



Provincia Regionale di Ragusa

Ammodernamento del tracciato stradale S.P. n. 46 ISPICA – POZZALLO I° STRALCIO FUNZIONALE

Responsabile Unico Procedimento

Dott. Ing. Salvatore Dipasquale

Dirigente Pianificazione del Territorio

Dott. Ing. Vincenzo Corallo

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO: <ul style="list-style-type: none">● GEOLOGIA/GEOTECNICA● GEOTECNICA● RELAZIONE DI CALCOLO SULLA STABILITA' DEI PALI DI ILLUMINAZIONE	ARCHIVIO	PR147
	SCALA	
	ELABORATO	3_3_2
GRUPPO DI PROGETTAZIONE A.T.I.  TECHNITAL S.p.A. (Mandataria)  I.R. INGEGNERI RIUNITI STUDIO TECNICO ASSOCIATO  STUDIO IUDICE S.r.l.	RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI SPECIALISTICHE Dott. Ing. M. Raccosta	
	RESPONSABILI DI PROGETTO Dott. Ing. M. Raccosta	
	Dott. Ing. G. Failla Dott. Ing. F. Iudice	

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
1	GIUGNO 2014	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ITALSOCOTEC del 18/04/2014	F. BIUNDO	A. IUDICE	F. IUDICE
0	MARZO 2014	PRIMA EMISSIONE	F. BIUNDO	A. IUDICE	F. IUDICE

INDICE

INDICE	1
1 CALCOLO DELLA STABILITÀ DEI SOSTEGNI DEI PALI	2
1.1 MOMENTO D'INCASTRO DOVUTO ALL'AZIONE DEL VENTO SUL PALO	2
1.2 MOMENTO D'INCASTRO DOVUTO ALLA SPINTA DEL VENTO SULL'ARMATURA	2
1.3 PESO ECCENTRICO ARMATURA	3
1.4 MOMENTO FLETTENTE TOTALE ALL'INCASTRO	3
1.5 MODULO DI RESISTENZA ALLA BASE DEL PALO	3
2 VERIFICA DEI PLINTI DI FONDAZIONE DEI PALI	4

1 CALCOLO DELLA STABILITÀ DEI SOSTEGNI DEI PALI

Ai paragrafi precedenti sono stati scelti i pali di sostegno e l'apparecchio illuminante. In funzione delle scelte progettuali e delle caratteristiche tecniche del materiale, di seguito riportate, sono state eseguite le verifiche della stabilità dei sostegni dei pali.

In particolare, per i pali di sostegno conici e curvati in acciaio S235 JR – UNI 10025 (Fe 360B) a stelo curvo le caratteristiche sono:

- Diametro inferiore: **152,4 mm;**
- diametro superiore: **60 mm;**
- Spessore medio: **4 mm;**
- Altezza totale: **12 m;**
- Altezza fuori terra: **11,2 m;**
- Superficie palo f.t.: **3,70 m²;**
- Peso palo: **163 kg;**
- Carico unitario di resistenza a trazione: **3670 kg/cm²;**
- Carico unitario di snervamento: **2396 kg/cm²;**

Per l'apparecchio illuminante le caratteristiche sono:

- Armatura stradale in termoplastico stampato ad iniezione;
- Grado di protezione: **IP65;**
- Grado di protezione meccanica: **IK08;**
- Temperatura max: **650° C;**
- Superficie esposta (a vantaggio della sicurezza): **0,23 m²;**
- Peso: **11,5 kg.**

1.1 MOMENTO D'INCASTRO DOVUTO ALL'AZIONE DEL VENTO SUL PALO

A vantaggio della sicurezza si considera la spinta del vento applicata a $\frac{2}{3}$ H ed agente perpendicolarmente sullo sviluppo piano della superficie del palo, pertanto:

$$M_{fp} = S_v \times A_p \times \frac{H}{2} = 125 \times 1,85 \times \frac{2}{3} \times 11,20 = 1.726,67 \text{kgm}$$

Dove:

- M_{fp} è il momento d'incastro dovuto all'azione del vento sul palo;
- S_v è la spinta del vento calcolata secondo le NTC 2008 e la circolare n.617 del 02.02.2009 che vale 125 kg/m²;
- A_p è lo sviluppo di metà superficie del palo pari a 1,85 m²;
- H è l'altezza fuori terra del palo pari a 11,20 m.

1.2 MOMENTO D'INCASTRO DOVUTO ALLA SPINTA DEL VENTO SULL'ARMATURA

A vantaggio della sicurezza si considera la spinta del vento applicata a $\frac{1}{2}$ h ed agente perpendicolarmente sullo sviluppo piano della superficie dell'armatura considerata verticale, pertanto:

$$M_{fa} = S_v \times A_a \times (H + \frac{h}{2}) = 125 \times 0,23 \times 11,45 = 329,19 \text{kgm}$$

Dove:

- M_{fa} è il momento d'incastro dovuto all'azione del vento sull'armatura verticale;
- S_v è la spinta del vento calcolata secondo le NTC 2008 e la circolare n.617 del 02.02.2009 che vale 125 kg/m^2 ;
- A_a è lo sviluppo della superficie dell'armatura pari a $0,23 \text{ m}^2$;
- h è l'altezza dell'armatura pari a $0,50 \text{ m}$.

1.3 PESO ECCENTRICO ARMATURA

$$M_{pa} = P_a \times \left(b + \frac{h}{2}\right) = 11,5 \times 2,75 = 31,63 \text{kgm}$$

Dove:

- M_{pa} è il momento d'incastro dovuto all'eccentricità del peso dell'armatura;
- P_a è il peso dell'armatura pari a $11,50 \text{ kg}$;
- b è la lunghezza del braccio pari a $2,50 \text{ m}$;
- h è l'altezza dell'armatura pari a $0,50 \text{ m}$.

1.4 MOMENTO FLETTENTE TOTALE ALL'INCASTRO

$$M_{ft} = M_{ft} + M_{fa} + M_{pa} = 1.726,67 + 329,19 + 31,63 = 2.087,49 \text{kgm}$$

1.5 MODULO DI RESISTENZA ALLA BASE DEL PALO

In virtù di quanto sopra ed affinché il palo possa resistere all'incastro dovrà valere:

$$W > \frac{M_{ft} \times 10^2}{\sigma} = \frac{2.087,49 \times 10^2}{2.396} = 87,12 \text{cm}^3$$

Dove:

- W è il modulo di resistenza alla base del palo;
- M_{ft} è il momento flettente totale all'incastro;
- σ è il carico unitario di snervamento (è stato considerato il minore a vantaggio della sicurezza).

2 VERIFICA DEI PLINTI DI FONDAZIONE DEI PALI

La fondazione ha lo scopo di sostenere i pali di illuminazione ed è realizzata tramite un blocco unico prefabbricato di calcestruzzo armato e vibrato, generalmente di forma parallelepipedica.

Il dimensionamento del plinto di fondazione viene effettuato ipotizzando delle dimensioni e verificandone successivamente l' idoneità statica sulla base di quanto previsto dalle norme:

- D.M.le 14.01.2008: Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare M.I. 2 Febbraio 2009 n.617 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

La stabilità del plinto di fondazione si ha con il verificarsi della disequaglianza di cui alla formula (1):

$$M_{rib.} \leq M_{res.} \quad (1)$$

dove:

- $M_{rib.}$ è il momento rispetto al piano di appoggio determinato dall'azione del vento espresso in kgm;
- $M_{res.}$ è il momento rispetto al piano d'appoggio della forza peso del plinto sommata alla forza esercitata dal terreno, il tutto calcolato per il caso di fondazioni a blocco unico di forma parallelepipedica ed espresso in kgm;
- γ è il peso specifico del terreno espresso in kg/m^3 ;
- P è il peso del blocco di fondazione, della struttura che insiste su di esso e del terreno eventualmente contenuto nelle cavità del blocco stesso, espresso in kg;
- a è il lato, o diametro per le fondazioni circolari, in m, della base del blocco non intersecato dalla proiezione verticale della risultante di tutte le forze applicate al sostegno espresso in m;
- b è il lato, o diametro per le fondazioni circolari, in m, della base del blocco intersecato dalla proiezione verticale della risultante di tutte le forze applicate al sostegno espresso in m;
- c è la profondità d'interramento del blocco espressa in m.

Il momento ribaltante $M_{rib.}$ viene valutato in funzione delle forze orizzontali che agiscono sul palo, costituite unicamente dall'azione del vento che viene valutata facendo riferimento al D.M.le 14.01.2008 da cui si ricava, per il nostro caso, a vantaggio della sicurezza:

$$P = 125 \frac{kg}{m^2}$$

Difatti:

$$P = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d \quad (2)$$

dove:

- q_b è la pressione cinetica di riferimento espressa in N/m^2 pari a $\frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2$ ed essendo:
 - ✓ v_b è la velocità di riferimento del vento espressa in m/s e pari nel nostro caso a 28 m/sec.;
 - ✓ ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a $1,25 kg/m^3$.
- c_e è il coefficiente di esposizione funzione dell'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dall'esposizione del luogo dove sorge la costruzione;
- c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento; normalmente assume valore 1,0;
- c_d è il coefficiente dinamico che permette di tener conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali; normalmente assume valore 1,0.

Nella verifica in oggetto:

1. in relazione all'ubicazione dell'intervento a Ispica, sulla base della Tabella 3.3.I delle norme di cui al D.M.le 14.01.2008, si ha:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [l/s]
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020

2. in relazione alla classe di rugosità del terreno, sulla base della Tabella 2 delle norme di cui al D.M.le 14.01.2008, si ha:

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi, ...)

3. in relazione alla Classe di rugosità D, sulla base della Figura 3.3.2 delle norme di cui al D.M.le 14.01.2008, si ha una categoria di esposizione del sito pari a II, a cui corrispondono, sulla base della Tabella 3.3.II del D.M. 14 Gennaio 2008, i seguenti valori:

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
II	0,19	0,05	4

4. in relazione all'altezza (z) fuori terra del palo pari a 11,50 m, sulla base della Tabella 3.3.II delle norme di cui al D.M.le 14.01.2008, si ha:

$$z \geq z_{min} \quad (3)$$

a cui corrisponde la seguente formula per il calcolo di C_e come riportato nel punto 3.3.5 delle norme di cui al D.M.le 14.01.2008:

$$c_e(z) = k_r^2 \times c_t \times \ln \frac{z}{z_0} \times \left(7 + c_t \times \ln \frac{z}{z_0} \right) \quad (4)$$

Nella formula (4) compare il fattore c_t , detto coefficiente di topografia, che normalmente assume valore pari a 1,0 sia per zone pianeggianti che per quelle ondulate, collinose e montane. Nel caso di costruzioni ubicate presso la sommità di colline o pendii isolati il coefficiente di topografia deve essere valutato con analisi più approfondite.

Inserendo nella formula (4) i dati di progetto sopra riportati si ha:

$$c_e(z) = 0,19^2 \times 1 \times \ln \frac{11,5}{0,05} \times \left(7 + 1 \times \ln \frac{11,5}{0,05} \right) = 2,442$$

mentre inserendo nella formula (2) i dati di progetto sopra riportati si ha:

$$P = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 28^2 \times 2,442 \times 1 \times 1 = 1196,58 \frac{N}{m^2} \approx 125 \frac{kg}{m^2}$$

Per la valutazione del Momento Ribaltante si ha:

$$M_{rib.} = \frac{M_{ft} \times (H + c)}{H} = 2.311,15 \text{kgm}$$

Il momento resistente $M_{res.}$ viene valutato in funzione della forza peso F_p della fondazione con quella del palo e della forza esercitata dal terreno circostante in cui è interrato il plinto:

$$M_{res.} = \gamma \times b \times c^3 + F_p \times \frac{a}{2}$$

Dove:

- γ vale 1.800,00 kg/m³;
- $a = b = 1,0$ m;
- c vale 1,2 m;

$$- F_p = 1,2(m) \times 1,0(m) \times 1,0(m) \times 2300\left(\frac{kg}{m^3}\right) - \pi \times \frac{D^2(m^2)}{4} \times 0,8(m) \times 2300\left(\frac{kg}{m^3}\right) + 163(kg) + 11,5(kg) = 2.851,26kg$$

Sostituendo si ha:

$$M_{res.} = 1800 \times 1,0 \times 1,2^3 + 2.851,26 \times \frac{1,0}{2} = 4.536,03kgm$$

Dai calcoli sopra effettuati risulta evidente che

$$M_{rib.} \leq M_{res.}$$

Pertanto una fondazione avente dimensioni $a \times b \times c = 1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ con foro centrale di diametro 0,24 m e profondità pari a 0,8 m verifica la stabilità del palo.