



PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA

POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO
CUP F520C05000070003

GRUPPO DI PROGETTAZIONE (ATI):

SIS S.r.l. (MANDATARIA)
A&S Engineering S.r.l.
BONIFICA ITALIA S.r.l.
CO.RE. INGEGNERIA
OMNISERVICE Engineering S.r.l.

RESPONSABILI DI PROGETTO:

Prof. Ing. Antonio Bevilacqua
Ordine Ingegneri di Palermo n. 4058
Dott. Ing. Franco Persio Bocchetto
Ordine Ingegneri di Roma n. 8664
Dott. Ing. Vincenzo Calzona
Ordine Ingegneri di Roma n. 16656
Dott. Ing. Pietro Agnello
Ordine Ingegneri di Agrigento n. 543

RESPONS. INTEG. PREST. SPECIALISTICHE
Prof. Ing. Antonio Bevilacqua



UFFICIO DEL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO


RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Vincenzo Corallo

ASSISTENTE
Dott. Ing. Salvatore Dipasquale

STUDI ED INDAGINI - GEOTECNICA


Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore

CODICE: PD-GE02-GET-RE03-B			SCALA: –	DATA: Ottobre 2011	
			NOME FILE: PD-GE02-GET-RE03-B.DOC		
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Visto	Approvato
A	Aprile 2011	EMISSIONE GIUSTO VERB. COMM. REG.LE LL. PP. DEL 11/04/2011	DENARO	ALAGNA	BEVILACQUA
B	Ottobre 2011	REVISIONE GIUSTA ISTRUTTORIA PER C.d.S. OTTOBRE 2011	DENARO	ALAGNA	BEVILACQUA

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.	MATERIALI	3
4.	ANALISI DEI CARICHI.....	4
5.	CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA	6
5.1	CRITERI DI VERIFICA PER LE FONDAZIONI PROFONDE (BARRIERE ANTIRUMORE).....	7
5.2	CRITERI DI VERIFICA PER LE FONDAZIONI DIRETTE (PALI DI ILLUMINAZIONE).....	10
5.2.1	Verifica al ribaltamento.....	10
5.2.2	Verifica allo scorrimento	11
5.2.3	Verifica di capacità portante.....	11
6.	CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE.....	14
6.1	CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONE BARRIERE ANTIRUMORE.....	16
6.2	CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	16
	ALLEGATO 1: VERIFICHE FONDAZIONE BARRIERA ANTIRUMORE	19
	ALLEGATO 4: VERIFICHE FONDAZIONE PALO DI ILLUMINAZIONE L=7.80 M.....	25
	ALLEGATO 5: VERIFICHE FONDAZIONE PALO DI ILLUMINAZIONE L=10.00 M.....	32

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica di calcolo riguarda la verifica geotecnica e strutturale degli elementi costituenti le fondazioni delle opere di mitigazione acustica e gli impianti di illuminazione previsti nel progetto definitivo dei lavori di "Potenziamento dei collegamenti stradali fra la S.S. n. 115 nel tratto Comiso – Vittoria, il nuovo Aeroporto di Comiso e la S.S. n. 514 Ragusa – Catania".

Le barriere acustiche previste lungo l'infrastruttura stradale in oggetto, di altezza variabile da 3 a 5 metri, sono costituite da pannelli modulari di materiale fonoassorbente rivestiti in legno e inseriti in montanti di acciaio del tipo HEB 180 ad interasse di 3 metri, ancorati per mezzo di piastra di base e tirafondi alla fondazione in c.a.

Le barriere di altezza 5 m hanno una fondazione indiretta costituita da singoli pali Ø500 di lunghezza 5 m disposti ad interasse longitudinale di 3m (un palo in corrispondenza di ciascun montante). Tali pali sono collegati in testa da un cordolo in c.a. avente dimensioni trasversali 0.70x0.50 m.


Le barriere di altezza 3 e 4 m hanno una fondazione indiretta costituita da singoli pali Ø400 di lunghezza 4 m disposti ad interasse longitudinale di 3m (un palo in corrispondenza di ciascun montante). Tali pali sono collegati in testa da un cordolo in c.a. avente dimensioni trasversali 0.70x0.50 m.

Gli impianti di illuminazione previsti lungo l'infrastruttura in oggetto, sono costituiti da pali a stelo curvo di altezza variabile tra 7.80 metri e 10 metri. Tali pali sono ancorati ad un blocco di calcestruzzo, che costituisce la fondazione dell'opera stessa.

Le fondazioni pertanto di tali pali sono riassunte nella tabella seguente.

H palo [cm]	Base fondazione [cm]	Altezza fondazione [cm]	Lunghezza fondazione [cm]
780	100	150	100
1000	120	150	120

Tabella 1: Dimensioni fondazioni dei pali di illuminazione

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di progettazione è la seguente:

- Decreto Ministeriale D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni"
- Eurocodice 2 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo"

3. MATERIALI

Per le fondazioni delle barriere antirumore si utilizzano i seguenti materiali:

CALCESTRUZZO PER MAGRONE


Classe di resistenza:	C12/15
Resistenza a compressione cubica caratteristica:	$R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$

CALCESTRUZZO PER OPERE IN FONDAZIONE (BARRIERE ANTIRUMORE)

Classe di resistenza:	C25/30
Resistenza a compressione cubica caratteristica:	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 24,90 \text{ N/mm}^2$
Valore di calcolo della resistenza a compressione cilindrica:	$f_{cd} = 14,11 \text{ N/mm}^2$
Valore medio della resistenza cilindrica a compressione:	$f_{cm} = 32,90 \text{ N/mm}^2$
Valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
Valore di calcolo della resistenza a trazione:	$f_{ctd} = 1,19 \text{ N/mm}^2$
Valore medio del modulo elastico:	$E_c = 31.447 \text{ N/mm}^2$

CALCESTRUZZO PER OPERE IN FONDAZIONE (IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE)

Classe di resistenza:	C20/25
Resistenza a compressione cubica caratteristica:	$R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 20,75 \text{ N/mm}^2$
Valore di calcolo della resistenza a compressione cilindrica:	$f_{cd} = 11,76 \text{ N/mm}^2$
Valore medio della resistenza cilindrica a compressione:	$f_{cm} = 28,75 \text{ N/mm}^2$
Valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctm} = 2,27 \text{ N/mm}^2$
Valore di calcolo della resistenza a trazione:	$f_{ctd} = 1,06 \text{ N/mm}^2$

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Valore medio del modulo elastico:

$$E_c = 30.200 \text{ N/mm}^2$$

ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Tipo:

B450C

Tensione di snervamento caratteristica:

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di snervamento di calcolo:

$$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$$

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

4. ANALISI DEI CARICHI

Per la verifica delle opere le azioni considerate sono il peso delle strutture, il vento e la spinta delle terre.

L'azione del vento è valutata, in termini di pressione, attraverso la seguente espressione (fornita dal D. Min. 14/01/2008): $p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$.

In funzione della regione in cui sorge l'opera (Sicilia) si assume che la zona geografica di riferimento sia la "4" e si calcola:

$v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$, parametro legato alla regione in cui sorge l'opera

$a_0 = 500 \text{ m}$, parametro legato alla regione in cui sorge l'opera


$k_a = 0,020 \text{ 1/s}$, parametro legato alla regione in cui sorge l'opera

da cui deriva, assumendo che l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge l'opera sia $a_s \leq a_0$ e che il valore convenzionale di densità dell'aria sia $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$:

$v_b = v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$, valore caratteristico della velocità del vento

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot (1,25 \text{ kg/m}^3) \cdot (28 \text{ m/s})^2 = 0,49 \text{ kN/m}^2, \text{ pressione cinetica di riferimento.}$$

In relazione alla posizione geografica e topografica dell'opera, si adotta la classe di rugosità D ("Aree prive di ostacoli"). Da ciò discende un'esposizione del sito al vento di II categoria per cui:

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

$k_r = 0,19$, parametro per la definizione del coefficiente di esposizione

$z_0 = 0,05$ m , parametro per la definizione del coefficiente di esposizione

$z_{min} = 4$ m , parametro per la definizione del coefficiente di esposizione

da cui, assumendo come coefficiente di topografia $c_t=1$, un coefficiente di pressione $c_p=1.8$ (1.0) per le barriere antirumore (per i pali di illuminazione) ed un coefficiente dinamico $c_d=1$, per le tre tipologie di barriera antirumore e per le due tipologie di impianti di illuminazione, il coefficiente di esposizione e la pressione del vento sono pari a:

H barriera [cm]	Coeff. di esposizione [-]	Pressione del vento [kN/m ²]
300	2.09	1.84
400	2.13	1.88
500	2.17	1.91

Tabella 2: Pressione del vento agente sulle barriere antirumore

H palo [cm]	Coeff. di esposizione [-]	Pressione del vento [kN/m ²]
780	2.51	1.23
1000	2.62	1.28

Tabella 3: Pressione del vento agente sui pali di illuminazione

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle verifiche in esame si è fatto riferimento ai dati forniti dalla relazione geotecnica.

Come si evince dai profili geomorfologici di progetto, i terreni interessati dalle fondazioni profonde delle barriere antirumore sono i seguenti:


Strato S: sabbie

peso dell'unità di volume

$$\gamma = 17.5-19.5 \text{ kN/m}^3$$

coesione

$$c' = 5-15 \text{ kPa}$$

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

angolo di resistenza a taglio

$$\phi' = 30-35^\circ$$

modulo di Young

$$E = 20-30 \text{ MPa}$$

Strato MCS: marne calcarenitiche sabbiose

peso dell'unità di volume

$$\gamma = 18-19.15 \text{ kN/m}^3$$

coesione

$$c' = 0-10 \text{ kPa}$$

angolo di resistenza a taglio

$$\phi' = 30-35^\circ$$

modulo di Young

$$E = 30-40 \text{ MPa}$$

Strato MCA: marne calcarenitiche argillose

peso dell'unità di volume

$$\gamma = 17.5-19 \text{ kN/m}^3$$

coesione

$$c' = 30-50 \text{ kPa}$$

angolo di resistenza a taglio

$$\phi' = 15-25^\circ$$

modulo di Young

$$E = 30-32 \text{ MPa}$$

Nel corso dei sondaggi meccanici effettuati lungo il tracciato durante la campagna di indagini del progetto definitivo è stata rilevata la presenza della falda idrica a profondità maggiori a 6.00 m dal piano di campagna. In sede di progettazione, a vantaggio di sicurezza, è stata considerata una falda idrica a 6.00 m dal piano di campagna.

Per i pali di illuminazione, poiché le fondazioni sono poco profonde, a favore di sicurezza sono state adottate le seguenti caratteristiche dei terreni:


$\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ peso dell'unità di volume del terreno:

$c'=0 \text{ kN/m}^2$ coesione efficace;

$\phi'=30^\circ$ angolo di resistenza a taglio.

5. CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA

Di seguito si riportano i criteri di verifica geotecnica per le fondazioni su pali delle barriere antirumore e per le fondazioni dirette dei pali di illuminazione. Le risultanze di calcolo sono riportate in allegato e come si può notare tutte le verifiche sono soddisfatte.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

5.1 CRITERI DI VERIFICA PER LE FONDAZIONI PROFONDE (BARRIERE ANTIRUMORE)

Le verifiche geotecniche vengono effettuate impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti ed alternativi denominati "Approccio 1" ed "Approccio 2".

Nella presente progettazione si è adottato l'Approccio 1 che prevede due diverse combinazioni di set di coefficienti: la prima combinazione risulta più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno; la seconda combinazione risulta più gravosa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Le combinazioni sono le seguenti:

- Combinazione 1: A1+M1 (STR)
- Combinazione 2: A2+M2 (GEO).

I coefficienti parziali di sicurezza delle azioni, adottati nelle combinazioni, sono differenti a seconda che le azioni si debbano combinare per verifiche strutturali o geotecniche (rispettivamente A1, A2 e EQU).

		Coefficiente parziale γ_F	EQU ¹	A1 (STR)	A2 (GEO)
carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
carichi perm. non strutturali ²	favorevoli	γ_{G2}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
carichi da traffico	favorevoli	γ_Q	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35	1.15
carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.00 ³	1.00 ⁴	1.00
ritiro, viscosità, ΔT , cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20	1.00


¹ se l'equilibrio non coinvolge il terreno, altrimenti si applica GEO

² se risultano compiutamente definiti si possono considerare permanenti

³ 1.30 per instabilità delle strutture precomprese

⁴ 1.20 per effetti locali

Tabella 4: Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Ai fini delle verifiche delle fondazioni, sono definiti dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici (M1 ed M2) riassunte di seguito:

		Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

Tabella 5: Coefficienti parziali di sicurezza per i parametri geotecnici


Le barriere antirumore presentano fondazioni indirette il cui valore di progetto R_d della resistenza a carichi assiali dei singoli pali si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R riportati nella tabella successiva:

	Coefficiente Parziale (γ_R)	Pali trivellati		
		R1	R2	R3
Base	γ_b	1.0	1.7	1.35
Laterale in compressione	γ_s	1.0	1.45	1.15
Laterale in trazione	γ_{st}	1.0	1.6	1.6

Tabella 6: Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

La resistenza caratteristica R_k del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ.

La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,calc}$ ($R_{t,calc}$) i

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

fattori di correlazione ξ riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Tabella 7: Fattori di correlazione ξ

In sede di calcolo, a vantaggio di sicurezza, si è assunto un fattore di correlazione pari a $\xi_{3-4} = 1.70$.

Gli sforzi assiali in combinazione GEO e STR per i pali in esame risultano molto esigui per cui risulta dimensionante, per la verifica geotecnica del palo, la lunghezza critica l_c determinata mediante la formulazione di Randolph (cfr. "Fondazioni" Lancellotta). Tale lunghezza si è assunta, pertanto, come lunghezza minima dei pali.

La lunghezza critica dei pali è pari a:

$$l_c = D \left[\frac{E_{palo}}{G_c (1 + 0.75 \cdot \nu)} \right]^{2/7}$$

dove:

D = diametro del palo;


E_{palo} = Modulo elastico del palo;

G_c = Modulo di elasticità tangenziale del terreno;

ν = coefficiente di Poisson del terreno pari a 0.25;

ρ = grado di eterogeneità pari a 1.

I terreni di fondazione interessati dalle fondazioni indirette delle barriere antirumore presentano una stratigrafia variabile con alternanza dei tre litotipi descritti (S, MCS e MCA), pertanto in sede di progettazione definitiva, a vantaggio di sicurezza, è stato assunto un unico strato omogeneo di terreno di fondazione con valore del modulo di elasticità $E=30\text{MPa}$.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

5.2 CRITERI DI VERIFICA PER LE FONDAZIONI DIRETTE (PALI DI ILLUMINAZIONE)

Le verifiche di stabilità di corpo rigido eseguite per le fondazioni dei pali di illuminazione sono le seguenti:

- Verifica al ribaltamento
- Verifica allo scorrimento
- Verifica alla capacità portante

I coefficienti di sicurezza per le azioni (A1,A2) e per i parametri geotecnici (M1,M2) sono analoghi a quelli riportati nel paragrafo 5.1. I coefficienti parziali di resistenza per le fondazioni dirette sono riportati nella tabella seguente:

Verifica	Coefficiente parziale γ_R		
	R1	R2	R3
Capacità portante	1.00	1.80	2.30
Scorrimento	1.00	1.10	1.10
Ribaltamento	1.00	1.00	1.40

Tabella 8: Coefficienti parziali delle resistenze per verifiche di corpo rigido


5.2.1 Verifica al ribaltamento

La verifica al ribaltamento si effettua come equilibrio alla rotazione di un corpo rigido sollecitato da un sistema di forze, ciascuna delle quali definita da un'intensità, una direzione e un punto di applicazione.

Le forze che vengono prese in conto sono le seguenti:

- Spinta attiva del terreno.
- Spinta passiva del terreno (eventuale).
- Forze esplicite applicate sul paramento e sulla zattera di fondazione.
- Peso proprio del corpo.
- Peso proprio della parte di terreno solidale con l'opera.

Di ciascuna di queste forze viene calcolato il momento, ribaltante o stabilizzante, rispetto ad un punto che è quello più in basso dell'estremità esterna della fondazione a valle.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Ai fini del calcolo del momento stabilizzante o ribaltante, esso per ciascuna forza è ottenuto dal prodotto dell'intensità della forza per la distanza minima tra la linea d'azione della forza e il punto di rotazione.

Il coefficiente di sicurezza al ribaltamento è dato dal rapporto tra il momento stabilizzante complessivo e quello ribaltante; la verifica risulta soddisfatta se:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione ed R_d è il valore di progetto della resistenza.

5.2.2 Verifica allo scorrimento

La verifica allo scorrimento è effettuata come equilibrio alla traslazione di un corpo rigido, sollecitato dalle stesse forze prese in esame nel caso della verifica a ribaltamento.

Ciascuna forza ha una componente parallela al piano di scorrimento dell'opera, che a seconda della direzione ha un effetto stabilizzante o instabilizzante, e una componente ad esso normale che, se di compressione, genera una reazione di attrito che si oppone allo scorrimento. Una ulteriore parte dell'azione stabilizzante è costituita dall'eventuale forza di adesione tra il terreno e la fondazione.

Il coefficiente di sicurezza allo scorrimento è dato dal rapporto tra l'azione stabilizzante complessiva e quella instabilizzante; la verifica risulta soddisfatta se:


$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione ed R_d è il valore di progetto della resistenza.

5.2.3 Verifica di capacità portante

Nel caso di fondazione diretta, si assume quale carico limite che provoca la rottura del terreno di fondazione quello espresso dalla formula di Brinch-Hansen.

Tale formula fornisce il valore della pressione media limite sulla superficie d'impronta della fondazione, eventualmente parzializzata in base all'eccentricità.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Esiste un tipo di pressione limite a lungo termine, in condizioni drenate, e un'altro a breve termine in eventuali condizioni non drenate.

Le espressioni complete utilizzate sono le seguenti:

In condizioni drenate:

$$Q_{lim} = 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_g \cdot i_g \cdot d_g \cdot b_g \cdot s_g \cdot g_g + C \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot g_c + Q \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot g_q$$

In condizioni non drenate:

$$Q_{lim} = C_u \cdot N_c' \cdot i_c' \cdot d_c' \cdot b_c' \cdot s_c' \cdot g_c' + Q \cdot i_q' \cdot d_q' \cdot b_q' \cdot s_q' \cdot g_q' (\pi \cdot \tan \varphi)$$

Fattori di portanza:

$$N_q = \tan^2(45^\circ + \varphi/2) \cdot e \quad (\varphi \text{ in gradi})$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi$$

$$N_c' = 2 + \pi$$

$$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi$$

Fattori di forma:

$$s_q = 1 + 0,1 \cdot (B/L) \cdot (1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi)$$

$$s_q' = 1$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot (B/L) \cdot (1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi)$$

$$s_c' = 1 + 0,2 \cdot (B/L)$$

$$s_g = s_q$$

Fattori di profondità:

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi)^2 \cdot k$$

$$d_q' = 1$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \cdot \tan \varphi)$$

$$d_c' = 1 + 0,4 \cdot k$$


$$d_g = 1$$

$k = D/B$ se $D/B \leq 1$; altrimenti $k = \arctan(D/B)$, espresso in radianti.

Fattori di inclinazione dei carichi:

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot C_\alpha \cdot \cot g \varphi} \right)^m$$

$$i_q' = 1$$

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{Nc \cdot \tan \varphi}$$

$$i'_c = 1 - \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot Cu \cdot Nc}$$

$$i_g = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot C_\alpha \cdot \cot g \varphi} \right)^{m+1}$$

$$m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

Fattori di inclinazione del piano di posa:

$$bq = (1 - \varepsilon \cdot \tan \varphi)^2 \quad (\varepsilon \text{ in radianti})$$

$$b'q = 1$$

$$bc = bq - (1 - bq)/(Nc \cdot \tan \varphi)$$

$$b'c = 1 - 2 \cdot \varepsilon / Nc' \quad (\varepsilon \text{ in radianti})$$

$$bg = bq$$

Fattori di inclinazione del terreno:

$$gq = (1 - \tan \beta)^2$$

$$g'q = 1$$

$$gc = gq - (1 - gq)/(Nc \cdot \tan \varphi)$$

$$g'c = 1 - 2 \cdot \beta / Nc' \quad (\beta \text{ in radianti})$$

$$gg = gq$$

essendo:

γ = peso specifico del terreno di fondazione

Q = sovraccarico verticale agente ai bordi della fondazione

e = eccentricità della risultante (M/N) in valore assoluto

B = Bt - 2·e, larghezza della fondazione parzializzata


Bt = larghezza totale della fondazione

C = coesione del terreno di fondazione

D = profondità del piano di posa

L = sviluppo della fondazione

H = componente del carico parallela alla fondazione

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

V = componente del carico ortogonale alla fondazione

c_u = coesione non drenata del terreno di fondazione

$c\alpha$ = adesione alla base tra terreno e muro

ε = angolo di inclinazione del piano di posa

β = inclinazione terrapieno a valle, se verso il basso (quindi ≥ 0)

La verifica risulta soddisfatta se:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione ed R_d è il valore di progetto della resistenza.

6. CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE

Le verifiche strutturali della platea di fondazione sono eseguite considerando su di essa le azioni dell'opera soprastante e le pressioni del terreno.


Le verifiche a flessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (FS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.

Le verifiche flessionali allo SLU sono eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

Per quanto attiene la legge σ - ε del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa e con $\varepsilon_{c2}=0,2\%$ ed $\varepsilon_{cu}=0,35\%$.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1992-1-1:2005, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$, resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \vartheta$, valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \vartheta + \tan \vartheta}$, valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad \text{con } d \text{ in mm}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd}$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo


$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$v = 0,5$ per calcestruzzi fino a C70/85

$$1 \leq \cot \vartheta \leq 2,5$$

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandatara) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	---

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio

s è il passo delle staffe

f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio

$v_1 = v$ è il coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio

α_{cw} è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

6.1 CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONE BARRIERE ANTIRUMORE

La verifica strutturale dei pali di fondazione è stata eseguita mediante la teoria di Randolph. Il momento flettente massimo dovuto ad una forza applicata in testa al palo pari a V è data dalla seguente espressione:


$$M_{max} = 0.1 \frac{V \cdot l_c}{\rho}$$

e si ha in corrispondenza della sezione posta ad $l_c/4$. Poiché al palo è inoltre applicata una coppia M in testa, ai fini progettuali si è considerato inoltre un diagramma dei momenti con variazione pressoché lineare e avente valore nullo in corrispondenza di l_c .

La verifica a taglio è stata eseguita facendo riferimento al taglio massimo in testa pari a V .

6.2 CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

La verifica strutturale della fondazione dei pali di illuminazione è stata effettuata in corrispondenza della mensola di altezza pari a 70 cm considerata al di sotto del tubo infisso all'interno del blocco di fondazione. La verifica è stata condotta valutando due mensole una la mensola in direzione trasversale di luce pari a $B/2$ e la mensola in direzione longitudinale di luce pari a $L/2$.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandatara) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	---

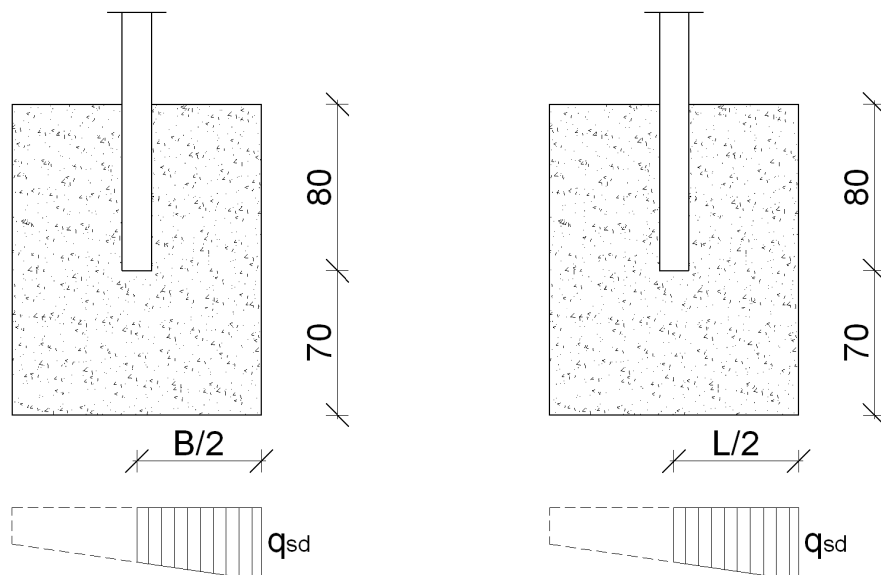




Figura 1: Schema di calcolo fondazione pali di illuminazione

Le verifiche per ciascuna delle due tipologie di fondazione sono riportate in allegato. Come si può notare tutte le verifiche sono soddisfatte.

 Provincia Regionale di Ragusa	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore</p>	<p>SIS S.r.l. (Mandatara) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.</p>
--	---	--

ALLEGATI

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

ALLEGATO 1: VERIFICHE FONDAZIONE BARRIERA ANTIRUMORE

Di seguito si riportano le verifiche del montante in acciaio, dei pali per la barriera di altezza 5 m e dei pali per la barriera di altezza 4m. I risultati ottenuti per la barriera di altezza 4 m si possono estendere anche alla barriera di 3m.

GEOMETRIA (BARRIERA H=5.00m)

h=	5.00	m	altezza della barriera
i=	3.00	m	interasse montanti in acciaio
H=	0.50	m	Altezza della fondazione

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

$\gamma=$	20.00	kN/m ³	peso dell'unità di volume
$\phi=$	30	°	angolo di resistenza a taglio

ANALISI DEI CARICHI (per una lunghezza pari ad i)

p=	1.91	kN/m ²	pressione del vento
$g_{barr}=$	0.30	kN/m ²	Peso della barriera
$g_{mont}=$	0.51	kN/m	peso del montante

Azioni caratteristiche a piede montante


$G_{1k,barr}=$	4.50	kN	Peso della barriera
$G_{1k,mont}=$	2.56	kN	Peso del montante
$G_{1,k}=$	7.06	kN	Peso proprio barriera+montante
$V_{k,vento}=$	28.71	kN	Azione del vento
$M_{k,vento}=$	71.77	kNm	Momento del vento

Azioni combinate a piede montante

Comb.	Fx	Fz	My
STR	43.06	-9.18	107.66
GEO	37.32	-7.06	93.30

VERIFICHE PROFILATO IN ACCIAIO (HEB180)

$V_{Ed}=$	43.06	kN	Taglio di calcolo alla base del montante
$V_{Rd}=$	791.3	kN	Taglio resistente
CS=	18.38		Coefficiente di sicurezza
$M_{Ed}=$	107.66	kNm	Momento di calcolo alla base del montante
$M_{Rd}=$	126.09	kNm	Momento resistente
CS=	1.17		Coefficiente di sicurezza

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Calcolo del palo per la barriera H=5.00 m con il metodo di Randolph

Diametro palo $D = 0.50$ m
 Azione tagliante $H_k = 28.71$ kN
 Momento flettente in testa $M_k = 71.77$ kNm

- Calcolo della lunghezza critica del palo

Modulo elastico palo $E_p = 31447$ MPa
 Modulo elastico terreno a $lc/2$ $E_c(lc/2) = 30$ MPa
 Modulo elastico terreno a $lc/4$ $E_c(lc/4) = 30$ MPa
 Modulo di taglio terreno a $lc/2$ $G_c(lc/2) = 12000.0$ kPa
 Modulo di taglio terreno a $lc/4$ $G_c(lc/4) = 12000.0$ kPa
 Grado di omogeneità $r = 1.00$
 Coefficiente di Poisson $\nu = 0.25$

Lunghezza critica $lc = 4.51$ m
 Parametro $F_g = 2.11E-04$
 Spostamento in testa opera $u = 0.16$ cm



$l_{palo} = 5.00$ m


- Calcolo del momento massimo

Comb.	F _x	F _z	M _y
STR	43.06	-9.18	107.66
GEO	37.32	-7.06	93.30

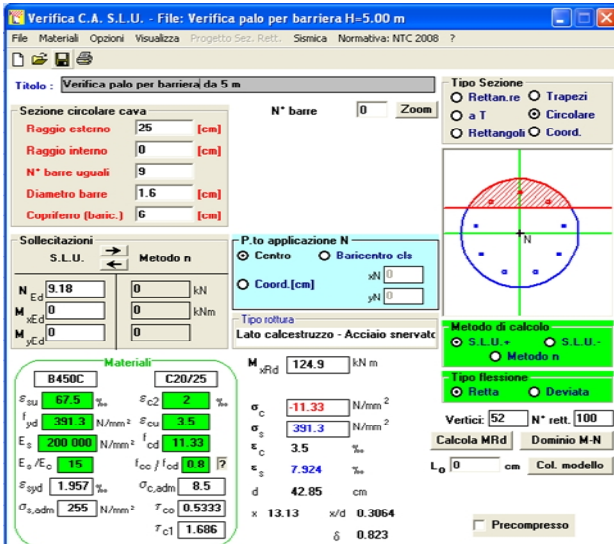
Azione tagliante $H_d = 43.06$ kN
 Momento flettente in testa $M_d = 107.66$ kNm
 Momento massimo dovuto a H $M_{max} = 19.43$ kNm in corrispondenza di $lc/4$
 Momento massimo dovuto a M $M_{max} = 107.66$ kNm in testa

Combinando gli effetti di H ed M si ha:

Momento massimo in testa al palo $M_{max} = 107.66$ kNm
Momento massimo al $lc/4$ $M_{max} = 100.17$ kNm

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- Verifica a flessione del palo




Momento di calcolo a SLU	$M_{Ed} =$	107.66 kNm
Momento resistente a SLU	$M_{Rd} =$	124.90 kNm
Coefficiente di sicurezza	$CS =$	1.16

- Verifica a taglio del palo

Resistenza di elem. privi di arm.	$V_{rd} =$	81.57 kN
Resistenza del cls d'anima	$V_{rcd} =$	220.73 kN
Armatura a taglio necessaria	$(A_{sw/s})_{nec} =$	0.00 cm ² /m
Perc. minima di arm. a taglio	$\rho_{w,min} =$	0.0008
Armatura a taglio minima	$(A_{sw/s})_{min} =$	2.81 cm ² /m
Armatura a taglio disposta	$(A_{sw/s})_{dis} =$	3.93 cm ² /m

Tutte le verifiche risultano soddisfatte

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

GEOMETRIA (BARRIERA H=4.00m)

h=	4.00	m	altezza della barriera
i=	3.00	m	interasse montanti in acciaio
H=	0.50	m	Altezza della fondazione

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

γ =	20.00	kN/m ³	peso dell'unità di volume
ϕ =	30	°	angolo di resistenza a taglio

ANALISI DEI CARICHI (per una lunghezza pari ad i)

p=	1.88	kN/m ²	pressione del vento
g_{barr} =	0.30	kN/m ²	Peso della barriera
g_{mont} =	0.51	kN/m	peso del montante

Azioni caratteristiche a piede montante


$G_{1k,barr}$ =	3.60	kN	Peso della barriera
$G_{1k,mont}$ =	2.048	kN	Peso del montante
$G_{1,k}$ =	5.65	kN	Peso proprio barriera+montante
$V_{k,vento}$ =	22.54	kN	Azione del vento
$M_{k,vento}$ =	45.09	kNm	Momento del vento

Azioni combinate a piede montante

Comb.	Fx	Fz	My
STR	33.82	-7.34	67.63
GEO	29.31	-5.65	58.61

VERIFICHE PROFILATO IN ACCIAIO (HEB180)

V_{Ed} =	33.82	kN	Taglio di calcolo alla base del montante
V_{Rd} =	791.3	kN	Taglio resistente
CS=	23.40		Coefficiente di sicurezza
M_{Ed} =	67.63	kNm	Momento di calcolo alla base del montante
M_{Rd} =	126.09	kNm	Momento resistente
CS=	1.86		Coefficiente di sicurezza

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--


Calcolo del palo per la barriera H=3.00-4.00 m con il metodo di Randolph

Diametro palo $D = 0.40$ m
 Azione tagliante $H_k = 22.54$ kN
 Momento flettente in testa $M_k = 45.09$ kNm

- Calcolo della lunghezza critica del palo

Modulo elastico palo $E_p = 31447$ MPa
 Modulo elastico terreno a $l_c/2$ $E_c(l_c/2) = 30$ MPa
 Modulo elastico terreno a $l_c/4$ $E_c(l_c/4) = 30$ MPa
 Modulo di taglio terreno a $l_c/2$ $G_c(l_c/2) = 12000.0$ kPa
 Modulo di taglio terreno a $l_c/4$ $G_c(l_c/4) = 12000.0$ kPa
 Grado di omogeneità $r = 1.00$
 Coefficiente di Poisson $\nu = 0.25$

Lunghezza critica $l_c = 3.61$ m
 Parametro $F_g = 2.11E-04$
 Spostamento in testa opera $u = 0.16$ cm


 $l_{palo} = 4.00$ m


- Calcolo del momento massimo

Comb.	F _x	F _z	M _y
STR	33.82	-7.34	67.63
GEO	29.31	-5.65	58.61

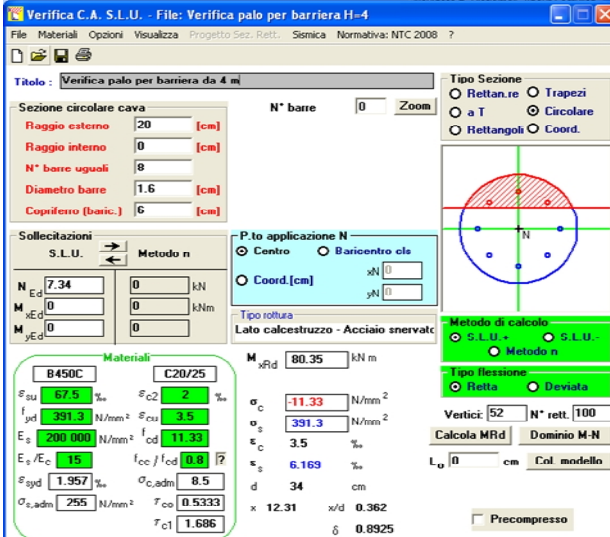
Azione tagliante $H_d = 33.82$ kN
 Momento flettente in testa $M_d = 67.63$ kNm
 Momento massimo dovuto a H $M_{max} = 12.21$ kNm in corrispondenza di $l_c/4$
 Momento massimo dovuto a M $M_{max} = 67.63$ kNm in testa

Combinando gli effetti di H ed M si ha:

Momento massimo in testa al palo $M_{max} = 67.63$ kNm
Momento massimo al $l_c/4$ $M_{max} = 62.93$ kNm

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- Verifica a flessione del palo




Momento di calcolo a SLU	$M_{Ed} =$	67.63 kNm
Momento resistente a SLU	$M_{Rd} =$	80.35 kNm
Coefficiente di sicurezza	$CS =$	1.19


- Verifica a taglio del palo

Resistenza di elem. privi di arm.	$V_{rd} =$	61.14 kN
Resistenza del cls d'anima	$V_{rcl} =$	141.41 kN
Armatura a taglio necessaria	$(A_{sw/s})_{nec} =$	0.00 cm ² /m
Perc. minima di arm. a taglio	$\rho_{w,min} =$	0.0008
Armatura a taglio minima	$(A_{sw/s})_{min} =$	2.25 cm ² /m
Armatura a taglio disposta	$(A_{sw/s})_{dis} =$	3.93 cm ² /m

Tutte le verifiche risultano soddisfatte

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

ALLEGATO 4: VERIFICHE FONDAZIONE PALO DI ILLUMINAZIONE L=7.80 M

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

AZIONE DEL VENTO IN DIREZIONE TRASVERSALE

GEOMETRIA

h=	7.80	m	altezza del palo
B=	1.00	m	Base della fondazione
H=	1.50	m	Altezza della fondazione
L=	1.00	m	Profondità della fondazione
Volume=	1.50	m ³	Volume della fondazione
Peso=	37.50	kN	Peso della fondazione
Hterr=	0.00	m	Altezza terreno su platea

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

γ =	20.00	kN/m ³	peso dell'unità di volume
ϕ =	30	°	angolo di resistenza a taglio
k_p =	3.00		coefficiente di spinta passiva

ANALISI DEI CARICHI

p=	1.23	kN/m ²	pressione del vento
g_{palo} =	0.85	kN/m ²	Peso del palo

H_{palo}
vento

7.8	10
1.23	1.28
H=12.8	H=15

Azioni a piede montante

$G_{1k,palo}$ =	0.85	kN	Peso del palo
$G_{k,terr}$ =	0	kN	Peso terreno su platea
$V_{k,vento}$ =	1.9139179	kN	Azione del vento
$M_{k,vento}$ =	7.4642799	kNm	Momento del vento

VERIFICA FONDAZIONE

1) Verifica a ribaltamento

Coeff.Parz	EQU
$\tan \beta_k$	1.25
c'_k	1.25
β	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
β_g =	0.90	1.10
β_q =	0.00	1.50

k_a =	0.41		coefficiente di spinta attiva ridotto
S_{attiva} =	0.00	kN	Spinta attiva ridotta
k_a =	0.33		coefficiente di spinta attiva intero
S_{attiva} =	0.00	kN	Spinta attiva intera
k_p =	2.44		coefficiente di spinta passiva
Aliquota S_p	0.00		aliquota spinta passiva
$S_{passiva}$ =	0.00	kN	Spinta passiva
M_r =	15.50	kNm	Momento ribaltante
M_s =	17.26	kNm	Momento stabilizzante
CS=	1.11		Coefficiente di sicurezza


2) Verifica a scorrimento

Comb. A1+M1+R1

Coeff.Parz	M1
$\tan \beta_k$	1.00
c'_k	1.00
β	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
β_g =	1.00	1.30
β_q =	0.00	1.50

Coeff.Parz	R1
Scorrim.	1.00

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

$F_{sc} = 2.87$ kN Azione di scorrimento
 $F_{res} = 22.14$ kN Azione resistente
 $CS = 7.71$ Coefficiente di sicurezza

Comb. A2+M2+R2

Coeff.Parz	M2
$\tan \delta'_k$	1.25
c'_k	1.25
δ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
δ_g	1.00	1.00
δ_q	0.00	1.30

Coeff.Parz	R2
Scorrim.	1.10

$F_{sc} = 2.49$ kN Azione di scorrimento
 $F_{res} = 17.72$ kN Azione resistente
 $CS = 7.12$ Coefficiente di sicurezza

3) Verifica a capacità portante

Comb. A1+M1+R1

Coeff.Parz	M1
$\tan \delta'_k$	1.00
c'_k	1.00
δ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
δ_g	1.00	1.30
δ_q	0.00	1.50


$F_{z,d} = 0.90$ kN Azione verticale di compressione
 $F_{y,d} = 2.90$ kN Azione trasversale
 $M_{y,d} = 11.20$ kNm Momento con asse vettore y
 $q_{sd} = 67.26$ kPa Pressione di calcolo
 $q_{Rd} = \mathbf{887.71}$ kPa Carico limite
 $CS = 13.20$ coefficiente di sicurezza

Comb. A2+M2+R2

Coeff.Parz	M2
$\tan \delta'_k$	1.25
c'_k	1.25
δ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
δ_g	1.00	1.00
δ_q	0.00	1.30

$F_{z,d} = 0.90$ kN Azione verticale di compressione
 $F_{y,d} = 2.50$ kN Azione trasversale
 $M_{y,d} = 9.70$ kNm Momento con asse vettore y
 $q_{sd} = 54.37$ kPa Pressione di calcolo
 $q_{Rd} = \mathbf{261.07}$ kPa Carico limite
 $CS = 4.80$ coefficiente di sicurezza

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

VERIFICHE STRUTTURALI

1) Caratteristiche del calcestruzzo

$R_{ck} =$	25.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione del cls
$f_{ck} =$	20.75	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del cls
$I_k =$	1.50		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{cd} =$	11.76	MPa	Resistenza cilindrica di calcolo a compressione del cls

2) Caratteristiche dell'acciaio

$f_{yk} =$	450.00	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio
$I_k =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{yd} =$	391.30	MPa	Resistenza di calcolo dell'acciaio

3) Calcolo delle sollecitazioni

$q_{sd} =$	78.33	kPa	Pressione massima di calcolo
$L =$	0.50	m	Luce dello sbalzo
$H =$	0.70	m	Altezza della mensola
$M_{Ed} =$	9.79	kN m/m	Momento di calcolo a metro
$V_{Ed} =$	19.58	kN/m	Taglio di calcolo a metro

4) Verifica a flessione

$A_{s,inf} =$	10.05	cm ²	Armatura inferiore a metro
$A_{s,min} =$	8.51	cm ²	Armatura minima a flessione a metro
$M_{Rd} =$	249.10	kN m/m	Momento resistente a metro
$CS =$	25.44		Coefficiente di sicurezza

5) Verifica a taglio

$V_{Rd} =$	196.60	kN/m	Resistenza a taglio di elementi sprovvisti di specifica arm. a taglio
Non serve armatura specifica a taglio			
$A_{sw,min} =$	8.1	cm ²	Armatura minima a taglio a metro
$A_{sw,prog} =$	11.31	cm ²	Armatura di progetto a metro


VERIFICHE STRUTTURALI TUBO

1) Caratteristiche dell'acciaio

$f_{yk} =$	275.00	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio
$I_k =$	1.05		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{yd} =$	261.90	MPa	Resistenza di calcolo dell'acciaio

2) Caratteristiche geometriche

$D_m =$	0.094	m	Diametro medio tubo
$S_v =$	7.80		Sviluppo di calcolo
$p =$	0.12	kPa	Pressione agente del vento
$M_k =$	3.50	kNm	Momento flettente caratteristico
$M_d =$	5.25	kNm	Momento flettente di calcolo
$V_d =$	1.35	kNm	Taglio di calcolo
$W_{el} =$	41.87	cm ³	Modulo di resistenza elastico
$M_{Rd} =$	10.97	kNm	Momento resistente
$A =$	0.00140	m ²	Area della sezione
$A_v =$	0.00089	m ²	Area della sezione resistente a taglio
$V_{Rd} =$	134.35	kN	Momento resistente

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

AZIONE DEL VENTO IN DIREZIONE LONGITUDINALE

GEOMETRIA

h=	7.80	m	altezza del palo
B=	1.00	m	Base della fondazione
H=	1.50	m	Altezza della fondazione
L=	1.00	m	Profondità della fondazione
Volume=	1.50	m ³	Volume della fondazione
Peso=	37.50	kN	Peso della fondazione
Hterr=	0.00	m	Altezza terreno su platea

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

±=	20.00	kN/m ³	peso dell'unità di volume
±=	30	°	angolo di resistenza a taglio
k _p =	3.00		coefficiente di spinta passiva

ANALISI DEI CARICHI

p=	1.23	kN/m ²	pressione del vento
g _{palo} =	0.93	kN/m ²	Peso del palo

H_{palo}
vento

7.8	10
1.23	1.28
H=12.8	H=15

Azioni a piede montante

G _{1k,palo} =	0.93	kN	Peso del palo
G _{k,terr} =	0	kN	Peso terreno su platea
V _{k,vento} =	2.080772	kN	Azione del vento
M _{k,vento} =	8.115012	kNm	Momento del vento

VERIFICA FONDAZIONE

1) Verifica a ribaltamento

Coeff.Parz	EQU
tan [±] _k	1.25
c _k	1.25
±	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
± _g =	0.90	1.10
± _q =	0.00	1.50

k _a ±=	0.41		coefficiente di spinta attiva ridotto
S _{attiva} ±=	9.21	kN	Spinta attiva ridotta
k _a =	0.33		coefficiente di spinta attiva intero
S _{attiva} =	7.50	kN	Spinta attiva intera
k _p =	2.44		coefficiente di spinta passiva
Aliquota S _p	0.50		aliquota spinta passiva
S _{passiva} =	27.50	kN	Spinta passiva
M _r =	21.92	kNm	Momento ribaltante
M _s =	29.67	kNm	Momento stabilizzante
CS=	1.35		Coefficiente di sicurezza


2) Verifica a scorrimento

Comb. A1+M1+R1

Coeff.Parz	M1
tan [±] _k	1.00
c _k	1.00
±	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
± _g =	1.00	1.30
± _q =	0.00	1.50

Coeff.Parz	R1
Scorrim.	1.00

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

$F_{sc} = 12.87$ kN Azione di scorrimento
 $F_{res} = 22.19$ kN Azione resistente
 $CS = 1.72$ Coefficiente di sicurezza

Comb. A2+M2+R2

Coeff.Parz	M2
$\tan^{\pm} \gamma_k$	1.25
c'_k	1.25
γ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
γ_g	1.00	1.00
γ_q	0.00	1.30

Coeff.Parz	R2
Scorrim.	1.10

$F_{sc} = 11.91$ kN Azione di scorrimento
 $F_{res} = 17.75$ kN Azione resistente
 $CS = 1.49$ Coefficiente di sicurezza

3) Verifica a capacità portante

Comb. A1+M1+R1

Coeff.Parz	M1
$\tan^{\pm} \gamma_k$	1.00
c'_k	1.00
γ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
γ_g	1.00	1.30
γ_q	0.00	1.50


$F_{z,d} = 0.90$ kN Azione verticale di compressione
 $F_{y,d} = 3.10$ kN Azione trasversale
 $M_{y,d} = 12.20$ kNm Momento con asse vettore y
 $q_{sd} = 161.46$ kPa Pressione di calcolo
 $q_{Rd} = \mathbf{767.80}$ kPa Carico limite
 $CS = 4.76$ coefficiente di sicurezza

Comb. A2+M2+R2

Coeff.Parz	M2
$\tan^{\pm} \gamma_k$	1.25
c'_k	1.25
γ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
γ_g	1.00	1.00
γ_q	0.00	1.30

$F_{z,d} = 0.90$ kN Azione verticale di compressione
 $F_{y,d} = 2.70$ kN Azione trasversale
 $M_{y,d} = 10.50$ kNm Momento con asse vettore y
 $q_{sd} = 180.25$ kPa Pressione di calcolo
 $q_{Rd} = \mathbf{228.54}$ kPa Carico limite
 $CS = 1.27$ coefficiente di sicurezza

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

VERIFICHE STRUTTURALI

1) Caratteristiche del calcestruzzo

$R_{ck} =$	20.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione del cls
$f_{ck} =$	16.6	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del cls
$\gamma_c =$	1.50		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{cd} =$	9.41	MPa	Resistenza cilindrica di calcolo a compressione del cls

2) Caratteristiche dell'acciaio

$f_{yk} =$	450.00	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio
$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{yd} =$	391.30	MPa	Resistenza di calcolo dell'acciaio

3) Calcolo delle sollecitazioni

$q_{sd} =$	605.60	kPa	Pressione massima di calcolo
$L =$	0.50	m	Luce dello sbalzo
$H =$	0.70	m	Altezza della mensola
$M_{Ed} =$	75.70	kN m/m	Momento di calcolo a metro
$V_{Ed} =$	151.40	kN/m	Taglio di calcolo a metro

4) Verifica a flessione

$A_{s,inf} =$	10.05	cm ²	Armatura inferiore a metro
$A_{s,min} =$	8.45	cm ²	Armatura minima a flessione a metro
$M_{Rd} =$	249.10	kN m/m	Momento resistente a metro
$CS =$	3.29		Coefficiente di sicurezza

5) Verifica a taglio

$V_{Rd} =$	196.60	kN/m	Resistenza a taglio di elementi sprovvisti di specifica arm. a taglio
Non serve armatura specifica a taglio			
$A_{sw,min} =$	8.1	cm ²	Armatura minima a taglio a metro
$A_{sw,prog} =$	11.31	cm ²	Armatura di progetto a metro


VERIFICHE STRUTTURALI TUBO

1) Caratteristiche dell'acciaio


$f_{yk} =$	275.00	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio
$\gamma_s =$	1.05		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{yd} =$	261.90	MPa	Resistenza di calcolo dell'acciaio

2) Caratteristiche geometriche

$D_m =$	0.094	m	Diametro medio tubo
$S_v =$	8.48		Sviluppo di calcolo
$p =$	0.12	kPa	Pressione agente del vento
$M_k =$	4.14	kNm	Momento flettente caratteristico
$M_d =$	6.20	kNm	Momento flettente di calcolo
$V_d =$	1.46	kNm	Taglio di calcolo
$W_{el} =$	41.87	cm ³	Modulo di resistenza elastico
$M_{Rd} =$	10.97	kNm	Momento resistente
$A =$	0.00140	m ²	Area della sezione
$AV =$	0.00089	m ²	Area della sezione resistente a taglio
$V_{Rd} =$	134.35	kN	Momento resistente

 Provincia Regionale di Ragusa	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore</p>	<p>SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.</p>
--	---	---

ALLEGATO 5: VERIFICHE FONDAZIONE PALO DI ILLUMINAZIONE L=10.00 M

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

AZIONE DEL VENTO IN DIREZIONE TRASVERSALE

GEOMETRIA

h=	10.00	m	altezza del palo
B=	1.20	m	Base della fondazione
H=	1.50	m	Altezza della fondazione
L=	1.20	m	Profondità della fondazione
Volume=	2.16	m ³	Volume della fondazione
Peso=	54.00	kN	Peso della fondazione
Hterr=	0.00	m	Altezza terreno su platea

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

I_{\pm}	20.00	kN/m ³	peso dell'unità di volume
Γ_{\pm}	30	°	angolo di resistenza a taglio
k_p	3.00		coefficiente di spinta passiva

ANALISI DEI CARICHI

p=	1.28	kN/m ²	pressione del vento
g_{palo}	1.27	kN/m ²	Peso del palo

Hpalo
vento

7.8	10
1.23	1.28
H=12.8	H=15

Azioni a piede montante

$G_{1k,palo}$	1.27	kN	Peso del palo
$G_{k,terr}$	0	kN	Peso terreno su platea
$V_{k,vento}$	2.8088352	kN	Azione del vento
$M_{k,vento}$	14.044176	kNm	Momento del vento

VERIFICA FONDAZIONE

1) Verifica a ribaltamento

Coeff.Parz.	EQU
$\tan \Pi_k$	1.25
c'_k	1.25
Π	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
I_{\pm}	0.90	1.10
I_{\pm}	0.00	1.50

k_{a^*}	0.41		coefficiente di spinta attiva ridotto
S_{attiva^*}	0.00	kN	Spinta attiva ridotta
k_a	0.33		coefficiente di spinta attiva intero
S_{attiva}	0.00	kN	Spinta attiva intera
k_p	2.44		coefficiente di spinta passiva
Aliquota S_p	0.00		aliquota spinta passiva
$S_{passiva}$	0.00	kN	Spinta passiva
M_r	27.39	kNm	Momento ribaltante
M_s	29.85	kNm	Momento stabilizzante
CS=	1.09		Coefficiente di sicurezza


2) Verifica a scorrimento

Comb. A1+M1+R1

Coeff.Parz.	M1
$\tan \Pi_k$	1.00
c'_k	1.00
Π	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
I_{\pm}	1.00	1.30
I_{\pm}	0.00	1.50

Coeff.Parz	R1
Scorrim.	1.00

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

$F_{sc} =$	4.21	kN	Azione di scorrimento
$F_{res} =$	31.91	kN	Azione resistente
$CS =$	7.57		Coefficiente di sicurezza

Comb. A2+M2+R2

Coeff.Parz.	M2
$\tan \Pi_k$	1.25
c'_k	1.25
Π	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
$I_g =$	1.00	1.00
$I_q =$	0.00	1.30

Coeff.Parz	R2
Scorrim.	1.10

$F_{sc} =$	3.65	kN	Azione di scorrimento
$F_{res} =$	25.53	kN	Azione resistente
$CS =$	6.99		Coefficiente di sicurezza

3) Verifica a capacità portante

Comb. A1+M1+R1

Coeff.Parz.	M1
$\tan \Pi_k$	1.00
c'_k	1.00
Π	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
$I_g =$	1.00	1.30
$I_q =$	0.00	1.50


$F_{z,d} =$	1.30	kN	Azione verticale di compressione
$F_{y,d} =$	4.20	kN	Azione trasversale
$M_{y,d} =$	21.10	kNm	Momento con asse vettore y
$q_{sd} =$	75.68	kPa	Pressione di calcolo
$q_{Rd} =$	877.07	kPa	Carico limite
$CS =$	11.59		coefficiente di sicurezza

Comb. A2+M2+R2

Coeff.Parz.	M2
$\tan \Pi_k$	1.25
c'_k	1.25
Π	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
$I_g =$	1.00	1.00
$I_q =$	0.00	1.30

$F_{z,d} =$	1.30	kN	Azione verticale di compressione
$F_{y,d} =$	3.60	kN	Azione trasversale
$M_{y,d} =$	18.30	kNm	Momento con asse vettore y
$q_{sd} =$	62.49	kPa	Pressione di calcolo
$q_{Rd} =$	258.26	kPa	Carico limite
$CS =$	4.13		coefficiente di sicurezza

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

VERIFICHE STRUTTURALI

1) Caratteristiche del calcestruzzo

$R_{ck} =$	25.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione del cls
$f_{ck} =$	20.75	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del cls
$\gamma_s =$	1.50		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{cd} =$	11.76	MPa	Resistenza cilindrica di calcolo a compressione del cls

2) Caratteristiche dell'acciaio

$f_{yk} =$	450.00	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio
$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{yd} =$	391.30	MPa	Resistenza di calcolo dell'acciaio

3) Calcolo delle sollecitazioni

$q_{sd} =$	92.22	kPa	Pressione massima di calcolo
$L =$	0.60	m	Luce dello sbalzo
$H =$	0.70	m	Altezza della mensola
$M_{Ed} =$	16.60	kN m/m	Momento di calcolo a metro
$V_{Ed} =$	27.67	kN/m	Taglio di calcolo a metro

4) Verifica a flessione

$A_{s,inf} =$	10.05	cm ²	Armatura inferiore a metro
$A_{s,min} =$	8.51	cm ²	Armatura minima a flessione a metro
$M_{Rd} =$	298.90	kN m/m	Momento resistente a metro
$CS =$	18.01		Coefficiente di sicurezza

5) Verifica a taglio

$V_{Rd} =$	235.90	kN/m	Resistenza a taglio di elementi sprovvisti di specifica arm. a taglio
Non serve armatura specifica a taglio			
$A_{sw,min} =$	8.1	cm ²	Armatura minima a taglio a metro
$A_{sw,prog} =$	11.31	cm ²	Armatura di progetto a metro


VERIFICHE STRUTTURALI TUBO

1) Caratteristiche dell'acciaio

$f_{yk} =$	275.00	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio
$\gamma_s =$	1.05		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{yd} =$	261.90	MPa	Resistenza di calcolo dell'acciaio

2) Caratteristiche geometriche

$D_m =$	0.100	m	Diametro medio tubo
$S_v =$	10.00		Sviluppo di calcolo
$p =$	0.13	kPa	Pressione agente del vento
$M_k =$	6.39	kNm	Momento flettente caratteristico
$M_d =$	9.59	kNm	Momento flettente di calcolo
$V_d =$	1.92	kNm	Taglio di calcolo
$W_{el} =$	53.66	cm ³	Modulo di resistenza elastico
$M_{Rd} =$	14.05	kNm	Momento resistente
$A =$	0.00162	m ²	Area della sezione
$A_v =$	0.00103	m ²	Area della sezione resistente a taglio
$V_{Rd} =$	156.18	kN	Momento resistente

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

AZIONE DEL VENTO IN DIREZIONE LONGITUDINALE

GEOMETRIA

h=	10.00	m	altezza del palo
B=	1.20	m	Base della fondazione
H=	1.50	m	Altezza della fondazione
L=	1.20	m	Profondità della fondazione
Volume=	2.16	m ³	Volume della fondazione
Peso=	54.00	kN	Peso della fondazione
Hterr=	0.00	m	Altezza terreno su platea

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Γ_k	20.00	kN/m ³	peso dell'unità di volume
Γ_k	30	°	angolo di resistenza a taglio
k_p	3.00		coefficiente di spinta passiva

ANALISI DEI CARICHI

p=	1.28	kN/m ²	pressione del vento	Hpalo	7.8	10
g _{palo} =	1.46	kN/m ²	Peso del palo	vento	1.23	1.28
					H=12.8	H=15

Azioni a piede montante

G _{1k,palo} =	1.46	kN	Peso del palo
G _{k,terr} =	0	kN	Peso terreno su platea
V _{k,vento} =	3.210499	kN	Azione del vento
M _{k,vento} =	16.05249	kNm	Momento del vento

VERIFICA FONDAZIONE

1) Verifica a ribaltamento

Coeff.Parz.	EQU
$\tan \Pi_k$	1.25
c'_k	1.25
Π	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
Π_g	0.90	1.10
Π_q	0.00	1.50

k_a	0.41		coefficiente di spinta attiva ridotto
S _{attiva}	11.05	kN	Spinta attiva ridotta
k_a	0.33		coefficiente di spinta attiva intero
S _{attiva}	9.00	kN	Spinta attiva intera
k_p	2.44		coefficiente di spinta passiva
Aliquota Sp=	0.50		aliquota spinta passiva
S _{passiva}	33.00	kN	Spinta passiva
M _r	37.38	kNm	Momento ribaltante
M _s	44.79	kNm	Momento stabilizzante
CS=	1.20		Coefficiente di sicurezza


2) Verifica a scorrimento

Comb. A1+M1+R1

Coeff.Parz.	M1
$\tan \Pi_k$	1.00
c'_k	1.00
Π	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
Π_g	1.00	1.30
Π_q	0.00	1.50

Coeff.Parz	R1
Scorrim.	1.00

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

$F_{sc} = 16.52$ kN Azione di scorrimento
 $F_{res} = 32.02$ kN Azione resistente
 $CS = 1.94$ Coefficiente di sicurezza

Comb. A2+M2+R2

Coeff.Parz.	M2
$\tan\phi'_k$	1.25
c'_k	1.25
γ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
$\gamma_g =$	1.00	1.00
$\gamma_q =$	0.00	1.30

Coeff.Parz	R2
Scorrim.	1.10

$F_{sc} = 15.22$ kN Azione di scorrimento
 $F_{res} = 25.61$ kN Azione resistente
 $CS = 1.68$ Coefficiente di sicurezza

3) Verifica a capacità portante

Comb. A1+M1+R1

Coeff.Parz.	M1
$\tan\phi'_k$	1.00
c'_k	1.00
γ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
$\gamma_g =$	1.00	1.30
$\gamma_q =$	0.00	1.50


$F_{z,d} = 1.30$ kN Azione verticale di compressione
 $F_{y,d} = 4.80$ kN Azione trasversale
 $M_{y,d} = 24.10$ kNm Momento con asse vettore y
 $q_{sd} = 183.72$ kPa Pressione di calcolo
 $q_{Rd} = \mathbf{756.24}$ kPa Carico limite
 $CS = 4.12$ coefficiente di sicurezza

Comb. A2+M2+R2

Coeff.Parz.	M2
$\tan\phi'_k$	1.25
c'_k	1.25
γ	1.00

Coeff.Parz	fav.	sfav.
$\gamma_g =$	1.00	1.00
$\gamma_q =$	0.00	1.30

$F_{z,d} = 1.30$ kN Azione verticale di compressione
 $F_{y,d} = 4.20$ kN Azione trasversale
 $M_{y,d} = 20.90$ kNm Momento con asse vettore y
 $q_{sd} = 210.82$ kPa Pressione di calcolo
 $q_{Rd} = \mathbf{225.88}$ kPa Carico limite
 $CS = 1.07$ coefficiente di sicurezza

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo stabilità pali di illuminazione e barriere antirumore	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

VERIFICHE STRUTTURALI

1) Caratteristiche del calcestruzzo

$R_{ck} =$	20.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione del cls
$f_{ck} =$	16.6	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del cls
$\gamma_c =$	1.50		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{cd} =$	9.41	MPa	Resistenza cilindrica di calcolo a compressione del cls

2) Caratteristiche dell'acciaio

$f_{yk} =$	450.00	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio
$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{yd} =$	391.30	MPa	Resistenza di calcolo dell'acciaio

3) Calcolo delle sollecitazioni

$Q_{sd} =$	817.27	kPa	Pressione massima di calcolo
$L =$	0.60	m	Luce dello sbalzo
$H =$	0.70	m	Altezza della mensola
$M_{Ed} =$	147.11	kN m/m	Momento di calcolo a metro
$V_{Ed} =$	245.18	kN/m	Taglio di calcolo a metro

4) Verifica a flessione

$A_{s,inf} =$	10.05	cm ²	Armatura inferiore a metro
$A_{s,min} =$	8.45	cm ²	Armatura minima a flessione a metro
$M_{Rd} =$	298.90	kN m/m	Momento resistente a metro
$CS =$	2.03		Coefficiente di sicurezza

5) Verifica a taglio

$V_{Rd} =$	235.90	kN/m	Resistenza a taglio di elementi sprovvisti di specifica arm. a taglio
SERVE armatura a taglio			
$A_{sw,min} =$	8.1	cm ²	Armatura minima a taglio a metro
$A_{sw,prog} =$	11.31	cm ²	Armatura di progetto a metro

VERIFICHE STRUTTURALI TUBO

1) Caratteristiche dell'acciaio

$f_{yk} =$	275.00	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio
$\gamma_s =$	1.05		Coefficiente parziale di sicurezza del materiale
$f_{yd} =$	261.90	MPa	Resistenza di calcolo dell'acciaio

2) Caratteristiche geometriche

$D_m =$	0.100	m	Diametro medio tubo
$S_v =$	11.43		Sviluppo di calcolo
$p =$	0.13	kPa	Pressione agente del vento
$M_k =$	8.35	kNm	Momento flettente caratteristico
$M_d =$	12.52	kNm	Momento flettente di calcolo
$V_d =$	2.19	kNm	Taglio di calcolo
$W_{el} =$	53.66	cm ³	Modulo di resistenza elastico
$M_{Rd} =$	14.05	kNm	Momento resistente
$A =$	0.00162	m ²	Area della sezione
$A_v =$	0.00103	m ²	Area della sezione resistente a taglio
$V_{Rd} =$	156.18	kN	Momento resistente