

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE  
LOTTO 1 + 2

FABBRICATI STAZIONE

FV03 - Stazione di Lercara dir - km 29+147

Relazione di calcolo geotecnica fondazioni pile ponte pedonale

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	FV0300	010	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	F. COPPINI	Gennaio 2020	A. BARRECA	Gennaio 2020	F. COPPINI Mag. 2020 F. COPPINI Mag. 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Det. Ing. Francesco Salsani Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma n. 25372/Str.	
B	1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	F. COPPINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020		

File: RS3Z00D26CLFV0300010B

n. Elab.:

## INDICE

1.	PREMESSA .....	1
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	2
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	3
4.	PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO .....	4
5.	UBICAZIONE DELL'INTERVENTO .....	4
6.	ANALISI DEI CARICHI .....	4
7.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	4
8.	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	4
9.	VERIFICHE GEOTECNICHE DELLE OPERE DI FONDAZIONE .....	5
9.1	VERIFICHE A CARICO LIMITE VERTICALE .....	5
9.1.1	Verifiche SLU .....	6
9.1.2	Verifiche SLE (cedimenti).....	7
9.2	VERIFICHE A CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	8

## 1. PREMESSA

L'oggetto della presente relazione è la struttura di collegamento ed accesso ai diversi binari della stazione di Lercara (PA).

Si tratta di una struttura metallica mono-piano di lunghezza complessiva pari a circa 44,05 m e larghezza 9,45 m appoggiata su:

- 4 pile in c.a. di altezza pari a 7.85 m, con sezione cava, posizionate su 2 allineamenti fondati su pali;
- pareti in c.a che costituiscono il fabbricato viaggiatori (non trattate in questo documento, di cui si tiene conto tramite il sistema di vincoli adottato).

La struttura metallica è composta da 2 travi principali continue, disposte longitudinalmente alla struttura, di tipo laminato a caldo con altezza pari a 800 mm e piattabanda di larghezza 300 mm. Su tali travi si innestano perpendicolarmente delle travi secondarie IPE 500, anche esse con schema statico di trave continua. Le travi secondarie sono, infine, collegate a profili tubolari di dimensione 500x300x6 mm che realizzano i portali trasversali che costituiscono la copertura.

**In questo documento sono riportate le verifiche geotecniche delle fondazioni delle pile.**

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle Istruzioni dell'Ente FF.SS.

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e di seguito elencate:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI CS MA IFS 002 B: Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 5 – Prescrizioni per marciapiedi e pensiline delle stazioni ferroviarie a servizio dei viaggiatori
- Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 11104 marzo 2004: “Calcestruzzo: specificazione. prestazione. produzione e conformità” Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 206-1 ottobre 2006: “Calcestruzzo: specificazione. prestazione. produzione e conformità”
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1: Regole generali e regole per edifici”
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni. strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”
- UIC CODE 777-2:2002: Structures built over railways lines – Construction requirements in the track zone.

Riferimenti STI:

- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

- CALCESTRUZZO PER STRUTTURE DI FONDAZIONE (PALI E PLATEE): C25/30

<b>Rck 30</b>		= classe di resistenza
$f_{ck} =$	24.9 MPa	= resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$\alpha_{cc} =$	<b>0.85</b>	= coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma_c =$	<b>1.5</b>	= coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c =$	14.11 MPa	= resistenza cilindrica di calcolo a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.9 MPa	= resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3}$ per classi $\leq$ C50/60	2.56 MPa	= resistenza media a trazione
$f_{ctm} = 2,12 \ln[1+f_{cm}/10]$ per classi $>$ C50/60		
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1.79 MPa	= resistenza caratteristica a trazione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.19 MPa	= resistenzadi calcolo a trazione
$E_c = 22000 [(f_{ck}+8)/10]^{0,3} =$	31447 MPa	= modulo elastico

- ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO: B450C

<b>B450C</b>		
$f_{tk} \geq$	540 MPa	= tensione caratteristica di rottura
$f_{yk} \geq$	450 MPa	= tensione caratteristica di snervamento
$\gamma_s =$	<b>1.15</b>	= coefficiente parziale di sicurezza
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.3 MPa	= resistenza di calcolo
$E_s =$	<b>200000</b> MPa	= modulo elastico

#### **4. PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO**

Contenuta nel documento RS3Z00D26CLFV0300006.

#### **5. UBICAZIONE DELL'INTERVENTO**

Contenuta nel documento RS3Z00D26CLFV0300006.

#### **6. ANALISI DEI CARICHI**

Contenuta nel documento RS3Z00D26CLFV0300006.

#### **7. COMBINAZIONI DI CARICO**

Contenuta nel documento RS3Z00D26CLFV0300006.

#### **8. MODELLAZIONE STRUTTURALE**

Contenuta nel documento RS3Z00D26CLFV0300006.

## 9. VERIFICHE GEOTECNICHE DELLE OPERE DI FONDAZIONE

Le verifiche sono riferite alle sollecitazioni riportate nell'elaborato RS3Z00D26CLFV0300009B.

### 9.1 Verifiche a carico limite verticale

La capacità portante di pali di medio e grande diametro può essere espressa secondo la relazione:

$$Q_{lim} = \frac{\pi D^2}{4} p + \pi d \int_0^L s \cdot dz$$

In cui la capacità alla punta  $p$  è espressa dalla relazione:

$$p = cN_c + \sigma_{vL} N_q$$

In cui, per pali trivellati:

$$\varphi'_{calc} = \varphi' - 3^\circ \quad \text{a) Condizioni drenate (terreni incoerenti)}$$

$$N_q = \text{Berezantzev} \quad c' = 0$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \varphi \quad p = \sigma'_{vL} N_q$$

b) Condizioni drenate (terreni coesivi)

$$p = cN_c + \sigma'_{vL} N_q$$

E la capacità laterale  $s$  è espressa dalla relazione:

$$s = a + k\mu\sigma'_{vmedio}$$

In cui:

a) Condizioni drenate (terreni incoerenti)

$$a = 0$$

$$s = k\mu\sigma'_{vmedio}$$

b) Condizioni drenate (terreni coesivi)

$$a = 0$$

$$s = k_0 \mu \sigma'_{vmedio}$$

a) Condizioni non drenate (terreni incoerenti)

$$a = 0$$

$$s = k\mu\sigma'_{vmedic}$$

b) Condizioni non drenate (terreni coesivi saturi)

$$s = \alpha \cdot c_u$$

Per terreni incoerenti le condizioni peggiori e quindi di calcolo sono quelle drenate;  
per terreni coesivi saturi le condizioni peggiori e quindi di calcolo sono quelle non drenate;  
per terreni coesivi sovraconsolidati l'analisi si svolge in condizioni non drenate.

### 9.1.1 Verifiche SLU

Le verifiche a carico limite verticale sono state svolte con riferimento al palo più caricato assialmente nella combinazione più gravosa.

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)	Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)
1	17.00	C	1281.8					1281.8				
2	8.00	Sb,1	1360.2	46.75	0.00	16367.3	4627.7	1360.2	46.75	0.00	16367.3	4627.7

#### CARICO ASSIALE AGENTE

$$N_d = N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$$

$$N_d = -75.0 \text{ (kN)}$$

#### CAPACITA' PORTANTE MEDIA

$$\text{base } R_{b,cal \text{ med}} = .0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal \text{ med}} = 2642.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal \text{ med}} = 2642.0 \text{ (kN)}$$

#### CAPACITA' PORTANTE MINIMA

$$\text{base } R_{b,cal \text{ min}} = .0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal \text{ min}} = 2642.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal \text{ min}} = 2642.0 \text{ (kN)}$$

#### CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{b,cal \text{ min}}/\xi_4) = .0 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{s,cal \text{ min}}/\xi_4) = 1554.1 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 1554.1 \text{ (kN)}$$

#### CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 1243.3 \text{ (kN)}$$

$$F_s = R_{c,d} / N_d$$

$$F_s = 16.57$$

### 9.1.2 Verifiche SLE (cedimenti)

#### DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	0.60	(m)
Carico sul palo (P):	187.3	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	25.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	4.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	40.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	30	(-)
Spaziatura dei pali (s)	1.8	(m)

#### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 1.32 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = 1.55 \text{ (mm)}$$

#### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

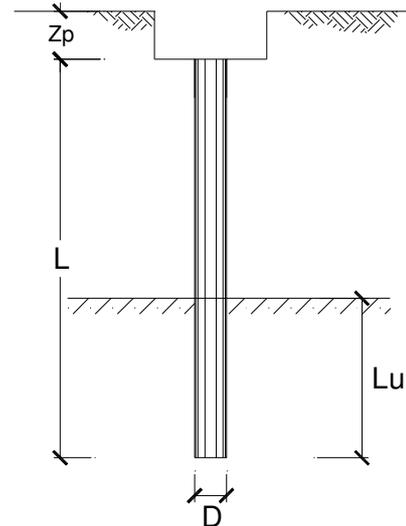
Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = 1.470$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta = 30 * 0.40 * 1.55 = 18.62 \text{ (mm)}$$



Il cedimento della palificata si ritiene compatibile con la struttura in esame.

## 9.2 Verifiche a carico limite orizzontale

Si riportano le verifiche geotecniche a carico limite orizzontale, eseguite secondo la Teoria di Broms, per il caso di pali con rotazione in testa impedita, relativamente al palo più caricato a taglio nella condizione più sfavorevole (sforzo assiale minimo).

Per le verifiche a carico limite orizzontale si considera cautelativamente un coefficiente di gruppo 0.8.

Le equazioni con cui si determina il carico limite a forze orizzontali dei pali sono definite di seguito al variare del tipo di meccanismo considerato.

In terreni coesivi si ha:

Palo corto: 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio: 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo: 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

dove :

H = carico limite orizzontale del palo;

$c_u$  = resistenza non drenata del terreno;

$M_y$  = momento di plasticizzazione del palo;

L = lunghezza del palo;

d = diametro del palo.

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	17.00	(m)		
Diametro del palo	d =	0.60	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	660.9	(kN m)		
Coesione non drenata	c <sub>u med</sub> =	100.00	(kPa)	c <sub>u min</sub> =	100.00 (kPa)
Coesione non drenata di progetto	c <sub>u med,d</sub> =	100.00	(kPa)	c <sub>u min,d</sub> =	100.00 (kPa)
Taglio Agente Permanente (G):	G =	115.1	(kN)		
Taglio Agente Variabile (Q):	Q =	0	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 8694.00 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 8694.00 \text{ (kN)}$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 3389.45 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 3389.45 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 803.87 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 803.87 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 803.87 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 803.87 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 472.86 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 363.74 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 115.10 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 3.16$$

La verifica risulta soddisfatta.