

RELAZIONE DI CALCOLO DI UN PLINTO PER PUBBLICA ILLUMINAZIONE

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda il calcolo di stabilità di un plinto in c.a. per sostegno pali di illuminazione prodotti dalla ditta SEM tipologia codice 4460, 4560, 4880, 4980 e 41080.

2. NORME DI RIFERIMENTO E STANDARD

Questa relazione di calcolo è eseguita nel rispetto della normativa vigente in Italia ed in accordo alle specifiche di progettazione, in particolare:

- Legge 5/11/1971 n. 1086

“Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica”

- D.M. 14/01/2008

“Norme tecniche per le costruzioni”

- Norme CEI 11-4

3. MATERIALI DA COSTRUZIONE

Per le opere della seguente relazione, sono prescritti i seguenti materiali:

- Calcestruzzo per plinto: $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$
 - resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 15,7 \text{ N/mm}^2$
 - resistenza di calcolo a trazione $f_{ctd} = 1,15 \text{ N/mm}^2$
 - peso specifico $\gamma_{calc} = 24,0 \text{ KN/m}^3$
- Acciaio per armatura: B 450 C
 - tensione di snervamento $f_{yd} = 450 \text{ N/mm}^2$
 - modulo elastico $E = 206.000 \text{ N/mm}^2$
 - coefficiente di omogeneizzazione $n = 15$

4. CARICHI DI PROGETTO

La verifica di stabilità viene eseguita considerando l'azione del vento sul palo di illuminazione; dato che le masse in gioco sono di piccola entità, l'azione sismica che nascerebbe, per qualsiasi zona sismica, è sempre inferiore rispetto all'azione del vento → per questo motivo non si effettuano verifiche sismiche.

4.1. Caratteristiche geometriche del palo

Palo rastremato:



PALO CONICO DIRITTO DA LAMIERA SALDATA SPESSORE 3 mm.

in acciaio S235 JR (Fe 360 b) UNI EN 10025,
zincato a caldo secondo UNI EN ISO 1461;
Lavorazioni standard alla base (pag. 9).

articolo	L mm	I mm	s mm	D mm	d mm	vern. m ²	portella articolo	peso kg	conf. pz
4460	4.500	500	3	105	60	1,17	4300/1	27,0	1
4560	5.500	500	3	115	60	1,51	4300/1	35,0	1
4880	8.800	800	3	148	60	2,88	4301/2	66,0	1
4980	9.800	800	3	158	60	3,36	4301/2	79,0	1
41080	10.800	800	3	168	60	3,87	4301/2	93,0	1

L = Altezza fuori terra

I = Incastro alla base

s = Spessore

D = Diametro alla base

d = Diametro in sommità

Distanza baricentro armatura da asse palo: $x = 0,00$ m; come diametro medio teniamo rispettivamente 83 mm, 88 mm, 104 mm, 109 mm e 114 mm.

Nella tabella sottostante ci sono le superfici massime esposte al vento (m²)

Zona 1 (max 1.000 m s.l.m.)

Zona 2 (max 750 m s.l.m.)

Vref0 25 m/sec

	I	II	III	IV
	~ 140	~ 120	~ 110	
4460	0,65	0,80	0,90	0,95
4560	0,55	0,65	0,80	0,85
4880	0,30	0,40	0,60	0,60
4980	0,25	0,35	0,55	0,60
41080	0,25	0,30	0,50	0,55

4.1. Caratteristiche geometriche del corpo illuminante

N°1 corpo illuminante:

Peso proprio: $P_a = 0,25$ kN

Distanza baricentro armatura da asse palo: $x = 0,00$ m

Superficie laterale max esposta al vento: $A_{max} = 0,13$ m²

Superficie laterale min esposta al vento: $A_{min} = 0,07$ m²

4.2. Azioni del Vento

L'azione del vento sul palo di illuminazione è valutata secondo le indicazioni della normativa italiana; facendo riferimento ad una località situata in zona 1 (Lombardia) altitudine del sito $a_s < 1.000$ m s.l.m. e distanza dal mare > 10 km, si hanno i seguenti parametri:

zona 1 (Lombardia): $v_{bo} = 25$ m/sec (Tr= 50 anni)

$$a_0 = 1000 \text{ m}$$

altitudine sito: $a_s < a_0 = 1.000$ m s.l.m.

distanza dal mare > 10 km

classe di rugosità del terreno B (aree URBANE - non di classe A-, suburbane, industriali e boschive) categoria di esposizione IV:

$$k_f = 0,22$$

$$z_0 = 0,30 \text{ m}$$

$$z_{min} = 8 \text{ m}$$

coefficiente di topografia: $c_t = 1,00$

pressione cinetica di picco: $q(z) = 1/2 * \rho * c_e(z) * v_{bo}^2$

$$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3 \text{ (densità dell'aria)}$$

- Pressione del Vento sul fusto del palo (z= altezza fusto palo)

coefficiente di esposizione: $c_e(z) = k_{fz} * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$

con $k_f = 0,22$; $z_0 = 0,30$ m; $z_{min} = 8,00$ m

per $z \leq 8,00$ m \rightarrow $c_e = 1,63$ [codice palo 4460, 4560 e 4880]

per $z = 9,00$ m \rightarrow $c_e = 1,71$ [codice palo 4980]

per $z = 10,00$ m \rightarrow $c_e = 1,78$ [codice palo 41080]

4.2.1. Azione del vento sul corpo illuminante:

$H_2 = p_2 * A$ dove A = superficie trasversale del corpo illuminante)

$A_{min} = 0,07$ m² (vento in direzione frontale)

$A_{max} = 0,15$ m² (vento in direzione laterale)

coefficiente di forma: $c_f = 1,2$

$$p_2 = c_f * q = 1,2 * 667,97 = 801,56 \text{ N/m}^2$$

$$H_{2min} = 801,56 * 0,07 = 56,10 \text{ N}$$

$$H_{2max} = 801,56 * 0,13 = 104,20 \text{ N}$$

4.2.2. Azione su palo codice 4460

coefficiente di forma: $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 1,232$

essendo: $d_m = 0,083 \text{ m};$
 $q (z=4,00\text{m}) = 636,72 \text{ N/m}^2;$
 $d_m * \sqrt{q} = 0,083 * 25,23 = 2,09$

coefficiente dinamico: $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 636,72 * 1,232 * 1,00 = 784,44 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,083 * 784,44 = 65,11 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 4,00 * 65,11 = 260,43 \text{ N}$$

4.2.1. Azione su palo codice 4560

coefficiente di forma: $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 1,199$

essendo: $d_m = 0,088 \text{ m};$
 $q (z=5,00\text{m}) = 636,72 \text{ N/m}^2;$
 $d_m * \sqrt{q} = 0,088 * 25,23 = 2,22$

coefficiente dinamico: $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 636,72 * 1,199 * 1,00 = 763,43 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,088 * 763,43 = 67,18 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 5,00 * 67,18 = 335,91 \text{ N}$$

4.2.1. Azione su palo codice 4880

coefficiente di forma: $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 1,093$

essendo: $d_m = 0,104 \text{ m};$
 $q (z = 8,00\text{m}) = 636,72 \text{ N/m}^2;$
 $d_m * \sqrt{q} = 0,104 * 25,23 = 2,62$

coefficiente dinamico: $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 636,72 * 1,093 * 1,00 = 695,88 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,104 * 695,88 = 72,37 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 8,00 * 72,37 = 578,97 \text{ N}$$

4.2.1. Azione su palo codice 4980

coefficiente di forma: $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 1,042$

essendo: $d_m = 0,109 \text{ m};$
 $q (z = 9,00\text{m}) = 667,97 \text{ N/m}^2;$
 $d_m * \sqrt{q} = 0,109 * 25,84 = 2,82$

coefficiente dinamico: $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 667,97 * 1,042 * 1,00 = 696,19 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,109 * 696,19 = 75,88 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 9,00 * 75,88 = 682,96 \text{ N}$$

4.2.1. Azione su palo codice 41080

coefficiente di forma: $c_f = 1,783 - 0,263 * d_m * \sqrt{q} = 0,992$

essendo: $d_m = 0,114 \text{ m};$
 $q (z = 10,00\text{m}) = 695,31 \text{ N/m}^2;$
 $d_m * \sqrt{q} = 0,114 * 26,37 = 3,01$

coefficiente dinamico: $c_d = 1,00$

pressione del vento sul fusto palo:

$$p_1 = q * c_f * c_d = 695,31 * 0,992 * 1,00 = 690,03 \text{ N/m}^2$$

$$q_1 = d_m * p_1 = 0,114 * 690,03 = 78,66 \text{ N/m}$$

$$H_1 = h * q_1 = 10,00 * 78,66 = 786,64 \text{ N}$$

4.3. Caratteristiche terreno

Per il calcolo della spinta delle terre agente sul blocco di fondazione, si considerano i seguenti parametri:

Terreno vegetale:

- Peso specifico: $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito del terreno: $\varphi = 30^\circ$
- Spinta passiva: $k_p = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) = 3,00$
- Coefficiente di attrito terreno-plinto: $\delta = 2/3 \text{tg } \varphi = 0,38$

4.4. Peso proprio plinto

Per il peso proprio blocco di fondazione consideriamo un peso specifico pari a 24 kN/m^3 ; per ogni tipologia di palo è stato verificato un plinto di dimensione adatta alle azioni in gioco.

Posizione del baricentro: $x_G = 0,00 \text{ m} \rightarrow$ Consideriamo il palo centrato sul plinto.

5. VERIFICHE DI STABILITÀ

5.1. Palo codice 4460

5.1.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 4,0 m; sbraccio palo $w = 0,00$ m; diametro medio $d_m = 0,088$ m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2min} = 0,260 + 0,104 = 0,364 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 60x60x70h** che ha un peso pari a 6,05 kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{rib} = 0,260 * 2,00 + 0,104 * 4,00 - (0,27 + 0,25) * 0,30 = 0,79 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando $\frac{1}{2}$ della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 0,60 * 0,60 * 0,70/2) = 3,402 \text{ kN}$$

$$M_{res} = (6,05 * 0,3 + 3,402 * 0,60/3) = 2,496 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

5.1.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole: $\psi_{G1} = 0,9$; permanenti sfavorevole: $\psi_{G1} = 1,1$

variabili favorevole: $\psi_{Q1} = 0,0$; variabili sfavorevole: $\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{ribTOT} = 1,5 * M_{rib} = 1,5 * 0,79 = 1,185 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 \quad M_{res}/M_{ribTOT} = 0,9 * 2,496 / 1,185 = \mathbf{1,896} > \mathbf{1,00} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

5.1.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole: $\psi_{G1} = 1,0$ permanenti sfavorevole: $\psi_{G1} = 1,0$

variabili favorevole: $\psi_{Q1} = 0,0$ variabili sfavorevole: $\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \quad \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \text{ tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 6,05 + 0,27 + 0,25 = 6,57 \text{ kN}$$

$$T = 0,26 + 0,104 = 0,364 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 6,57) / (1,25 * 1 / (0,364 * 1,3)) = \mathbf{4,221} > \mathbf{1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

5.2. Palo codice 4560

5.2.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 5,0 m; sbraccio palo $w = 0,00$ m; diametro medio $d_m = 0,089$ m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2min} = 0,336 + 0,104 = 0,440 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 70x70x70h** che ha un peso pari a 8,232kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{rib} = 0,336 * 2,50 + 0,104 * 5,00 - (0,35 + 0,25) * 0,35 = 1,15 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando $\frac{1}{2}$ della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 0,70 * 0,70 * 0,70 / 2) = 4,631 \text{ kN}$$

$$M_{res} = (8,232 * 0,35 + 4,631 * 0,70 / 3) = 3,962 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

5.2.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 0,9$;	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,1$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$;	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{ribTOT} = 1,5 * M_{rib} = 1,5 * 1,15 = 1,725 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 M_{res} / M_{ribTOT} = 0,9 * 3,962 / 1,725 = \mathbf{2,067 > 1,00} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

5.2.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \text{ tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 8,232 + 0,35 + 0,25 = 8,832 \text{ kN}$$

$$T = 0,336 + 0,104 = 0,44 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 8,832) / (1,25 * 1 / (0,44 * 1,3)) = \mathbf{4,694 > 1,10}.$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

5.3. Palo codice 4880

5.3.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 8,0 m; sbraccio palo $w = 0,00$ m; diametro medio $d_m = 0,104$ m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2min} = 0,579 + 0,104 = 0,683 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 80x80x100h** che ha un peso pari a 15,36 kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{rib} = 0,579 * 4,50 + 0,104 * 8,00 - (0,66 + 0,25) * 0,40 = 3,074 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando $\frac{1}{2}$ della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 0,80 * 0,80 * 1,0/2) = 8,640 \text{ kN}$$

$$M_{res} = (15,36 * 0,40 + 8,640 * 1,00/3) = 9,024 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

5.3.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 0,9$;	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,1$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$;	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{ribTOT} = 1,5 * M_{rib} = 1,5 * 3,074 = 4,610 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 M_{res} / M_{ribTOT} = 0,9 * 9,024 / 4,610 = \mathbf{1,762 > 1,00} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

5.3.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \text{ tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 15,36 + 0,66 + 0,25 = 16,27 \text{ kN}$$

$$T = 0,579 + 0,104 = 0,683 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 16,27) / (1,25 * 1 / (0,683 * 1,3)) = \mathbf{5,571 > 1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

5.4. Palo codice 4980

5.4.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 9,0 m; sbraccio palo $w = 0,00$ m; diametro medio $d_m = 0,109$ m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2\min} = 0,683 + 0,104 = 0,787 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 90x90x100h** che ha un peso pari a 19,44 kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{\text{rib}} = 0,683 * 5,00 + 0,104 * 9,00 - (0,79 + 0,25) * 0,45 = 3,883 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando $\frac{1}{2}$ della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 0,90 * 0,90 * 1,0/2) = 10,935 \text{ kN}$$

$$M_{\text{res}} = (19,44 * 0,45 + 10,935 * 1,0/3) = 12,39 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

5.4.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 0,9$;	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,1$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$;	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{\text{ribTOT}} = 1,5 * M_{\text{rib}} = 1,5 * 3,883 = 5,825 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 M_{\text{res}} / M_{\text{ribTOT}} = 0,9 * 12,393 / 5,825 = \mathbf{1,915 > 1,00} \quad \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

5.4.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \quad \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \quad \text{tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 19,44 + 0,79 + 0,25 = 20,47 \text{ kN}$$

$$T = 0,683 + 0,104 = 0,787 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 20,47) / (1,25 * 1 / (0,787 * 1,3)) = \mathbf{6,082 > 1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

5.5. Palo codice 41080

5.5.1. Verifica al ribaltamento laterale – GEO

Per pali d'illuminazione di questo tipo (altezza palo fuori terra 10,0 m; sbraccio palo $w = 0,00$ m; diametro medio $d_m = 0,114$ m) l'azione totale del vento in direzione frontale, risulta:

$$H_v = H_1 + H_{2min} = 0,787 + 0,104 = 0,891 \text{ kN}$$

Utilizzando un **plinto 100x100x100h** che ha un peso pari a 24,00 kN il momento ribaltante, rispetto al vertice esterno del plinto stesso, risulta:

$$M_{rib} = 0,787 * 5,50 + 0,104 * 10,00 - (0,93 + 0,25) * 0,50 = 4,779 \text{ kNm}$$

Il momento resistente, considerando $\frac{1}{2}$ della spinta passiva resistente, vale:

$$R_p = 1/2 * (3,00 * 18,00 * 1,00 * 1,00 * 1,0/2) = 13,50 \text{ kN}$$

$$M_{res} = (24,00 * 0,50 + 13,50 * 1,0/3) = 16,50 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

5.5.2. Verifica al ribaltamento laterale – EQU

Si esegue la verifica a ribaltamento con riferimento agli stati limite di equilibrio di corpo rigido (EQU) in accordo alle Norme Tecniche del 14.01.08 par.6.5.3.1.1:

Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 0,9$;	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,1$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$;	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,5$

$$M_{ribTOT} = 1,5 * M_{rib} = 1,5 * 4,778 = 7,169 \text{ kNm}$$

$$\eta_r = 0,9 M_{res} / M_{ribTOT} = 0,9 * 16,50 / 7,169 = \mathbf{2,071} > \mathbf{1,00} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Per cui il blocco risulta verificato al ribaltamento.

5.5.3. Verifica allo slittamento - GEO

Si esegue la verifica allo scorrimento con riferimento agli stati limite considerando l'approccio 1, combinazione 2 (GEO), in accordo alle Norme tecniche del 14.01/08, par.6.4.2.1:

- Coefficienti parziali:

permanenti favorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$	permanenti sfavorevole:	$\psi_{G1} = 1,0$
variabili favorevole:	$\psi_{Q1} = 0,0$	variabili sfavorevole:	$\psi_{Q1} = 1,3$

- Coefficienti parziali per parametri geotecnici – M2

$$\text{tg}\phi' \psi_{\phi'} = 1,25$$

$$\text{coefficiente di attrito terreno-plinto: } f = 2/3 \text{ tg}\phi' = 0,38$$

$$N = 24,00 + 0,93 + 0,25 = 25,18 \text{ kN}$$

$$T = 0,787 + 0,104 = 0,891 \text{ kN}$$

$$\eta_s = (f * N) / (1,25 * 1 / (1,3 * T)) = (0,38 * 25,18) / (1,25 * 1 / (0,891 * 1,3)) = \mathbf{6,609} > \mathbf{1,10}$$

Per cui il blocco risulta verificato allo slittamento.

6. CONCLUSIONI

I plinti in esame con le dimensioni adatte alla tipologia di palo utilizzato sono stati verificati per sostenere pali di illuminazione di varia altezza ; in sommità è stata considerata la presenza di un corpo illuminante tipo testa palo, (le linee non sono aeree ma interne al palo stesso); il carico del vento è riferito ad una località situata in zona 1 (Lombardia), altitudine del sito < 1.000 m s.l.m. e distanza dal mare > 10km.

Per altezze e sbracci maggiori, e carichi del vento diversi occorre fare una verifica specifica di stabilità.

Per quanto riguarda le pressioni massime del plinto sul terreno si hanno i seguenti valori:

- Palo codice 4460

$$M = 1,185 \text{ kNm} \quad e = M / N = 1,185 / 6,57 = 0,180 \text{ m}$$

$$u = 0,60 / 2 - 0,18 = 0,120 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 6,57 / (2 * 0,12 * 0,60) = 45,625 \text{ kNm}^2$$

- Palo codice 4560

$$M = 1,725 \text{ kNm} \quad e = M / N = 1,725 / 8,832 = 0,195 \text{ m}$$

$$u = 0,70 / 2 - 0,195 = 0,155 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 8,832 / (2 * 0,155 * 0,70) = 40,700 \text{ kNm}^2$$

- Palo codice 4880

$$M = 4,610 \text{ kNm} \quad e = M / N = 4,610 / 16,27 = 0,283 \text{ m}$$

$$u = 0,80 / 2 - 0,283 = 0,117 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 16,27 / (2 * 0,117 * 0,80) = 86,812 \text{ kNm}^2$$

- Palo codice 4980

$$M = 5,825 \text{ kNm} \quad e = M / N = 5,825 / 20,47 = 0,285 \text{ m}$$

$$u = 0,90 / 2 - 0,285 = 0,165 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 20,47 / (2 * 0,165 * 0,90) = 68,923 \text{ kNm}^2$$

- Palo codice 41080

$$M = 7,169 \text{ kNm} \quad e = M / N = 7,169 / 25,18 = 0,285 \text{ m}$$

$$u = 1,00 / 2 - 0,285 = 0,215 \text{ m}$$

$$\sigma_T = 25,18 / (2 * 0,215 * 1,00) = 58,558 \text{ kNm}^2$$

I valori trovati sono accettabili anche per terreni di tipo vegetale consistente.

In ogni caso nella posa in opera è consigliabile realizzare un sottofondo di spessore min. 10cm di calcestruzzo magro, necessario alla ripartizione dei carichi su tutta la superficie di appoggio.