



Andrea ZARDETTO

ingegnere civile

ordine ingg. prov. TS - n. A2799
via Pinguente, 7 - 34146 Trieste (TS)
+39 346 321 1096
andrea@zardetto.it
andrea.zardetto@ingpec.eu
c.f.: ZRD NDR 92H20 G888X
p.iva: 01835590934

PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE STRUTTURALI

CODICE OPERA 17184

RIQUALIFICAZIONE DELLA PALAZZINA CAD DI VIA SAN BIAGIO 3 A OPICINA, NEL COMUNE DI TRIESTE. OPERE STRUTTURALI RELATIVE ALL'INSTALLAZIONE DI UN NUOVO ASCENSORE ED ALTRE MODIFICHE INTERNE.

elaborato

ST 00b

RELAZIONE TECNICA

contenuti

scale

RELAZIONE GEOTECNICA



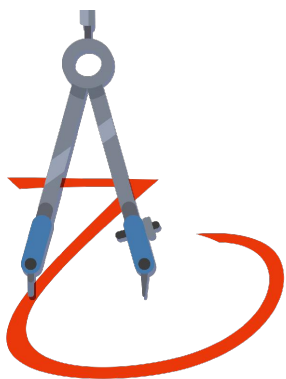
committente

Comune di Trieste
(nella figura del RUP
arch. Lucia Iammarino)

collaudatore

ing. Silvia Angeli

costruttore



Andrea ZARDETTO

ingegnere civile

ordine ingg. prov. TS - n. A2799
via Pinguento, 7 - 34146 Trieste (TS)
+39 346 321 1096
andrea@zardetto.it
andrea.zardetto@ingpec.eu
c.f.: ZRD NDR 92H20 G888X
p.iva: 01835590934

PROGETTO DEFINITIVO DELLE OPERE STRUTTURALI

CODICE OPERA 17184

RIQUALIFICAZIONE DELLA PALAZZINA CAD DI VIA SAN BIAGIO 3 A OPICINA, NEL COMUNE DI TRIESTE. OPERE STRUTTURALI RELATIVE ALL'INSTALLAZIONE DI UN NUOVO ASCENSORE ED ALTRE MODIFICHE INTERNE.

elaborato

ST 00b

RELAZIONE TECNICA

contenuti

scale

RELAZIONE GEOTECNICA

progettista delle opere strutturali
ing. Andrea Zardetto

committente
Comune di Trieste
(nella figura del RUP
arch. Lucia Iammarino)

collaudatore

costruttore



INDICE

1.	DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI	2
2.	STRATIGRAFIA DI PROGETTO	2
3.	VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI	2
4.	SCELTE TIPOLOGICHE	2
5.	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CLASSE TOPOGRAFICA	3
6.	VALORI DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI	3
7.	METODO DI CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE	4
8.	ANALISI DEI CARICHI E DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO	6
9.	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE	6



1. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI

La presente relazione geotecnica è relativa alle opere fondazionali da realizzarsi nell'ambito del progetto di riqualificazione della palazzina CAD di via San Biagio n. 3 ad Opicina, nel Comune di Trieste, come da progetto architettonico definitivo fornito.

Le opere in progetto aventi rilevanza dal punto di vista geotecnico sono quelle di realizzazione di una fossa di fondazione e di un telaio tridimensionale in conglomerato cementizio armato per l'installazione di un impianto ascensore.

Trattasi di interventi da eseguirsi nell'ambito di una costruzione esistente, che riguardano porzioni limitate della costruzione e non ne modificano in modo significativo il comportamento rispetto alle azioni sismiche; alla luce di ciò, risultano nell'insieme classificabili come "intervento locale" (§8.4.1), pertanto il progetto degli elementi strutturali è riferito alle sole porzioni di struttura interessate.

Le strutture così descritte variano le distribuzioni dei carichi gravitazionali e sismici sulla struttura fondazionale e sul terreno; si procede pertanto ad una nuova verifica della capacità portante degli elementi di fondazione.

I carichi e le tensioni sono valutati mediante una stima basata sull'area di influenza.

2. STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Le caratteristiche stratigrafiche e meccaniche dei terreni interessati dall'intervento sono desunte dalla Relazione Geologica a firma del dott. geol. Giovanni Pietro Pinzani d.d. 29 marzo 2019.

Il terreno di fondazione si suppone costituito da calcari grigi compatti carsificati e parzialmente fratturati.

3. VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Ai fini del calcolo della capacità portante delle fondazioni, si assumono i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici:

CALCARE

PARAMETRO	simbolo	valore	u.m.
Angolo di attrito	φ_A	35	°
Coesione efficace	c'_A	100	kN/m ²
Peso dell'unità di volume	γ	24	kN/m ³

4. SCELTE TIPOLOGICHE

L'intervento prevede la posa di una nuova fondazione a platea che sarà allogata nel complesso roccioso.

Ove le ipotesi di cui al presente elaborato non fossero confermate in corso d'opera, sarà necessario elaborare un nuovo modello geotecnico ed apportare le necessarie modifiche al progetto.



5. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CLASSE TOPOGRAFICA

In accordo con la relazione geologica, si considera una categoria di sottosuolo di tipo "A" (tab. 3.2.II, D.M. 17/01/2018) – "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi [...]", e una classe topografica "T1" (tab. 3.2.III, D.M. 17/01/2018) – "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ ".

6. VALORI DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Le verifiche sono state condotte tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del D.M. 17/01/2018 (riportate nel seguito come tab. I, tab. II, tab. III).

Si fa riferimento alla combinazione unica dell'approccio 2:

Combinazione: (A1+M1+R3)

I valori di progetto dei parametri geotecnici sono pertanto assunti pari ai valori caratteristici.

Tab.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Azione	Simbolo γ_f	EQU	A1	A2
Permanente favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
Permanente sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanente non strutturale favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
Permanente non strutturale sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabile favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
Variabile sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tab.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

PARAMETRO	PARAMETRO	COEFF. PARZIALE γ_m	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}=1,00$	$\gamma_{\varphi'}=1,25$
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}=1,00$	$\gamma_{c'}=1,25$
Resistenza non drenata	c_{uk}	$\gamma_{cu}=1,00$	$\gamma_{cu}=1,40$
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma_{\gamma}=1,00$	$\gamma_{\gamma}=1,00$



Tab.III - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

VERIFICA	COEFF. PARZIALE γ_R
	R3
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_R=1,40$
Coesione efficace	$\gamma_R=1,10$
Resistenza non drenata	$\gamma_R=1,15$
Peso dell'unità di volume	$\gamma_R=1,40$

7. METODO DI CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Verifica a scorrimento

La verifica di scorrimento della fondazione superficiale viene eseguita considerando le caratteristiche del terreno immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, ricavato in base alla stratigrafia associata all'elemento, e trascurando, a favore di sicurezza, l'eventuale spinta passiva laterale.

Lo scorrimento di una fondazione avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e la coesione terreno-fondazione.

Il coefficiente di sicurezza a scorrimento si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti di progetto (R_d) e quelle instabilizzanti (E_d):

$$R_d = (N * \tan(\phi) + C_a * B * L + \alpha * S_p) / \gamma_{rs}$$

$$E_d = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

dove:

- N = risultante delle forze normali al piano di scorrimento;
- T_x, T_y = componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;
- $\tan(\phi)$ = coefficiente di attrito terreno-fondazione;
- C_a = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione;
- B, L = dimensioni della fondazione;
- α = fattore di riduzione della spinta passiva;
- S_p = spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;
- γ_{rs} = fattore di sicurezza parziale per lo scorrimento;

Verifica di capacità portante

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Brinch-Hansen, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c * N_c * s_c * d_c * i_c * b_c * g_c + q * N_q * s_q * d_q * i_q * b_q * g_q + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma * b_\gamma * g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ($\phi = 0$) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) * C_u * (1 + s'_c + d_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

- γ = peso di volume dello strato di fondazione;
- B = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $B = B_f - 2e$);
- L = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $L = L_f - 2e$);
- c = coesione dello strato di fondazione;
- C_u = coesione non drenata dello strato di fondazione;
- q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
- N_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante;
- s_γ, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione;
- d_γ, d_c, d_q = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.



i_y, i_c, i_q = fattori di inclinazione del carico;
 b_y, b_c, b_q = fattori di inclinazione della base della fondazione;
 g_y, g_c, g_q = fattori di inclinazione del piano campagna;

Per la teoria di Brinch-Hansen i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) * ctg\phi \quad ; \quad N_q = ctg^2(45^\circ + \phi/2) * e^{\pi * ctg\phi} \quad ; \quad N_\gamma = 1,5 * (N_q - 1) * tg\phi \quad ;$$

$$s - c = 1 + \frac{B}{L} * \frac{N_q}{N_c} \quad ; \quad s'_c = 0,2 * \frac{B}{L} \quad ; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} * tg\phi \quad ; \quad s_\gamma = 1 - 0,4 * \frac{B}{L} \quad ;$$

$$d_c = 1 + 0,4 * k \quad ; \quad d'_c = 0,4 * k \quad ; \quad d_q = 1 + 2 * k * tg\phi * (1 - \sin\phi)^2 \quad ; \quad d_\gamma = 1 \quad ;$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad ; \quad i'_c = 0,5 - 0,5 * \sqrt{1 - \frac{H}{B * L * c_a * ctg\phi}} \quad ; \quad i_q = \left(1 - \frac{0,5 * H}{V + B * L + c_a * ctg\phi}\right)^5 \quad ;$$

$$i_\gamma = \begin{cases} \left(1 - \frac{0,7 * H}{V + B * L * c_a * ctg\alpha}\right)^5 & se \eta = 0 \\ \left(1 - \frac{(0,7 - \eta^\circ/450^\circ) * H}{V + B * L * c_a * ctg\alpha}\right)^5 & se \eta > 0 \end{cases}$$

$$g_c = 1 - \beta^\circ/147^\circ \quad ; \quad g'_c = \beta^\circ/147^\circ \quad ; \quad g_q = (1 - 0,5 * tg\beta)^5 \quad ; \quad g_\gamma = g_q \quad ;$$

$$b_c = 1 - \eta^\circ/147^\circ \quad ; \quad b'_c = \beta^\circ/147^\circ \quad ; \quad b_q = e^{-2\eta * tg\phi} \quad ; \quad b_\gamma = e^{-2,7 * \eta * tg\phi}$$

dove:

$$k = \begin{cases} \frac{D}{B_f} se \frac{D}{B_f} \leq 1 \\ arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) se \frac{D}{B_f} > 1 \end{cases}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

ϕ = angolo di attrito dello strato di fondazione;
 c_a = aderenza alla base della fondazione;
 η = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ($\eta = 0$ se orizzontale);
 β = inclinazione del pendio;
 H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;
 V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;
 D = profondità della fondazione.

Influenza del sisma sulla capacità portante

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

L'effetto inerziale prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze T parallele al piano di posa e carico normale N) e dell'eccentricità (rapporto tra momento M e carico normale N) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'effetto cinematico si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale k_h , cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo.

Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi e (earthquake), valutati secondo Paolucci e Pecker:

$$e_q = \left(1 - \frac{k_h}{tg\phi}\right)^{0.35} \quad ; \quad e_c = 1 - 0.32 * k_h \quad ; \quad e_\gamma = e_q$$



8. ANALISI DEI CARICHI E DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

La verifica viene svolta allo stato limite ultimo SLU:

combinazione SLU

$$\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1}$$

Peso proprio soletta	g_{11k}	kN	25.29
Peso proprio paramenti	g_{12k}	kN	45.44
Carichi telaio 3D	g_{13k}	kN	156.60
Carichi guide ascensore	q_A	kN	71.00
azione di progetto	q_d	kN	319.55

9. VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Approccio scelto per le verifiche di sicurezza

Approccio scelto

approccio 2

Combinazione considerata

A1+M1+R3

Coefficiente parziale per resistenza a taglio	$\gamma_{\phi'}$	(M1)	1
Coefficiente parziale per coesione efficace	$\gamma_{c'}$	(M1)	1
Coefficiente parziale per capacità portante	γ_R	(R3)	2.3
Coefficiente parziale per scorrimento	γ_R	(R3)	1.1

Caratteristiche del terreno

Angolo di attrito (valore caratteristico)	ϕ'	°	35
Angolo di attrito (valore di calcolo)	ϕ'	°	35
Coefficiente di coesione efficace (valore caratteristico)	c'	KN/m ²	100
Coefficiente di coesione (valore di calcolo)	c'	KN/m ²	100
Peso di volume del terreno sotto il piano di posa	γ'	KN/m ³	24
Pressione litostatica efficace sul piano di posa	q'	KN/m ²	0

Carichi agenti

Combinazione			SLU
Sforzo normale	N	KN	319.55
Taglio in direzione B'	$V_{B'}$	KN	0.00
Taglio in direzione L'	$V_{L'}$	KN	0.00
Momento su asse L'-L'	$M_{L'L'}$	KNm	0.00
Momento su asse B'-B'	$M_{B'B'}$	KNm	0.00
Eccentricità del carico assiale in direzione B'	$e_{B'}$	m	0.00
Eccentricità del carico assiale in direzione L'	$e_{L'}$	m	0.00
Inclinazione forza taglio rispetto a L' sul piano orizzontale	q	°	90.00
Forza di taglio in direzione q	V	KN	0.00

Caratteristiche della fondazione

Larghezza fondazione	B	m	1.54
Larghezza efficace di progetto	B'	m	1.54



Lunghezza fondazione	L	m	2.19
Lunghezza efficace di progetto	L'	m	2.19
Superficie fondazione	A'	m ²	3.37

Calcolo del carico limite

Fattore di capacità portante	N _q		33.30
Fattore di capacità portante	N _c		46.12
Fattore di capacità portante	N _γ		48.03

Tipo di forma	forma rettangolare		1
Fattore di forma	S _q		1.40
Fattore di forma	S _c		1.42
Fattore di forma (forma rettangolare)	S _γ		0.79
Coefficiente	m _B		1.59
Coefficiente	m _L		1.41
Coefficiente	m _q		1.59
Fattore di inclinazione del carico	i _q		1.00
Fattore di inclinazione del carico	i _c		1.00
Fattore di inclinazione del carico	i _γ		1.00

Carico limite	R/A'	KN/m ²	7230.63
Carico limite di progetto	(R/A')/γ _R	KN/m ²	3143.75
			>
		KN/m ²	94.75
			VERIFICATO

Verifica a scorrimento

Resistenza a taglio (condizioni drenate)	R _d	KN	149.17
Resistenza a taglio di progetto (condizioni drenate)	R _d /g _R	KN	135.61
			>
		kN	0.000
			VERIFICATO

Trieste, novembre 2019

Il Progettista delle Strutture
ing. Andrea Zardetto

Elenco firmatari

ATTO SOTTOSCRITTO DIGITALMENTE AI SENSI DEL D.P.R. 445/2000 E DEL D.LGS. 82/2005 E SUCCESSIVE MODIFICHE E INTEGRAZIONI

Questo documento è stato firmato da:

NOME: FANTINI LUIGI

CODICE FISCALE: FNTLGU63P13Z112Q

DATA FIRMA: 30/03/2020 15:06:41

IMPRONTA: 4888BF1A23BD54A220C02821FAFB3D4BE425431E3488C2EC94D89C645935AE58
E425431E3488C2EC94D89C645935AE58468C41B3B286B645CBEA5F0857A0E6AD
468C41B3B286B645CBEA5F0857A0E6ADDA45CE07B15A1F143A6FBBA26C14ADD4
DA45CE07B15A1F143A6FBBA26C14ADD447BB5CE7BECF27BF25B4006595600266