,50
$N_c c \zeta_c$	[DaN/cmq]	0,00	1,00	1,51	0,00
$N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma$	[DaN/cmq]	0,88	0,72	0,60	0,53
		3,78			4,03

Verifica del carico limite

$$q_{lim} = (N_q \gamma_1 D \zeta_q + N_c c \zeta_c + N_\gamma \gamma_2 B' / 2 \zeta_\gamma) B'$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN]	103692	
FS = q_{lim} / q_d	2,69	OK

Verifica allo scorrimento

$$q_{H,d} = V / A$$

$$q_{H,lim} = c + q_v \text{tg } \phi$$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
[DaN/cmq]	0,06	
[DaN/cmq]	0,19	
FS = $q_{H,lim} / q_H$	2,89	OK

Verifica a Ribaltamento

$$M_A = M_{tot}$$

$$M_{stab \text{ Peso}} = N_{tot} * B / 2$$

Approccio 1	Comb. 2	γ_R	EQU
[DaNm]	33678		
[DaNm]	40030		
FS = $M_{A,RES} / M_{A,d}$	1,19	1,00	OK

Verifica Strutturale

Verifica area armatura

$$T_x = N (B - \text{Diam}) / (12 (H - C)) + 3 M / 2 B$$

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

Approccio 2	γ_R	A1+M1+R3
n. barre	8	ϕ [mm] 12
[DaN]	14616	9,05
[DaN/cmq]	3913	
FS = $f_{yd} / (T * A_s)$	2,42	1
		OK

9. RISOLUZIONE DI INTERFERENZE CON I PLINTI A FONDAZIONE DIRETTA

In assenza di indagini specifiche sulla determinazione dell'esatta posizione di eventuali sottoservizi, in particolare per la loro quota, dal punto di vista strutturale, è possibile annegare nel getto dei plinti di fondazione 2 tubi passanti del diametro massimo di 150mm opportunamente distanziati tra loro di 10 cm, nelle aree comprese tra l'alloggiamento di ancoraggio del palo e i ferri di armatura del bordo del plinto stesso.

