Comune di Sestu
Prot.0034499/2018
Registrazione del 21/12/2018 ore 10:43
Classificazione: . . A

COMUNE DI SESTU

Provincia di Cagliari

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

PROGETTO

COMPLETAMENTO DELLA SISTEMAZIONE DELLA VIA O. AUGUSTO, VIA MARZABOTTO E VIA COSTITUZIONE

ELABORATO	ALLEGATO	SCALA
Relazione di calcolo strutturale	N	
		DATA: DICEMBRE 2018

PROGETTAZIONE

DOTT. ING. GIANFRANCO CAU

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA DI CAGLIARI
N. 4794 Dott. Ing. GIANFRANCO CAU

LA SINDACA

DOTT.SSA MARIA PAOLA SECCI

IL RESPONSABILE DELL'UFFICIO TECNICO - SETTORE LL.PP.

ING. ALIDA CARBONI

Relazione di calcolo per la fondazione dei pali di illuminazione

Località: Sestu (CA)

Via O Augusto
Per conto di: Comune di Sestu

1. Normative di riferimento 3

2. Descrizione della struttura 4

3. Descrizione del terreno 5

4. Analisi dei carichi 5

5. Verifiche sul terreno 7

6. Verifiche sul calcestruzzo 9

1. Normative di riferimento

L. 05.11.1971, n. 1086
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

D.M. LL.PP. del 14.02.1992
Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. del 09.01.1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. del 16.01.1996
Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

D.M. del 16.01.1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministeriale del 04.07.1996 n. 156AA.GG./STC.
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 Decreto Ministeriale 16.01.1996.

L. 02.02.1974, n. 64
Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche.

D.M. LL. PP. E INT. 19.06.1984
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

D.M. LL. PP. 11.03.1988
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.

Circolare Ministeriale del 24.07.1988, n. 30483/STC.

Legge 2 Febbraio 1974 n. 64, art. 1 - D.M. 11 Marzo 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.

Circolare Ministeriale del 15.10.1996 N°252.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M.09.01.1996

Circolare Ministeriale del 10.04.1997 N°65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M.16.01.1996

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3274 del 20.03.2003.
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

EC 2/1992, EC 2/2005, NTC/2008.

NTC/2018 del 22 marzo 2018.

2. Descrizione della struttura

La struttura oggetto del presente calcolo è il palo di sostegno per gli apparecchi di illuminazione pubblica.
Il palo è in acciaio e possiede le seguenti caratteristiche fisiche e geometriche:

PALO		
H totale	9300 mm	9,30 m
H f.t.	8500 mm	8,50 m
interramento	800 mm	0,80 m
d	60 mm	0,06 m
D	153 mm	0,15 m
Dft	145 mm	0,15 m
Dm (H=3/4*8,5)	81,25 mm	0,08 m
spessore	3 mm	0,003 m
peso	75 daN	

L'armatura per le lampade presenta le seguenti caratteristiche:

ARMATURA		
sbraccio	750 mm	0,75 m
peso	10 daN	

Il blocco di fondazione ha dimensioni usuali (ed il calcolo che segue ne proverà la congruità). La base è quadrata con lato Lp:

PLINTO		
Hp (altezza)	850 mm	0,85 m
Lp (lato)	600 mm	0,60 m
VOL		0,306 mc

La classe di calcestruzzo usata è Rck 200 daN/cmq.
Le tensioni ammissibili sul calcestruzzo sono le seguenti:

$$\tau_{c0} = 4 + \frac{R_{ck} - 150}{75}\left[\frac{daN}{cm^2}\right]$$

$$\sigma_c = 60 + \frac{R_{ck} - 150}{4}\left[\frac{daN}{cm^2}\right]$$

$$\tau_{c1} = 14 + \frac{R_{ck} - 150}{35}\left[\frac{daN}{cm^2}\right]$$

3. Descrizione del terreno

I parametri che caratterizzano il terreno sono desunti dalla relazione geotecnica e vengono di seguito riassunti:

TERRENO		
phi	32 gradi	0,575959 rad
gamma	2200 daN/mc	
c (coesione)	0,1 daN/cmq	
E (mod. elast.)	500 daN/cmq	
G (mod. elast. Tg.)	200 daN/cmq	
Ka (coeff sp. Att.)	0,307259	
Kp (coeff sp. Pass.)	3,254588	
delta (ang. Attr.)	11 gradi	0,191889 rad
f =tg delta=	0,194279	
p_amm	1 daN/cmq	

4. Analisi dei carichi

I carichi dovuti ai pesi propri sono i seguenti:

ELEMENTO	PESO
Palo	75 daN
Plinto	765 daN
complessivo centrato	**840 daN**

Armatura+lampada	**12 daN**

I carichi impressi dall'azione del vento sono stati calcolati mediante le norme CNR10012/85.

Vref (velocità di riferimento)	30 m/s
alfa_t (coefficiente di topografia)	1
alfa_r (coefficiente di ritorno)	1

coefficiente di profilo alfa_z	
categoria	3
z=	8,5 m
K=	0,22
z0=	0,3 m
alfa_z=	0,7356886

velocità media - pressione cinetica		
Vz= Vref*alfa_t*alfa_r*alfa_z'	22,07 m/s	
p=	304,45 N/mq	30,44462 daN/mq

forza di calcolo Fc [Fc=Cf*p*G*Dm]

G coefficiente di raffica = 1 + 1.12 alfa_d/alfa_z	
alfa_d =	1,1
G=	2,674621

Cf coefficiente di forza	
H/B	104,61538
Vz*B=	1,7932409
Cf0=	1,2
correzione Cf0	
lambda=	104,61538
K=	0,98
Cf=Cf0*K=	1,176

Carico per unità di lunghezza		
Fc=	93,365158 N/m	9,336516 daN/m

La situazione relativa ai carichi viene di seguito riassunta:

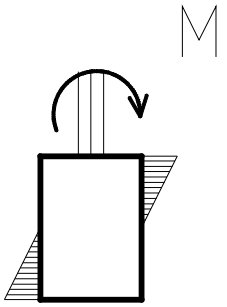
Q1=	840 daN	palo+plinto
Q2=	12 daN	armatura
N=	852 daN	tot
p=	9,34 daN/m	vento
T =	79,36 daN	

Mp=	369,03 daN m	vento
Ml=	3,75 daN m	armatura
M	372,78 daN m	tot

5. Verifiche sul terreno

Verifica semplificata

Si eseguirà innanzitutto una verifica semplificata sul terreno nell'ipotesi che il momento applicato sia sopportato completamente dalle pareti verticali del blocco di fondazione e che le tensioni assumano la configurazione triangolare intrecciata tipica dei materiali elastici, con asse neutro a metà altezza del blocco di fondazione. In questa situazione il momento viene contrastato da una coppia di forze orizzontali di intensità pari al volume del diagramma delle tensioni.



Con queste ipotesi il momento è dato dalla forza del vento ipotizzata concentrata a metà altezza del palo:
$M = T (Hft/2 + Hp/2 – H'/3)$

H' = Hp/2	0,425 m
M=	359,77 daNm

sigma_h =	4979,5 daN/m^2	0,497948 daN/cm^2

La tensione sul terreno è inferiore a quella ammissibile di 1 daN/cmq.
D'altra parte sulla base del blocco agisce la forza peso del palo e del blocco di fondazione; la tensione che ne deriva è pari alla risultante (verticale) di queste forze diviso l'area di base:

sigma_v	2366,7 daN/mq	0,24 daN/cmq

Verifica mediante la teoria di Frohlich

Immaginando di incrementare la forza orizzontale agente sul palo a partire dal valore nullo il complesso palo-blocco attraversa diversi stati di equilibrio. Inizialmente le uniche reazioni sono l'attrito fra base del blocco e terreno (Ta) e la una reazione R_1, opposta da una faccia verticale dello scavo al movimento del blocco. In queste condizioni l'equazione di equilibrio è

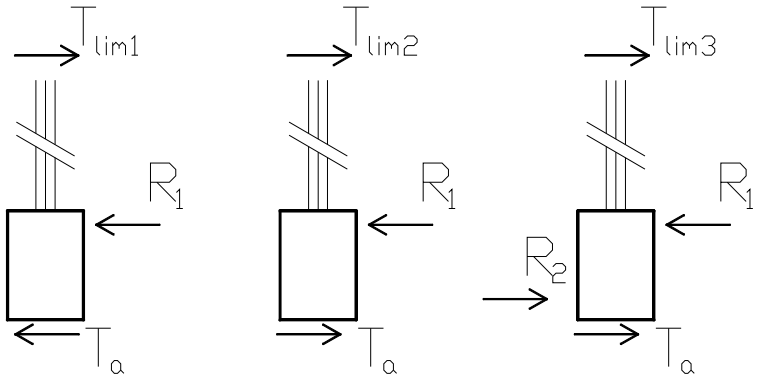
$$R_1 + T_a = T_{lim1}$$

Incrementando la T il blocco tende a ruotare, di modo che la base si muove in senso opposto facendo cambiare verso alla forza di attrito:

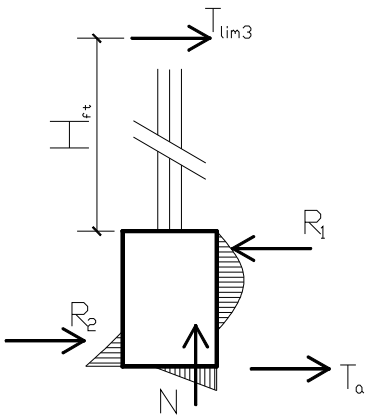
$R_1 - T_a = T_{lim2}$

Dopo che la T_a, cambiata di segno, ha raggiunto il suo valore ultimo, la base scorre, tanto che anche l'altra parete del blocco di fondazione va a contatto col terreno, il quale oppone una reazione R_2.
La nuova equazione di equilibrio diventa:

$T_{lim3} + T_u + R_2 - R_1 = 0$



Bisogna tener presente che le risultanze sperimentali danno per le pressioni di contatto fra blocco e terreno un andamento parabolico:



$$\sigma_{hx} = \left[\sigma_p \frac{x}{h} - (\sigma_p + \sigma_2) \frac{x^2}{h^2} \right],$$

dove

$\sigma_2 = \gamma h K_2$

$$\sigma_p = \gamma h\ K_p$$

con K_p coefficiente di spinta passiva limite e K_2 coefficiente di spinta passiva intermedio. s_2 si ricava imponendo che la parabola sia tangente al diagramma delle pressioni ideale corrispondente alla spinta passiva.
Il valore ultimo della resistenza di attrito sul fondo del blocco è pari a T_u = N tg d con N pari alla risultante dei carichi verticali.
R_1 e R_2 si ricavano dall'integrazione della s_{hx}.
L'equazione di equilibrio alla traslazione diventa:

$$K_2\gamma = \frac{1}{2}\left[K_p\gamma - \frac{6(T+fN)}{L_p H_p^2}\right]$$

Nel caso in cui R_2 non intervenga, si ha:

$$\frac{6(T+fN)}{L_p H_p^2} \geq K_p\gamma .$$

Sostituendo i valori delle grandezze dell'ultima disequazione, si ottiene:

$$478{,}51 < 7160{,}09,$$

quindi R_2 interviene.
L'equilibrio alla rotazione è dato dalla

$$T(H_{ft}/2 + H_p) = M_v + M_O$$

Essa è stata sviluppata dal Frohlich all'equilibrio ultimo ottenendo la seguente espressione:

$$T_u\left[\frac{1}{2}H_{ft} + \frac{1}{3}H_p\right] = \frac{1}{12}K_p\gamma(L_p + H_p)H_p^3 + \frac{2}{3}fNH_p + \frac{1}{2}L_pN$$

Il valore ultimo T_u per la forza orizzontale è

$$T_u = \frac{\frac{1}{12}K_p\gamma(L_p + H_p)H_p^3 + \frac{2}{3}fNH_p + \frac{1}{2}L_pN}{\left[\frac{1}{2}H_{ft} + \frac{1}{3}H_p\right]} = 194{,}28 \quad daN$$

Il coefficiente di sicurezza si ottiene come rapporto

$$T_{u_}/T = 194{,}28/79{,}36 = 2{,}45$$

6. Verifiche sul calcestruzzo

Verifica schiacciamento

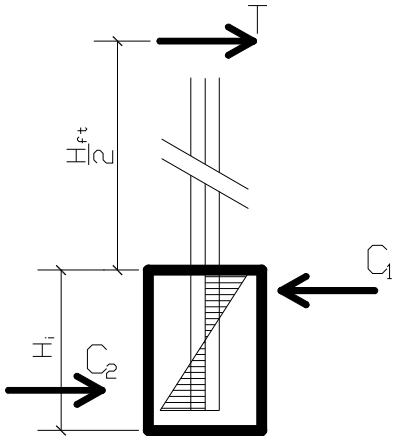
Si eseguirà la verifica a schiacciamento del calcestruzzo considerando la tensione esercitata dal palo sul calcestruzzo nella zona di contatto: verrà calcolata la pressione sulla superficie proiezione del palo nella direzione dello sforzo. Inoltre si supporrà che la rotazione della base del palo abbia il centro di rotazione a metà della parte infissa nella fondazione:

T= 79,36 daN

$M = ½*(H_{ft} + H_i)\ T$ (H_i = altezza di infissione del palo = 80 cm)

M= 369,03 daN m

Con le ipotesi fatte il diagramma delle pressioni è a doppio triangolo intrecciato e simmetrico; la risultante di ciascun diagramma è una forza di intensità pari all'area del diagramma moltiplicata per la profondità dell'area di contatto.



La forza $C_1 = C_2$ è pari a:

$C_1 = 3/2\ M/H_i$

C_1= 691,92 DaN.

Infine lo sforzo massimo è pari a

$\sigma_{max} = 4\ C_1 / (H_i * D_{ft})$

σ_{max} = 23859 daN/mq = 23,85943 daN/cmq

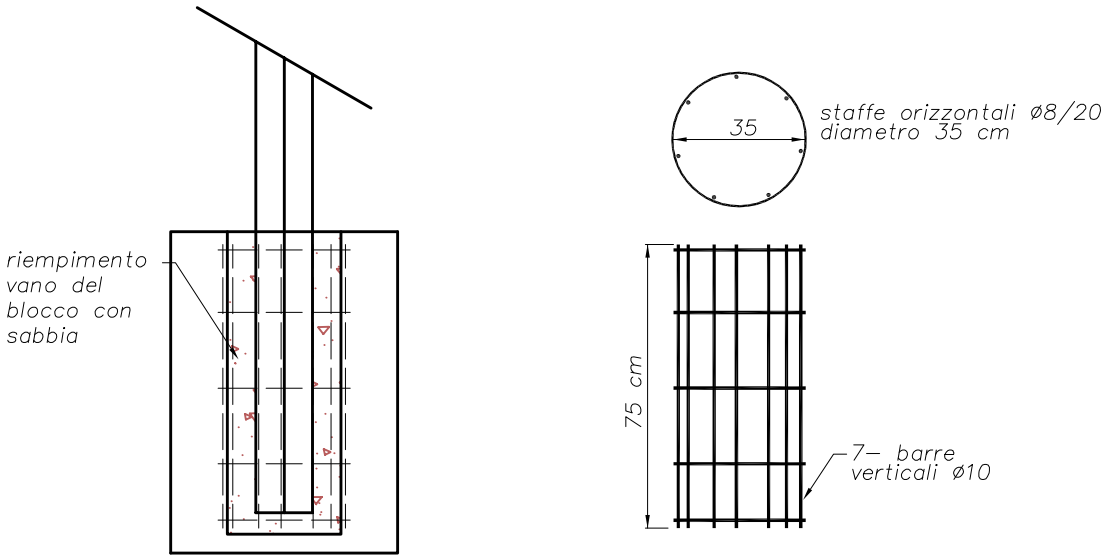
Il valore è senz'altro minore di quello ammissibile.

Armature

Si ritiene comunque corretto armare il blocco, visto che nell'eventualità non remota che l'andamento degli sforzi sia diverso nelle superfici di contatto terreno-blocco e blocco-palo, verrebbero a determinarsi degli sforzi di trazione nel calcestruzzo, in particolare presso la superficie superiore del blocco.

Carpenteria blocco di fondazione

Specifiche	
cls	Rck 250 daN/cmq
Ferri	FeB 44k a. m.



scala 1:20