

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NODO DI CATANIA**

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL
TRATTO DI LINEA INTERESSATO.**

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 2

ELABORATI GENERALI - OPERE CIVILI

Opere minori - Relazione di calcolo fondazione pali di illuminazione

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RS3H 02 D 78 CL OC0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Nani	Marzo 2020	C.Toraldo <i>Catania boubli</i>	Marzo 2020	S.Vanfiori <i>Sanfiori</i>	Marzo 2020	D.Tiberti Gennaio 2020

File: RS3H.0.2.D.78.CL.OC.00.0.0.001.A

n. Elab.:

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10795



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	1 di 110

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE DEI MATERIALI	4
3.1	CALCESTRUZZO PER MAGRONE DI RIEMPIMENTO O LIVELLAMENTO	4
3.2	CALCESTRUZZO PER OPERE IN FONDAZIONE/ELEVAZIONE	4
3.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	6
3.4	COPRIFERRI MINIMI	6
4	CRITERI DI CALCOLO	6
4.1	CRITERIO DI VERIFICA A CAPACITA PORTANTE DELLA FONDAZIONE (GEO)	8
4.2	CRITERIO DI VERIFICA A SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA (GEO)	9
4.3	CRITERIO DI VERIFICA A RIBALTAMENTO	9
5	CALCOLO E VERIFICA DEI PALI DI ILLUMINAZIONE IN VTR	10
5.1	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE	11
5.2	PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	13
5.3	MODELLO DI CALCOLO	14
5.4	ANALISI DEI CARICHI	15
5.4.1	<i>Peso proprio e permanenti</i>	15
5.4.2	<i>Azione del vento</i>	16
5.4.3	<i>Valutazione dell'azione sismica</i>	19
5.5	COMBINAZIONE DEI CARICHI	23
5.6	SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PALO	25
5.7	VERIFICHE	28
5.7.1	<i>Verifica a Ribaltamento (SLU)</i>	28
5.7.2	<i>Verifica a Ribaltamento (SLV)</i>	29
5.7.3	<i>Verifica a Carico limite e a scorrimento SLU</i>	30



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	2 di 110

5.7.4	Verifica a Carico limite e a scorrimento SLV	36
5.7.5	Verifica di compatibilità dei cedimenti.....	42
5.7.6	Progetto e Verifica degli elementi strutturali.....	43
6	CALCOLO E VERIFICA DEI PALI DI ILLUMINAZIONE IN ACCIAIO (8.80 M).....	45
6.1	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE	45
6.2	PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	47
6.3	MODELLO DI CALCOLO	47
6.4	ANALISI DEI CARICHI.....	48
6.4.1	Peso proprio e permanenti	48
6.4.2	Azione del vento.....	49
6.4.3	Valutazione dell'azione sismica	52
6.5	COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	56
6.6	SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PALO.....	58
6.7	VERIFICHE	61
6.7.1	Verifica a Ribaltamento (SLU).....	61
6.7.2	Verifica a Ribaltamento (SLV)	62
6.7.3	Verifica a Carico limite e a scorrimento SLU.....	63
6.7.4	Verifica a Carico limite e a scorrimento SLV	68
6.7.5	Verifica di compatibilità dei cedimenti.....	74
6.7.6	Progetto e Verifica degli elementi strutturali.....	75
7	CALCOLO E VERIFICA DEI PALI DI ILLUMINAZIONE IN ACCIAIO CON SBRACCIO (8.80 M + SBRACCIO DI 2.00 M).....	77
7.1	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE	77
7.2	PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	80
7.3	MODELLO DI CALCOLO	80
7.4	ANALISI DEI CARICHI.....	81



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	3 di 110

7.4.1	<i>Peso proprio e permanenti</i>	81
7.4.2	<i>Azione del vento</i>	82
7.4.3	<i>Valutazione dell'azione sismica</i>	85
7.5	COMBINAZIONE DEI CARICHI	89
7.6	SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PALO	91
7.7	VERIFICHE	94
7.7.1	<i>Verifica a Ribaltamento (SLU)</i>	94
7.7.2	<i>Verifica a Ribaltamento (SLV)</i>	95
7.7.3	<i>Verifica a Carico limite e a scorrimento SLU</i>	96
7.7.4	<i>Verifica a Carico limite e a scorrimento SLV</i>	101
7.7.5	<i>Verifica di compatibilità dei cedimenti</i>	107
7.7.6	<i>Progetto e Verifica degli elementi strutturali</i>	108
8	CONCLUSIONI	110

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

1 PREMESSA

La presente relazione è relativa al calcolo/verifica del plinto di fondazione dei pali di illuminazione che rientrano nel progetto dell'interramento della linea per il prolungamento della pista dell'aeroporto di Fontanarossa.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative ed è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

[N.3]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

[N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

[N.6]. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

3 DESCRIZIONE DEI MATERIALI

I materiali che costituiscono le opere nel loro complesso sono:

3.1 Calcestruzzo per magrone di riempimento o livellamento

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di tipo G classe di esposizione X0 e classe di resistenza minima C12/15.

3.2 Calcestruzzo per opere in fondazione/elevazione

Per il plinto di fondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo con le seguenti caratteristiche (cfr. UNI EN 206-1 - Specificazione, prestazione, produzione e conformità e UNI 11104 - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	5 di 110

Classe di resistenza	C25/30 (R_{ck} ≥ 30 MPa)	
Classe di esposizione	XC2	
Classe di consistenza slump	S4	
Contenuto minimo di cemento	300 kg/mc	
Rapporto acqua/cemento	≤ 0.60	
Aggregato:	Conforme a UNI EN 12620	
Massima dimensione aggregato:	25 mm	
Acqua :	Conforme a UNI EN 1008	
Cemento :	CEM II/A-LL 42.5 R (Conforme alla UNI-EN 197/1)	
Resistenza caratteristica cubica:	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$	= 30.00 MPa
Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	$f_{ck} = 0.83 * R_{ck}$	= 25.00 MPa
Valor medio resistenza cilindrica a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 33.00 MPa
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5$	= 14.17 MPa
Resistenza di calcolo a compressione elastica	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck}$	= 15.00 MPa
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$	= 2.56 MPa
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$	= 3.08 MPa
Resistenza a trazione (5%)	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$	= 1.79 MPa
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%):	$f_{ctk} = 1.3 f_{ctm}$	= 3.33 MPa
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 2.22 MPa
Modulo di elasticità longitudinale	$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$	= 31476 MPa
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0.1$	
Coeff. espansione termica lineare	$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$	
Densità	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	
Coefficiente sicurezza SLU	$\gamma_c = 1,50$	
Resistenza di calcolo a compressione SLU	$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c$	= 14.17 MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU	$f_{ctd} = 0.7 f_{ctm} / \gamma_c$	= 1.20 MPa
Coefficiente sicurezza SLE	$\gamma_c = 1,00$	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	6 di 110

combinazione rara	$\sigma_{c,ad} = 0,60 f_{ck}$	= 15.00 MPa
combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} = 0,45 f_{ck}$	= 11.25 Mpa

3.3 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C, secondo DM 14.01.2008, controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica	→	$f_{yk} \geq 450 \text{MPa}$
Tensione caratteristica a rottura	→	$f_{tk} \geq 540 \text{MPa}$
Modulo elastico		$E_s = 206.000 \text{MPa}$
Allungamento totale al carico massimo		$\geq 7,5\%$ (frattile 10%)
Rapporto f_{tk}/f_{yk}		$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$ (frattile 10%)
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$		$\leq 1,25$ (frattile 10%)
Tensione di calcolo elastica	→	$\sigma_c = 0.80 * f_{yk} = 360.00 \text{MPa}$
Fattore di sicurezza acciaio	→	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{MPa}$

3.4 Copriferri minimi

Opere di fondazione	→	$c \geq 40 \text{mm}$
Opere in elevazione in vista	→	$c \geq 35 \text{mm}$
Opere in elevazione interrato o non ispezionabili	→	$c \geq 40 \text{mm}$.

4 CRITERI DI CALCOLO

In generale, per ogni stato limite deve essere verificata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d rappresenta l'insieme amplificato delle azioni agenti, ed R_d l'insieme delle resistenze, queste ultime corrette in funzione della tipologia del metodo di approccio al calcolo eseguito, della geometria del sistema e delle proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni in uso.

A seconda dell'approccio perseguito, sarà necessario applicare dei coefficienti di sicurezza o amplificativi, distinguendo tra il calcolo delle caratteristiche di resistenza e il calcolo delle azioni agenti.

In particolare, in funzione del tipo di verifica da eseguire, avremo, per le azioni derivanti da carichi gravitazionali, i seguenti coefficienti parziali:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	7 di 110

Carichi	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	γ_{G1}	0.9÷1.1	1.0÷1.3	1.0
Perm. non strutturali	γ_{G2}	0.0÷1.5	0.0÷1.5	0.0÷1.3
Variabili	$\gamma_{Q,i}$	0.0÷1.5	0.0÷1.5	0.0÷1.3

Coefficienti parziali per le azioni favorevoli-sfavorevoli

Ai fini delle resistenze, in funzione del tipo di verifica da eseguire, il valore di progetto può ricavarsi in base alle indicazioni sotto riportate.

Parametro	Parametro di riferimento	Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza φ'	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Partendo da questi coefficienti, è possibile definire le caratteristiche meccaniche dei terreni in funzione del tipo di approccio. In particolare avremo:

Terreno in situ

Metodo M1:

Peso per unità di volume totale $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito di calcolo $\varphi' = 35^\circ$

Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$

Le verifiche SLU e GEO vengono effettuate con l'Approccio 2, che prevede una sola combinazione dei coefficienti:

$$(A1+M1+R3)$$

in cui i coefficienti parziali di sicurezza R3 sono pari a:

Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

Per il ribaltamento si considera $\gamma_R = 1.15$.

Nelle verifiche finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Per quanto riguarda le verifiche in condizioni sismiche, esse verranno effettuate considerando, per i diversi stati limite, i coefficienti amplificativi delle azioni (A) di valore unitario, come indicato dalle NTC 2018.

4.1 Criterio di verifica a capacità portante della fondazione (GEO)

La verifica a carico limite della fondazione è stata eseguita facendo riferimento alla nota formula trinomia di Terzaghi.

$$q_{lim} = \psi_q \cdot \zeta_q \cdot \xi_q \cdot \alpha_q \cdot \beta_q \cdot N_q \cdot \gamma_1 \cdot D + \psi_c \cdot \zeta_c \cdot \xi_c \cdot \alpha_c \cdot \beta_c \cdot N_c \cdot c + \psi_\gamma \cdot \zeta_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot \alpha_\gamma \cdot \beta_\gamma \cdot N_\gamma \cdot \gamma_2 \cdot \frac{B}{2}$$

in cui:

- γ_1 è il peso dell'unità di volume del terreno presente al di sopra del piano di posa della fondazione;
- γ_2 è il peso dell'unità di volume del terreno presente al di sotto del piano di posa della fondazione;
- D è la profondità del piano di posa della fondazione;
- B è la larghezza della fondazione;
- N_q , N_c , N_γ sono i fattori di capacità portante calcolati in funzione dell'angolo di attrito del terreno presente al di sotto del piano di posa;
- ψ_θ , ψ_χ , ψ_γ sono i coefficienti correttivi legati al tipo di rottura (generale o per punzonamento);
- ζ_θ , ζ_χ , ζ_γ sono i coefficienti correttivi di forma; essi dipendono dalla lunghezza L e dalla larghezza B della fondazione;
- ξ_θ , ξ_χ , ξ_γ sono i coefficienti correttivi di inclinazione del carico; essi dipendono dalla lunghezza L e dalla larghezza B della fondazione, dall'entità dei carichi verticale ed orizzontale agenti, dalla coesione e dall'angolo di attrito del terreno presente al di sotto del piano di posa;
- α_θ , α_χ , α_γ sono i coefficienti correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di posa;
- β_θ , β_χ , β_γ sono i coefficienti correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna.
 In particolare, per la determinazione del carico verticale di esercizio, si pone:

$$q_{es} = \frac{N}{L' \cdot B'}$$

dove:

- N è la risultante delle azioni verticali agenti sulla fondazione nella condizione di carico considerata, comprensivi del peso della platea;
- L' è la lunghezza ridotta della fondazione;
- B' è la larghezza della fondazione.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

Per tener conto dell'eccentricità del carico viene considerata, ai fini del calcolo, una fondazione di dimensioni ridotte pari a:

$$L' = L - 2e_L$$

$$B' = B - 2e_B$$

con e_L ed e_B eccentricità del carico nelle due direzioni.

4.2 Criterio di verifica a scorrimento sul piano di posa (GEO)

La verifica allo scorrimento della fondazione consiste nell'assicurare la stabilità dell'opera nei confronti di un meccanismo di collasso tale per cui l'intera opera va a scorrere sul piano di contatto con il terreno di fondazione. Pertanto essa risulta soddisfatta se la componente delle forze agenti nella direzione parallela al piano di scorrimento risulta inferiore alla forza di attrito che si genera al contatto tra opera e terreno di fondazione. Tale forza risulta proporzionale al peso del plinto ed è espressa dalla relazione (per terreni caratterizzati da $\varphi' \neq 0$ e $c' = 0$).

$$R = N \cdot \tan\varphi'_d$$

dove:

R è la forza resistente allo scorrimento;

N è la risultante delle azioni verticali agenti sul piano di fondazione;

φ'_d è l'angolo di resistenza a taglio del terreno di fondazione relativamente all'approccio di progetto.

4.3 Criterio di verifica a ribaltamento

Il meccanismo di collasso per ribaltamento prevede la rotazione intorno all'estremità di valle della suola di fondazione, che diventa il centro di rotazione dell'opera. La verifica risulta soddisfatta se:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \geq 1$$

dove:

- M_{Rd} è il momento stabilizzante di progetto rispetto al centro di rotazione dovuto al peso del muro;

M_{Ed} è il momento ribaltante di progetto rispetto al centro di rotazione dovuto alla spinta del terrapieno e di eventuali sovraccarichi.

5 CALCOLO E VERIFICA DEI PALI DI ILLUMINAZIONE IN VTR

I pali di sostegno in VTR solo utilizzati per l'illuminazione dell'Asta di manovra Terminal merci e del percorso pedonale di accesso alla stazione di Fontanarossa.

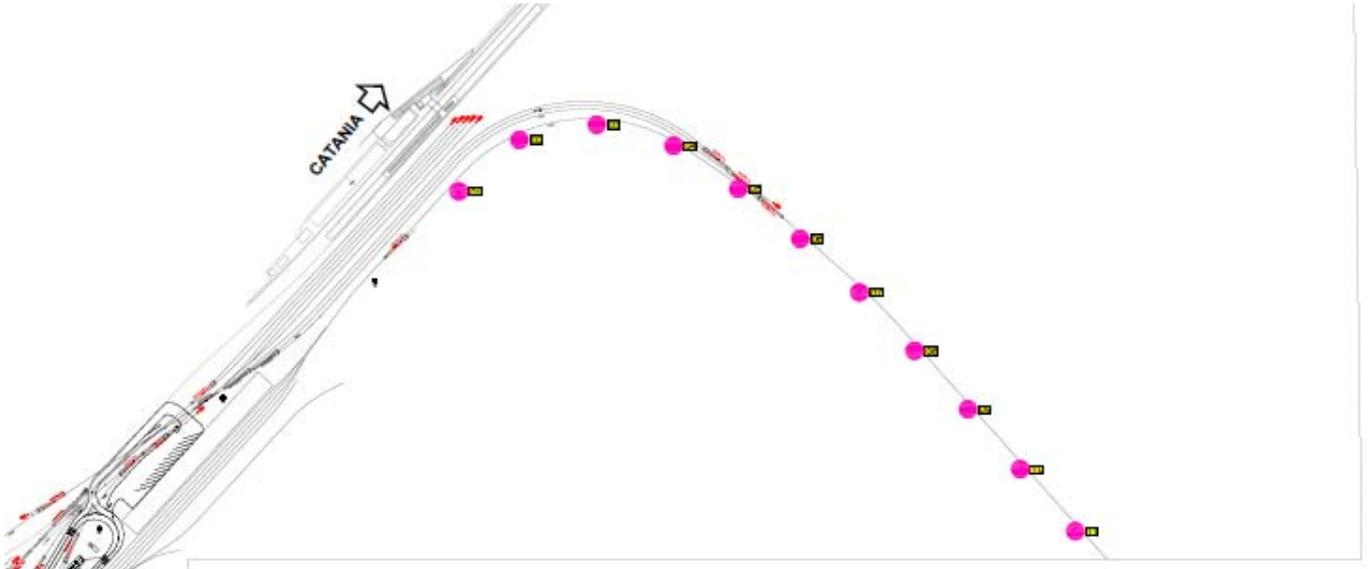


Figura 1 – Ubicazioni plinti pali di illuminazione in VTR

5.1 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

I pali di sostegno degli apparecchi illuminanti saranno in vetroresina ed avranno forma troncoconica dritta.

Essi saranno installati ad infissione in blocchi di fondazione in c.a., di forma parallelepipedica, di dimensione 1,2 x 1,2 x 1,0 m, come di seguito rappresentato.

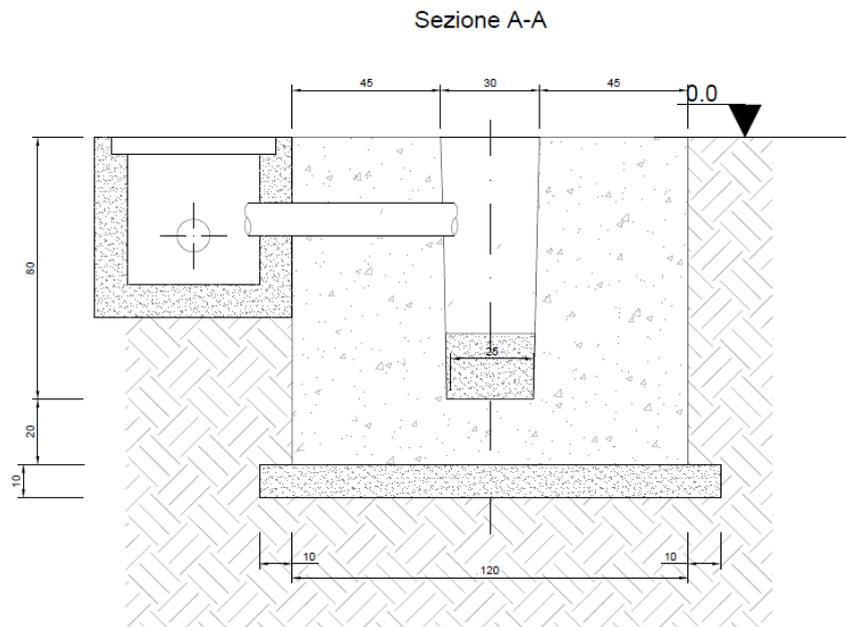


Figura 2 – Sezione plinto

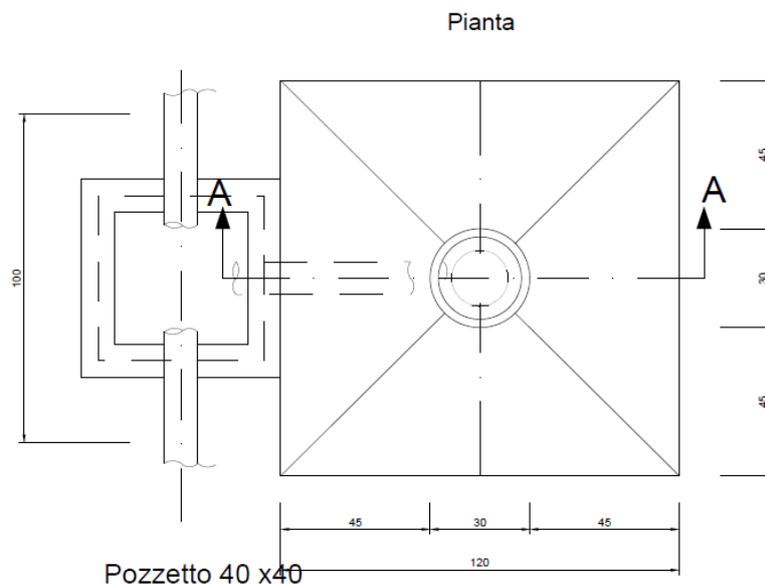
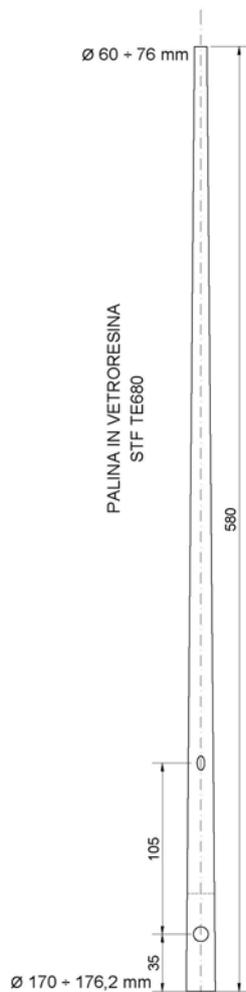


Figura 3 –Pianta del plinto

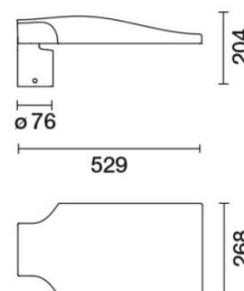
Il palo in vetroresina ha le seguenti caratteristiche geometriche:



altezza totale:	5.80m;
altezza fuori terra:	5.00m;
diametro di base:	176 mm;
diametro di sommità:	76 mm;
spessore:	4 mm.
peso	$\approx 14 \text{ kg}$ (nei calcoli si considera 20kg) = 0.2 kN
infissione nel plinto	80 cm

L'armatura da installare, invece, ha le seguenti caratteristiche:

dimensioni:	529 x 268 x 204 mm
peso corpo illuminante a led	6.05 Kg = 60 N = 0.06 kN



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

5.2 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Considerato che i pali di illuminazione in VTR sorgeranno in corrispondenza di infrastrutture ferroviarie e stradali, i terreni di fondazione saranno rilevati stradali e ferroviari. A favore di sicurezza, le verifiche saranno eseguite ponendo il tipo di terreno più scarso in fondazione.

Terreno di fondazione

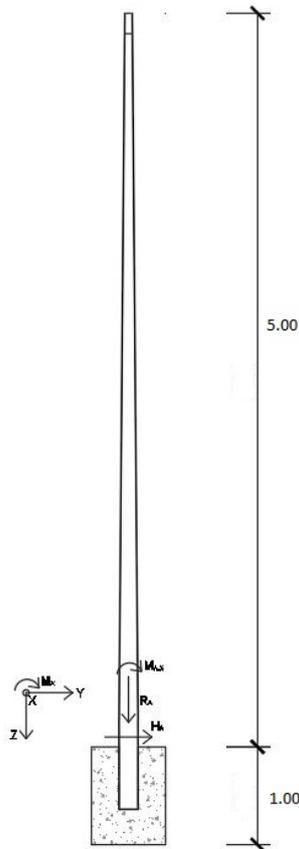
Descrizione: rilevato stradale

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 19 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito $\Phi = 35^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$

La presenza della falda non viene considerata poiché si può supporre posta a quota fondo scavo.

5.3 MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni alla base del sostegno, si è fatto ricorso allo schema di mensola incastrata di altezza 5,0 m.



Le reazioni alla base vengono articolate come segue:

- N: reazione nella direzione parallela alla generatrice del palo (asse z);
- V: reazione nella direzione y (asse y);
- M_x : momento reagente intorno all'asse x (piano yz).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	15 di 110

5.4 ANALISI DEI CARICHI

Si riepilogano nel seguito i carichi agenti sulla struttura (Peso proprio degli elementi strutturali - palo; Sovraccarichi permanenti verticali - proiettore; Sovraccarichi variabili – vento).

5.4.1 *Peso proprio e permanenti*

Peso plinto:

$$P_p = B_b * L_b * H_b * \gamma_{cls} = 1.2 * 1.2 * 1.0 * 25 = 36 \text{ kN}$$

Peso palo e proiettori:

$$P_{palo} = 0.2 \text{ kN}$$

$$P_{proiettori} = 0.06 \text{ kN}$$

Spinta terra statica su plinto:

		gradi	radianti
angolo di inclinazione parete	$\beta =$	0	0
angolo di attrito parete-terreno	$\delta =$	0	0
angolo di inclinazione terrapieno	$\varepsilon =$	0	0
angolo di attrito terreno	$\phi =$	35	0.6109
coefficiente di spinta attiva	$Ka =$		0.271
coefficiente di resistenza passiva	$Kp =$		3.690

$ka = 0.271$ considerando i coefficienti parziali M1

$$\Delta S_{as,p} = \frac{1}{2} * [\gamma * H_p^2 * k_a] * 1.2 = 0.5 * (19 * 1.0^2) * (0.271) * 1.2 = 3.10 \text{ kN}$$

5.4.2 Azione del vento

Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per il calcolo dell'azione del vento:

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
4	28	500	0.02

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	16
---	----

$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \geq a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_b (velocità di riferimento [m/s])	28
---------------------------------------	----

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$ q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq]) c_e (coefficiente di esposizione) c_p (coefficiente di forma) c_d (coefficiente dinamico)



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	490.00
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	17 di 110

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa		500m		
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
	costa	
	mare	
	1,5 km	0,5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9	
	costa
	mare
A	I
B	I
C	I
D	I

Z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
5	4	B	16

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \alpha \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Cat. Esposiz.	k _r	z ₀ [m]	z _{min} [m]	c _t
III	0.2	0.1	5	1

c _e	1.71
----------------	------

La pressione del vento a meno del coefficiente di forma vale: 836.69 N/mq (0.8366 kN/mq)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	18 di 110

cp	0.70	superficie cilindrica
cp	1.20	superficie piana

La pressione del vento vale $q_p =$	948.56	N/mq	superficie cilindrica	\Rightarrow	0.95	KN/mq
La pressione del vento vale $q_p =$	1626.10	N/mq	superficie piana	\Rightarrow	1.63	KN/mq

CALCOLO DELL'AZIONE CONCENTRATA DEL VENTO SUL FARO

altezza faro	h =	0.204	m
larghezza faro	b =	0.268	m
coefficiente di forza	$C_{FX} =$	1.8	

forza puntuale del vento

$$F_x = 2 \cdot q_p \cdot h \cdot b \cdot c_{FX} = \mathbf{0.32} \text{ KN}$$

CALCOLO DELL'AZIONE DISTRIBUITA DEL VENTO SULLO SVILUPPO DEL PALO

diametro palo (medio)	d =	0.126	m
dimensione di riferimento	l = d	0.126	m
coefficiente di profilo medio del vento	$C_m =$	1.10	
velocità media del vento	$V_m =$	30.92	m/s
viscosità cinematica aria	$\nu =$	0.000015	mq/s
numero di Reynolds	Re =	259730	
scabrezza superficie	k =	0.20	mm
parametro	k/d	0.0016	
coefficiente di forza ideale (curva A)	$C_{fx0,A} =$	0.7	
coefficiente di forza ideale (curva B)	$C_{fx0,B} =$	0.9	
coefficiente di forza ideale (Fig. G.51)	$C_{fx0} =$	0.9	
snellezza effettiva	$\lambda_e =$	40.00	
coefficiente di snellezza	$\Psi_\lambda =$	0.850	
coefficiente di forza	$C_{FX} =$	0.7	m

forza del vento per unità di lunghezza

$$f_x = q_p \cdot l \cdot c_{FX} = \mathbf{0.09} \text{ KN/m}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

5.4.3 Valutazione dell'azione sismica

In condizioni sismiche, il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica si assumono i seguenti parametri di base:

Categoria di suolo:	D
Categoria topografica:	T1
Vita nominale:	$V_N = 75$ anni; (tab 2.4.1 NTC2018);
Classe d'uso :	III;
Coeff. d'uso:	$c_u = 1.50$
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	$V_R = V_N \times c_u = 112.5$ anni

I parametri che definiscono l'azione sismica, vengono di seguito riportati:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

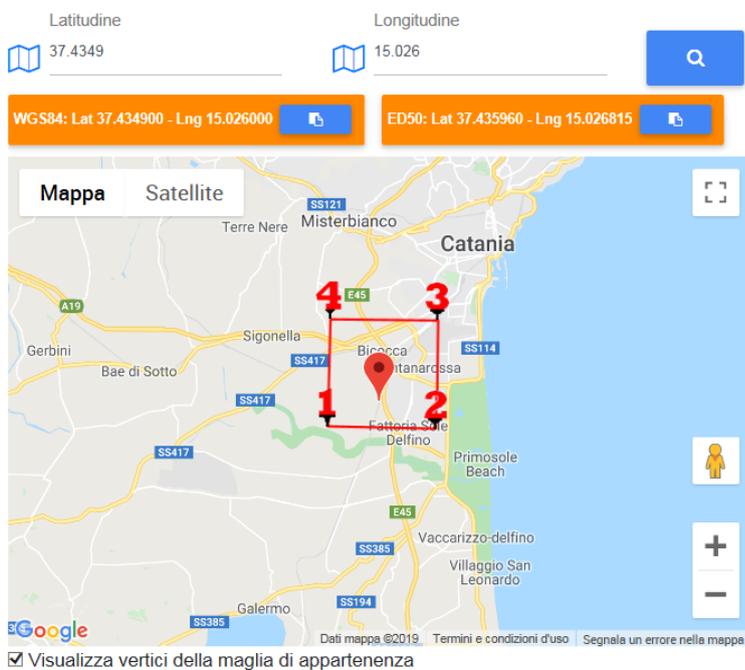
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	20 di 110



Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite

Classe Edificio	
III. Affollamento significativo...	
Vita Nominale	75
Interpolazione	Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	68	0.079	2.503	0.280
Danno (SLD)	113	0.103	2.512	0.291
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.330	2.359	0.467
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.472	2.352	0.527
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	112.5			

Cat. Sottosuolo	D
Cat. Topografica	T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,23	1,00
CC Coeff. funz categoria	2,36	2,32	1,83	1,72
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

Spinta sismica del terreno

L'analisi sismica è stata eseguita con il metodo pseudo-statico. I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v sono valutati con le relazioni:

$$k_h = \beta_s \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

- β_s è un coefficiente dipendente dal valore dell'accelerazione orizzontale a_g e dalla categoria di sottosuolo; tale valore è reperibile alla Tabella 7.11.I delle NTC2018;
- k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;
- k_v è il coefficiente sismico in direzione verticale.

L'accelerazione massima viene valutata come:

$$\frac{a_{\max}}{g} = S_s \cdot S_T \cdot \frac{a_g}{g}$$

dove:

- $S_s = 1.23$ tiene conto dell'amplificazione stratigrafica;
- $S_T = 1.000$ tiene conto dell'amplificazione topografica;
- $\frac{a_g}{g} = 0.330$ è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito per lo SLV.

Per il calcolo della spinta sismica in Combinazione SLV (A1+M1):

Presenza di Sisma:

coefficiente sismico orizzontale	$N_h =$	0.07
coefficiente sismico verticale	$N_v =$	0.037
coefficiente di intensità sismica	$\psi =$	0.0726
coefficiente di spinta sismica	$K_{ae} =$	0.311

$$\beta_m = 0.28; \quad k_h = 0.114; \quad k_a = 0.271; \quad k_{as} = 0.311$$

Quindi:

$k_{ae} = 0.311$ considerando i coefficienti parziali M1

$$S_{as,p} = \frac{1}{2} * [\gamma * H_p^2 * k_{ae}] * 1.2 = 0.5 * (19 * 1.0^2) * (0.311) * 1.2 = 3.54 \text{ kN}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	22 di 110

Inerzia sismica sul palo

Per quanto riguarda l'effetto del sisma sul palo si considera, a favore di sicurezza, una forza pari al peso del palo, applicata in testa e moltiplicata per l'accelerazione sismica. Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per il calcolo dell'azione sismica:

AZIONE SISMICA SUL PALO

V _N =	75	anni
Classe	III	
C _u =	1.5	
V _R =	112.5	anni
H =	5	m
C ₁ =	0.050	
T ₁ =	0.167	s
Suolo categoria		D
		T1
T _c * =	0.467	s
C _c =	1.83	
F ₀ =	2.359	
ag/g =	0.33	
T _D =	2.92	s
S _T =	1.000	
S _s =	1.230	
S =	1.23	
q =	1.00	
S _d (T ₁) =	9.393	
W =	0.26	KN
λ =	1	

$$T_1 < 2.5 \cdot C_c \cdot T_c^* \quad \text{verificato}$$

$$T_1 < T_0 \quad \text{verificato}$$

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g =$$

0.2 KN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

5.5 COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	σ_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	σ_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	σ_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	σ_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

	SLU-STR	SLU-SLV	SLE-STR
<i>Peso proprio plinto</i>	1,3	1	1
<i>Peso palo</i>	1,3	1	1
<i>Peso suola</i>	1,3	1	1
<i>Spinta terra in fase statica</i>	1,5	-	1
<i>Inerzia palo</i>	-	1	-
<i>Spinta terre in fase sismica</i>	-	1	-



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	25 di 110

5.6 SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PALO

Si riepilogano di seguito le azioni che agiscono sul palo:

F_x = forza orizzontale del vento sull'apparecchio illuminante (0.32 kN)

f_x = carico distribuito del vento sul palo ($0.09 \frac{kN}{m}$)

Q_s = forza sismica sul palo (0.2 kN)

P_p = peso del palo (0.2 kN)

P_l = peso apparecchio illuminante (0.06 kN)

Si considerano poi le dimensioni:

h = altezza del palo (5.00 m)

Calcolo delle sollecitazioni allo SLU:

$$T_{SLU} = (f_x * h) + F_x = (0.09 * 5) + 0.32 = 1.5 * 0.77 = 1.159 \text{ kN}$$

$$N_{SLU} = P_p + P_l = 0.20 + 0.06 = 0.26 \text{ kN}$$

$$M_{SLU} = f_x * h * \frac{h}{2} + F_x * h = (0.09 * 5 * 2.5) + (0.32 * 5) = 1.5 * 2.725 = 4.09 \text{ kN}$$

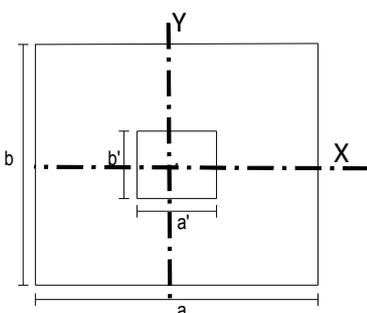
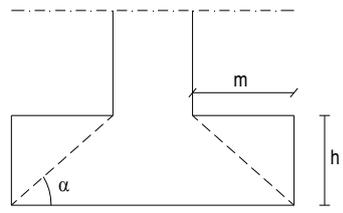
Calcolo delle sollecitazioni allo SLV:

$$T_{SLV} = Q_s = 0.2 \text{ kN}$$

$$N_{SLV} = P_p + P_l = 0.2 + 0.06 = 0.26 \text{ kN}$$

$$M_{SLV} = Q_s * h = 0.2 * 5 = 1 \text{ kNm}$$

PLINTO

Caratteristiche plinto		
b=	1.20 m	
a=	1.20 m	
h=	1.0 m	
γ_{cls} =	25 KN/mc	
Baggiolo		
a' =	0 m	
b' =	0 m	
h' =	0 m	
Caratteristiche opera		
Classe di duttilità=	NO DISS	
fattore amplificativo=	1	
Rinterro		
s=	0.00 m	
γ =	19 KN/mc	
Dimensioni foro		
Φ =	0.3 m	
z =	0.8 m	
Parametri terreno		
γ =	19 KN/mc	ka= 0.271
Φ =	35 °	ke= 0.311
c =	0 KPa	
Zw =	1 m	da p.c.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	27 di 110

Condizioni

m = 0.6 m
 $\alpha = 59$ gradi

Condizioni

$m \leq h$ vero \Rightarrow **Plinto Alto**
 $\alpha \geq 45^\circ$ vero

m = 0.6 m
 $\alpha = 59$ gradi

Condizioni

$m \leq h$ vero \Rightarrow **Plinto Alto**
 $\alpha \geq 45^\circ$ vero

SPINTA DEL TERRNO

BAGGIOLO

Sstatica 0 kN

Ssismica 0 kN

FONDAZIONE

Sstatica 3.0894 kN

Ssismica 3.5454 kN

Carichi di progetto

Peso del plinto P = 35 KN

SCARICHI STRUTTURA IN ELEVAZIONE

Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base

Mx = 4.09 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 1.16 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 0.26 KN

Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base

Mx = 1.00 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 0.20 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 0.26 KN

SCARICHI AMPLIFICATI

Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base

Mx = 4.09 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 1.16 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 0.26 KN

Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base

Mx = 1.00 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 0.20 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 0.26 KN

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

5.7 VERIFICHE

5.7.1 *Verifica a Ribaltamento (SLU)*

Nella verifica a ribaltamento è stato scelto come punto di rotazione il vertice in basso a valle della fondazione.

- Il Momento Ribaltante (M_{rblt}) è dovuto alla componente orizzontale della spinta, all'incremento sismico di essa e ad eventuali carichi esterni che possono contribuire al ribaltamento.
- Il Momento Stabilizzante (M_{stbl}) è dovuto al peso proprio del plinto, del terreno su esso agente a tergo del plinto, ad eventuali carichi esterni che possono contribuire alla stabilità.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Momento Stabilizzante / Momento Ribaltante. Tale valore è stato calcolato considerando il sistema come un corpo rigido e adottando i coefficienti M2.

Affinchè la verifica sia soddisfatta, è necessario che il coefficiente di sicurezza M_{stbl}/M_{rblt} , sia maggiore di 1, dove, con riferimento alla figura seguente si ritiene possibile (soprattutto ai fini di ottenere il rispetto dei coefficienti minimi di sicurezza nelle verifiche a scorrimento) considerare a tergo del plinto il contributo stabilizzante della spinta di terreno prendendo a riferimento il k_0 .

VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI STATICHE

Approccio A1+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
	<input type="checkbox"/>	

Sollecitazioni di progetto :

N	V _y	M _x
KN	KN	KN*m
0.26	1.16	4.09

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N _{tot}	V _y	M _{xtot}
KN	KN	KN*m
34.8	1.16	6.28

Momento ribaltante **MR =** 6.28 KN m

Momento stabilizzante **Ms =** 20.91 KN m

FS = Ms/MR = 3.33 **≥** 1.15 **verifica soddisfatta**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	29 di 110

5.7.2 Verifica a Ribaltamento (SLV)

VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE

Approccio E+M1+R3::

coefficiente azioni

permanenti

$$\gamma_g = 1.00$$

coefficiente azioni variabili

$$\gamma_s = 1.00$$

□

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx
KN	KN	KN*m
0.26	0.20	1.00

Sollecitazioni finali sulla
plinto :

N _{tot}	Vy	Mx _{tot}
KN	KN	KN*m
34.8	0.2	2.97

Momento ribaltante **MR =** 2.97 KN m

Momento stabilizzante **Ms =** 20.91 KN m

□

FS = Ms/MR = 7.03 \geq 1.15 **verifica soddisfatta**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	30 di 110

5.7.3 Verifica a Carico limite e a scorrimento SLU

VERIFICA A SCORRIMENTO E CAPACITA' PORTANTE IN CONDIZIONI STATICHE

Approccio 2 A1+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.30
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
coefficiente M1 parametri geotecnici	$\gamma_\phi =$	1.00
coefficiente R3 scorrimento	$\gamma_R =$	1.10
coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_R =$	2.30

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx	Vx	My
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
0.26	1.16	4.09	0.00	0.00

Sollecitazioni finali sul plinto :

Ntot	Vy	Mxtot	Vx	Mytot
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
45	1.16	6.28	0.00	0.00

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^*N_c^* s_c^*d_c^*i_c^*b_c^*g_c + q^*N_q^*s_q^*d_q^*i_q^*b_q^*g_q + 0,5^*\gamma^*B^*N_\gamma^*s_\gamma^*d_\gamma^*i_\gamma^*b_\gamma^*g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

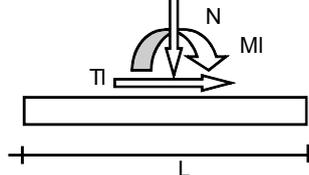
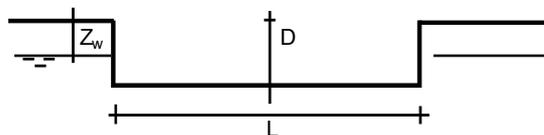
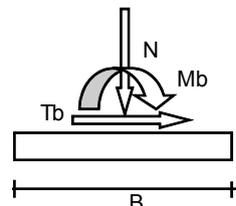
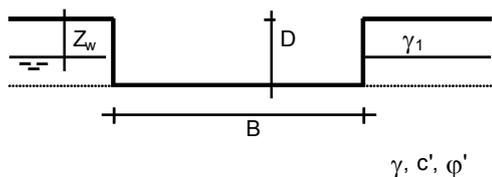
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2^*e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

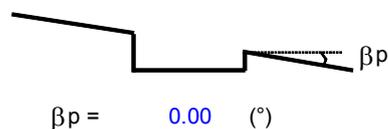
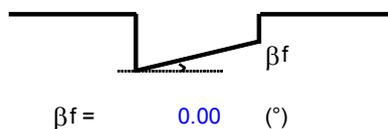
coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno	
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo	1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.20 (m)
L = 1.20 (m)
D = 1.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	45.22	0.00	45.22
Mb [kNm]	6.28	0.00	6.28
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	1.16	0.00	1.16
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	1.16	0.00	1.16

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.14 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 0.92 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.20 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 19.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \varphi')}$$

$$N_q = 33.30$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 46.12$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 48.03$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L^* \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.55$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L^*$$

$$s_q = 1.54$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.69$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.57 \quad \theta = \arctg(T_b / T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.43 \quad m = 1.57 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^m$$

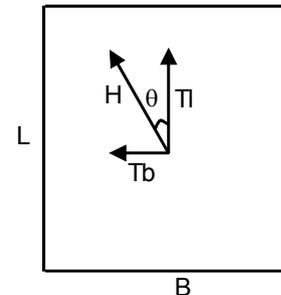
$$i_q = 0.96$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.96$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.94$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2) * \arctan(D / B^*)$

$$d_q = 1.21$$

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

$$d_c = 1.22$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	34 di 110

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan(\varphi'))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan(\beta_p))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	35 di 110

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1259.97 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B * L^*$$

$$q = 40.86 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 13.41 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 1.16 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N * \tan(\varphi') + c' * B * L^*$$

$$S_d = 31.67 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{scorr} = 24.84 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	36 di 110

5.7.4 Verifica a Carico limite e a scorrimento SLV

VERIFICA A SCORRIMENTO E CAPACITA' PORTANTE IN CONDIZIONI SISMICHE

Approccio 2 E+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
coefficiente M1 parametri geotecnici	$\gamma_\phi =$	1.00
coefficiente R3 scorrimento	$\gamma_R =$	1.10
coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_{R'} =$	2.30

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx	Vx	My
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
0.26	0.20	1.00	0.00	0.00

Sollecitazioni finali sul plinto :

N _{tot}	Vy	Mx _{tot}	Vx	My _{tot}
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
34.85	0.20	2.97	0.00	0.00

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^*N_c^* s_c^*d_c^*i_c^*b_c^*g_c + q^*N_q^*s_q^*d_q^*i_q^*b_q^*g_q + 0,5^*\gamma^*B^*N_{\gamma}^*s_{\gamma}^*d_{\gamma}^*i_{\gamma}^*b_{\gamma}^*g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

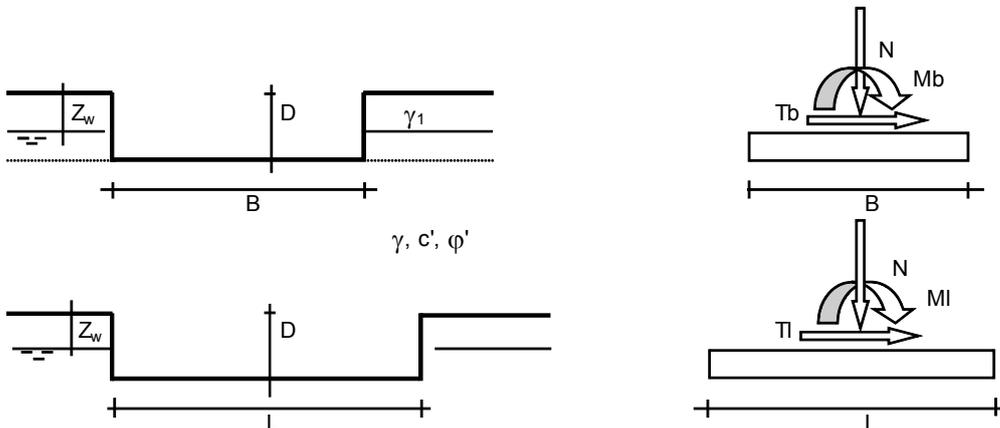
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2^*e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo		1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente		1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.20 (m)
L = 1.20 (m)
D = 1.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	34.85	0.00	34.85
Mb [kNm]	2.97	0.00	2.97
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	0.20	0.00	0.20
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.20	0.00	0.20

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.09 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 1.03 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.20 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 19.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 33.30$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 46.12$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 48.03$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.62$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L$$

$$s_q = 1.60$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.66$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.54 \quad \theta = \arctg(T_b / T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.46 \quad m = 1.54 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg(\varphi')))^m$$

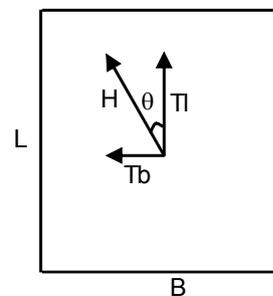
$$i_q = 0.99$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.99$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg(\varphi')))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.99$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2 / B$

per $D/B > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2) \cdot \arctan(D / B)$

$$d_q = 1.25$$

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

$$d_c = 1.26$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	40 di 110

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	41 di 110

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1396.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B * L^*$$

$$q = 28.21 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 21.52 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 0.20 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N * \tan(\varphi') + c' * B * L^*$$

$$S_d = 24.40 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{scorr} = 110.91 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	42 di 110

5.7.5 Verifica di compatibilità dei cedimenti

Analogamente alle verifiche di portanza si riporta anche la valutazione dei cedimenti massimi del plinto, considerando come valore del carico N agente in fondazione pari a:

$$N = 35 \text{ kN}$$

ricavando quanto segue.

DATI DI INPUT:

B = 1.20 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 1.20 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 35 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 24.31 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	ν	δc _i
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	RILEVATO STRADALE	3.00	0.0	3.0	1.0	30000	0.30	0.07
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.07 \text{ (cm)}$$

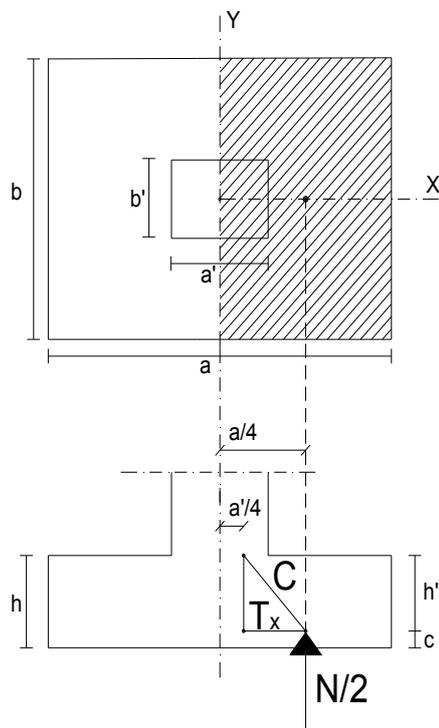
A valle dei risultati ottenuti il cedimento di 0.07 cm si ritiene ampiamente compatibile con gli spostamenti attesi della struttura in esame.

5.7.6 Progetto e Verifica degli elementi strutturali

Materiali

Calcestruzzo		Acciaio B450C			
Classe	C25/30	Rck=	30 MPa	fyk=	450 MPa
		fck=	24.9 MPa	fyd=	391 MPa
		fcd=	14.1 MPa	Es =	210000 MPa
		fctm=	2.56 MPa		
		fcm =	32.9 MPa		
		Ecm =	31447.2 MPa		
		fctk=	1.79 MPa		
		fctd=	1.19 MPa		
Asmin	n°	φ	As		
cmq		mm	cmq		
14.508	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta

Sollecitazioni e Armature PLINTO ALTO



c	h'	a'	a	b	b'	α	β
m	m	m	m	m	m	rad	rad
0.07	0.93	0	1.20	1.20	0	1.208	1.208

Condizioni statiche

Verifica tirante

Tx	Asmin	Armatura				
KN	cmq	n°	φ	As		
			mm	cmq		
14.05	0.359	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd			
KN	KN			
39.59	3149	⇒	verifica soddisfatta	

Verifica tirante

Ty	Asmin	Armatura				
KN	cmq	n°	φ	As		
			mm	cmq		
7.29	0.186	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd			
KN	KN			
20.56	3149	⇒	verifica soddisfatta	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	44 di 110

Condizioni sismiche

Verifica tirante

Tx	Asmin		Armatura		As	
KN	cmq		n°	Φ	cmq	
8.82	0.225	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd	
KN	KN	
24.85	3149	⇒ verifica soddisfatta

Verifica tirante

Ty	Asmin		Armatura		As	
KN	cmq		n°	Φ	cmq	
5.62	0.186	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd	
KN	KN	
15.84	3149	⇒ verifica soddisfatta

6 CALCOLO E VERIFICA DEI PALI DI ILLUMINAZIONE IN ACCIAIO (8.80 m)

I pali di sostegno in acciaio da 8,80 m sono utilizzati per l'illuminazione dei piazzali del parcheggio e delle viabilità di accesso a Fontanarossa e per i piazzali posti agli imbocchi della galleria.

6.1 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

I pali di sostegno degli apparecchi illuminanti saranno in acciaio ed avranno forma troncoconica dritta.

Essi saranno installati ad infissione in blocchi di fondazione in c.a., di forma parallelepipedica, di dimensione 1,2 x 1,2 x 1,0 m, come di seguito rappresentato.

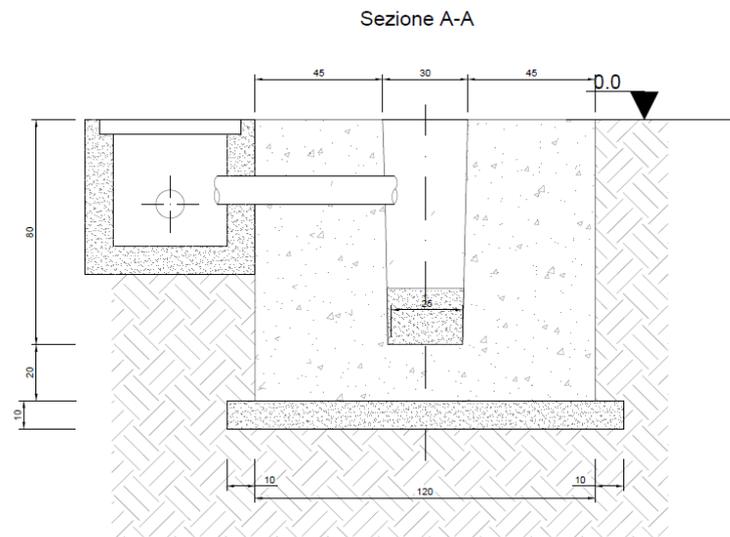


Figura 4 – Sezione plinto

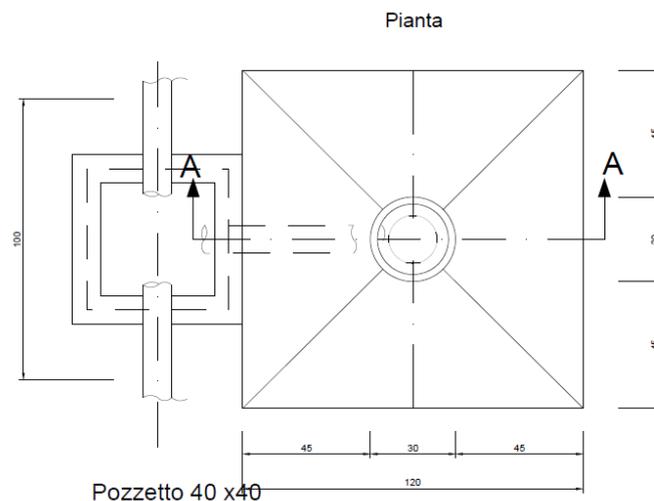


Figura 5 –Pianta del plinto

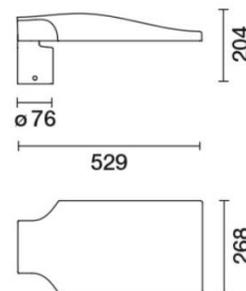
Il palo in acciaio ha le seguenti caratteristiche geometriche:

PALI CONICI DRITTI "spessore 4 mm"									
Codice Articolo	H.t. altezza totale mm	H.ft. altezza fuori terra mm	i. interramento mm	D diametro di base mm	d diametro di sommità mm	s spessore mm	P peso zincato (teorico) Kg	superficie verniciabile m ²	Prezzo Unitario €
C4095Z	3.500	3.000	500	95	60	4	27	0,85	146,00
C4100Z	4.000	3.500	500	100	60	4	32	1,00	162,00
C4105Z	4.500	4.000	500	105	60	4	37	1,17	179,00
C4110Z	5.000	4.500	500	110	60	4	42	1,33	195,00
C4115Z	5.500	5.000	500	115	60	4	48	1,51	225,00
C4120Z	6.000	5.500	500	120	60	4	54	1,70	240,00
C4128Z	6.800	6.000	800	128	60	4	63	2,01	271,00
C4138Z	7.800	7.000	800	138	60	4	77	2,42	315,00
C4148Z	8.800	8.000	800	148	60	4	91	2,87	364,00
C4153Z	8.800	8.500	300	153	60	4	88	3,11	388,00
C4158Z	9.800	9.000	800	158	60	4	107	3,35	412,00

altezza totale: 8.80m;
 altezza fuori terra: 8.00m;
 diametro di base: 148 mm;
 diametro di sommità: 60 mm;
 spessore: 4 mm.
 peso
 = 0.9 kN
 infissione nel plinto 80 cm

Il corpo illuminante da installare, invece, ha le seguenti caratteristiche:

dimensioni: 529 x 268 x 204 mm
 peso corpo illuminante a led 6.05 Kg = 60 N = 0.06 kN



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

6.2 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Considerato che i pali di illuminazione in acciaio sorgeranno in corrispondenza di infrastrutture ferroviarie e stradali, i terreni di fondazione saranno rilevati stradali e ferroviari. A favore di sicurezza, le verifiche saranno eseguite ponendo il tipo di terreno più scarso in fondazione.

Terreno di fondazione

Descrizione: rilevato stradale

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 19 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito $\Phi = 35^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$

La presenza della falda non viene considerata poiché si può supporre posta a quota fondo scavo.

6.3 MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni alla base del sostegno, si è fatto ricorso allo schema di mensola incastrata di altezza 8,0 m.

Le reazioni alla base vengono articolate come segue:

- N: reazione nella direzione parallela alla generatrice del palo (asse z);
- V: reazione nella direzione y (asse y);
- M_x : momento reagente intorno all'asse x (piano yz).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
 MACROFASE FUNZIONALE 1
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	48 di 110

6.4 ANALISI DEI CARICHI

Si riepilogano nel seguito i carichi agenti sulla struttura (Peso proprio degli elementi strutturali - palo; Sovraccarichi permanenti verticali - proiettore; Sovraccarichi variabili – vento).

6.4.1 Peso proprio e permanenti

Peso plinto:

$$P_p = B_p * L_p * H_p * \gamma_{cls} = 1.2 * 1.2 * 1.0 * 25 = 36 \text{ kN}$$

Peso palo e proiettori:

$$P_{palo} = 0.9 \text{ kN}$$

$$P_{proiettori} = 0.06 \text{ kN}$$

Spinta terra statica su plinto:

		gradi	radianti
angolo di inclinazione parete	$\beta =$	0	0
angolo di attrito parete-terreno	$\delta =$	0	0
angolo di inclinazione terrapieno	$\varepsilon =$	0	0
angolo di attrito terreno	$\phi =$	35	0.6109
coefficiente di spinta attiva		$Ka =$	0.271
coefficiente di resistenza passiva		$Kp =$	3.690

$ka = 0.271$ considerando i coefficienti parziali M1

$$S_{as,p} = \frac{1}{2} * [\gamma * H_p^2 * k_a] * 1.2 = 0.5 * (19 * 1.0^2) * (0.271) * 1.2 = 3.10 \text{ kN}$$

6.4.2 Azione del vento

Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per il calcolo dell'azione del vento:

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
4	28	500	0.02

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	16
---	----

$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \geq a_0$
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_b (velocità di riferimento [m/s])	28
---------------------------------------	----

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c_e (coefficiente di esposizione)
c_p (coefficiente di forma)
c_d (coefficiente dinamico)



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	490.00
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	50 di 110

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa		500m		
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
	costa	
	mare	
	1,5 km	0,5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9	
	costa
	mare
A	I
B	I
C	I
D	I

Z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
8	4	B	16

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \alpha \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Cat. Esposiz.	k _r	z ₀ [m]	z _{min} [m]	c _t
III	0.2	0.1	5	1

c _e	2.00
----------------	------

La pressione del vento a meno del coefficiente di forma vale: 977.58 N/mq (0.9775 kN/mq)

cp	0.70	superficie cilindrica
cp	1.20	superficie piana

La pressione del vento vale $q_p =$ 948.56 N/mq \Rightarrow superficie cilindrica **0.95** KN/mq

La pressione del vento vale $q_p =$ 1626.10 N/mq \Rightarrow superficie piana **1.63** KN/mq

CALCOLO DELL'AZIONE CONCENTRATA DEL VENTO SUL FARO

altezza faro	h =	0.204	m
larghezza faro	b =	0.268	m
coefficiente di forza	$C_{FX} =$	1.8	

forza puntuale del vento

$$F_x = 2 \cdot q_p \cdot h \cdot b \cdot c_{FX} = \mathbf{0.32} \text{ KN}$$

CALCOLO DELL'AZIONE DISTRIBUITA DEL VENTO SULLO SVILUPPO DEL PALO

diametro palo (medio)	d =	0.104	m
dimensione di riferimento	l = d	0.104	m
coefficiente di profilo medio del vento	$C_m =$	1.10	
velocità media del vento	$V_m =$	30.92	m/s
viscosità cinematica aria	$\nu =$	0.000015	m ² /s
numero di Reynolds	Re =	214380	
scabrezza superficie	k =	0.20	mm
parametro	k/d	0.0019	
coefficiente di forza ideale (curva A)	$C_{fx0,A} =$	1.0	
coefficiente di forza ideale (curva B)	$C_{fx0,B} =$	0.9	
coefficiente di forza ideale (Fig. G.51)	$C_{fx0} =$	1.0	
snellezza effettiva	$\lambda =$	77.00	
coefficiente di snellezza	$\Psi_\lambda =$	0.920	
coefficiente di forza	$C_{FX} =$	0.9	m

forza del vento per unità di lunghezza

$$f_x = q_p \cdot l \cdot c_{FX} = \mathbf{0.09} \text{ KN/m}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

6.4.3 Valutazione dell'azione sismica

In condizioni sismiche, il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica si assumono i seguenti parametri di base:

Categoria di suolo:	D
Categoria topografica:	T1
Vita nominale:	$V_N = 75$ anni; (tab 2.4.1 NTC2018);
Classe d'uso :	III;
Coeff. d'uso:	$c_u = 1.50$
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	$V_R = V_N \times c_u = 112.5$ anni

I parametri che definiscono l'azione sismica, vengono di seguito riportati:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

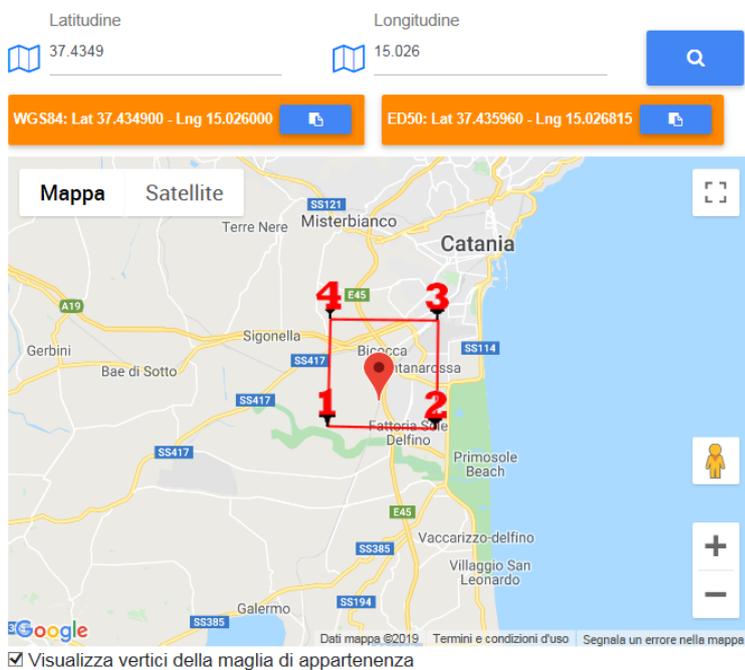
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	53 di 110



Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite

Classe Edificio				
III. Affollamento significativo...				
Vita Nominale	75			
Interpolazione	Media ponderata			
CU = 1.5				
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	68	0.079	2.503	0.280
Danno (SLD)	113	0.103	2.512	0.291
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.330	2.359	0.467
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.472	2.352	0.527
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	112.5			

Cat. Sottosuolo	D			
Cat. Topografica	T1			
	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,23	1,00
CC Coeff. funz categoria	2,36	2,32	1,83	1,72
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

- a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

Spinta sismica del terreno

L'analisi sismica è stata eseguita con il metodo pseudo-statico. I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v sono valutati con le relazioni:

$$k_h = \beta_s \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

- β_s è un coefficiente dipendente dal valore dell'accelerazione orizzontale a_g e dalla categoria di sottosuolo; tale valore è reperibile alla Tabella 7.11.I delle NTC2018;
- k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;
- k_v è il coefficiente sismico in direzione verticale.

L'accelerazione massima viene valutata come:

$$\frac{a_{\max}}{g} = S_s \cdot S_T \cdot \frac{a_g}{g}$$

dove:

- $S_s = 1.23$ tiene conto dell'amplificazione stratigrafica;
- $S_T = 1.000$ tiene conto dell'amplificazione topografica;
- $\frac{a_g}{g} = 0.330$ è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito per lo SLV.

Per il calcolo della spinta sismica in Combinazione SLV (A1+M1):

Presenza di Sisma:

coefficiente sismico orizzontale	$N_h =$	0.07
coefficiente sismico verticale	$N_v =$	0.037
coefficiente di intensità sismica	$\psi =$	0.0726
coefficiente di spinta sismica	$K_{ae} =$	0.311

$$\beta_m = 0.28; \quad k_h = 0.114; \quad k_a = 0.271; \quad k_{as} = 0.311$$

Quindi:

$k_{ae} = 0.311$ considerando i coefficienti parziali M1

$$S_{as,p} = \frac{1}{2} * [\gamma * H_p^2 * k_{ae}] * 1.2 = 0.5 * (19 * 1.0^2) * (0.311) * 1.2 = 3.54 \text{ kN}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	55 di 110

Inerzia sismica sul palo

Per quanto riguarda l'effetto del sisma sul palo si considera, a favore di sicurezza, una forza pari al peso del palo, applicata in testa e moltiplicata per l'accelerazione sismica. Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per il calcolo dell'azione sismica:

AZIONE SISMICA SUL PALO

V _N =	75	anni
Classe	III	
C _u =	1.5	
V _R =	112.5	anni
H =	8	m
C ₁ =	0.050	
T ₁ =	0.238	s
Suolo categoria		D
		T ₁
T _c * =	0.467	s
C _c =	1.83	
F ₀ =	2.359	
ag/g =	0.33	
T _D =	2.92	s
S _T =	1.000	
S _s =	1.230	
S =	1.23	
q =	1.00	
S _d (T ₁) =	9.393	
W =	0.96	KN
λ =	1	

$$T_1 < 2.5 \cdot C_c \cdot T_c^* \quad \text{verificato}$$

$$T_1 < T_0 \quad \text{verificato}$$

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g =$$

0.9 KN

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

6.5 COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	σ_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	σ_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	σ_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	σ_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

	SLU-STR	SLU-SLV	SLE-STR
<i>Peso proprio plinto</i>	1,3	1	1
<i>Peso palo</i>	1,3	1	1
<i>Peso suola</i>	1,3	1	1
<i>Spinta terra in fase statica</i>	1,5	-	1
<i>Inerzia palo</i>	-	1	-
<i>Spinta terre in fase sismica</i>	-	1	-



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	58 di 110

6.6 SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PALO

Si riepilogano di seguito le azioni che agiscono sul palo:

F_x = forza orizzontale del vento sull'apparecchio illuminante (0.32 kN)

f_x = carico distribuito del vento sul palo ($0.09 \frac{kN}{m}$)

Q_s = forza sismica sul palo (0.9 kN)

P_p = peso del palo (0.9 kN)

P_l = peso apparecchio illuminante (0.06 kN)

Si considerano poi le dimensioni:

h = altezza del palo (8.00 m)

Calcolo delle sollecitazioni allo SLU:

$$T_{SLU} = f_x * h + F_x = (0.09 * 8) + 0.32 = 1.5 * 1.04 = 1.56 \text{ kN}$$

$$N_{SLU} = P_p + P_l = 0.90 + 0.06 = 0.96 \text{ kN}$$

$$M_{SLU} = f_x * h * \frac{h}{2} + F_x * h = (0.09 * 8 * 4) + (0.32 * 8) = 1.5 * 5.44 = 8.16 \text{ kNm}$$

Calcolo delle sollecitazioni allo SLV:

$$T_{SLV} = Q_s = 0.9 \text{ kN}$$

$$N_{SLV} = P_p + P_l = 0.9 + 0.06 = 0.96 \text{ kN}$$

$$M_{SLV} = Q_s * h = 0.9 * 8 = 7.2 \text{ kNm}$$

PLINTO

Caratteristiche plinto

$b = 1.20$ m
 $a = 1.20$ m
 $h = 1.0$ m
 $\gamma_{cls} = 25$ KN/mc

Baggiolo

$a' = 0$ m
 $b' = 0$ m
 $h' = 0$ m

Caratteristiche opera

Classe di duttilità= **NO DISS**
 fattore amplificativo= **1**

Rinterro

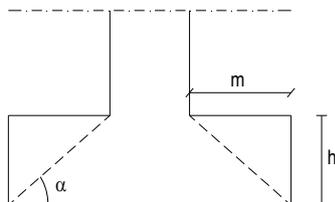
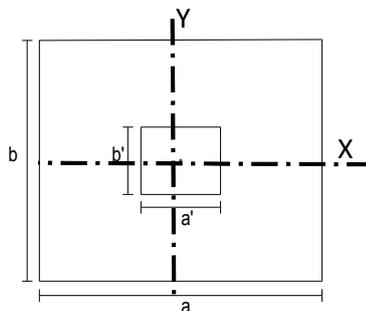
$s = 0.00$ m
 $\gamma = 19$ KN/mc

Dimensioni foro

$\Phi = 0.3$ m
 $z = 0.8$ m

Parametri terreno

$\gamma = 19$ KN/mc	$k_a = 0.271$
$\Phi = 35$ °	$k_e = 0.311$
$c = 0$ KPa	
$Z_w = 1$ m	da p.c.





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	60 di 110

Condizioni

m = 0.6 m
 $\alpha = 59$ gradi

Condizioni

$m \leq h$ vero \Rightarrow **Plinto Alto**
 $\alpha \geq 45^\circ$ vero

m = 0.6 m
 $\alpha = 59$ gradi

Condizioni

$m \leq h$ vero \Rightarrow **Plinto Alto**
 $\alpha \geq 45^\circ$ vero

SPINTA DEL TERRNO

BAGGIOLO

Sstatica 0 kN

Ssismica 0 kN

FONDAZIONE

Sstatica 3.0894 kN

Ssismica 3.5454 kN

Carichi di progetto

Peso del plinto P = 35 KN

SCARICHI STRUTTURA IN ELEVAZIONE

Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base

Mx = 8.16 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 1.56 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 0.96 KN

Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base

Mx = 7.20 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 0.90 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 0.96 KN

SCARICHI AMPLIFICATI

Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base

Mx = 8.16 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 1.56 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 0.96 KN

Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base

Mx = 7.20 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 0.90 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 0.96 KN



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	61 di 110

6.7 VERIFICHE

6.7.1 *Verifica a Ribaltamento (SLU)*

Nella verifica a ribaltamento è stato scelto come punto di rotazione il vertice in basso a valle della fondazione.

- Il Momento Ribaltante (M_{rblt}) è dovuto alla componente orizzontale della spinta, all'incremento sismico di essa e ad eventuali carichi esterni che possono contribuire al ribaltamento.
- Il Momento Stabilizzante (M_{stbl}) è dovuto al peso proprio del plinto, del terreno su esso agente a tergo del plinto, ad eventuali carichi esterni che possono contribuire alla stabilità.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Momento Stabilizzante / Momento Ribaltante. Tale valore è stato calcolato considerando il sistema come un corpo rigido e adottando i coefficienti M2.

Affinchè la verifica sia soddisfatta, è necessario che il coefficiente di sicurezza M_{stbl}/M_{rblt} , sia maggiore di 1, dove, con riferimento alla figura seguente si ritiene possibile (soprattutto ai fini di ottenere il rispetto dei coefficienti minimi di sicurezza nelle verifiche a scorrimento) considerare a tergo del plinto il contributo stabilizzante della spinta di terreno prendendo a riferimento il k_0 . Verifica a Ribaltamento (SLV)

VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI STATICHE

Approccio A1+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti $\gamma_g = 1.00$
 coefficiente azioni variabili $\gamma_s = 1.50$

□

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx
KN	KN	KN*m
0.96	1.56	8.16

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N _{tot}	Vy	Mx _{tot}
KN	KN	KN*m
35.5	1.56	10.75

Momento ribaltante $M_R = 10.75$ KN m

Momento stabilizzante $M_S = 21.33$ KN m

□

FS = $M_S/M_R = 1.98 \geq 1.15$ **verifica soddisfatta**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	62 di 110

6.7.2 Verifica a Ribaltamento (SLV)

VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE

Approccio E+M1+R3::

coefficiente azioni

permanenti

$$\gamma_g = 1.00$$

coefficiente azioni variabili

$$\gamma_s = 1.00$$

□

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx
KN	KN	KN*m
0.96	0.90	7.20

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N _{tot}	Vy	M _{xtot}
KN	KN	KN*m
35.5	0.9	9.87

Momento ribaltante **MR = 9.87 KN m**

Momento stabilizzante **Ms = 21.33 KN m**

□

FS = Ms/MR = 2.16 ≥ 1.15 **verifica soddisfatta**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	63 di 110

6.7.3 Verifica a Carico limite e a scorrimento SLU

VERIFICA A SCORRIMENTO E CAPACITA' PORTANTE IN CONDIZIONI STATICHE

Approccio 2 A1+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.30
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
coefficiente M1 parametri geotecnici	$\gamma_\phi =$	1.00
coefficiente R3 scorrimento	$\gamma_R =$	1.10
coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_R =$	2.30

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx	Vx	My
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
0.96	1.56	8.16	0.00	0.00

Sollecitazioni finali sul plinto :

Ntot	Vy	Mxtot	Vx	Mytot
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
46	1.56	10.75	0.00	0.00

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

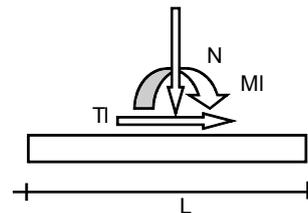
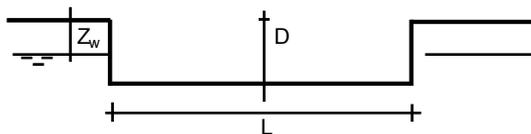
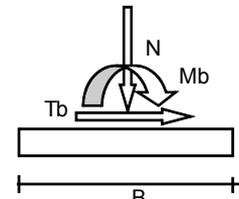
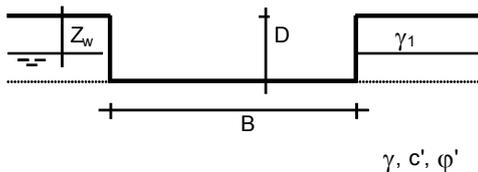
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

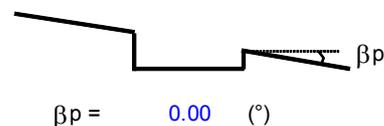
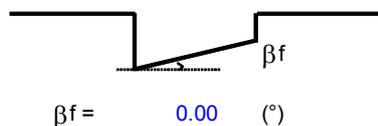
coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno	
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo	1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.20 (m)
L = 1.20 (m)
D = 1.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	45.92	0.00	45.92
Mb [kNm]	10.75	0.00	10.75
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	1.56	0.00	1.56
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	1.56	0.00	1.56

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.23 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 0.73 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.20 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 19.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi' \cdot \gamma)}$$

$$N_q = 33.30$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 46.12$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 48.03$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.44$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.43$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.76$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.62 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.38 \quad m = 1.62 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

$(m=2 \text{ nel caso di fondazione nastriforme e } m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta) \text{ in tutti gli altri casi})$

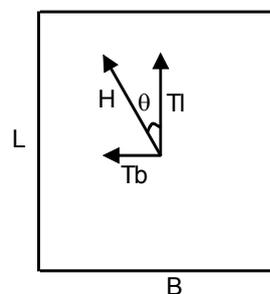
$$i_q = 0.95$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.94$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.91$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.24$$

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

$$d_c = 1.25$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	67 di 110

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan(\varphi'))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan(\beta_p))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1166.92 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 52.29 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 9.70 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	68 di 110

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 1.56 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N * \tan(\varphi') + c' B * L^*$$

$$S_d = 32.16 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

- - -

$$F_{\text{scorr}} = 18.74 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

6.7.4 Verifica a Carico limite e a scorrimento SLV

VERIFICA A SCORRIMENTO E CAPACITA' PORTANTE IN CONDIZIONI SISMICHE

Approccio 2 E+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
coefficiente M1 parametri geotecnici	$\gamma_\phi =$	1.00
coefficiente R3 scorrimento	$\gamma_R =$	1.10
coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_{R'} =$	2.30

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx	Vx	My
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
0.96	0.90	7.20	0.00	0.00

Sollecitazioni finali sul plinto :

Ntot	Vy	Mxtot	Vx	Mytot
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
35.55	0.90	9.87	0.00	0.00

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^* N_c^* s_c^* d_c^* i_c^* b_c^* g_c + q^* N_q^* s_q^* d_q^* i_q^* b_q^* g_q + 0,5^* \gamma^* B^* N_{\gamma}^* s_{\gamma}^* d_{\gamma}^* i_{\gamma}^* b_{\gamma}^* g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

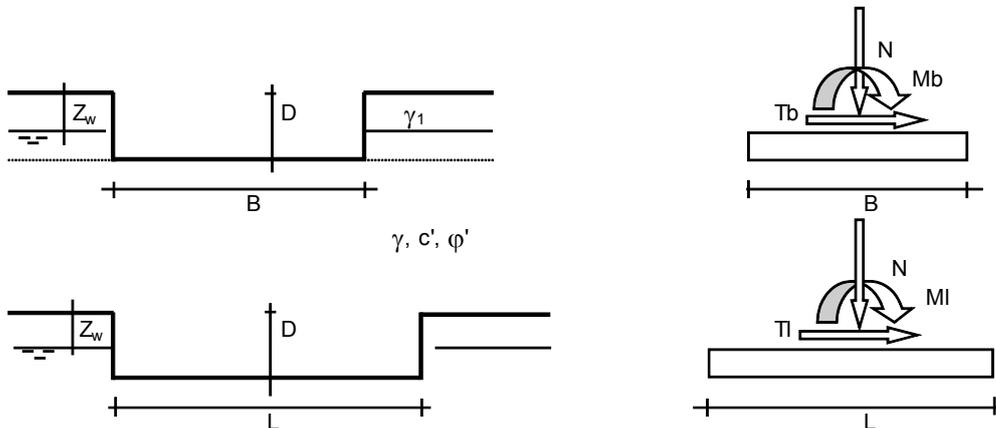
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2^*e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo		1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente		1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.20 (m)
L = 1.20 (m)
D = 1.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	35.55	0.00	35.55
Mb [kNm]	9.87	0.00	9.87
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	0.90	0.00	0.90
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.90	0.00	0.90

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.28 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 0.64 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.20 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 19.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 33.30$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 46.12$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 48.03$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.39$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.38$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.79$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.65 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.35 \quad m = 1.65 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cot \varphi'))^m$$

$(m=2 \text{ nel caso di fondazione nastriforme e } m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta) \text{ in tutti gli altri casi})$

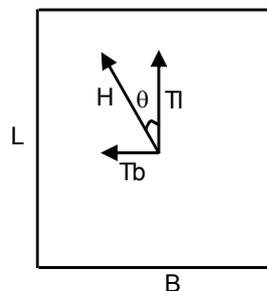
$$i_q = 0.96$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.96$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cot \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.93$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B$

per $D/B > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B)$

$$d_q = 1.25$$

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

$$d_c = 1.26$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	72 di 110

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan(\varphi'))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan(\beta_p))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1148.78 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 45.96 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 10.87 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	73 di 110

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$Hd = 0.90 \quad (\text{kN})$$

$$Sd = N * \tan(\varphi') + c' B * L^*$$

$$Sd = 24.89 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

- - -

$$F_{\text{scorr}} = 25.14$$

>

1

verifica
soddisfatta



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	74 di 110

6.7.5 Verifica di compatibilità dei cedimenti

Analogamente alle verifiche di portanza si riporta anche la valutazione dei cedimenti massimi del plinto, considerando come valore del carico N agente in fondazione pari a:

$$N = 36 \text{ kN}$$

ricavando quanto segue.

DATI DI INPUT:

B = 1.20 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 1.20 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 36 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 25.00 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

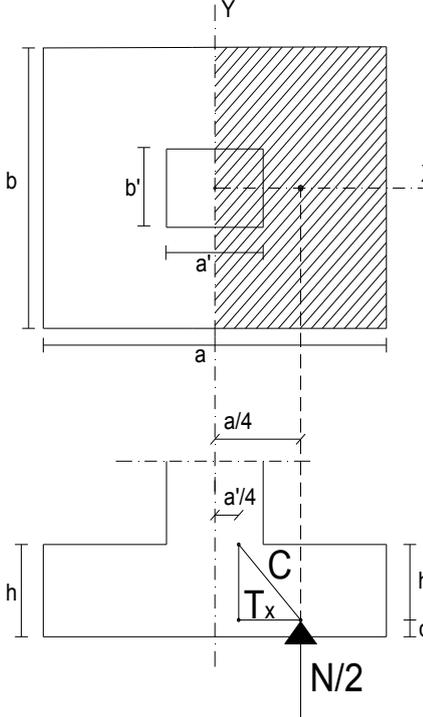
Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	ν	δc _i
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	RILEVATO STRADALE	3.00	0.0	3.0	1.0	30000	0.30	0.07
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.07 \text{ (cm)}$$

A valle dei risultati ottenuti il cedimento di 0.07 cm si ritiene ampiamente compatibile con gli spostamenti attesi della struttura in esame.

6.7.6 Progetto e Verifica degli elementi strutturali

Materiali		Calcestruzzo		Acciaio B450C	
Classe	C25/30	Rck=	30 MPa	fyk=	450 MPa
		fck=	24.9 MPa	fyd=	391 MPa
		fcd=	14.1 MPa	Es =	210000 MPa
		fctm=	2.56 MPa		
		fcm =	32.9 MPa		
		Ecm =	31447.2 MPa		
		fctk=	1.79 MPa		
		fctd=	1.19 MPa		
Asmin cmq	n°	φ	As		
14.508 ⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta	

Sollecitazioni e Armature PLINTO ALTO								
	c	h'	a'	a	b	b'	α	β
	m	m	m	m	m	m	rad	rad
	0.07	0.93	0	1.20	1.20	0	1.208	1.208
Condizioni statiche								
Verifica tirante			Armatura					
Tx	Asmin		n°	φ	As			
KN	cmq			mm	cmq			
18.97	0.485	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta		
Verifica puntone								
C	Nrd							
KN	KN							
53.45	3149	⇒	verifica soddisfatta					
Verifica tirante			Armatura					
Ty	Asmin		n°	φ	As			
KN	cmq			mm	cmq			
7.41	0.189	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta		
Verifica puntone								
C	Nrd							
KN	KN							
20.88	3149	⇒	verifica soddisfatta					



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	76 di 110

Condizioni sismiche

Verifica tirante

Tx	Asmin		Armatura		As	
KN	cmq		n°	Φ	cmq	
16.35	0.418	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd		
KN	KN		
46.08	3149	⇒	verifica soddisfatta

Verifica tirante

Ty	Asmin		Armatura		As	
KN	cmq		n°	Φ	cmq	
5.73	0.189	⇒	6	20	18.850	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd		
KN	KN		
16.16	3149	⇒	verifica soddisfatta

7 CALCOLO E VERIFICA DEI PALI DI ILLUMINAZIONE IN ACCIAIO CON SBRACCIO (8.80 m + sbraccio di 2.00 m)

I pali di sostegno in acciaio con sbraccio sono utilizzati per l'illuminazione delle viabilità NV02, NV03, NV08, NV11.

7.1 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

I pali di illuminazione stradale saranno in acciaio ed avranno forma troncoconica dritta con uno sbraccio a supporto dell'apparecchio illuminante.

Essi saranno installati ad infissione in blocchi di fondazione in c.a., di forma parallelepipedica, di dimensione 1,2 x 1,2 x 1,0 m, come di seguito rappresentato.

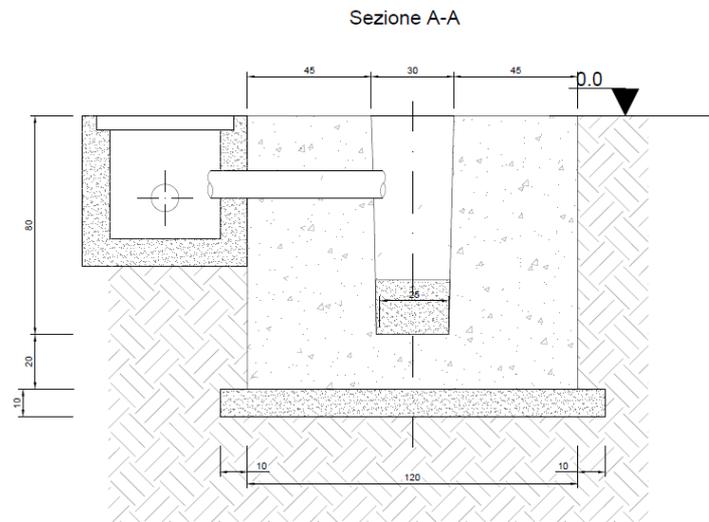


Figura 6 – Sezione plinto

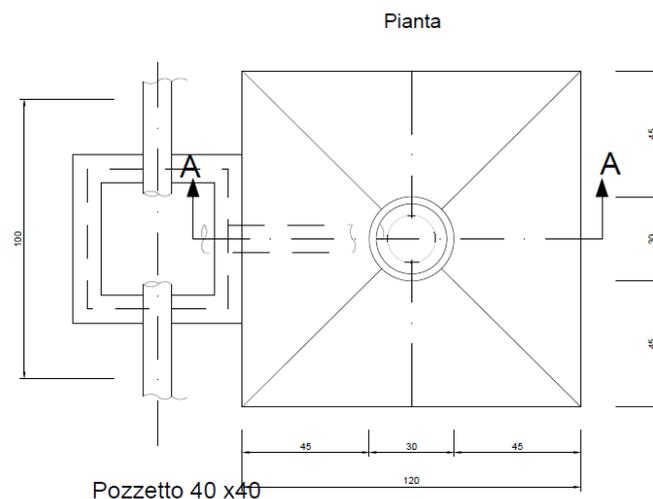


Figura 7 –Pianta del plinto



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	78 di 110

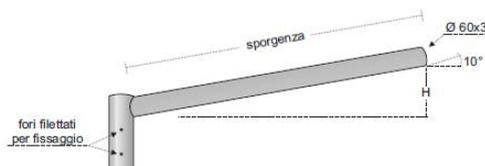
Il palo in acciaio ha le seguenti caratteristiche geometriche:

PALI CONICI DRITTI "spessore 4 mm"									
Codice Articolo	H.t. altezza totale mm	H.ft. altezza fuori terra mm	i. interramento mm	D diametro di base mm	d diametro di sommità mm	s spessore mm	P peso zincato (teorico) Kg	superficie verniciabile m ²	Prezzo Unitario €
C4095Z	3.500	3.000	500	95	60	4	27	0,85	146,00
C4100Z	4.000	3.500	500	100	60	4	32	1,00	162,00
C4105Z	4.500	4.000	500	105	60	4	37	1,17	179,00
C4110Z	5.000	4.500	500	110	60	4	42	1,33	195,00
C4115Z	5.500	5.000	500	115	60	4	48	1,51	225,00
C4120Z	6.000	5.500	500	120	60	4	54	1,70	240,00
C4128Z	6.800	6.000	800	128	60	4	63	2,01	271,00
C4138Z	7.800	7.000	800	138	60	4	77	2,42	315,00
C4148Z	8.800	8.000	800	148	60	4	91	2,87	364,00
C4153Z	8.800	8.500	300	153	60	4	88	3,11	388,00
C4158Z	9.800	9.000	800	158	60	4	107	3,35	412,00

altezza totale: 8.80m;
 altezza fuori terra: 8.00m;
 diametro di base: 148 mm;
 diametro di sommità: 60 mm;
 spessore: 4 mm.
 peso 91 kg
 = 0.9 kN
 infissione nel plinto 80 cm

Lo sbraccio a sostegno dell'apparecchio illuminante ha le seguenti caratteristiche:

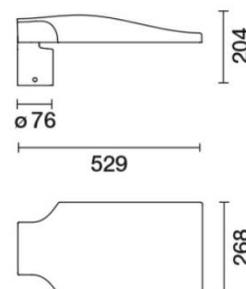
SBRACCI A SQUADRO									
Codice Articolo	tipologia	H altezza mm	ℓ sporgenza mm	i inclinazione gradi	D diametro mm	s spessore mm	P peso zincato (teorico) Kg	superficie verniciabile m ²	Prezzo Unitario €
BSSQ10Z	singolo	250	1.000	10°	60	3	6	0,25	48,00
BSSQ15Z	singolo	400	1.500	10°	60	3	9	0,31	57,00
BSSQ20Z	singolo	550	2.000	10°	60	3	10	0,44	66,00
BDSQ10Z	doppio	250	1.000	10°	60	3	10	0,44	82,00
BDSQ10Z/90°	doppio/90°	250	1.000	10°	60	3	10	0,44	82,00
BDSQ10Z/120°	doppio/120°	250	1.000	10°	60	3	10	0,44	82,00
BDSQ15Z	doppio	400	1.500	10°	60	3	15	0,62	95,00
BDSQ15Z/90°	doppio/90°	400	1.500	10°	60	3	15	0,62	95,00
BDSQ15Z/120°	doppio/120°	400	1.500	10°	60	3	15	0,62	95,00
BDSQ20Z	doppio	550	2.000	10°	60	3	20	0,81	113,00
BDSQ20Z/90°	doppio/90°	550	2.000	10°	60	3	20	0,81	113,00
BDSQ20Z/120°	doppio/120°	550	2.000	10°	60	3	20	0,81	113,00
BTSQ10Z	triplo	250	1.000	10°	60	3	15	0,62	116,00
BTSQ15Z	triplo	400	1.500	10°	60	3	22	0,91	143,00
BTSQ20Z	triplo	550	2.000	10°	60	3	29	1,19	170,00
BQSQ10Z	quadruplo	250	1.000	10°	60	3	19	0,81	146,00
BQSQ15Z	quadruplo	400	1.500	10°	60	3	28	1,19	182,00
BQSQ20Z	quadruplo	550	2.000	10°	60	3	37	1,57	218,00



Altezza: 550 mm
 Sporgenza: 2000 mm
 Inclinazione: 10°
 Diametro: 60 mm
 Spessore: 3 mm
 Peso: 10 Kg = 0.1 kN

Il corpo illuminante da installare, invece, ha le seguenti caratteristiche:

dimensioni: 529 x 268 x 204 mm
 peso corpo illuminante a led 6.05 Kg = 60 N = 0.06 kN



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

7.2 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Considerato che i pali di illuminazione in acciaio con sbraccio sorgeranno in corrispondenza di infrastrutture ferroviarie e stradali, i terreni di fondazione saranno rilevati stradali e ferroviari. A favore di sicurezza, le verifiche saranno eseguite ponendo il tipo di terreno più scarso in fondazione.

Terreno di fondazione

Descrizione: rilevato stradale

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 19 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito $\Phi = 35^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$

La presenza della falda non viene considerata poiché si può supporre posta a quota fondo scavo.

7.3 MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni alla base del sostegno, si è fatto ricorso allo schema di mensola incastrata di altezza 8,0 m con sbalzo di 2 m.

Le reazioni alla base vengono articolate come segue:

- N: reazione nella direzione parallela alla generatrice del palo (asse z);
- V: reazione nella direzione y (asse y);
- M_x : momento reagente intorno all'asse x (piano yz).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	81 di 110

7.4 ANALISI DEI CARICHI

Si riepilogano nel seguito i carichi agenti sulla struttura (Peso proprio degli elementi strutturali - palo; Sovraccarichi permanenti verticali - proiettore; Sovraccarichi variabili – vento).

7.4.1 *Peso proprio e permanenti*

Peso plinto:

$$P_p = B_b * L_b * H_b * \gamma_{cls} = 1.2 * 1.2 * 1.0 * 25 = 36 \text{ kN}$$

Peso palo, proiettori e sbraccio:

$$P_{palo} = 0.9 \text{ kN}$$

$$P_{proiettori} = 0.06 \text{ kN}$$

$$P_{sbraccio} = 0.1 \text{ kN}$$

Spinta terra statica su plinto:

		gradi	radianti
angolo di inclinazione parete	$\beta =$	0	0
angolo di attrito parete-terreno	$\delta =$	0	0
angolo di inclinazione terrapieno	$\varepsilon =$	0	0
angolo di attrito terreno	$\phi =$	35	0.6109
coefficiente di spinta attiva	$K_a =$		0.271
coefficiente di resistenza passiva	$K_p =$		3.690

$k_a = 0.271$ considerando i coefficienti parziali M1

$$S_{a,p} = \frac{1}{2} * [\gamma * H_p^2 * k_a] * 1.2 = 0.5 * (19 * 1.0^2) * (0.271) * 1.2 = 3.10 \text{ kN}$$

7.4.2 Azione del vento

Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per il calcolo dell'azione del vento:

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
4	28	500	0.02

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	16
---	----

$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \geq a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$
--

v_b (velocità di riferimento [m/s])	28
---------------------------------------	----

$p \text{ (pressione del vento [N/mq])} = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$ $q_b \text{ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])}$ $c_e \text{ (coefficiente di esposizione)}$ $c_p \text{ (coefficiente di forma)}$ $c_d \text{ (coefficiente dinamico)}$



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	490.00
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	83 di 110

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa		500m		
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
	costa	
	mare	
	1,5 km	0,5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9	
	costa
	mare
A	I
B	I
C	I
D	I

Z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
8	4	B	16

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \alpha \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Cat. Esposiz.	k _r	z ₀ [m]	z _{min} [m]	c _t
III	0.2	0.1	5	1

c _e	2.00
----------------	------

La pressione del vento a meno del coefficiente di forma vale: 977.58 N/mq (0.9775 kN/mq)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	84 di 110

cp	0.88	superficie cilindrica
cp	1.20	superficie piana

La pressione del vento vale $q_p =$ 860.27 N/mq \Rightarrow **0.86** KN/mq superficie cilindrica

La pressione del vento vale $q_p =$ 1173.09 N/mq \Rightarrow **1.17** KN/mq superficie piana

CALCOLO DELL'AZIONE CONCENTRATA DEL VENTO SUL FARO

altezza faro	h =	0.204	m
larghezza faro	b =	0.268	m
coefficiente di forza	$C_{FX} =$	1.8	

forza puntuale del vento

$$F_x = 2 \cdot q_p \cdot h \cdot b \cdot c_{FX} = \mathbf{0.23} \text{ KN}$$

CALCOLO DELL'AZIONE DISTRIBUITA DEL VENTO SULLO SVILUPPO DEL PALO

diametro palo (medio)	d =	0.104	m
dimensione di riferimento	l = d	0.104	m
coefficiente di profilo medio del vento	$C_m =$	0.88	
velocità media del vento	$V_m =$	24.54	m/s
viscosità cinematica aria	$\nu =$	0.000015	mq/s
numero di Reynolds	Re =	170139	
scabrezza superficie	k =	0.20	mm
parametro	k/d	0.0019	
coefficiente di forza ideale (curva A)	$C_{fx0,A} =$	1.2	
coefficiente di forza ideale (curva B)	$C_{fx0,B} =$	0.9	
coefficiente di forza ideale (Fig. G.51)	$C_{fx0} =$	1.2	
snellezza effettiva	$\lambda =$	77.00	
coefficiente di snellezza	$\Psi_\lambda =$	0.920	
coefficiente di forza	$C_{FX} =$	1.1	m

forza del vento per unità di lunghezza

$$f_x = q_p \cdot l \cdot c_{FX} = \mathbf{0.10} \text{ KN/m}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

7.4.3 Valutazione dell'azione sismica

In condizioni sismiche, il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica si assumono i seguenti parametri di base:

Categoria di suolo:	D
Categoria topografica:	T1
Vita nominale:	$V_N = 75$ anni; (tab 2.4.1 NTC2018);
Classe d'uso :	III;
Coeff. d'uso:	$c_u = 1.50$
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	$V_R = V_N \times c_u = 112.5$ anni

I parametri che definiscono l'azione sismica, vengono di seguito riportati:



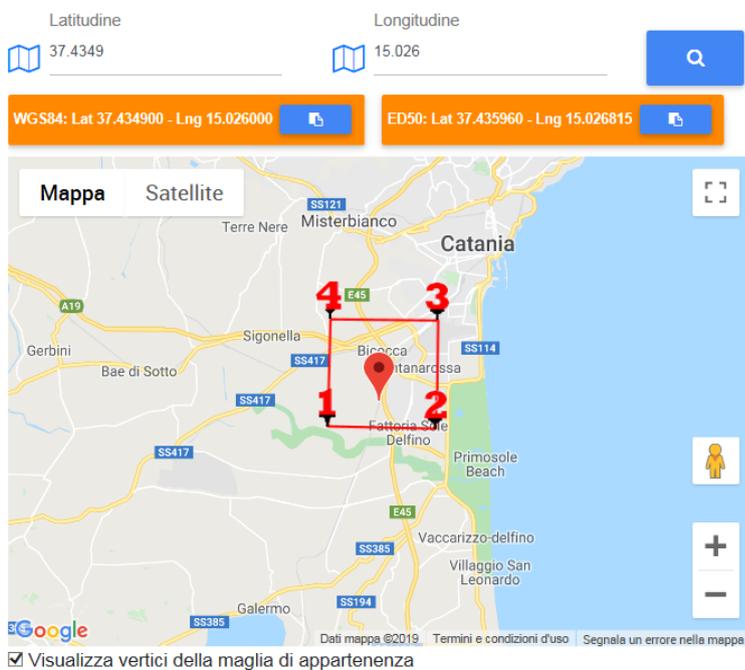
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	86 di 110



Stati limite

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	68	0.079	2.503	0.280
Danno (SLD)	113	0.103	2.512	0.291
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.330	2.359	0.467
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.472	2.352	0.527

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 112.5

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,23	1,00
CC Coeff. funz categoria	2,36	2,32	1,83	1,72
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

- a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T).

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

Spinta sismica del terreno

L'analisi sismica è stata eseguita con il metodo pseudo-statico. I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v sono valutati con le relazioni:

$$k_h = \beta_s \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

- β_s è un coefficiente dipendente dal valore dell'accelerazione orizzontale a_g e dalla categoria di sottosuolo; tale valore è reperibile alla Tabella 7.11.I delle NTC2018;
- k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;
- k_v è il coefficiente sismico in direzione verticale.

L'accelerazione massima viene valutata come:

$$\frac{a_{\max}}{g} = S_s \cdot S_T \cdot \frac{a_g}{g}$$

dove:

- $S_s = 1.23$ tiene conto dell'amplificazione stratigrafica;
- $S_T = 1.000$ tiene conto dell'amplificazione topografica;
- $\frac{a_g}{g} = 0.330$ è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito per lo SLV.

Per il calcolo della spinta sismica in Combinazione SLV (A1+M1):

Presenza di Sisma:

coefficiente sismico orizzontale	$Nh=$	0.07
coefficiente sismico verticale	$Nv=$	0.037
coefficiente di intensità sismica	$\psi=$	0.0726
coefficiente di spinta sismica	$Kae=$	0.311

$$\beta_m=0.28; \quad k_h=0.114; \quad k_a=0.271; \quad k_{as}=0.311$$

Quindi:

$k_{ae}=0.311$ considerando i coefficienti parziali M1

$$S_{as,p} = \frac{1}{2} \cdot [\gamma \cdot H_p^2 \cdot k_{ae}] \cdot 1.2 = 0.5 \cdot (19 \cdot 1.0^2) \cdot (0.311) \cdot 1.2 = 3.54 \text{ kN}$$

Inerzia sismica sul palo

Per quanto riguarda l'effetto del sisma sul palo si considera, a favore di sicurezza, una forza pari al peso del palo, applicata in testa e moltiplicata per l'accelerazione sismica. Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per il calcolo dell'azione sismica:

AZIONE SISMICA SUL PALO

$V_N =$	75	anni
Classe	III	
$C_u =$	1.5	
$V_R =$	112.5	anni
$H =$	8	m
$C_1 =$	0.050	
$T_1 =$	0.238	s
Suolo categoria		D
		T1
$T_c^* =$	0.467	s
$C_c =$	1.83	
$F_0 =$	2.359	
$ag/g =$	0.33	
$T_D =$	2.92	s
$S_T =$	1.000	
$S_S =$	1.230	
$S =$	1.23	
$q =$	1.00	
$S_d(T_1) =$	9.393	
$W =$	1.06	KN
$\lambda =$	1	

$$T_1 < 2.5 \cdot C_c \cdot T_c^* \text{ verificato}$$

$$T_1 < T_0 \text{ verificato}$$

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g = \mathbf{1.0 \text{ KN}}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

7.5 COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	σ_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	σ_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	σ_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	σ_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

	SLU-STR	SLU-SLV	SLE-STR
<i>Peso proprio plinto</i>	1,3	1	1
<i>Peso palo</i>	1,3	1	1
<i>Peso suola</i>	1,3	1	1
<i>Spinta terra in fase statica</i>	1,5	-	1
<i>Inerzia palo</i>	-	1	-
<i>Spinta terre in fase sismica</i>	-	1	-



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	91 di 110

7.6 SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PALO

Si riepilogano di seguito le azioni che agiscono sul palo:

F_x = forza orizzontale del vento sull'apparecchio illuminante (0.23 kN)

f_x = carico distribuito del vento sul palo ($0.10 \frac{kN}{m}$)

$F_{x'}$ = forza verticale del vento sull'apparecchio illuminante (0.23 kN)

Q_s = forza sismica sul palo (1 kN)

P_p = peso del palo (0.9 kN)

P_s = peso dello sbraccio (0.1 kN)

P_l = peso apparecchio illuminante (0.06 kN)

Si considerano poi le dimensioni:

h = altezza del palo (8.00 m)

l = lunghezza dello sbraccio (2.00 m)

Calcolo delle sollecitazioni allo SLU:

$$T_{SLU} = f_x * h + F_x = (0.1 * 8) + 0.23 = 1.5 * 1.03 = 1.545 \text{ kN}$$

$$N_{SLU} = P_p + P_s + P_l + F_x = 0.90 + 0.1 + 0.06 + 0.23 = 1.29 \text{ kN}$$

$$M_{SLU} = f_x * H * \frac{H}{2} + F_x * H + P_s * \frac{b}{2} + P_l * l + F_x * l$$

$$= (0.1 * 8 * 4) + (0.23 * 8) + (0.1 * 1) + (0.06 * 2) + (0.23 * 2) = 1.5 * 5.72 = 8.58 \text{ kN}$$

Calcolo delle sollecitazioni allo SLV:

$$T_{SLV} = Q_s = 1 \text{ kN}$$

$$N_{SLV} = P_p + P_s + P_l = 0.9 + 0.1 + 0.06 = 1.06 \text{ kN}$$

$$M_{SLV} = Q_s * h + P_s * \frac{l}{2} + P_l * l = 1 * 8 + 0.1 * 1 + 0.06 * 2 = 8.22 \text{ kNm}$$

PLINTO

Caratteristiche plinto

$b = 1.20$ m
 $a = 1.20$ m
 $h = 1.0$ m
 $\gamma_{cls} = 25$ KN/mc

Baggiolo

$a' = 0$ m
 $b' = 0$ m
 $h' = 0$ m

Caratteristiche opera

Classe di duttilità= **NO DISS**
 fattore amplificativo= **1**

Rinterro

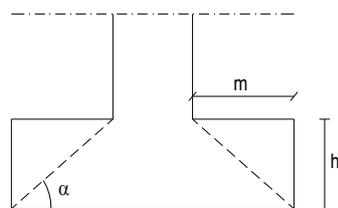
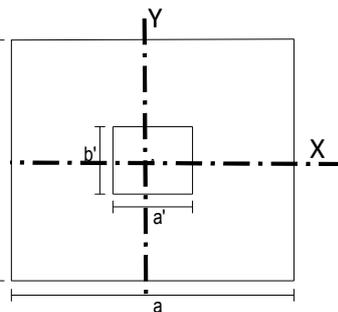
$s = 0.00$ m
 $\gamma = 19$ KN/mc

Dimensioni foro

$\Phi = 0.3$ m
 $z = 0.8$ m

Parametri terreno

$\gamma = 19$ KN/mc
 $\Phi = 35$ °
 $c = 0$ KPa
 $Z_w = 1$ m



$k_a = 0.271$
 $k_e = 0.311$

da p.c.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	93 di 110

Condizioni

m = 0.6 m
 $\alpha = 59$ gradi

Condizioni

$m \leq h$ vero \Rightarrow **Plinto Alto**
 $\alpha \geq 45^\circ$ vero

m = 0.6 m
 $\alpha = 59$ gradi

Condizioni

$m \leq h$ vero \Rightarrow **Plinto Alto**
 $\alpha \geq 45^\circ$ vero

SPINTA DEL TERRNO

BAGGIOLO

Sstatica 0 kN

Ssismica 0 kN

FONDAZIONE

Sstatica 3.0894 kN

Ssismica 3.5454 kN

Carichi di progetto

Peso del plinto P = 36 KN

SCARICHI STRUTTURA IN ELEVAZIONE

Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base

Mx = 8.58 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 1.55 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 1.29 KN

Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base

Mx = 8.22 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 1.00 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 1.06 KN

SCARICHI AMPLIFICATI

Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base

Mx = 8.58 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 1.55 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 1.29 KN

Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base

Mx = 8.22 KNm
 My = 0.00 KNm
 Vy = 1.00 KN
 Vx = 0.00 KN
 N = 1.06 KN

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC000 001	REV. A

7.7 VERIFICHE

7.7.1 *Verifica a Ribaltamento (SLU)*

Nella verifica a ribaltamento è stato scelto come punto di rotazione il vertice in basso a valle della fondazione.

- Il Momento Ribaltante (M_{rblt}) è dovuto alla componente orizzontale della spinta, all'incremento sismico di essa e ad eventuali carichi esterni che possono contribuire al ribaltamento.
- Il Momento Stabilizzante (M_{stbl}) è dovuto al peso proprio del plinto, del terreno su esso agente a tergo del plinto, ad eventuali carichi esterni che possono contribuire alla stabilità.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Momento Stabilizzante / Momento Ribaltante. Tale valore è stato calcolato considerando il sistema come un corpo rigido e adottando i coefficienti M2.

Affinchè la verifica sia soddisfatta, è necessario che il coefficiente di sicurezza M_{stbl}/M_{rblt} , sia maggiore di 1, dove, con riferimento alla figura seguente si ritiene possibile (soprattutto ai fini di ottenere il rispetto dei coefficienti minimi di sicurezza nelle verifiche a scorrimento) considerare a tergo del plinto il contributo stabilizzante della spinta di terreno prendendo a riferimento il k_0 . Verifica a Ribaltamento (SLV)

VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI STATICHE

Approccio A1+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
	<input type="checkbox"/>	

Sollecitazioni di progetto :

N	V _y	M _x
KN	KN	KN*m
1.29	1.55	8.58

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N _{tot}	V _y	M _x _{tot}
KN	KN	KN*m
37.3	1.55	11.16

Momento ribaltante **M_R =** 11.16 KN m

Momento stabilizzante **M_s =** 22.37 KN m

FS = $M_s/M_R =$ 2.00 \geq 1.15 **verifica soddisfatta**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	95 di 110

7.7.2 Verifica a Ribaltamento (SLV)

VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE

Approccio E+M1+R3::

coefficiente azioni

permanenti

$$\gamma_g = 1.00$$

coefficiente azioni variabili

$$\gamma_s = 1.00$$

□

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx
KN	KN	KN*m
1.06	1.00	8.22

Sollecitazioni finali sulla
plinto :

N _{tot}	Vy	M _{xtot}
KN	KN	KN*m
37.1	1	10.99

Momento ribaltante **MR = 10.99 KN m**

Momento stabilizzante **MS = 22.24 KN m**

□

FS = MS/MR = 2.02 \geq 1.15 **verifica soddisfatta**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	96 di 110

7.7.3 Verifica a Carico limite e a scorrimento SLU

VERIFICA A SCORRIMENTO E CAPACITA' PORTANTE IN CONDIZIONI STATICHE

Approccio 2 A1+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.30
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
coefficiente M1 parametri geotecnici	$\gamma_\phi =$	1.00
coefficiente R3 scorrimento	$\gamma_R =$	1.10
coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_R =$	2.30

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx	Vx	My
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
1.29	1.55	8.58	0.00	0.00

Sollecitazioni finali sul plinto :

Ntot	Vy	Mxtot	Vx	Mytot
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
48	1.55	11.16	0.00	0.00

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

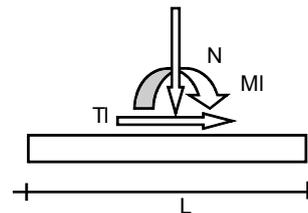
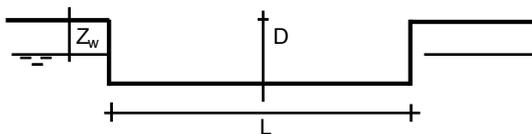
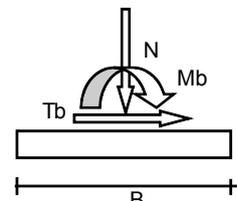
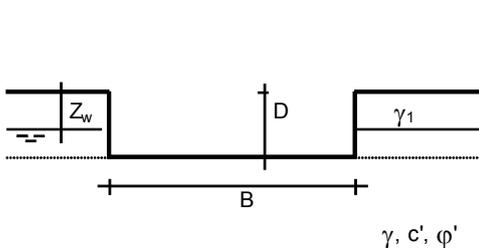
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

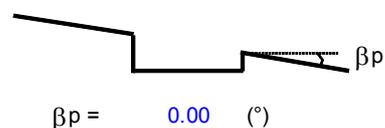
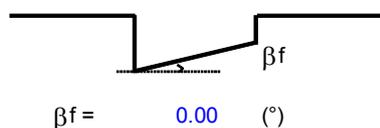
coefficienti parziali

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo		1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente		1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.20 (m)
L = 1.20 (m)
D = 1.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	48.09	0.00	48.09
Mb [kNm]	11.16	0.00	11.16
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	1.55	0.00	1.55
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	1.55	0.00	1.55

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.23 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 0.74 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.20 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 19.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 13.17 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 33.30$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_c = 46.12$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 48.03$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.44$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.43$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.75$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.62 \quad \theta = \arctg(T_b/T_I) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.38 \quad m = 1.62 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

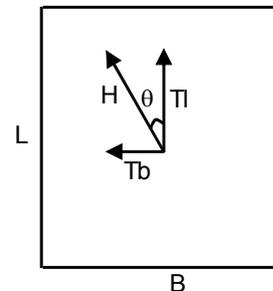
$$i_q = 0.95$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.95$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.92$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.24$$

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

$$d_c = 1.25$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	100 di 110

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan(\varphi'))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan(\beta_p))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1223.17 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 54.46 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 9.77 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	101 di 110

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 1.55 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N * \tan(\varphi') + c' B * L^*$$

$$S_d = 33.67 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{\text{scorr}} = 19.75 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

7.7.4 Verifica a Carico limite e a scorrimento SLV

VERIFICA A SCORRIMENTO E CAPACITA' PORTANTE IN CONDIZIONI SISMICHE

Approccio 2 E+M1+R3:

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
coefficiente M1 parametri geotecnici	$\gamma_\phi =$	1.00
coefficiente R3 scorrimento	$\gamma_R =$	1.10
coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_R =$	2.30

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx	Vx	My
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
1.06	1.00	8.22	0.00	0.00

Sollecitazioni finali sul plinto :

Ntot	Vy	Mxtot	Vx	Mytot
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
37.06	1.00	10.99	0.00	0.00

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^* N_c^* s_c^* d_c^* i_c^* b_c^* g_c + q^* N_q^* s_q^* d_q^* i_q^* b_q^* g_q + 0,5^* \gamma^* B^* N_{\gamma}^* s_{\gamma}^* d_{\gamma}^* i_{\gamma}^* b_{\gamma}^* g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

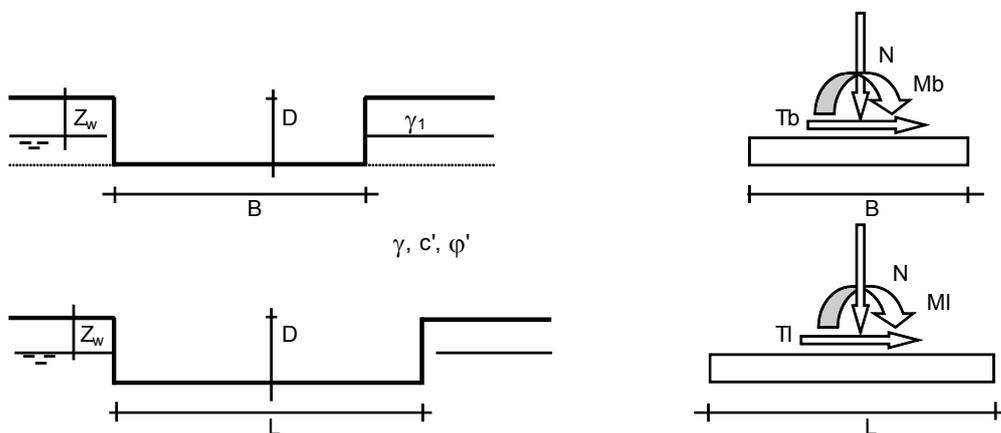
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2^*e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

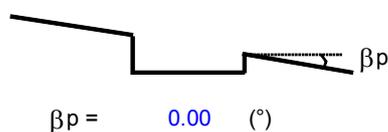
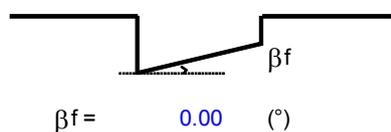
coefficienti parziali

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo		1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente		1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.20 (m)
L = 1.20 (m)
D = 1.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	37.06	0.00	37.06
Mb [kNm]	10.99	0.00	10.99
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	1.00	0.00	1.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	1.00	0.00	1.00

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 35.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.30 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 0.61 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.20 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 19.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 13.17 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 33.30$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 46.12$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 48.03$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.37$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.35$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.80$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.66 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.34 \quad m = 1.66 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cot \varphi'))^m$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

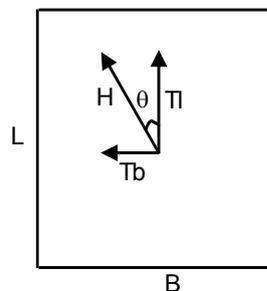
$$i_q = 0.96$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.95$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cot \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.93$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B$

per $D/B > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B)$

$$d_q = 1.26$$

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

$$d_c = 1.27$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	105 di 110

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan(\varphi'))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan(\beta_p))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1174.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 50.90 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 10.03 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	106 di 110

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$Hd = 1.00 \quad (\text{kN})$$

$$Sd = N * \tan(\varphi') + c' B * L^*$$

$$Sd = 25.95 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{\text{scorr}} = 23.59 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	107 di 110

7.7.5 Verifica di compatibilità dei cedimenti

Analogamente alle verifiche di portanza si riporta anche la valutazione dei cedimenti massimi del plinto, considerando come valore del carico N agente in fondazione pari a:

$$N = 37 \text{ kN}$$

ricavando quanto segue.

DATI DI INPUT:

B = 1.20 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 1.20 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 37 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 25.76 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	ν	δc _i
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	RILEVATO STRADALE	3.00	0.0	3.0	1.0	30000	0.30	0.07
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.07 \text{ (cm)}$$

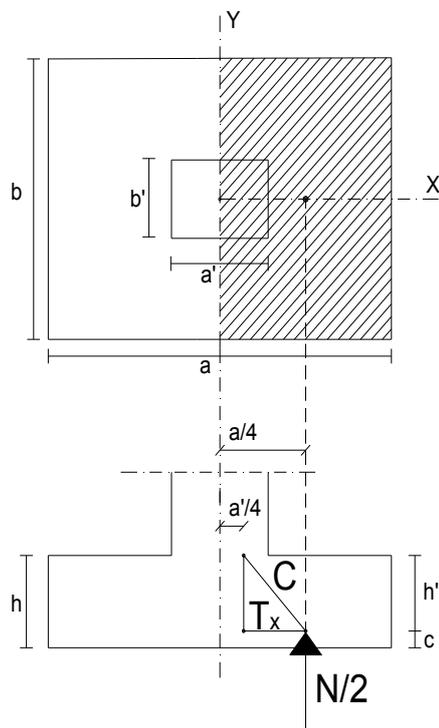
A valle dei risultati ottenuti il cedimento di 0.07 cm si ritiene ampiamente compatibile con gli spostamenti attesi della struttura in esame.

7.7.6 Progetto e Verifica degli elementi strutturali

Materiali

Calcestruzzo		Acciaio B450C			
Classe	C25/30	Rck=	30 MPa	fyk=	450 MPa
		fck=	24.9 MPa	fyd=	391 MPa
		fcd=	14.1 MPa	Es =	210000 MPa
		fctm=	2.56 MPa		
		fcm =	32.9 MPa		
		Ecm =	31447.2 MPa		
		fctk=	1.79 MPa		
		fctd=	1.19 MPa		
Asmin	n°	φ	As		
cmq		mm	cmq		
14.508	⇒	15	20	47.124	verifica soddisfatta

Sollecitazioni e Armature PLINTO ALTO



c	h'	a'	a	b	b'	α	β
m	m	m	m	m	m	rad	rad
0.07	0.93	0	1.20	1.20	0	1.208	1.208

Condizioni statiche

Verifica tirante

Tx	Asmin	Armatura	As
KN	cmq	n°	cmq
19.76	0.505	⇒ 15	47.124
			verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd
KN	KN
55.68	3149
	⇒ verifica soddisfatta

Verifica tirante

Ty	Asmin	Armatura	As
KN	cmq	n°	cmq
7.76	0.198	⇒ 15	47.124
			verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd
KN	KN
21.86	3149
	⇒ verifica soddisfatta



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	109 di 110

Condizioni sismiche

Verifica tirante

Tx	Asmin		Armatura		As	
KN	cmq		n°	Φ	cmq	
17.80	0.455	⇒	15	20	47.124	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd		
KN	KN		
50.16	3149	⇒	verifica soddisfatta

Verifica tirante

Ty	Asmin		Armatura		As	
KN	cmq		n°	Φ	cmq	
5.98	0.198	⇒	15	20	47.124	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd		
KN	KN		
16.85	3149	⇒	verifica soddisfatta



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE PALI
DI ILLUMINAZIONE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC000 001	A	110 di 110

8 CONCLUSIONI

In virtù di tutto quanto sopra descritto, con particolare riferimento:

- alle caratteristiche geometriche delle strutture in oggetto;
- alla sezione dei vari elementi strutturali;
- alle caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati;
- alle caratteristiche del terreno di fondazione;
- ai carichi agenti (permanenti, variabili, e sismici);
- alle verifiche geotecniche;

si conclude che le strutture oggetto della presente relazione sono conformi ai criteri di progettazione e di resistenza indicati della normativa vigente, prendendo in considerazione anche le azioni sismiche.