



COMUNE DI GAGGI

CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

**PROGETTO: Lavori di adeguamento sismico, messa in sicurezza e
riqualificazione della scuola materna di Gaggi.**
CIG:87056322CB

PROGETTO ESECUTIVO

ST_4.0

Relazione Geotecnica





COMUNE DI GAGGI
CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

**PROGETTO: Lavori di adeguamento sismico, messa in sicurezza e
riqualificazione della scuola materna di Gaggi.**
CIG:87056322CB

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione Geotecnica

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Antonio Piero Munafò

RUP

Geom. Sebastiano Leonardi

Normativa di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- 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.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018.

Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018

Modello per il calcolo del carico limite

Il terreno di fondazione è considerato costituito da due strati uno superiore ed uno inferiore al piano di posa della fondazione. La presenza della falda è presa in considerazione in base alla sua profondità dal piano campagna. Per la verifica a carico limite si adotta l'approccio 2 con una unica combinazione di carico A1+M1+R3, in cui i coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze sono unitari ed il coefficiente di sicurezza globale è 2.3 per il carico limite verticale e 1.1 per il coefficiente di sicurezza a carico orizzontale. L'effetto del sisma è portato in conto considerando che la forza applicata a causa del sisma non è né centrata né verticale cioè comporta l'applicazione di fattori correttivi per l'inclinazione e una riduzione delle dimensioni della fondazione in funzione dell'eccentricità. Di seguito si riporta il calcolo per le combinazioni più gravose; in calce è riportato un riepilogo per tutte le combinazioni.

Carico limite

Il calcolo del carico limite è valutato secondo la formula di Terzaghi-Meyerof

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

dove :

N_q, N_c, N_γ = Coefficienti di Terzaghi - Meyerof per la striscia indefinita

$\zeta_q, \zeta_c, \zeta_\gamma$ = coefficienti correttivi di forma funzione del rapporto B/L

ξ_q, ξ_c, ξ_γ = coefficienti correttivi di inclinazione del carico dipendente da H/V

$\alpha_q, \alpha_c, \alpha_\gamma$ = coefficienti correttivi di inclinazione del piano di posa

$\beta_q, \beta_c, \beta_\gamma$ = coefficienti correttivi di inclinazione del piano campagna

$\psi_q, \psi_c, \psi_\gamma$ = coefficienti sismimici per considerare l'effetto cinematico, considerati solo in presenza di sisma

$\psi_q, \psi_c, \psi_\gamma$ = coefficienti correttivi di punzonamento dipendenti da un indice di rigidità del terreno, in particolare detto Ir l'indice di rigidità del terreno (secondo la teoria di Vesic dipendente dal modulo tangenziale $G=0.5 E/(1+v)$ del terreno,

dalla coesione c , dalla tensione effettiva alla profondità $B/2$ sotto il piano di posa, dall'angolo di attrito del terreno di fondazione) ed I_{rcrit} l'indice di rigidità critica (dipendente dall'angolo di attrito del terreno e dal rapporto B/L) risulta che i coefficienti di punzonamento sono uguali alla unità quando $I_r \geq I_{rcrit}$, mentre sono minori dell'unità quando $I_r < I_{rcrit}$.

Oltre a queste correzioni un'altra deriva dalla eccentricità del carico riducendo le dimensioni della fondazione in modo che il carico risulti centrato rispetto alla fondazione ridotta, dette e_b' ed e_l' le eccentricità del carico nella direzione di B ed L il carico limite si calcola per una fondazione di dimensioni ridotte $B' = B - 2e_b'$ e $L' = L - 2e_l'$

Altra correzione deriva dalla presenza della falda inserendo i pesi del terreno immerso nel primo e terzo termine, in particolare, detta H_f la profondità della falda e D la profondità del piano di posa, si ha:

per $H_f < D$ si valuta la pressione effettiva sul piano di posa considerando che parte del terreno superiore è immerso, mentre nel terzo termine si userà il peso immerso

per $H_f > D$ ed $H_f < D + B$ il peso del terreno del terzo termine si interpola tra i valori immerso e secco secondo la formula:

$$\gamma = \gamma' + (\gamma - \gamma') * D/B$$

per $H_f > D + B$ la falda è trascurata.

I coefficienti di Terzaghi - Meyerof per la striscia ed i coefficienti correttivi sono dati dalle relazioni:

$$N_q = \frac{1 + \sin(\phi)}{1 - \sin(\phi)} e^{\sigma \tan(\phi)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot(\phi)$$

Il coefficiente N_q non è suscettibile di una espressione in forma analitica chiusa, ed è stato calcolato per via numerica da diversi Autori. I valori del coefficiente sono riportati nella seguente tabella in funzione dell'angolo ϕ :

ϕ°	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N_q	0	0.07	0.15	0.24	0.34	0.45	0.57	0.71	0.86
ϕ°	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N_q	1.03	1.22	1.44	1.69	1.97	2.29	2.65	3.06	3.53
ϕ°	18	19	20	21	22	23	24	25	26
N_q	4.07	4.68	5.39	6.2	7.13	8.2	9.44	10.88	12.54
ϕ°	27	28	29	30	31	32	33	34	35
N_q	14.47	16.72	19.34	22.4	25.99	30.22	35.19	41.06	48.03
ϕ°	36	37	38	39	40	41	42	43	44
N_q	56.31	66.19	78.03	92.25	109.41	130.22	155.55	186.54	224.64
ϕ°	45	46	47	48	49	50			
N_q	271.76	330.75	403.67	496.01	613.16	762.89			

$$\zeta_q = 1 + \frac{B}{L} \tan(\phi)$$

$$\zeta_c = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$$

$$\zeta_r = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

$$\xi_q = \left[1 - \frac{H \tan(\phi)}{V \tan(\phi) + BLc} \right]^m$$

$$\xi_c = \xi_q - \frac{1 - \xi_q}{N_c \cdot \tan(\phi)}$$

$$\xi_r = \left[1 - \frac{H \tan(\phi)}{V \tan(\phi) + BLc} \right]^{m+1}$$

Soft.Lab

$$\psi_q = \exp \left(0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \tan(\phi) + \frac{3.07 \sin(\phi) \log_{10}(2I_r)}{1 + \sin(\phi)}$$

$$\psi_c = \psi_q - \frac{1 - \psi_q}{N_q \tan(\phi)} \text{ se } \phi \neq 0; \quad \psi_c = 0.32 + 0.12 \frac{B}{L} + 0.6 \log_{10}(I_r) \text{ se } \phi = 0$$

$$\psi_\gamma = \psi_q$$

$$\alpha_q = \alpha_\gamma = (1 - \varepsilon \tan(\phi))^2$$

$$\alpha_c = \alpha_q - \frac{1 - \alpha_q}{N_c \tan(\phi)}$$

$$\beta_q = (1 - \tan(\omega))^2 \cos(\omega)$$

$$\beta_c = \beta_\lambda - \frac{q - \beta_\lambda}{N_c \tan(\phi)}$$

$$\beta_\gamma = \beta_\lambda - \frac{q - \beta_\lambda}{N_c \tan(\phi)}$$

$$\varepsilon < \pi/4; \quad \omega < \pi/4; \quad \omega < \phi$$

$$zq = zc = 1$$

$$zg = (1 - kh/\tan(\phi))^{0.45}$$

$$kh = \beta \frac{\alpha_{\max}}{g} \cdot (\text{vedi } NT - 7.11.3)$$

Simbologia carico limite fondazione rettangolare:

B	Base
L	Lunghezza
eb	Eccentricità secondo B
el	Eccentricità secondo L
D	Profondità del piano di posa
ε	Inclinazione del piano di posa
ω	Inclinazione del piano campagna
φ	Angolo di attrito del terreno di fondazione
c	Coesione del terreno di fondazione
G	Modulo tangenziale del terreno di fondazione
γ ₁	Peso specifico terreno superiore
γ	Peso specifico terreno di fondazione
γ _{1Sat}	Peso specifico terreno saturo superiore
γ _{Sat}	Peso specifico terreno saturo di fondazione
Hf	Profondità della falda
W0	Peso specifico acqua
Fv	Componente ortogonale dell'azione sulla fondazione
Fh	Componente tangenziale dell'azione sulla fondazione

Modello terreno per il calcolo dei cedimenti per terreno incoerente:

Il terreno è modellato come sequenza di strati di tipo incoerente (terreni ad elevata permeabilità). Per i terreni incoerenti non è possibile prelevare campioni intatti; per la valutazione dei parametri meccanici occorre riferirsi a prove in sito quali CPT ed SPT e quindi far uso di correlazioni empiriche per la loro valutazione. Per tali terreni, quindi, i metodi per la valutazione dei cedimenti sono empirici o semiempirici.

Simbologia terreno incoerente:

Metodo di De Beer

Soft.Lab

H	Spessore dello strato
Df	Profondità della fondazione rispetto allo scavo del cassone della struttura
γ	Peso specifico del terreno dello strato
γ_{Sat}	Peso specifico del terreno saturo dello strato
r_p	Resistenza alla punta CPT
k_{rp}	Coefficiente di correlazione tra il modulo elastico e la resistenza alla punta

Il metodo assume che il modulo elastico E del terreno sia correlabile alla resistenza alla punta di prove CPT secondo una relazione del tipo $E_{ed} = k_{rp} r_p$

PlintI

Dati della fondazione rettangolare

Falda assente

B	0.50 [m]
L	0.50 [m]
eb	0.00 [m]
el	0.00 [m]
D	0.50 [m]
ε	0.00 [°]
ω	0.00 [°]
ϕ	30.00 [°]
c	0.00 [kg/cmq]
G	0.00 [kg/cmq]
γ_1	1.70 [t/mc]
γ	1.90 [t/mc]
Fv	260 [kg]
Fh	0 [kg]

Carico limite

N_q	N_c	N_γ
18.401	30.140	22.400
α_q	α_c	α_γ
1.000	1.000	1.000
β_q	β_c	β_γ
1.000	1.000	1.000
ξ_q	ξ_c	ξ_γ
1.000	1.000	1.000
Ψ_q	Ψ_c	Ψ_γ
0.000	-0.094	0.000
ζ_q	ζ_c	ζ_γ
1.577	1.611	0.600
zq	zc	zg
1.000	1.000	1.000
N'_q	N'_c	N'_γ
0.000	-4.569	0.000

Indice di rigidezza critico $Ir_{crit} = 69.630$

Indice di rigidezza $Ir = 0.000$

V = 260 [kg]

H = 0 [kg]

eb = 0.00 [m]

el = 0.00 [m]

Qlim=0.00[kg/cmq]

Qd = 0.00 [kg/cmq]

$\eta_{vd}=2.300$

Hlim = 150 [kg]

Hd = 136 [kg]

Soft.Lab

$\eta_{hd}=1.100$

H=0 [kg] <= Hd=136 [kg]

VERIFICATO

N°	H[m]	γ [t/mc]	r_p [kg/cmq]	K_{rp}	E_{ed} [kg/cmq]
1	0.00	0.00	0.00	0	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0	0.00

Profondità fondazione **Df = 1.50 [m]**
 Carico netto **$q_{eff}=0.10$ [kg/cmq]**
 Profondità di influenza **H=2.50[m]**
 Cedimento **W=0[mm]**

Verifica a scorrimento globale delle fondazione

Comb. = Combinazione di verifica

N[kg] = Sforzo normale

Hd[kg] = Azione orizzontale depurata dalle azioni assorbite da pali e plinti su pali

R[kg] = Resistenza allo scorrimento $R=Area*c+N*\tan(\phi)$

CS = R/Hd

CSd = Coefficiente di sicurezza di progetto

Area delle strutture di fondazione a contatto con il terreno **A=281.0100 m²**

Comb.	N	Hd	R	CS.	CSd	ver
	kg	kg	kg			
2	1517805	34680	876305	25.27	1.10	Si
3	1517805	34680	876305	25.27	1.10	Si
4	1411177	34680	814744	23.49	1.10	Si
5	1411177	34680	814744	23.49	1.10	Si
6	1411177	34680	814744	23.49	1.10	Si
7	1411177	34680	814744	23.49	1.10	Si
8	1411177	34680	814744	23.49	1.10	Si
9	1411177	34680	814744	23.49	1.10	Si
10	852868	26677	492404	18.46	1.10	Si
11	852868	26677	492404	18.46	1.10	Si
(12+13)-I-1	1044402	64435	602986	9.36	1.10	Si
(12+13)-I-2	1047916	46933	605015	12.89	1.10	Si
(12+13)-I-3	1041255	63050	601169	9.53	1.10	Si
(12+13)-I-4	1044769	47197	603198	12.78	1.10	Si
(12+13)-II-1	1039200	85911	599983	6.98	1.10	Si
(12+13)-II-2	1050915	33442	606746	18.14	1.10	Si
(12+13)-II-3	1038256	85189	599437	7.04	1.10	Si
(12+13)-II-4	1049971	34588	606201	17.53	1.10	Si
(12+13)-III-1	1046802	61646	604372	9.80	1.10	Si
(12+13)-III-2	1045515	47354	603628	12.75	1.10	Si
(12+13)-III-3	1043656	58645	602555	10.27	1.10	Si
(12+13)-III-4	1042369	49513	601812	12.15	1.10	Si
(12+13)-IV-1	1047203	69133	604603	8.75	1.10	Si
(12+13)-IV-2	1042912	15874	602126	37.93	1.10	Si
(12+13)-IV-3	1046259	66870	604058	9.03	1.10	Si
(12+13)-IV-4	1041968	22677	601581	26.53	1.10	Si
(12+13)-V-1	1045681	58852	603724	10.26	1.10	Si
(12+13)-V-2	1049195	43243	605753	14.01	1.10	Si

Soft.Lab

Comb.	N	Hd	R	CS.	CSd	ver
(12+13)-V-3	1039975	63544	600430	9.45	1.10	Si
(12+13)-V-4	1043490	43984	602459	13.70	1.10	Si
(12+13)-VI-1	1039584	84353	600204	7.12	1.10	Si
(12+13)-VI-2	1051298	34766	606967	17.46	1.10	Si
(12+13)-VI-3	1037872	86406	599216	6.93	1.10	Si
(12+13)-VI-4	1049587	32399	605979	18.70	1.10	Si
(12+13)-VII-1	1048082	54406	605110	11.12	1.10	Si
(12+13)-VII-2	1046795	45404	604367	13.31	1.10	Si
(12+13)-VII-3	1042376	60445	601816	9.96	1.10	Si
(12+13)-VII-4	1041089	44797	601073	13.42	1.10	Si
(12+13)-VIII-1	1047587	66048	604824	9.16	1.10	Si
(12+13)-VIII-2	1043296	22229	602347	27.10	1.10	Si
(12+13)-VIII-3	1045875	69515	603836	8.69	1.10	Si
(12+13)-VIII-4	1041584	14690	601359	40.94	1.10	Si