





**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA DIGA DI GIUDEA
A GELLO NEL COMUNE DI PISTOIA (PT)**



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
ET13	RELAZIONE GEOTECNICA SCARICHI E OPERE ACCESSORIE	-
		Data:
		09/10/2020

Settore:  Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488 Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 – ISO14001 – OHSAS18001 – SA8000	
PROGETTAZIONE : PROGETTISTA - PROJECT MANAGER : ING. GIOVANNI SIMONELLI GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO LANDINI ESPROPRI: GEOM. ANDREA PATRIARCHI	COLLABORATORI : DOTT. GEOL. CARLO FERRI GEOM. MATTEO MASI
CONSULENTI TECNICI :  ING. DAVID SETTESOLDI  DOTT. GEOL. SIMONE FIASCHI  ING. GIOVANNI CANNATA	COMMESSA I.T. : INGT-TPLPD-PBAAC252 RESPONSABILE COMMITTENTE : ING. CRISTIANO AGOSTINI
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE : ING. ANDREA DE CATERINI	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO : ING. LEONARDO ROSSI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
02	09/10/2020	Seconda Emissione	Pinelli	Settesoldi
01	09/10/2020	Prima Emissione	Pinelli	Settesoldi

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI	5
4	VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONI SUPERFICIALI.....	6
4.1	VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PLATEA B=12m.....	7
4.2	VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PLATEA B=5.6m.....	7
4.3	VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PLATEA B=4.5m.....	8
4.4	VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PLATEA SCARICO DI FONDO	8
5	VERIFICHE DEGLI STATI ULTIMI IDRAULICI	9
5.1	VERIFICA A SOLLEVAMENTO SCATOLARI	9
5.2	VERIFICA A SOLLEVAMENTO SCARICO DI FONDO	10

1 PREMESSA

La presente relazione geotecnica è parte integrante del progetto definitivo degli interventi di adeguamento della diga di Giudea ubicata a Gello nel Comune di Pistoia (Prov. PT).

La relazione strutturale è redatta in conformità delle normative e raccomandazioni di riferimento elencate al successivo paragrafo.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa di riferimento è la seguente:

- **Legge n. 1086 del 05/11/1971**
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **Legge n. 64 del 02/02/1974**
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **Circolare Ministeriale n. 11951 del 14/02/1974**
Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (D.M. 26 Giugno 2014)**
- **Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018)**
- **Istruzioni MIT DG Dighe Luglio 2018**
Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26 Giugno 2014 e al D.M. 17 Gennaio 2018 in merito alle verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.
- **Procedura MIT DG Dighe Marzo 2019**
Procedura per la rivalutazione sismica delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**
Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

3 RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI

La caratterizzazione parametrica dei materiali delle singole sub-unità è basata sulle risultanze delle indagini geognostiche in sito e di laboratorio appositamente eseguite per l'intervento in oggetto.

I parametri dei materiali adottati nel corso della presente progettazione definitiva sono rappresentati dai valori medi (V_m), avendo assunto che i parametri caratteristici (V_k) siano prossimi ai parametri nominali medi ($V_m \approx V_k$) per ciascuna sub-unità geotecnica individuata.

I parametri geotecnici caratteristici dei materiali utilizzati sono riassunti nella Tabella 3-1.

		LA	AL	LA2	Sub	Unità di misura
K0 (Modulo di Bulk)	modulo di compressibilità	401,2	759,3	1274	12122	Mpa
E0	Modulo elastico	231,5	400,5	735,4	1810,8	Mpa
G0	modulo di taglio	82,44	141,80	147	599	Mpa
nu0	coefficiente di poisson	0,40	0,41	0,44	0,46	
rh0	densità del materiale	2044,5	1935,5	2109,0	2169,3	kg/m3
phi	angolo di attrito interno	21,6	24,2	23,4	23,6	°
psi	angolo di dilatanza	21,6	24,2	23,4	23,6	°
c'	coesione efficace	0,024	0,023	0,022	0,024	MPa
c_u	coesione non drenata	0,074	0,076	0,073	0,146	Mpa
poro	porosità	31,85	34,94	30,4	32,3	%
perm_in	permeabilità	1,00E-07	1,00E-08	1,00E-07	1,00E-08	m/sec

Tabella 3-1 – Parametri geotecnici caratteristici.

I manufatti oggetto della presente relazione saranno tutti impostati su terreno tipo SUB ad eccezione del manufatto "Scarico di fondo" che sarà impostato su terreno tipo AL

Cautelativamente nelle verifiche è stato assunto un valore di coesione efficace $c' = 0,012 \text{ Mpa}$ corrispondente a circa il 50% del valore riportato nella tabella soprastante.

4 VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Le verifiche di capacità portante devono essere effettuate seguendo il seguente approccio:

- **Approccio 2: (A1+M1+R3)**

I calcoli verranno allegati nelle ultime pagine della presente relazione

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di fondazioni superficiali.

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a h_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq h_q$$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\phi; \quad N_q = \frac{e^{2(0.75\pi - \phi/2)tg\phi}}{2 \cdot \cos^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)}; \quad N_\gamma = \frac{tg\phi}{2} \cdot \left(\frac{K_{py}}{\cos^2\phi} - 1\right)$$

I fattori di forma s_c e s_γ che compaiono nella espressione di q_u dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate.

termine K_{py} che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Meyerof

$$N_\gamma = (N_q - 1)tg(1.4 \cdot \phi)$$

Per le verifiche estese di portanza delle fondazioni si rimanda ai tabulati di calcolo.

4.1 VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PLATEA B=12M

Metodo di Terzaghi

Sovraccarico del terreno sovrastante:	$q = \gamma \cdot D =$	0,13014 daN/cm ²
Coefficiente empirico Terzaghi:	$K_{pg} =$	31,0
Fattori di Capacità Portante:	$N_q =$	10,9
	$N_c =$	22,7
	$N_\gamma =$	7,8

Pressione limite di rotura: $Q_{lim} = 13,13 \text{ daN/cm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza R3: $\gamma_{R3} = 2,3$

Resistenza di Progetto del Terreno: $R_d = Q_{lim} / \gamma_{R3} = 5,71 \text{ daN/cm}^2$

4.2 VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PLATEA B=5.6M

Metodo di Terzaghi

Sovraccarico del terreno sovrastante: $q = \gamma \cdot D = 0,13014 \text{ daN/cm}^2$

Coefficiente empirico Terzaghi: $K_{pg} = 31,0$
Fattori di Capacità Portante:
 $N_q = 10,9$
 $N_c = 22,7$
 $N_\gamma = 7,8$

Pressione limite di rottura: $Q_{lim} = 8,77 \text{ daN/cm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza R3: $\gamma_{R3} = 2,3$

Resistenza di Progetto del Terreno: $R_d = Q_{lim} / \gamma_{R3} = 3,81 \text{ daN/cm}^2$

4.3 VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PLATEA B=4.5M

Metodo di Terzaghi

Sovraccarico del terreno sovrastante: $q = \gamma \cdot D = 0,13014 \text{ daN/cm}^2$
Coefficiente empirico Terzaghi: $K_{pg} = 31,0$
Fattori di Capacità Portante:
 $N_q = 10,9$
 $N_c = 22,7$
 $N_\gamma = 7,8$

Pressione limite di rottura: $Q_{lim} = 8,02 \text{ daN/cm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza R3: $\gamma_{R3} = 2,3$

Resistenza di Progetto del Terreno: $R_d = Q_{lim} / \gamma_{R3} = 3,49 \text{ daN/cm}^2$

4.4 VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PLATEA SCARICO DI FONDO

Metodo di Terzaghi

Sovraccarico del terreno sovrastante: $q = \gamma \cdot D = 0,5031 \text{ daN/cm}^2$
Coefficiente empirico Terzaghi: $K_{pg} = 10,8$
Fattori di Capacità Portante:
 $N_q = 1,0$
 $N_c = 5,7$
 $N_\gamma = 0,0$

Pressione limite di rottura: $Q_{lim} = 6,15 \text{ daN/cm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza R3: $\gamma_{R3} = 2,3$

Resistenza di Progetto del Terreno: $R_d = Q_{lim} / \gamma_{R3} = 2,67 \text{ daN/cm}^2$

5 VERIFICHE DEGLI STATI ULTIMI IDRAULICI

Le opere geotecniche sono verificate nei confronti dei possibili stati limite di sollevamento secondo quanto indicato al punto 6.2.4.2 N.T.C. 2018.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti e delle resistenze.

I coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tabella 6.2.III e devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento UPL
Permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti G_2	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti degli stati limite di sollevamento.

5.1 VERIFICA A SOLLEVAMENTO SCATOLARI

Nella Tabella 5-1 si riporta la verifica al sollevamento dello scatolare che costituisce lo scarico di superficie.

		CARICHI STABILIZZANTI									CARICHI INSTABILIZZANTI				RISULTATO	
		AREA SEZIONE	γ_{es}	PESO/m	Hw canale	γ_w	B canale	PESO W/m	CONTRIBUTO TIRANTI	γ_{STAB}	TOT. STAB.	H falda	SOTTOSPINTA	γ_{INSTAB}		TOT. INSTAB.
		m ²	daN/mc	daN/m	m	daN/mc	m	daN/m	daN/m			m	daN/m			
CANALE PRIMA DEL NASO (platea s=60cm, pareti=60cm)	CARICHI PERM. G1	12,78	2500	31950	1	1000	12	12000	0	0,9	39555	2,95	35400	1,1	38940	VERIFICATO
	CARICHI PERM. G2									0,8				1,5		
	CARICHI ACCID. Q									0				1,5		
CANALE DOPO IL NASO (platea s=60cm, pareti=60cm)	CARICHI PERM. G1	11,73	2500	29325	0	1000	12	0	0	0,9	26392,5	1,95	23400	1,1	25740	VERIFICATO
	CARICHI PERM. G2									0,8				1,5		
	CARICHI ACCID. Q									0				1,5		

Tabella 5-1 – Verifica al sollevamento dello scatolare dello scarico di superficie.

5.2 VERIFICA A SOLLEVAMENTO SCARICO DI FONDO

Nella Tabella 5-2 e Tabella 5-3 si riportano la verifiche al sollevamento dei pozzetti dello scarico di fondo.

QUOTA FALDA A +128,00								
CARICHI INSTABILIZZANTI:								
Dimensioni pozzetto:	a (m)	b (m)						
	4,2	7,4						
Gradiente:	Hf=	2,5	m					
Pressione idraulica:	p _i =	1000 daN/mq						
Sovrappinta idraulica:	Q _i =	p _i * a * b * Hf =		77700 daN				
CARICHI STABILIZZANTI:								
	a (m)	s (m)	H (m)	V (mc)	γ (daN/mc)	P/mq (daN/mq)	P/m (daN/m)	P (daN)
Dimensioni pareti:	3	0,5	4	6,00	2500			15000
	3	0,5	4	6,00	2500			15000
	2,35	0,5	4	4,70	2500			11750
	2,35	0,5	4	4,70	2500			11750
	3	0,5	2	3,00	2500			7500
	2,35	0,5	2	2,35	2500			5875
	2,35	0,5	2	2,35	2500			5875
Terreno su aggetto platea	4,2	0,5	2	4,20	1800			7560
	4,2	0,5	2	4,20	1800			7560
	6,2	0,5	2	6,20	1800			11160
	6,2	0,5	2	6,20	1800			11160
Dimensioni platea:	4,2	7,4	0,5	15,54	2500			38850
TOTALE								149040
VERIFICA:								
Coefficiente azione permanente non strutturale (ma compiutamente definito) instabilizzante:								1,1
Coefficiente azione permanente stabilizzante:								0,9
Vinst =	85470 daN	<	Gstab =	134136 daN	VERIFICA SODDISFATTA			

Tabella 5-2 – Verifica al sollevamento dello scatolare dello scarico di superficie.

QUOTA FALDA A +130,00								
CARICHI INSTABILIZZANTI:								
Dimensioni pozzetto:	a (m)	b (m)						
	4,2	7,4						
Gradiente:	Hf=	4,5	m					
Pressione idraulica:	p _i =	1000	daN/mq					
Sovrappinta idraulica:	Q _i =	p _i * a * b * Hf =						139860 daN
CARICHI STABILIZZANTI:								
	a (m)	s (m)	H (m)	V (mc)	γ (daN/mc)	P/mq (daN/mq)	P/m (daN/m)	P (daN)
Dimensioni pareti:	3	0,5	4	6,00	2500			15000
	3	0,5	4	6,00	2500			15000
	2,35	0,5	4	4,70	2500			11750
	2,35	0,5	4	4,70	2500			11750
	3	0,5	2	3,00	2500			7500
	2,35	0,5	2	2,35	2500			5875
	2,35	0,5	2	2,35	2500			5875
Terreno su aggetto platea	4,2	0,6	2	5,04	1800			9072
	4,2	0,6	2	5,04	1800			9072
	6,2	0,6	2	7,44	1800			13392
	6,2	0,6	2	7,44	1800			13392
Acqua	4,2	3,45	2	28,98	1000			28980
	2	2,35	2	9,40	1000			9400
Dimensioni platea:	4,2	7,4	0,5	15,54	2500			38850
TOTALE								194908
VERIFICA:								
Coefficiente azione permanente non strutturale (ma compiutamente definito) instabilizzante:								1,1
Coefficiente azione permanente stabilizzante:								0,9
Vinst =	153846	daN	<	Gstab =	175417	daN	VERIFICA SODDISFATTA	

Tabella 5-3 – Verifica al sollevamento dello scatolare dello scarico di superficie.