

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 torri faro

SCALA:

-

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

RS3H 02 D 78 CL OC00000 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Nani	Marzo 2020	C.Toraldo	Marzo 2020	S.Vanfiori	Marzo 2020	D.Tiberti
								Gennaio 2020

File: RS3H.0.2.D.78.CL.OC.00.0.0.002.A

n. Elab.:

ITALEOR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Dario Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10779

	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 TORRI FARO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	CL	OC0000 002	A	1 di 46

INDICE

1	GENERALITÀ.....	3
1.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE.....	4
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO DI ILLUMINAZIONE.....	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
3.1	CALCESTRUZZO PER MAGRONE DI SOTTOFONDAZIONE.....	7
3.2	CALCESTRUZZO PER SOTTOVIA SCATOLARE E MURI.....	7
3.3	ACCIAIO PER BARRE DA C.A. E RETI ELETTRISALDATE.....	8
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENO DI FONDAZIONE.....	9
5	DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA.....	10
6	ANALISI DEI CARICHI.....	12
6.1	ANALISI DEI CARICHI DA PESO PROPRIO E PERMANENTI.....	12
6.2	AZIONE DEL VENTO.....	14
6.3	AZIONE SISMICA.....	17
6.3.1	Spinta sismica del terreno.....	17
6.3.2	Azione sismica sul palo.....	18
7	COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	19
8	CRITERI DI CALCOLO.....	21
8.1	CRITERIO DI VERIFICA A CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE (GEO).....	22
8.2	CRITERIO DI VERIFICA A SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA (GEO).....	23
8.3	CRITERIO DI VERIFICA A RIBALTAMENTO.....	24
9	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	25
9.1	SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PALO.....	25



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
TORRI FARO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

OC0000 002

A

2 di 46

9.2	VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE E ALLO SCORRIMENTO.....	26
9.2.1	Verifica a carico limite verticale e allo scorrimento, allo SLU.....	27
9.2.2	Verifica a carico limite verticalee allo scorrimento allo SLV.....	34
9.3	VERIFICA A RIBALTAMENTO	40
9.3.1	Verifica a ribaltamento allo SLU	41
9.3.2	Verifica a ribaltamento allo SLV.....	42
9.4	VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DEI CEDIMENTI	43
10	VERIFICHE STRUTTURALI	45

1 GENERALITÀ

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione dell'interramento della linea per il prolungamento della pista dell'aeroporto di fontanarossa.

La presente relazione ha come oggetto il calcolo dei nuovi plinti sui quali verranno ancorate le torri faro per l'illuminazione delle aree esterne del Terminal merci. Nel calcolo, a favore di sicurezza, si considererà una torre faro di altezza pari a 25m.

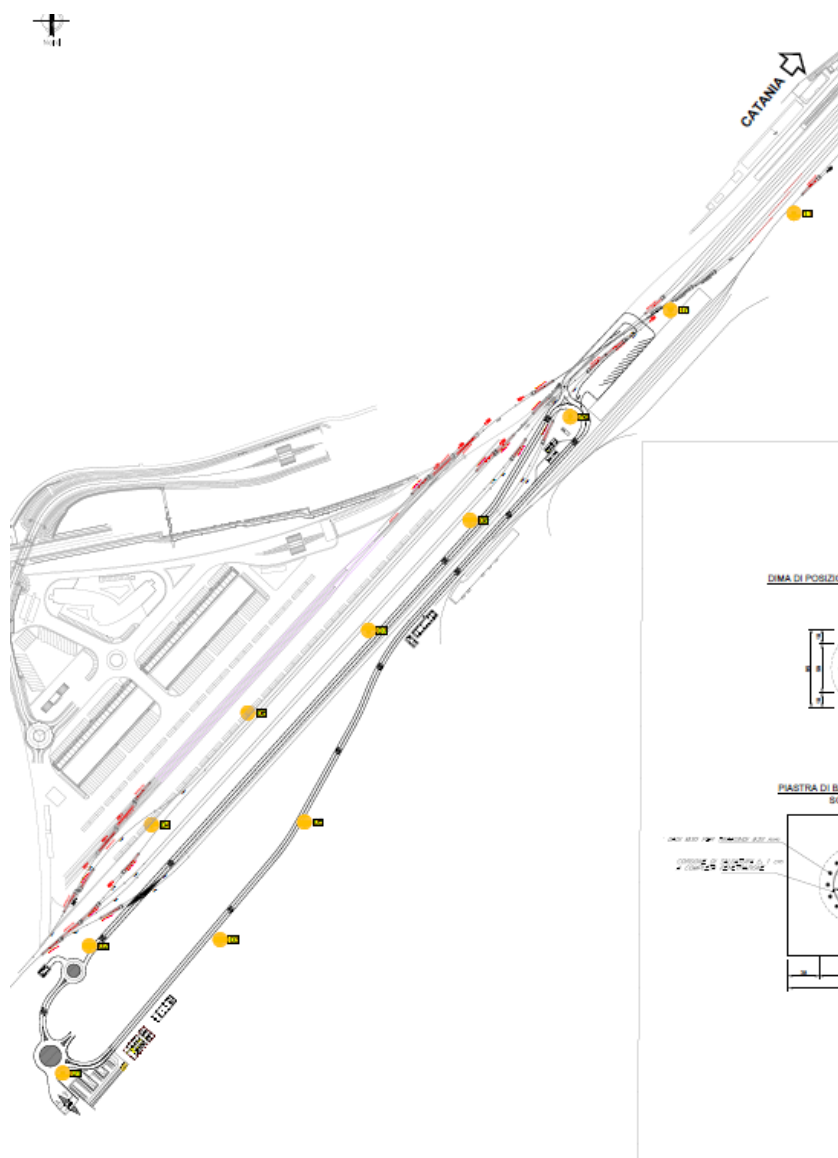


Figura 1 – Ubicazioni plinti torri faro

1.1 Caratteristiche geometriche del plinto di fondazione

Il plinto in oggetto è la fondazione di una torre-faro, una torre per l'illuminazione della stazione, alta 25m e fissata al plinto tramite tirafondi. Il plinto ha dimensioni 310x310cm H=120cm e baggiolo 170x170cm H=100cm. Si riportano di seguito pianta e sezione del plinto:

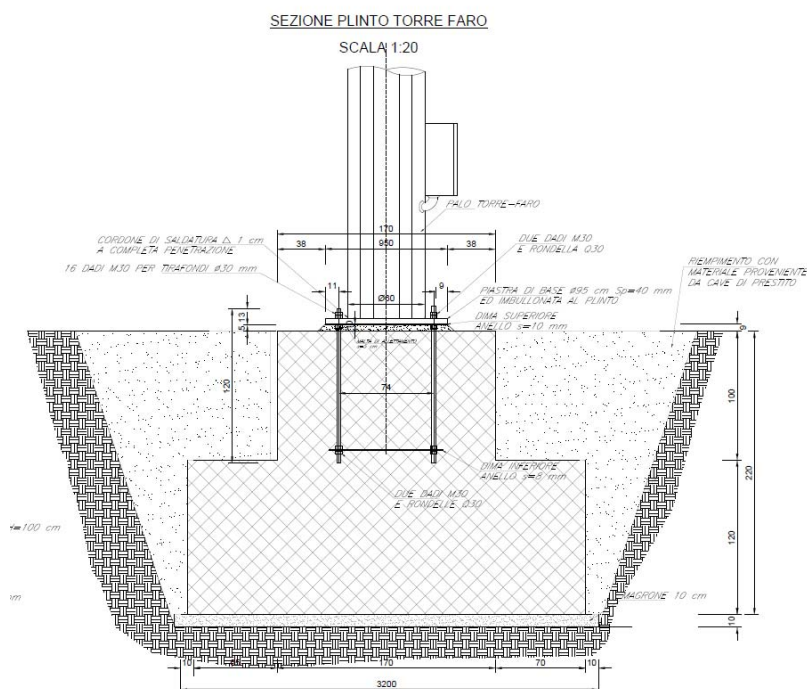


Figura 2 – Sezione plinto

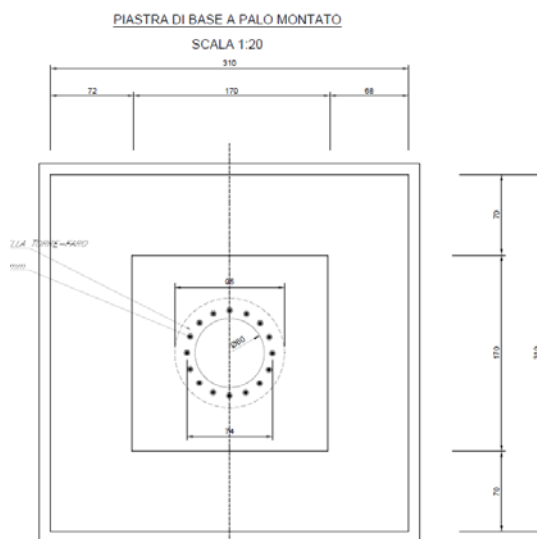


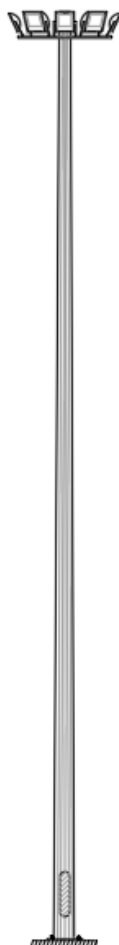
Figura 3 – Pianta plinto

1.2 Caratteristiche geometriche del palo di illuminazione

CODICE	L mm	sp1 mm	sp2 mm	d mm	D mm	P kg	S m ²	i mm	l mm	a mm	b mm
CM 20-1	20000	4	4	200	440	970	21	1200	2300	-	-
CM 20-2	20000	4	4	200	520	1060	24	800	1600	500	2600
CM 20-3	20000	4	4	220	600	1200	27	800	1800	500	2800
CM 25-1	25000	4	4	200	580	1500	32	1000	1700	500	2700
CM 25-2	25000	4	4	200	650	1600	35	1000	1800	500	2800
CM 25-3	25000	4	4	220	720	1700	38	1000	2000	500	3000

Ai fini dei calcoli si utilizza un diametro medio pari a:

$$d_{\text{medio}} = (D + d)/2 = (650 + 200)/2 = 425\text{mm};$$



	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 6 di 46

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.

	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 TORRI FARO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	CL	OC0000 002	A	7 di 46

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche dei materiali impiegati

3.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione

CALCESTRUZZO MAGRO classe C12/15

Resistenza caratteristica cubica	15 MPa
----------------------------------	--------

3.2 Calcestruzzo per sottovia scatolare e muri

Classe di resistenza per plinti fondazione pali

C25/30

Modulo di elasticità longitudinale	E_C	=	31447	[MPa]
Coefficiente di dilatazione termica	α	=	10x10-6	[C-1]
Coefficiente di Poisson	ν	=	0,20	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c	=	1,50	[-]
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}	=	0,85	[-]
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	=	30,0	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	=	24,9	[MPa]
Resistenza media cilindrica a compressione	f_{cm}	=	32,9	[MPa]
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	=	2,56	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione semplice	f_{ctk}	=	1,79	[MPa]
Resistenza media a trazione per flessione	f_{cfm}	=	3,07	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f_{cfk}	=	2,15	[MPa]
Resistenza caratteristica tangenziale per aderenza	f_{bk}	=	4,03	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	=	14,1	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f_{ctd}	=	1,19	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione per flessione	f_{cfd}	=	1,43	[MPa]



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
 TORRI FARO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC0000 002	A	8 di 46

Resistenza di calcolo tangenziale per aderenza $f_{bd} = 2,69$ [MPa]

3.3 Acciaio per barre da C.A. e reti elettrosaldate

ACCIAIO B450C

B450C

$f_{yk} \geq$	450 MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540 MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1,15	
$(f_t/f_y)_k <$	1,35	
$\gamma_s =$	1,15 -	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3 MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000 MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%	deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%	deformazione caratteristica ultima

	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 9 di 46

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENO DI FONDAZIONE

Considerato che le nuove torri faro 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.

	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 10 di 46

5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

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

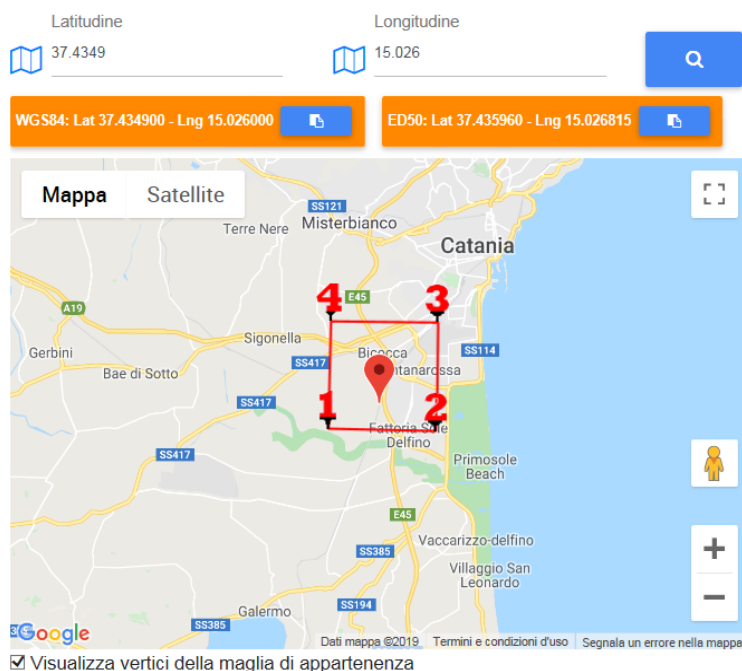
- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

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:



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

$a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0 \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

$S \rightarrow$ coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T).

	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 12 di 46

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Analisi dei carichi da peso proprio e permanenti

I carichi permanenti strutturali sono rappresentati dal peso del plinto avente peso per unità di volume $\gamma = 25\text{kN/m}^3$, dal peso del terreno avente peso per unità di volume $\gamma = 19.00\text{kN/m}^3$ e dal peso della torre faro.

Peso plinto:

$$P_b = B_b * L_b * H_b * \gamma_{cls} = 1.7 * 1.7 * 1.0 * 25 = 72.3 \text{ kN}$$

$$P_f = B_f * L_f * H_f * \gamma_{cls} = 3.1 * 3.1 * 1.2 * 25 = 288.3 \text{ kN}$$

Peso palo e proiettori:

$$P_{palo} = 15.7\text{kN}$$

$$P_{proiettori} = 6 * 0.1 = 0.6 \text{ kN}$$

Peso terreno:

Si considera un peso del terreno da rilevato di 19.00 kN/m^3

$$P_t = [(3.1 * 3.1) - (1.7 * 1.7)] * 1.0 * 19 = 127.68 \text{ kN}$$

Spinta terra statica su plinto:

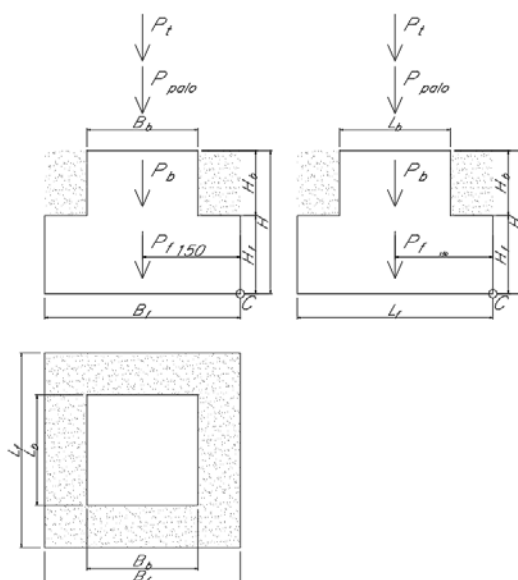
		gradi	radianti
angolo di inclinazione parete	$\beta =$	0	0
angolo di attrito parete-terreno	$\delta =$	0	0
angolo di inclinazione terrapieno	$\varepsilon =$	0	0
angolo di attrito terreno	$\phi =$	35	0.6109
coefficiente di spinta attiva	$Ka =$	0.271	
coefficiente di resistenza passiva	$Kp =$	3.690	

$ka = 0.271$ considerando i coefficienti parziali M1

$$S_{a,b} = \frac{1}{2} * [\gamma * H_b^2 * k_a] * 1.7 = 0.5 * (19 * 1.0^2) * (0.271) * 1.7 = 4.38 \text{ kN}$$

$$S_{a,f} = ([\gamma * H_f * k_a * H_b] + [0.5 * \gamma * H_f^2 * k_a]) * 3.1 = ([19 * 1.2 * 0.271 * 1] + [0.5 * 19 * 0.271 * 1.2^2]) * 3.1 = 30.65 \text{ kN}$$

Tutti i simboli utilizzati vengono esposti nella figura seguente.



6.2 Azione del Vento

Per calcolare il momento ribaltante dovuto al vento, si considera un'azione distribuita lungo l'altezza del fusto e una forza puntuale applicata in sommità sul corpo illuminante. 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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE
TORRI FARO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

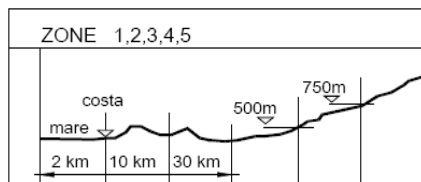
CL

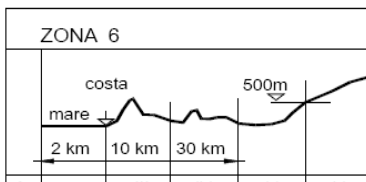
OC0000 002

A

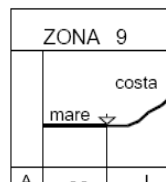
15 di 46

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
						
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					
					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
25	4	B	16

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

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

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

c _e	2.77
----------------	------

La pressione del vento a meno del coefficiente di forma vale: 1355.08 N/mq (1.355 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
TORRI FARO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	OC0000 002	A	16 di 46

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 =	2.5	m
larghezza faro		b =	1	m
coefficiente di forza		$C_{FX} =$	1.8	

forza puntuale del vento

$$F_X = 2 \cdot q_p \cdot h \cdot b \cdot c_{FX} = \mathbf{14.63} \quad \text{KN}$$

CALCOLO DELL'AZIONE DISTRIBUITA DEL VENTO SULLO SVILUPPO DEL PALO

diametro palo (medio)	d =	0.425	m
dimensione di riferimento	l = d	0.425	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 =	876072	
scabrezza superficie	k =	0.20	mm
parametro	k/d	0.0005	
coefficiente di forza ideale (curva A)	$C_{fx0,A} =$	0.1	
coefficiente di forza ideale (curva B)	$C_{fx0,B} =$	0.8	
coefficiente di forza ideale (Fig. G.51)	$C_{fx0} =$	0.8	
snellezza effettiva	$\lambda =$	56.00	
coefficiente di snellezza	$\Psi_\lambda =$	0.890	
coefficiente di forza	$C_{FX} =$	0.7	m

forza del vento per unità di lunghezza

$$f_x = q_p \cdot l \cdot c_{FX} = \mathbf{0.28} \quad \text{KN/m}$$

	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 17 di 46

6.3 Azione sismica

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.

6.3.1 Spinta sismica del terreno

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

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

	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 TORRI FARO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	CL	OC0000 002	A	18 di 46

Quindi, scomponendo sempre in una parte superiore ed una parte inferiore del blocco:

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

$$S_{as,b} = \frac{1}{2} \cdot [\gamma \cdot H_b^2 \cdot k_{as}] \cdot 1.7 = 0.5 \cdot (19 \cdot 1.0^2) \cdot (0.311) \cdot 1.7 = 5.02 \text{ kN}$$

$$S_{as,f} = ([\gamma \cdot H_f \cdot k_{as} \cdot H_b] + [0.5 \cdot \gamma \cdot H_f^2 \cdot k_{as}]) \cdot 3.1 = ([19 \cdot 1.2 \cdot 0.311 \cdot 1] + [0.5 \cdot 19 \cdot 0.311 \cdot 1.2^2]) \cdot 3.1 = 35.17 \text{ kN}$$

6.3.2 Azione sismica sul palo

Per quanto riguarda l'effetto del sisma sulla torre faro si considera, a favore di sicurezza, una forza pari al peso della torre, 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 =	25	m
C ₁ =	0.050	
T ₁ =	0.559	s
Suolo categoria		D
		T ₁
T _c * =	0.425	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 =	16.30	KN
λ =	1	

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

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

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g = 15.6 \text{ KN}$$

	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 19 di 46

7 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	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	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 TORRI FARO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	CL	OC0000 002	A	21 di 46

8 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:

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 sito

Metodo M1:

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

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

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

	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 22 di 46

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	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$

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.

8.1 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_λ , ψ_γ sono i coefficienti correttivi legati al tipo di rottura (generale o per punzonamento);
- ζ_θ , ζ_λ , ζ_γ sono i coefficienti correttivi di forma; essi dipendono dalla lunghezza L e dalla larghezza B della fondazione;

- ξ_0, ξ_x, ξ_y 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;
- $\alpha_0, \alpha_x, \alpha_y$ sono i coefficienti correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di posa;
- $\beta_0, \beta_x, \beta_y$ 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.

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.

8.2 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.

	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 24 di 46

8.3 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.

	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 TORRI FARO	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC0000 002	REV. A	FOGLIO 25 di 46

9 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotechine da eseguire per il blocco di fondazione della torre faro sono:

- Verifica a carico limite verticale;
- Verifica di scorrimento sul piano di posa;
- Verifica a ribaltamento;
- Verifica di compatibilità dei cedimenti.

Ognuna delle verifiche verrà condotta con riferimento sia allo SLU che allo SLV.

9.1 Sollecitazioni alla base del palo

Si riepilogano di seguito le azioni che agiscono sul palo:

Fx = forza orizzontale del vento sull'apparecchio illuminante (14.63 kN)

fx = carico distribuito del vento sul palo ($0.28 \frac{kN}{m}$)

Qs = forza sismica sul palo (15.6 kN)

Pp = peso del palo (15.7 kN)

Pl = peso apparecchio illuminante (0.6 kN)

Si considerano poi le dimensioni:

h = altezza del palo (25.00 m)

Calcolo delle sollecitazioni allo SLU:

$$T_{SLU} = fx * h + Fx = (0.28 * 24) + 14.63 = 1.5 * 21.35 = 32.03 \text{ kN}$$

$$N_{SLU} = Pp + Pl = 15.70 + 0.6 = 16.3 \text{ kN}$$

$$M_{SLU} = fx * h * \frac{h}{2} + Fx * h = (6.72 * 12) + (14.63 * 25) = 1.5 * 372.47 = 558.71 \text{ kN}$$

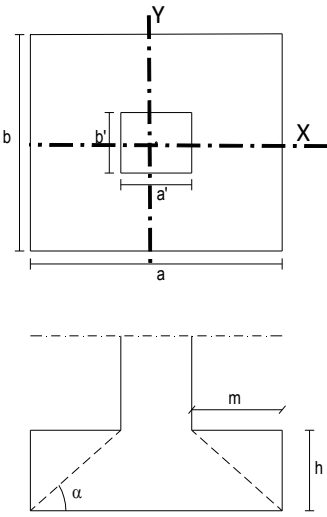
Calcolo delle sollecitazioni allo SLV:

$$T_{SLV} = Q_s = 15.6 \text{ kN}$$

$$N_{SLV} = P_p + P_l = 15.70 + 0.6 = 16.3 \text{ kN}$$

$$M_{SLV} = Q_s * h = 15.6 * 25 = 390 \text{ kNm}$$

PLINTO			
Caratteristiche plinto			
b=	3.10	m	
a=	3.10	m	
h=	1.2	m	
γ_{cls} =	25	KN/mc	
Baggiolo			
a'=	1.7	m	
b'=	1.7	m	
h'=	1	m	
Caratteristiche opera			
Classe di duttilità=	NO DISS		
fattore amplificativo=	1		
Rinterro			
s=	1.00	m	
γ =	19	KN/mc	
Parametri terreno			
γ =	19	KN/mc	ka= 0.271
Φ =	35	°	ke= 0.311
c =	0	KPa	
Zw =	2.2	m	da p.c.



9.2 Verifica a carico limite verticale e allo scorrimento

La profondità del piano di posa D è pari a 220cm.

Condizioni m = 0.7 m α = 60 gradi Condizioni m ≤ h vero ⇒ Plinto Alto α ≥ 45° vero m = 0.7 m α = 60 gradi Condizioni m ≤ h vero ⇒ Plinto Alto α ≥ 45° vero	Carichi di progetto Peso del plinto P = 488 KN SCARICHI STRUTTURA IN ELEVAZIONE Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base Mx = 558.71 KNm My = 0.00 KNm Vy = 32.03 KN Vx = 0.00 KN N = 16.30 KN Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base Mx = 390.00 KNm My = 0.00 KNm Vy = 15.60 KN Vx = 0.00 KN N = 16.30 KN SCARICHI AMPLIFICATI Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base Mx = 558.71 KNm My = 0.00 KNm Vy = 32.03 KN Vx = 0.00 KN N = 16.30 KN Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base Mx = 390.00 KNm My = 0.00 KNm Vy = 15.60 KN Vx = 0.00 KN N = 16.30 KN
SPINTA DEL TERRNO BAGGIOLO Sstatica 4.37665 kN Ssismica 5.02265 kN FONDAZIONE Sstatica 30.64685 kN Ssismica 35.17037 kN	

9.2.1 Verifica a carico limite verticale e allo scorrimento, allo SLU

A seguire si riporta quanto ottenuto per la verifica a carico limite verticale allo 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
16.30	32.03	558.71	0.00	0.00

Sollecitazioni finali sul plinto :

Ntot	Vy	Mxtot	Vx	Mytot
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
651	32.03	648.15	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 ($e_B = M_b/N$)

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

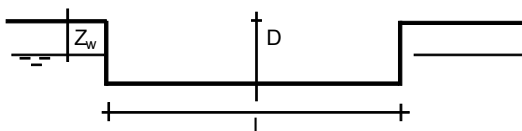
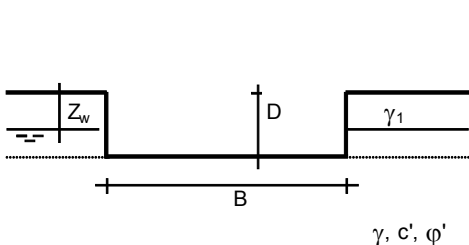
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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

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

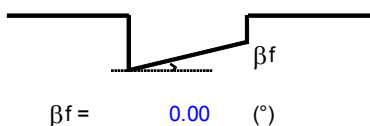
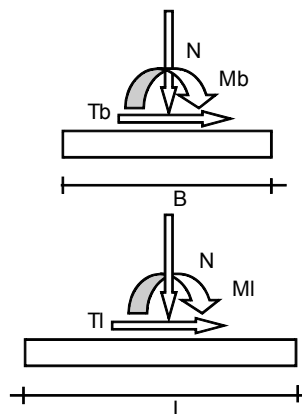
coefficienti parziali

Metodo di calcolo			azioni		proprietà del terreno	
			permanenti	temporanee variabili	$\tan \phi'$	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

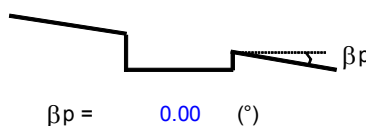


(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

$B = 3.10$ (m)
 $L = 3.10$ (m)
 $D = 2.20$ (m)



$\beta_f = 0.00$ (°)



$\beta_p = 0.00$ (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	651.00	0.00	651.00
Mb [kNm]	648.15	0.00	648.15
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	32.03	0.00	32.03
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	32.03	0.00	32.03

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

$$Z_w = 2.20 \quad (\text{m})$$

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

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

$$B^* = 1.11 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 3.10 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 41.80 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

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

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 33.30$$

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

$$N_c = 46.12$$

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

$$N_\gamma = 48.03$$

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE TORRI FARO
COMMESSA
LOTTO
CODIFICA
DOCUMENTO
REV.
FOGLIO
RS3H
02
CL
OC0000 002
A
31 di 46
 s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

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

$$s_c = 1.26$$

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

$$s_q = 1.25$$

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

$$s_\gamma = 0.86$$

 i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.74 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.26 \quad m = 1.74 \quad (-)$$

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

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

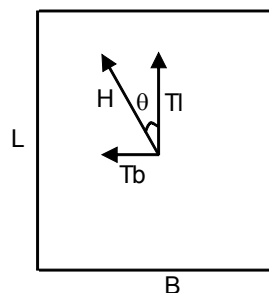
$$i_q = 0.92$$

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

$$i_c = 0.91$$

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

$$i_\gamma = 0.87$$


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

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

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

$$d_q = 1.28$$

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

$$d_c = 1.29$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



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
TORRI FARO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

OC0000 002

A

32 di 46

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

$$q_{lim} = 2221.42 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 189.40 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 5.10 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 32.03 \quad (\text{kN})$$

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

$$S_d = 455.83 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{scorr} = 12.94 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

	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 TORRI FARO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	CL	OC0000 002	A	34 di 46

9.2.2 Verifica a carico limite verticalee allo scorrimento allo SLV

A seguire si riporta quanto ottenuto per la verifica a carico limite verticale allo 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
16.30	15.60	390.00	0.00	0.00

Sollecitazioni finali sul plinto :

N _{tot}	Vy	M _x _{tot}	Vx	M _y _{tot}
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
504.53	15.60	453.96	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 ($e_B = M_b/N$)

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

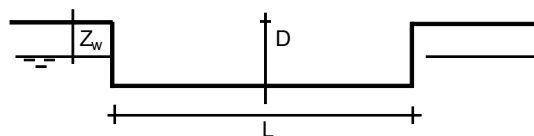
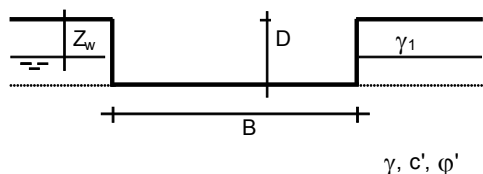
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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

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

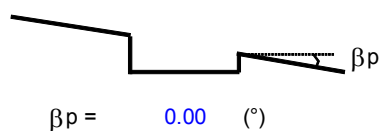
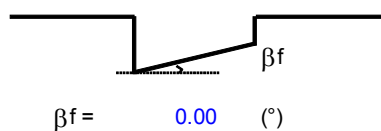
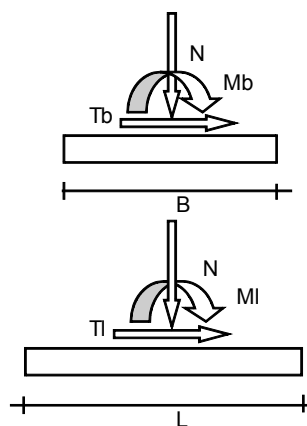
coefficienti parziali

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 = 3.10 (m)
L = 3.10 (m)
D = 2.20 (m)



$\beta_f = 0.00$ (°)

$\beta_p = 0.00$ (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	504.53	0.00	504.53
Mb [kNm]	453.96	0.00	453.96
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	15.60	0.00	15.60
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	15.60	0.00	15.60

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

$$Z_w = 2.20 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.90 \quad (\text{m})$$

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

$$B^* = 1.30 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 3.10 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 41.80 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

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

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 33.30$$

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

$$N_c = 46.12$$

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

$$N_\gamma = 48.03$$

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE TORRI FARO
COMMESSA
LOTTO
CODIFICA
DOCUMENTO
REV.
FOGLIO
RS3H
02
CL
OC0000 002
A
37 di 46
 s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

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

$$s_c = 1.30$$

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

$$s_q = 1.29$$

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

$$s_\gamma = 0.83$$

 i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.70 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.30 \quad m = 1.70 \quad (-)$$

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

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

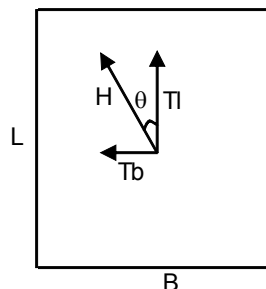
$$i_q = 0.95$$

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

$$i_c = 0.95$$

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

$$i_\gamma = 0.92$$


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

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

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

$$d_q = 1.26$$

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

$$d_c = 1.27$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



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
TORRI FARO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

OC0000 002

A

38 di 46

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

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2$$

$$\beta_f + \beta_p =$$

0.00

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$\beta_f + \beta_p =$$

0.00

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 2372.26 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 125.15 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 8.24 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 15.60 \quad (\text{kN})$$

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

$$S_d = 353.28 \quad (\text{kN})$$

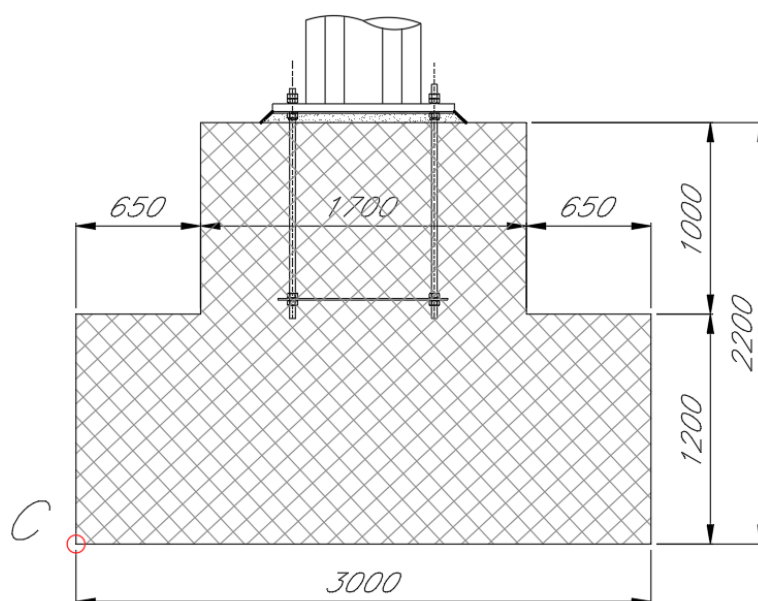
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{scorr} = 20.59 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

9.3 Verifica a ribaltamento

Vengono calcolati i momenti rispetto allo spigolo al piede del blocco (punto C, vedi figura sottostante) ipotizzato come punto di rotazione con la combinazione:

EQU + M2



I carichi che contribuiscono a stabilizzare il blocco sono:

- Peso proprio del palo;
- Peso proprio del blocco di fondazione;
- Peso proprio del terreno al di sopra del plinto (a vantaggio di statica questo viene trascurato).

I carichi che contribuiscono a ribaltare il blocco sono:

- Carico orizzontale del vento in condizioni statiche (SLU);
- Spinta orizzontale del terreno in condizioni statiche (SLU);
- Carico orizzontale in condizioni sismiche del palo (SLV);
- Spinta orizzontale del terreno in condizioni sismiche (SLV).

9.3.1 Verifica a ribaltamento allo SLU

A valle di quanto esposto al §10.3, considerando che i carichi che contribuiscono a stabilizzare il blocco sono favorevoli alla verifica EQU, si ha:

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
16.30	32.03	558.71

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N _{tot}	Vy	M _{xtot}
KN	KN	KN*m
504.5	32.03	648.15

Momento ribaltante **MR = 648.15 KN m**

Momento stabilizzante **Ms = 782.02 KN m**

FS = Ms/MR = 1.21 $\geq$ 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 TORRI FARO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	CL	OC0000 002	A	42 di 46

9.3.2 Verifica a ribaltamento allo SLV

A valle di quanto esposto al §10.3, considerando che i carichi che contribuiscono a stabilizzare il blocco sono favorevoli alla verifica EQU, si ha:

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
16.30	15.60	390.00

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N _{tot}	Vy	M _{xtot}
KN	KN	KN*m
504.5	15.6	453.96

Momento ribaltante **MR = 453.96 KN m**

Momento stabilizzante **MS = 782.02 KN m**

FS = MS/MR = 1.72 $\geq$ 1.15 verifica soddisfatta

9.4 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:

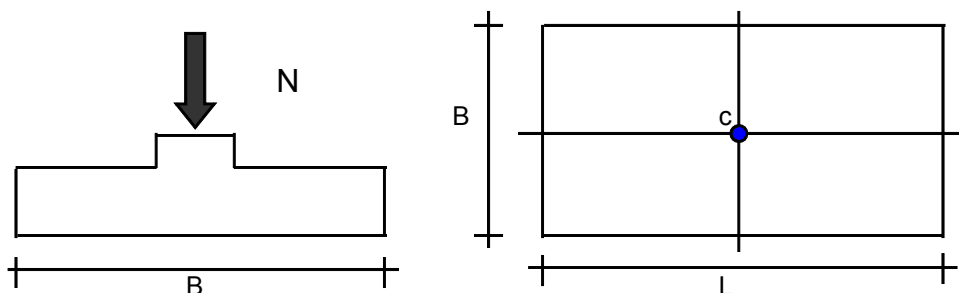
$$N = 504 \text{ kN}$$

ricavando quanto segue.

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:

Plinto Torre Faro 25.00m



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3 (1/R_1^2 + 1/R_2^2)$$

$$\Delta\sigma_x i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_1^2$$

$$\Delta\sigma_y i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_2^2$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{tot} = \Sigma \delta_i = \Sigma (((\Delta\sigma_z i - \nu_i (\Delta\sigma_x i + \Delta\sigma_y i)) \Delta z_i / E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 3.10 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 3.10 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 504 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 52.48 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 4 (-) (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	0.26
2		0.00	3.0	3.0	1.0		0.30	0.00
3		0.00	3.0	3.0	1.0		0.30	0.00
4		0.00	3.0	3.0	1.0		0.30	0.00
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0		0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.26 \text{ (cm)}$$

A valle dei risultati ottenuti il cedimento di 0.26 cm si ritiene ampiamente compatibile con gli spostamenti attesi della struttura in esame.

10 VERIFICHE STRUTTURALI

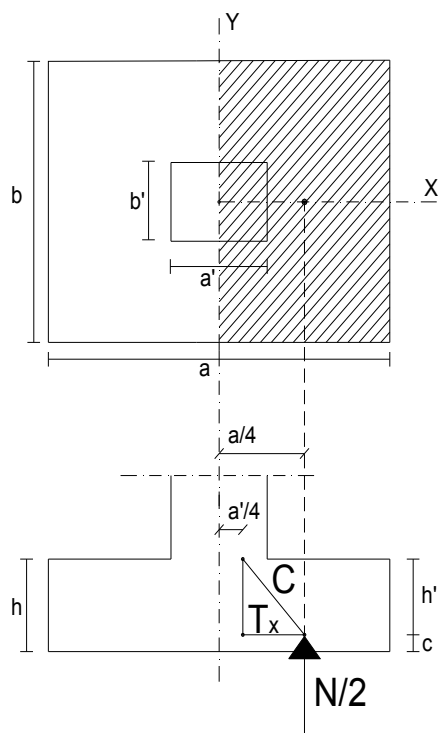
Le verifiche strutturali da eseguire, in accordo con la normativa di riferimento, sono:

- Verifiche di resistenza allo SLU;
- Verifiche di resistenza allo SLV;

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			
45.539	⇒	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	1.13	1.7	3.10	3.10	1.7	1.221	1.221
Condizioni statiche							
Verifica tirante				Armatura			
Tx	Asmin			n°	Φ	As	
KN	cmq				mm	cmq	
674.40	17.235	⇒		15	20	47.124	verifica soddisfatta
Verifica puntone							
C	Nrd						
KN	KN						
1969.79	9885	⇒		verifica soddisfatta			
Verifica tirante				Armatura			
Ty	Asmin			n°	Φ	As	
KN	cmq				mm	cmq	
100.82	2.576	⇒		15	20	47.124	verifica soddisfatta
Verifica puntone							
C	Nrd						
KN	KN						
294.47	9885	⇒		verifica soddisfatta			

Condizioni sismiche
Verifica tirante

Tx	Asmin		Armatura		As	
KN	cmq		n°	Φ	cmq	
				mm		
479.87	12.263	⇒	15	20	47.124	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd		
KN	KN		
1401.61	9885	⇒	verifica soddisfatta

Verifica tirante

Ty	Asmin		Armatura		As	
KN	cmq		n°	Φ	cmq	
				mm		
78.14	2.576	⇒	15	20	47.124	verifica soddisfatta

Verifica puntone

C	Nrd		
KN	KN		
228.22	9885	⇒	verifica soddisfatta