

Comune di CIVITANOVA MARCHE



Provincia di Macerata

PROGETTO DI AMPLIAMENTO DEL CIVICO CIMITERO DI CIVITANOVA MARCHE ALTA: "BLOCCHI C9, C10 E C12"

1. RELAZIONE GEOTECNICA

[D.M. 14.01.2008 S.M.I. - PUNTI 6.2.1 E 3.2 DELLE N.T.C.
PUNTO 6.2.2 DELLA CIRCOLARE N. 617 DEL G.S.LL.PP.]
[D.P.R. 328/01 - art. 41 comma 1 lettera E]

ENTE RICHIEDENTE:

Amministrazione Comunale di Civitanova Marche

Geologo Specialista (Albo Sezione A)

Dr. Stefano PIERUCCI

ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

CIVITANOVA MARCHE, LUGLIO 2010



Geologi specialisti - Dr. Stefano PIERUCCI e Dr. Fabio ROSSI

SEDE LEGALE:

Via Toscana, 49 62010 Morrovalle (MC)

Tel.: 0733.717803 fax.: 0733.222075 Mobile: 329.8022535

studio.lander@geologist.com

Partita IVA: 01660690437

I. PREMESSA E PRASSI D'INDAGINE

Nella presente relazione, su incarico dell'Amministrazione Comunale di Civitanova Marche, sono esposti i risultati relativi l'indagine geotecnica per il progetto d'**Ampliamento del civico Cimitero di Civitanova Marche Alta: Blocchi C9, C10 e C12**, ubicato in Località Cappuccini, nel Comune di Civitanova Marche (MC).

L'intero lavoro è stato redatto in conformità con quanto previsto da:

- D.M. 14 gennaio 2008 Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni per programmi e progetti edilizi in zona sismica 2.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007.
- Eurocodice n. 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- Eurocodici 7.1 (1997), 7.2 (2002) e 7.3 (2002).

nella quali il valori di $A(g)$, accelerazione orizzontale al suolo espressa come frazione della accelerazione di gravità (g) risulta pari a:

ZONA	$A(g)$ d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme tecniche)	$A(g)$ con probabilità di superamento della soglia pari al 10% in 50 anni
2	0,25	0,15 ÷ 0,25

All'uopo, per i dati geologici, geotecnici (F_m e F_k), sismici (A_{max} , K_h , K_v) ecc. si è fatto riferimento alla Relazione Geologica, a firma dello scrivente tecnico abilitato, che costituisce parte integrante e sostanziale del documento di progettazione.

II. UBICAZIONE

Cartograficamente l'area in studio ricade nell'ortofotocarta, scala 1.10.000, sezione C.T.R. n. 304050 – Civitanova Marche.

III. VITA NOMINALE - CLASSE D'USO - PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di un'opera strutturale "VN" è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale (Vn) anni
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute ed importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni ed importanza strategica	≥ 100

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento "VR". Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale "VN" per il coefficiente d'uso "CU" delle classi di uso in presenza di azioni sismiche, da cui:

$$V_R = V_N \times C_U$$

CLASSI DI USO	I	II	III	IV
	Persone occasionali	Normali affollamenti	Affollamenti significativi	Funzioni pubbliche
COEFFICIENTE "CU"	0,7	1,0	1,5	2,0

Per il manufatto in oggetto il **periodo di riferimento** per l'azione sismica assume il valore minimo di:

$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,0 = 50 \text{ (anni)}$
--

■ **Poiché trattasi di una nuova struttura**, le verifiche agli SLU, secondo le disposizioni di cui ai punti 3 (e relativi sottopunti) del D.M. 14.01.2008 s.m.i., possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

RELAZIONE GEOTECNICA

1. INTRODUZIONE

Il plan progettuale prevede la realizzazione di una struttura cimiteriale per loculi di forma quadrangolare (D.M. 14 gennaio 2008 s.m.i. e relative circolari e decreti attuativi).

*Nello specifico il computo è eseguito per i blocchi: **C9, C10 e C12** [Cfr. Progetto esecutivo, Relazione Tecnica e Planimetria progettuale allegata con ubicazione prove DPH e saggi SG].*

2. FONDAZIONI E STRUTTURE

La pianificazione degli interventi maggiormente opportuni alla definizione del programma progettuale sopra prospettato, e di cui la presente relazione geotecnica ne costituisce parte integrante, deve essere sempre considerata nell'ottica dell'effettiva ottimizzazione delle condizioni statico/dinamiche delle opere e degli interventi da realizzare.

Nei paragrafi seguenti sono state pertanto valutate quelle grandezze ed effettuate quelle verifiche specificamente connesse al sistema geologico e geotecnico, indispensabili al progettista delle opere per la valutazione dello stato di messa in opera del manufatto.

3. CARICHI DI PROGETTO

I carichi di progetto del manufatto “**Blocchi C9, C10 e C12**” sono stati forniti dal progettista delle strutture Dr. Ing. Muccichini. Di seguito sono i valori sulla sezione più sollecitata.

- CORPO C9

Sforzo normale massimo: $\approx G_k = 1.100,00 \text{ kN}$; $\approx Q_k = 160,00 \text{ kN}$

- CORPO C10

Sforzo normale massimo: $\approx G_k = 1.100,00 \text{ kN}$; $\approx Q_k = 160,00 \text{ kN}$

- CORPO C12

Sforzo normale massimo: $\approx G_k = 1.100,00 \text{ kN}$; $\approx Q_k = 160,00 \text{ kN}$

4. IMPATTO DELL'OPERA SUL SISTEMA GEOLOGICO TECNICO

Il regolare *plan* progettuale, la sub-orizzontalità topografica con assenza di forme di disequilibrio gravitative e d'esondazione (Cfr. Cap. 2 della Relazione Geologica) e l'efficace reologia dei termini sedimentari riscontrati (Cfr. Cap. 3 della Relazione Geologica) acconsentono dal punto di vista geologico un intervento edificatorio su fondazione «superficiale».

Tra le tipologie superficiali si suggerisce la geometria a PLATEA, finanche massiccia a spessore uniforme, specie per la sua “semplicità” d'esecuzione e messa in opera, soluzione che as-

sicura l'indeforabilità complessiva dell'opera e la riduzione delle pressioni specifiche per cospicua base di appoggio. Tra i sistemi a platea massiccia si propone la tipologia compensata, sistema che permette di sfruttare come elemento fondale la superficie del piano semi(interrato) da costruire; in tal caso l'intero piano in colmata fungerà da solettone. Questa tecnica costruttiva consente di creare una struttura scatolare solidale, capace di contenere i carichi indotti e non aggravare i costi di realizzazione (materiali impiegati e mano d'opera).

■ Per quanto concerne la profondità di rinfilanco nel terreno, vale a dire la profondità di posa della nuova fondazione (parametro "d"), presupposto vincolante è dato dalla necessità di oltrepassare interamente il terreno di riporto (litotipo A) ed il litotipo B1, unità compressibili e/o rimaneggiate, dunque poggiare uniformemente la sottostruttura di fondazione su terreno naturale dotato di caratteristiche tessiturali, mineralogiche e geotecniche sufficienti e la cui reologia, in relazione al progetto, possa garantire una efficace ed equilibrata risposta alla resistenza del terreno (R_d) ed ai cedimenti assoluti e differenziali.

Considerando altresì la necessità di superare la porzione di terreno soggetta a gelivazione ed a variazioni stagionali del tenore umido W ed a variazioni termiche T (per la Regione Marche $\cong 1,00$ m), la condizione minima di equilibrio si realizza a partire da una profondità di posa sul piano di campagna attuale pari a: "d" ≥ 1.50 m.

■ Si rappresenta, da ultimo, che per raggiungere l'effettivo piano di imposta, e per non mettere direttamente a contatto la fondazione con il terreno, sarà conveniente anteporre tra base del fondaco continuo ed il terreno del magro cementizio (o altro materiale drenante-impermeabilizzante di maggior qualità e costo) di altezza da definire all'occasione.

4.1 VERIFICHE DI SICUREZZA FONDAZIONE SUPERFICIALE (STATO LIMITE ULTIMO)

Nelle verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) deve essere rispettata la condizione: $E_d \leq R_d$, laddove "Ed" è il valore di progetto degli effetti dell'azione mentre "Rd" è il valore di progetto della resistenza del terreno.

In relazione alla puntualità dell'indagine condotta nel sito di progetto (Cfr. Prg. 3.1 della Relazione geologica per i parametri caratteristici di calcolo), la verifica è stata eseguita in modo analitico tramite l'Approccio n. 1 (Cfr. Allegato 1). L'approccio 1 prevede:

- Combinazione 1 (A1+M1+R1) verifiche strutturali (STR)
- Combinazione 2 (A2+M2+R2) verifiche geotecniche (GEO)

Parametro	Parametro coefficiente parziale	Coefficiente parziale: " γ_m "	
		M1	M2
Tangente angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'} = 1,00$	$\gamma_{\phi'} = 1,25$
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. I - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Carichi	Effetto	Coefficienti parziali	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
permanenti	favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti N.S.	favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevole		1,5	15	1,3

TAB. II - Coefficienti parziali per le variazioni o per l'effetto delle azioni

VERIFICA ANALITICA	coefficiente parziale: "R1"	Coefficiente parziale: "R2"	Coefficiente parziale: "R3"
Capacità portante	$\gamma_R = 1,00$	$\gamma_R = 1,80$	$\gamma_R = 2,30$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,00$	$\gamma_R = 1,10$	$\gamma_R = 1,10$

TAB. III - Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

4.1.1 COMPUTO AGLI SLU

La verifica alle tensioni efficaci è stata effettuata applicando la soluzione rigorosa con fondazione equivalente ambiente *statico* applicando la soluzione rigorosa con fondazione equivalente di BRINCH HANSEN - VESIC (1970-1974), in ambiente *dinamico* apportando alla medesima relazione talune correzioni nella direzione dei principi induttivi proposti da PAOLUCCI & PECKER (1997).

La stessa, per fondazioni superficiali, si esplicita nella forma:

$$R_d = (\gamma_c' \cdot N_c \cdot S_c \cdot D_c \cdot G_c \cdot B_c \cdot I_c \cdot Z_c) + (\Delta p \cdot \gamma \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q \cdot G_q \cdot B_q \cdot I_q \cdot Z_q) + (0,5 \gamma' \cdot b_e \cdot d \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot D_\gamma \cdot G_\gamma \cdot B_\gamma \cdot I_\gamma \cdot Z_\gamma)$$

R_d = valore di progetto della resistenza del terreno o capacità portante di fondazione;

γ_c' = coesione;

γ' = peso di volume immerso del terreno;

d = profondità del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante funzione dell'angolo di attrito interno del terreno;

b_e = dimensione minima equivalente in pianta della fondazione;

S_c, S_q, S_γ = fattori di forma della fondazione;

D_c, D_q, D_γ = fattori di profondità di fondazione;

I_c, I_q, I_γ = fattori di inclinazione del carico;

G_c, G_q, G_γ = fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio);

B_c, B_q, B_γ = fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata);

Z_c, Z_q, Z_γ = fattori di correzione Paolucci & Becker per l'amplificazione sismica K_h

Blocchi C9, C10 e C12					
METODO ANALITICO. Approccio 1: Combinazione 1 (A1+M1+R1) STR					
FONDAZIONE A PLATEA					
Caratteristiche geometriche della PLATEA	Verifica SLU (Rd) Condizioni statiche		Verifica SLU (Ed) Condizioni statiche		$F_s = R_d/E_d > 1,00$
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 1,50	Q _{limite} (kN/mq)	<u>2.294,68</u>	Pagente (kN/mq)	<u>12,37</u>	185,50
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cm ²)	23,399	Pagente (Kg/cm ²)	0,126	
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 1,80	Q _{limite} (kN/mq)	<u>2.476,60</u>	Pagente (kN/mq)	<u>12,37</u>	200,20
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cm ²)	25,254	Pagente (Kg/cm ²)	0,126	
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 2,00	Q _{limite} (kN/mq)	<u>2.600,63</u>	Pagente (kN/mq)	<u>12,37</u>	210,23
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cm ²)	26,519	Pagente (Kg/cm ²)	0,126	

Blocchi C9, C10 e C12					
METODO ANALITICO. Approccio 1: Combinazione 1 (A1+M1+R1) STR					
FONDAZIONE A PLATEA					
Caratteristiche geometriche della PLATEA	Verifica SLU (Rd) Condizioni sismiche		Verifica SLU (Ed) Condizioni sismiche		$F_s = R_d/E_d > 1,00$
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 1,50	Q _{limite} (kN/mq)	<u>2.205,33</u>	Pagente (kN/mq)	<u>12,37</u>	178,28
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cm ²)	22,488	Pagente (Kg/cm ²)	0,126	
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 1,80	Q _{limite} (kN/mq)	<u>2.380,17</u>	Pagente (kN/mq)	<u>12,37</u>	192,41
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cm ²)	24,271	Pagente (Kg/cm ²)	0,126	
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 2,00	Q _{limite} (kN/mq)	<u>2.499,37</u>	Pagente (kN/mq)	<u>12,37</u>	202,04
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cm ²)	25,486	Pagente (Kg/cm ²)	0,126	

Blocchi C9, C10 e C12					
METODO ANALITICO. Approccio 1: Combinazione 2 (A2+M2+R2) GEO					
FONDAZIONE A PLATEA					
Caratteristiche geometriche della PLATEA	Verifica SLU (Rd) Condizioni statiche		Verifica SLU (Ed) Condizioni statiche		Fs = Rd/Ed > 1,00
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 1,50	Q _{limite} (kN/mq)	592,43	Pagente (kN/mq)	9,69	61,15
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cmq)	6,041	Pagente (Kg/cmq)	0,099	
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 1,80	Q _{limite} (kN/mq)	645,38	Pagente (kN/mq)	9,69	66,61
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cmq)	6,581	Pagente (Kg/cmq)	0,099	
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 2,00	Q _{limite} (kN/mq)	681,56	Pagente (kN/mq)	9,69	70,34
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cmq)	6,950	Pagente (Kg/cmq)	0,099	

Blocchi C9, C10 e C12					
METODO ANALITICO. Approccio 1: Combinazione 2 (A2+M2+R2) GEO					
FONDAZIONE A PLATEA					
Caratteristiche geometriche della PLATEA	Verifica SLU (Rd) Condizioni sismiche		Verifica SLU (Ed) Condizioni sismiche		Fs = Rd/Ed > 1,00
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 1,50	Q _{limite} (kN/mq)	563,32	Pagente (kN/mq)	9,69	58,14
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cmq)	5,744	Pagente (Kg/cmq)	0,099	
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 1,80	Q _{limite} (kN/mq)	613,66	Pagente (kN/mq)	9,69	63,34
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cmq)	6,258	Pagente (Kg/cmq)	0,099	
PROFONDITÀ POSA: d (m) = 2,00	Q _{limite} (kN/mq)	648,07	Pagente (kN/mq)	9,69	66,89
LAGHEZZA BASE: b (m) = 27,0	Q _{limite} (Kg/cmq)	6,608	Pagente (Kg/cmq)	0,099	

4.1.2 Analisi di progetto agli S.L.U.

In relazione alle caratteristiche geotecniche del sito ed alle azioni di progetto dei blocchi) e 10 del civico cimitero di Civitanova Marche, adottando l'Approccio 1 del D.M. 14.01.2008, per ottenere $E_d \leq R_d$, nella sezione più sollecitata della struttura da realizzare (Cfr. Cap. 3) è sufficiente una:

→ FONDAZIONE SUPERFICIALE A PLATEA dalle seguenti caratteristiche geometriche:

- **larghezza base massima: "b" = 5,00 m**
- **profondità di posa sul piano di sbancamento reso orizzontale: "d" ≥ 1,50 m** (tale altezza di posa comprende il superamento della altezza soggetta a variazioni stagionali del tenore umido ecc., l'asportazione dell'interno spessore del terreno di riporto, litotipo A e del litotipo B1)

NOTA TECNICA. Si rappresenta che al momento dell'esecuzione dello scavo di posa in opera della fondazione prevista, sarà cura della direzione dei lavori verificare l'uniformità dell'orizzonte portante litotipo B2 (Cfr. Relazione geologica Cap. 3) sull'intero fronte di scavo. In caso di singolarità geologiche, occorrerà adeguare opportunamente la fondazione prevista, intervenendo sui parametri geometrici della fondazione, profondità di imposta (d), larghezza della base di appoggio (b) o altra fattispecie da valutare in sede locale.

4.1.3 Coefficiente di sottofondo statico

Nel dominio di Westeergard, nel caso di fondazioni superficiali, il coefficiente di sottofondo statico teorico (subgrade reaction) può essere determinato con sufficiente esattezza applicando l'espressione derivata da *prove su piastra standardizzate* il cui algoritmo si esplicita con la seguente relazione (Cfr. Allegato 3):

$$K_s = k_p \cdot \left(\frac{b_f + b_p}{2b_f} \right)^2$$

dove:

b_f = larghezza della fondazione (cm);

b_p = larghezza standardizzata della piastra di prova : 30 cm

k_p = valore tabulare della costante di sottofondo della piastra funzione delle caratteristiche litologiche del terreno e del n. di colpi del penetrometro dinamico.

Ks				
Kp	Blocchi 9, 10 e 12			
	Base (cm)	Ks [kN/m³]	Base (cm)	Ks [kN/m³]
Litotipo di posa: "B2"	500 (PLATEA)	9,150 (89,7 Kg/cm³)		

4.2 Previsione dei cedimenti

Una delle principali problematiche inerenti la realizzazione di strutture rettangolari ed estese in pianta, specie su piane alluvionali, è data dalla stabilità connaturata a breve e, soprattutto, a lungo termine. Di fondamentale importanza risulta pertanto la corretta previsione dei cedimenti indotti.

Nel presente paragrafo sono stati pertanto quantificati in via preliminare i cedimenti (W) attesi dal complesso opera-terreno in funzione delle "luci di progetto", a diverse quote di posa fondale e prevedendo come *quantum* di tensione indotta massimale, ridotto del 15% rispetto al valore di rottura "Ed" (Cfr. Cap. 3), ovvero una grandezza di carico pari a $N = 10.000 \text{ kN}$, analoga per entrambe le strutture.

Per riscontro ci si è avvalsi della metodologia di Formulazione Teorica: STEINBRENNER modificato (1934-1970), ritenuta significativa a definire le condizioni d'approccio per "terreni stratificati di natura composita".

L'errore di previsione tramite tale metodologia è del 15÷20%, dato certamente tollerabile.

BLOCCHI 9, 10 E 12			
FORMULAZIONE TEORICA: STEINBRENNER MODIFICATO (1934-1970)			
TIPOLOGIA FONDAZIONE: CEDIMENTI ATTESI	PLATEA		
	profondità posa fondazione (m)		
	1,20	1,50	2,00
Wf-c centro (cm) :	0,909	0,659	0,583
Wf-L corto (cm) :	0,475	0,347	0,304
Wf-L lungo (cm) :	0,619	0,470	0,392

Dall'analisi dei risultati tabulati, si evince come entrambi i parametri fisico-geometrici della fondazione [profondità di posa (d) e larghezza base (b)] subordinino l'andamento finale dei cedimenti massimi e differenziali; questi, difatti, tendono a ridursi all'aumentare della base d'appoggio della fondazione (b) e dell'altezza di rinfiamento nel terreno (d), laddove l'escursione massima dei medesimi si realizza per le quote di posa minori.

I CEDIMENTI MASSIMI ATTESI ($\Delta\omega$), con riferimento alla casistica restrittiva di Sowers (1981), risultano di continuo sopportabili dalla struttura: gli abbassamenti massimi uniformi (o rigidi assoluti) per "costruzioni civili" su terreni compositi sono ammessi fino a 5 cm.

Altrettanto, se non più significativi degli abbassamenti assoluti sono i CEDIMENTI DIFFERENZIALI CRITICI ($\Delta\omega_d$), che si ottengono dal rapporto di discrepanza tra gli abbassamenti massimi e minimi rispetto a due elementi strutturali continui. La distorsione angolare massima vale ($\gamma\omega$):

BLOCCHI C9, C10 E C12 - LARGHEZZA BASE FONDAZIONE "B" (M)		
5,00 m	5,00 m	5,00 m
PROFONDITÀ DI POSA "D" (M)		
1,20 m	1,50 m	2,00 m
$\gamma_{\omega} = (\Delta\omega/A/2)$ 0,434/250 \approx 1/576 $>$ 1/500	$\gamma_{\omega} = (\Delta\omega/A/2)$ 0,312/250 \approx 1/802 $>$ 1/600	$\gamma_{\omega} = (\Delta\omega/A/2)$ 0,346/250 \approx 1/897 $>$ 1/600
$\gamma_{\omega} = (\Delta\omega/B/2)$ 0,290/1350 \approx 1/4658 \gg 1/1000	$\gamma_{\omega} = (\Delta\omega/B/2)$ 0,199/1350 \approx 1/7136 \gg 1/1000	$\gamma_{\omega} = (\Delta\omega/B/2)$ 0,191/1350 \approx 1/7079 \gg 1/1000

Facendo riferimento alla casistica di Bjerrum (1963), un cedimento differenziale per "costruzioni in struttura intelaiata" sono al limite tollerabile per $(\gamma_{\omega}) > 1/500$, ovvero:

$(\gamma_{\omega}) = 1/1000$ «valore standard di tolleranza per le opere in calcestruzzo»

$(\gamma_{\omega}) = 1/600$ «valore minimo di tolleranza per opere in calcestruzzo armato e strutture diagonali»

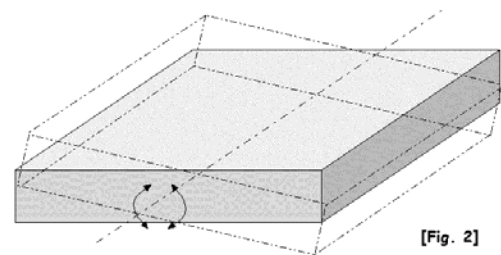
$(\gamma_{\omega}) = 1/500$ «limite di sicurezza per costruzioni dove non si vogliono fessurazioni»

$(\gamma_{\omega}) = 1/333$ «limite d'inizio delle prime fessurazioni sulle pareti di pannelli»

$(\gamma_{\omega}) = 1/300$ «prime difficoltà per i carri ponte»

$(\gamma_{\omega}) = 1/150$ «limite di fessurazioni evidenti nelle tamponature»

■ In merito ai cedimenti differenziali (γ_{ω}) – [Fig. a lato] è da rilevare che la compensazione differenziale teorica ($\Delta_{comp.}$), vale a dire quel parametro che esprime la minima escursione della distorsione angolare della struttura in elevazione rispetto al carico indotto sul terreno, è di continuo verificata in relazione alle caratteristiche reologiche e geotecniche del sedime di posa in funzione dei carichi di progetto, risultando progressivamente in maggiore stabilità quote di posa fondali (d) superiori.



[Fig. 2]

4.2.1 Analisi di progetto ai Cedimenti.

■ Dal riscontro dei risultati ottenuti in relazioni alle differenti tipologie e geometrie fondali, si evince che i cedimenti assoluti ($\Delta\omega$) sono sempre inferiori ai valori massimi tollerabili per strutture intelaiate prefabbricate in c.a.

■ In merito ai cedimenti differenziali (γ) , è da rilevare che la compensazione differenziale teorica ottimale ($\Delta_{comp.}$), vale a dire quel parametro che esprime la minima escursione della distorsione angolare della struttura in elevazione rispetto al carico indotto sul terreno, si realizza per una struttura di fondazione a PLATEA a tipologia compensata con un'altezza d'imposta sul piano di campagna attuale pari a $(d) \geq 1.50$ ml (Cfr. Tabella pagina precedente).

5. ANALISI DI PROGETTO

[1] **CARICHI DI PROGETTO.** I carichi di progetto del manufatto sono stato gentilmente forniti dal progettista delle strutture in c.a. Dott. Ing. Muccichini ed esposti al Capitolo 3.

[2] **FONDAZIONI E STRUTTURE.** Per la realizzazione del manufatto si dovrà programmare (Cfr. Cap. 4 e relativi paragrafi) la posa in opera di una fondazione superficiale diretta a PLATEA, con intestazione nel litotipo di base "B2".

[3] **VERIFICHE DI SICUREZZA SLU.** Nelle verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) deve essere rispettata la condizione: $Ed \leq Rd$, laddove "Ed" è il valore di progetto degli effetti dell'azione mentre "Rd" è il valore di progetto della resistenza del terreno.

Sulla scorta dei computi trattati ampiamente al Cap. 4 e relativi paragrafi, in relazione alle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche del sito di progetto, nella sezione più sollecitata della struttura, per ottenere " $Ed \leq Rd$ " la condizione necessaria e sufficiente è fornita da una FONDAZIONE SUPERFICIALE DIRETTA dalle seguenti caratteristiche geometriche:

- **PLATEA compensata:**

→ larghezza base "b" (intera superficie in pianta) $\approx 5,00$ m

→ profondità sul piano di sbancamento reso orizzontale: "d" $\geq 1,50$ m

NOTA TECNICA. Si rappresenta che al momento dell'esecuzione dello scavo di posa in opera della fondazione prevista, sarà cura della direzione dei lavori verificare l'uniformità dell'orizzonte portante litotipo B2 (Cfr. Relazione geologica Cap. 3) sull'intero fronte di scavo. In caso di singolarità geologiche, occorrerà adeguare opportunamente la fondazione prevista, intervenendo sui parametri geometrici della fondazione, profondità di imposta (d), larghezza della base di appoggio (b) o altra fattispecie da valutare in sede locale.

[4] **CEDIMENTI.** La verifica ai cedimenti ($\Delta\omega$) è stata trattata nel Prg. 4.2 mediante la formulazione teorica di STEINBRENNER modificato (1934-1970). Dall'analisi dei risultati conseguiti, nelle condizioni più sfavorevoli di carico massimale previsto in relazioni alle differenti geometrie minime fondali previste, si evince che i cedimenti assoluti ($\Delta\omega$) sono inferiori ai valori massimi tollerabili per strutture intelaiate prefabbricate in c.a..

L'ottimale compensazione ai cedimenti si ottiene per profondità di posa "d" $\approx 1,50$ m, che pertanto rappresenta la profondità di posa significativa ove intestare la fondazione.

▪ Si rappresenta, da ultimo, che per raggiungere l'effettivo piano di imposta, e per non mettere direttamente a contatto la fondazione con il terreno, sarà conveniente anteporre tra base del fondaco continuo ed il terreno del magro cementizio (o altro materiale drenante-impermeabilizzante di maggior qualità e costo) di altezza da definire all'occasione.

[5] **NOTE DI PROGETTO.** Si richiama al tecnico ingegnere progettista delle strutture in c.a. che il computo delle verifiche di sicurezza agli SLU è stato effettuato prendendo in considerazione la sezione di struttura maggiormente sollecitata.

È altresì evidente che un maggiore ammorsamento della fondazione, dunque un approfondimento del piano di imposta “d” , collima con un superiore equilibrio e stabilità d’insieme dell’opera da realizzare ma sottintende anche maggiori costi di realizzazione.

[6] MEMORANDUM. La presente relazione geotecnica è stata redatta nel rispetto della normativa vigente ed in ottemperanza del D.P.R. 328/01, disposizione di legge superiore al D.M. 14.01.2008 N.T.C.. Detto D.P.R. prevede, all'art. 41 comma 1 lettera E), che tra le competenze professionali del geologo specialista iscritto alla sezione A ci siano: le indagini e la relazione geotecniche.

CIVITANOVA MARCHE, LUGLIO 2010
GEOLOGO SPECIALISTA
(ALBO SEZIONE A)
DR. STEFANO PIERUCCI
ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE



ALLEGATI

STUDIO DI GEOLOGIA LANDER							
VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO FONDAZIONI SUPERFICIALI							
BRINCH HANSEN (1970) - VESIC (1974)							
APPROCCIO 1: (STR) = A1+M1+R1 & (GEO) = A2+M2+R2							
PARAMETRI RELATIVI AL LITOTIPO							
peso di volume del terreno allo stato naturale (kN/mc):							19,92
peso di volume saturo del terreno (kN/mc):							22,00
profondità della falda dal piano di campagna relativo (m):							25,00
peso di volume del terreno alla quota di posa fondale (kN/mc):							19,92
angolo di attrito ϕ_k (*):							33,50
coesione C_k (kN/mq):							0,00
inclinazione del piano di campagna naturale (*):							5,0
PARAMETRI RELATIVI ALLA FONDAZIONE							
<i>Fondazioni di tipo rigido e flessibile</i>							
b = larghezza base (m):							5,00
L = lunghezza (m):							27,00
d = profondità piano di posa fondale (m):							1,50
inclinazione della base della fondazione (*):							0,0
H (orizzontale)		0,00	N (verticale)		0,00	H/N = rapporto componenti longitudinale e normale del carico (kN)	
eb = eccentricità carico in direzione orizzontale X (ml)		0,00	eL = eccentricità carico in direzione Y (ml)		0,00		
m(b)	1,8438	m(L)	1,1563	m(θ)	1,90	angolo con (L)	(θ)° 1,57
Fattori correttivi per l'azione sismica (Paolucci & Pecker, 1997):							verifica in condizioni dinamiche $K_h = 0,071$
PARAMETRI RELATIVI ALLE AZIONI							
N		1670,00	Gk		1100,00	Qk	
Mb		0,00			0,00	160,00	
MI		0,00			0,00	0,00	
Tb		0,00			0,00	0,00	
TI		0,00			0,00	0,00	
Ht		0,00			0,00	0,00	
Approccio 1							parametro
STR = A1+M1+R1							1,0
GEO = A2+M2+R2							1,3
pressione agente:							9,33 kN/mq
Pressione litostatica efficace alla quota d'imposta della fondazione (kN/mq):							29,88
FATTORI DI CAPACITÀ PORTANTE DI BRINCH HANSEN - VESIC							
Nc =		49,6311163928	Nq =		27,7074140865	(Vesic) Ny =	
						38,0020457662	
FATTORI DI FORMA DELLA FONDAZIONE SUPERFICIALE DIRETTA							
Sc =		1,1033827764	Sq =		1,1225714002	Sy =	
						0,9259259259	
FATTORI DI APPROFONDIMENTO DEL PIANO DI IMPOSTA DELLA FONDAZIONE							
Dc =		1,0821553033	Dq =		1,0797282719	Dy =	
						1,0000000000	
FATTORI CORRETTIVI PER L'INCLINAZIONE DEL PIANO DI CAMPAGNA							
Gc =		0,8275834094	Gq =		0,8326769392	Gy =	
						0,8326769392	
FATTORI CORRETTIVI PER L'INCLINAZIONE DELLA BASE DELLA FONDAZIONE							
Bc =		1,0000000000	Bq =		1,0000000000	By =	
						1,0000000000	
FATTORI CORRETTIVI PER L'INCLINAZIONE DEL CARICO (ECCENTRICITÀ)							
Ic =		1,0000000000	Iq =		1,0000000000	Iy =	
						1,0000000000	
FATTORI CORRETTIVI PER L'AZIONE SISMICA							
Zc =		0,9772800000	Zq =		0,9610636794	Zy =	
						0,9610636794	
Resistenza del terreno (Qlim.)							Rd (kN/mq) 2205,33
Resistenza del terreno (Qlim.)							Rdt (Kg/cmq) 22,488
Resistenza di progetto terreno / fondazione							Rd t/f (kN) 297720
Coefficiente parziale di capacità portante =							(γ_R) 1,0
Resistenza di progetto terreno / fondazione							Qlim: Rd (kN/mq) / γ_R 2205,33
profondità di posa: d (m)		1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
larghezza base: b (m)		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Qlim: Rdt (kN/mq)		2205,33	2263,09	2321,37	2380,17	2439,51	2499,37
Qlim: Rd (Kg/cmq)		22,488	23,077	23,671	24,271	24,876	25,486
Rd t/f (kN)		297720	305517	313384	321323	329333	337415
Pressione agente valori caratteristici = Gk + Gq							Ed (kN/mq) 12,37
VERIFICA (è verificato se $F_s > 1,0$)							verificato Ed < Rd 178,28
FATTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO (verificato se $S_d/H_d > 1,0$)							Sd / Hd assente
Qlim: Rd (kN) / γ_R		2205,33	2263,09	2321,37	2380,17	2439,51	2499,37
Qlim: Rd (Kg/cmq) / γ_R		22,488	23,077	23,671	24,271	24,876	25,486
Verifica: ($F_s > 1,0$)		178,28	182,94	187,66	192,41	197,21	202,04
allegato I							

STUDIO DI GEOLOGIA LANDER							
VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO FONDAZIONI SUPERFICIALI							
BRINCH HANSEN (1970) - VESIC (1974)							
APPROCCIO 1: (STR) = A1+M1+R1 & (GEO) = A2+M2+R2							
PARAMETRI RELATIVI AL LITOTIPO							
peso di volume del terreno allo stato naturale (kN/mc):							19,92
peso di volume saturo del terreno (kN/mc):							22,00
profondità della falda dal piano di campagna relativo (m):							25,00
peso di volume del terreno alla quota di posa fondale (kN/mc):							19,92
angolo di attrito ϕ_k (*):							33,50
							γ_{ϕ} 27,90 27,90
coesione CK' (kN/mq):							0,00
							γ_c 0,00 0,00
inclinazione del piano di campagna naturale (*):							5,0
PARAMETRI RELATIVI ALLA FONDAZIONE							
<i>Fondazioni di tipo rigido e flessibile</i>							
b = larghezza base (m):							5,00
"b" base equivalente:							5,00
L = lunghezza (m):							27,00
"L" lunghezza equivalente:							27,00
d = profondità piano di posa fondale (m):							1,50
inclinazione della base della fondazione (*):							0,0
H (orizzontale) 0,00		N (verticale) 0,00		H/N = rapporto componenti longitudinale e normale del carico (kN)			
eb = eccentricità carico in direzione orizzontale X (ml)				0,00	eL = eccentricità carico in direzione Y (ml) 0,00		
m(b) 1,8438		m(L) 1,1563		m(ϕ) 1,90		angolo con (L) (ϕ)° 1,57	
Fattori correttivi per l'azione sismica (Paolucci & Pecker, 1997) :							verifica in condizioni dinamiche $K_h =$ 0,071
PARAMETRI RELATIVI ALLE AZIONI							
N 1308,00 kN		Gk 1100,00		Qk 160,00		Approccio 1 parametro	
Mb 0,00 kNm		0,00		0,00		STR = A1+M1+R1 1,0	
MI 0,00 kNm		0,00		0,00		GEO = A2+M2+R2 1,3	
Tb 0,00 kN		0,00		0,00		pressione agente: 9,33 kN/mq	
TI 0,00 kN		0,00		0,00			
Ht 0,00 kN							
Pressione litostatica efficace alla quota d'imposta della fondazione (kN/mq):							29,88
FATTORI DI CAPACITÀ PORTANTE DI BRINCH HANSEN - VESIC							
Nc = 31.5026355478		Nq = 14.5617168187		(Vesic) Ny = 16.4801210715			
FATTORI DI FORMA DELLA FONDAZIONE SUPERFICIALE DIRETTA							
Sc = 1,0855996388		Sq = 1,0980571202		Sy = 0,9259259259			
FATTORI DI APPROFONDIMENTO DEL PIANO DI IMPOSTA DELLA FONDAZIONE							
Dc = 1,0953249602		Dq = 1,0899335550		Dy = 1,0000000000			
FATTORI CORRETTIVI PER L'INCLINAZIONE DEL PIANO DI CAMPAGNA							
Gc = 0,8226461289		Gq = 0,8326769392		Gy = 0,8326769392			
FATTORI CORRETTIVI PER L'INCLINAZIONE DELLA BASE DELLA FONDAZIONE							
Bc = 1,0000000000		Bq = 1,0000000000		By = 1,0000000000			
FATTORI CORRETTIVI PER L'INCLINAZIONE DEL CARICO (ECCENTRICITÀ)							
lc = 1,0000000000		lq = 1,0000000000		ly = 1,0000000000			
FATTORI CORRETTIVI PER L'AZIONE SISMICA							
Zc = 0,9772800000		Zq = 0,9508588588		Zy = 0,9508588588			
Resistenza del terreno (Qlim.)							Rd (kN/mq) 1013,97
Resistenza del terreno (Qlim.)							Rdt (Kg/cmq) 10,339
Resistenza di progetto terreno / fondazione							Rd t/f (kN) 136886
Coefficiente parziale di capacità portante = (γ_R)							1,8
Resistenza di progetto terreno / fondazione							Qlim: Rd (kN/mq) / γ_R 563,32
profondità di posa: d (m)		1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
larghezza base: b (m)		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Qlim: Rdt (kN/mq)		1013,97	1043,87	1074,08	1104,59	1135,40	1166,52
Qlim: Rd (Kg/cmq)		10,339	10,644	10,952	11,264	11,578	11,895
Rd t/f (kN)		136886	140923	145001	149120	153280	157480
Pressione agente valori caratteristici = Gk + Gq							Ed (kN/mq) 9,69
VERIFICA (è verificato se $F_s > 1,0$)							verificato Ed < Rd 58,14
FATTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO (verificato se $S_d/H_d > 1,0$)							Sd / Hd assente
Qlim: Rd (kN) / γ_R		563,32	579,93	596,71	613,66	630,78	648,07
Qlim: Rd (Kg/cmq) / γ_R		5,744	5,914	6,085	6,258	6,432	6,608
Verifica: ($F_s > 1,0$)		58,14	59,86	61,59	63,34	65,10	66,89

PROFONDITÀ CUNEO DI PORTANZA (MEYERHOF, 1953)

L'altezza di terreno sotto il piano di posa fondale movimentata dal sovraccarico per plasticizzazione e da considerare nel calcolo della portanza può essere stimata con la relazione di Meyerhof (1953):

Il comportamento teorico del terreno di fondazione sottoposto all'applicazione di un carico viene generalmente schematizzato secondo le indicazioni di Terzaghi (1943), come riportato in Figura 4.1. Si suppone che, per una fondazione ruvida, nel terreno caricato del peso del fabbricato si possano individuare tre zone a comportamento meccanico e reologico differente:

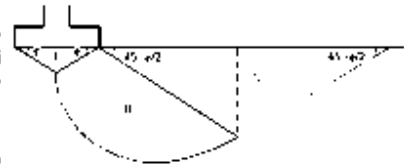


Fig. 4.1 Schematizzazione del comportamento teorico del terreno di fondazione sottoposto all'applicazione di un carico secondo Terzaghi (1943).

1) zona, geometricamente assimilabile ad un cuneo efficace, in cui il terreno mantiene un comportamento elastico e tende a penetrare negli strati sottostanti, solidalmente con la fondazione; questo cuneo forma un angolo uguale a ϕ (ϕ = angolo di resistenza al taglio del terreno su cui poggia la fondazione) rispetto all'orizzontale secondo Terzaghi, uguale a $45^\circ + \phi/2$ secondo Meyerhof, Vesic e Brinch Hansen;

2) zona di scorrimento radiale, rappresentabile graficamente da una serie di archi di spirale logaritmica per $\phi > 0$ o di cerchio per $\phi = 0$, dove avviene la trasmissione dello sforzo applicato dal cuneo di materiale che costituisce la zona I alla zona III;

3) zona che si oppone alla penetrazione del cuneo della zona I nel terreno; si assume teoricamente che assuma la forma di un triangolo isoscele con un'inclinazione dei due lati uguali rispetto all'orizzontale di $45^\circ - \phi/2$; sulla superficie di questa zona agisce, con effetto stabilizzante, il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione ed altri eventuali sovraccarichi

Si ha la rottura del terreno di fondazione quando il carico applicato dal cuneo della zona I supera la resistenza passiva della zona III. In questo caso la zona I penetrerà nel terreno di fondazione, che tenderà a rifluire lateralmente lungo la zona di scorrimento plastico, dando luogo a rigonfiamenti superficiali.

H = profondità a cui si spinge il cuneo di terreno solidale con la fondazione (zona I).

H (m)

0,931

Calcolo della costante k_w di Winkler

Allegato 2

Terreni INCOERENTI
GRANA GROSSA
(sabbia, ghiaia)

noti che siano i VALORI DI RESISTENZA: N_{DL}

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

piano campagna [m]	0,00
altezza di scavo (≈ piano interrato) H [m]	0,00
profondità del piano di posa D [m]	1,50
larghezza della fondazione senza il magrone B [m]	5,00

rispetto alla superficie del terreno (lato della fondazione meno interrato)

nto manto di copertura, realizzazione abbaini, modifiche interne e cambio di destinazione dei locali siti al
 profondità del piano di posa della fondazione D [m] **1,50**

N_{DL}
48,05
Denso

Stato di addensamento

	[N/cm ³]	[kN/m ³]	[Kg/cm ³]
Non satura interpolazione del $k_1 =$ 326	$k_w = k_1 \left(\frac{B+b}{2B} \right)^2$	9,15	89,700
Satura valore consigliato $k_1 =$ 110		3,09	30,302

k_w	w	σ terreno	sollecitazione trave
grande	piccolo	terreno rigido → grande	piccola → verifica del terreno
piccolo	grande	terreno deformabile → piccola	grande → verifica della trave

Allegato 3 - Computo cedimenti - BLOCCHI "C9", "C10" e "C12"

STEINBRENNER modificato (1934 - 1970)

PARAMETRI RELATIVI AL TERRENO

peso di volume in coincidenza piano di imposta (kN/mc):	γ	19,92
peso di volume del terreno di compensazione (kN/mc):	γ_t	22,00
modulo dello strato d'imposta di fondazione: "E" Kg/cm ² 64	kN/mq	6276

DPH

PARAMETRI RELATIVI ALLA STRUTTURA

luce relativa della struttura	A (m)	5,00
lato lungo della fondazione	B (m)	27,00
lato corto della fondazione	b (m)	5,00
profondità di imposta della fondazione:	t (m)	1,50

Peso ponderale del carico strutturale: N (ton) 1019,70 N (kN) **10000,00**

Pressione sulla superficie distribuita della fondazione p Kg/cm² 0,755 kN/mq **74,07**
 Detensionamento di pressione sulla superficie distribuita $\Delta p = p - \gamma t$ Kg/cm² 0,425 kN/mq **41,71**

Gli incrementi di tensione verticale indotta con la profondità, sono stati dedotti per via analitica applicando l'algoritmo di Steimbrenner-Lambe (1934-1970) e verificati per via grafica utilizzando il metodo di Newmark (1939).

Applicando l'integrale di calcolo dei cedimenti edometrici:

$$W_f = W_c = \int_0^H \frac{\Delta \sigma'_f}{E} \cdot dz = \frac{\Delta \sigma'_v}{E} \cdot h$$

TIPOLOGIA FONDAZIONE :	FLESSIBILE			SEMI-RIGIDA			RIGIDA		
	CENTRE	LONG	SHORT	CENTRE	LONG	SHORT	CENTRE	LONG	SHORT
WF FINALE (CM)	0.877	0.625	0.462	0,817	0,582	0,430	0.659	0.470	0.347
WF STRATI COESIVI (CM)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WF STRATI GRANULARI (CM)	0.877	0.625	0.462	0.817	0.582	0.430	0.659	0.470	0.347

La distorsione angolare massima, a tempo infinito, lungo gli assi X ed Y:

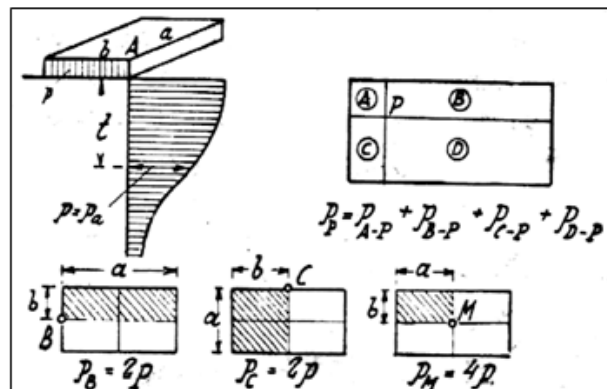
$\delta = (\Delta \omega / A2) = 0,386 \mid 250$	da cui:	1 \mid 647	fondazione flessibile: short edge
$\delta = (\Delta \omega / B2) = 0,235 \mid 1350$	da cui:	1 \mid 5756	fondazione flessibile: long edge
$\delta = (\Delta \omega / A2) = 0,312 \mid 250$	da cui:	1 \mid 802	fondazione rigida: short edge
$\delta = (\Delta \omega / B2) = 0,189 \mid 1350$	da cui:	1 \mid 7136	fondazione rigida: long edge

Il cedimento differenziale induce una variazione di pendenza max pari a:

$$(W_{tc} - W_{tb}) / b / 2 = 0,01737 \%$$

Il metodo di Steimbrenner quantifica i cedimenti di fondazioni realizzate su strati compressibili di spessore limitato giacenti su letti indeformabili a relativa profondità. Il metodo, sempre nell'ipotesi di comportamento elastico dello scheletro solido, alla luce del principio delle tensioni efficaci, valuta i cedimenti adottandone la sola componente elastica.

Nella pagina seguente è riportato lo sviluppo analitico rigoroso del calcolo dei cedimenti secondo il procedimento di Steinbrenner. In esso è calcolato l'abbassamento del terreno di fondazione sotto l'influenza del sovraccarico Δp , dove i valori del cedimento W_n sono forniti per ogni 10 cm di spessore di terreno. Nel calcolo si è tenuto conto della variazione delle tensioni verticali Σv e degli effetti di rifluimento e d'interazione terreno-struttura in coincidenza del piano di appoggio della fondazione continua, mentre le tensioni orizzontali Σh non sono state

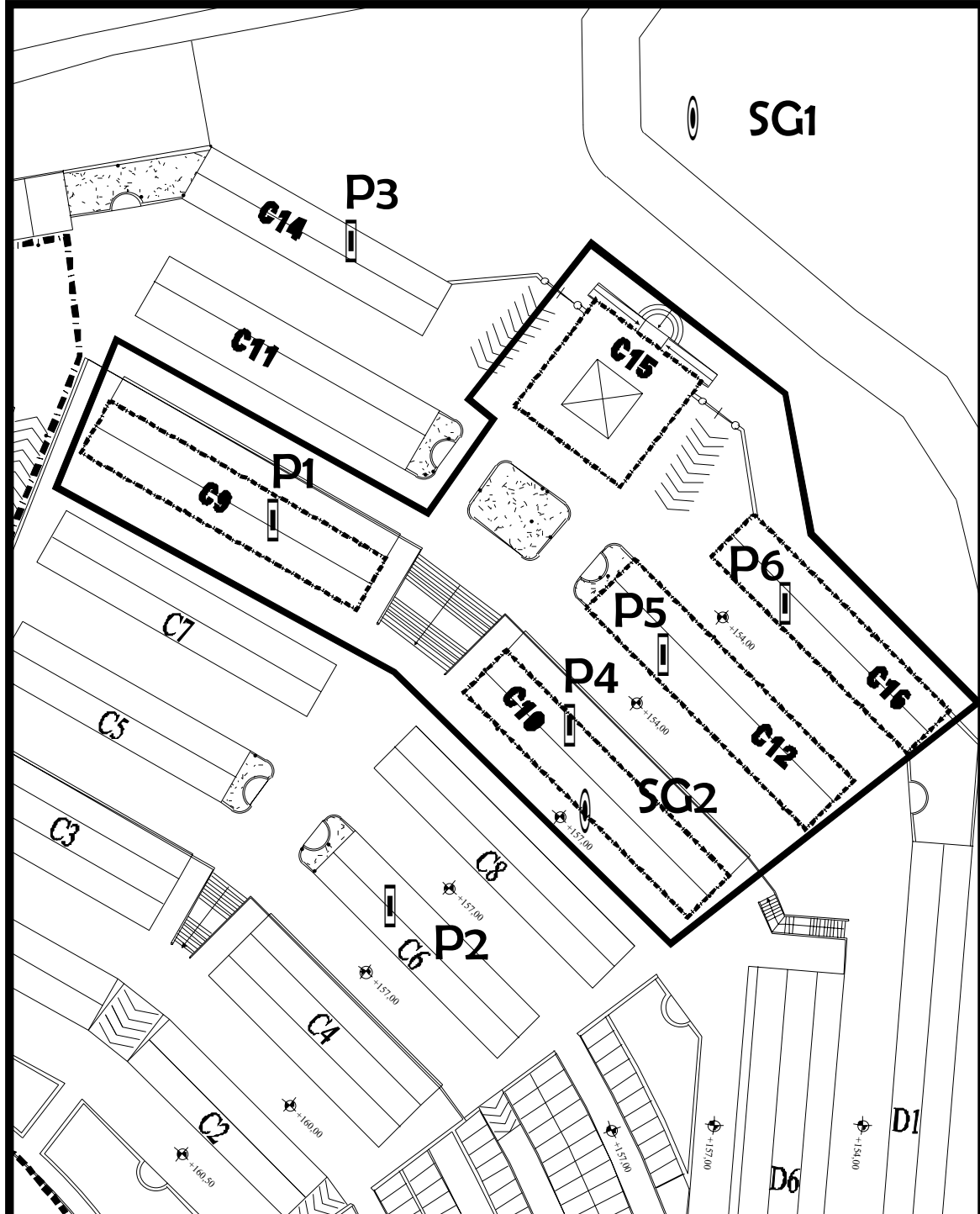


Sviluppo analitico dei cedimenti di fondazione: metodo di Steimbrenner mod. (1934-1970)																
prof.	t	a	B	b	Dz	E	lr (centro)	lr (long)	lr (short)	Dr	Dr-i (centro)	Dr-i (long)	Dr-i (short)	Wf (centro)	Wf (long)	Wf (short)
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(cm)	(Kgf/cm²)	(-)	(-)	(-)	(Kgf/cm²)	(Kgf/cm²)	(Kgf/cm²)	(Kgf/cm²)	(cm)	(cm)	(cm)
1,5	1,5	0,10	27,0	5,00	30	64	0,249993	0,249999	0,249993	0,42533	0,425322	0,212666	0,212661	0,199370	0,099687	0,099685
0,3	1,5	-1,35	27,0	5,00	30	61	-0,237716	-0,248040	-0,237736	0,42533	-0,404435	-0,210000	-0,202234	0,000000	0,000000	0,000000
0,6	1,5	-1,05	27,0	5,00	30	62	-0,243527	-0,249048	-0,243537	0,42533	-0,414321	-0,218857	-0,207168	0,000000	0,000000	0,000000
0,9	1,5	-0,75	27,0	5,00	30	65	-0,247414	-0,249644	-0,247417	0,42533	-0,420933	-0,212364	-0,210469	0,000000	0,000000	0,000000
1,2	1,5	-0,45	27,0	5,00	30	64	-0,249404	-0,249922	-0,249404	0,42533	-0,424319	-0,212600	-0,212160	0,000000	0,000000	0,000000
1,5	1,5	-0,15	27,0	5,00	30	64	-0,249977	-0,249997	-0,249977	0,42533	-0,425294	-0,212664	-0,212647	-0,200291	-0,100154	-0,100148
1,8	1,5	0,15	27,0	5,00	30	487	0,249977	0,249997	0,249977	0,42533	0,425294	0,212664	0,212647	0,026206	0,013104	0,013103
2,1	1,5	0,45	27,0	5,00	30	483	0,249404	0,249922	0,249404	0,42533	0,424319	0,212600	0,212160	0,026357	0,013206	0,013178
2,4	1,5	0,75	27,0	5,00	30	483	0,247414	0,249644	0,247417	0,42533	0,420933	0,212364	0,210469	0,026157	0,013196	0,013079
2,7	1,5	1,05	27,0	5,00	30	483	0,243527	0,249048	0,243537	0,42533	0,414321	0,218857	0,207168	0,025755	0,013170	0,012878
3	1,5	1,35	27,0	5,00	30	480	0,237716	0,248040	0,237736	0,42533	0,404435	0,210000	0,202234	0,025299	0,013199	0,012650
3,3	1,5	1,65	27,0	5,00	30	479	0,230284	0,246560	0,230320	0,42533	0,391790	0,209740	0,199526	0,024517	0,013125	0,012261
3,6	1,5	1,95	27,0	5,00	30	114	0,221691	0,244573	0,221750	0,42533	0,377171	0,208050	0,188636	0,098984	0,054601	0,049505
3,9	1,5	2,25	27,0	5,00	30	114	0,212411	0,242077	0,212500	0,42533	0,361831	0,205927	0,180767	0,095456	0,054394	0,047748
4,2	1,5	2,55	27,0	5,00	30	476	0,202848	0,239093	0,202977	0,42533	0,345112	0,203388	0,172666	0,021751	0,012818	0,010882
4,5	1,5	2,85	27,0	5,00	30	476	0,193312	0,236568	0,193489	0,42533	0,328888	0,200466	0,164959	0,020735	0,012639	0,010377
4,8	1,5	3,15	27,0	5,00	30	473	0,184016	0,231824	0,184252	0,42533	0,313073	0,197205	0,156737	0,019854	0,012506	0,009940
5,1	1,5	3,45	27,0	5,00	30	473	0,175096	0,227649	0,175400	0,42533	0,297897	0,193654	0,149207	0,018898	0,012285	0,009465
5,4	1,5	3,75	27,0	5,00	30	473	0,166628	0,223195	0,167011	0,42533	0,283490	0,189865	0,142071	0,017990	0,012043	0,009016
5,7	1,5	4,05	27,0	5,00	30	470	0,158647	0,218521	0,159119	0,42533	0,269912	0,185889	0,136358	0,017220	0,011859	0,008636
6	1,5	4,35	27,0	5,00	30	534	0,151160	0,213684	0,151732	0,42533	0,257173	0,181774	0,129073	0,014445	0,010210	0,007250
6,3	1,5	4,65	27,0	5,00	30	534	0,144155	0,208734	0,144638	0,42533	0,245255	0,177563	0,123209	0,013779	0,009976	0,006922
6,6	1,5	4,95	27,0	5,00	30	531	0,137610	0,203717	0,138414	0,42533	0,234121	0,173295	0,117744	0,013218	0,009784	0,006647
6,9	1,5	5,25	27,0	5,00	30	531	0,131500	0,198672	0,132435	0,42533	0,223725	0,169004	0,112688	0,012634	0,009544	0,006362
7,2	1,5	5,55	27,0	5,00	30	531	0,125793	0,193633	0,126868	0,42533	0,214017	0,164717	0,107923	0,012085	0,009302	0,006094
7,5	1,5	5,85	27,0	5,00	30	531	0,120460	0,188626	0,121684	0,42533	0,204943	0,160458	0,103513	0,011573	0,009061	0,005845
7,8	1,5	6,15	27,0	5,00	30	531	0,115472	0,183674	0,116853	0,42533	0,196456	0,156246	0,099403	0,011094	0,008823	0,005613
8,1	1,5	6,45	27,0	5,00	30	531	0,110799	0,178796	0,112345	0,42533	0,188506	0,152096	0,095668	0,010645	0,008589	0,005397
8,4	1,5	6,75	27,0	5,00	30	531	0,106416	0,174005	0,108134	0,42533	0,181049	0,148020	0,091986	0,010224	0,008359	0,005194
8,7	1,5	7,05	27,0	5,00	30	531	0,102299	0,169312	0,104194	0,42533	0,174045	0,144028	0,088635	0,009828	0,008133	0,005005
9	1,5	7,35	27,0	5,00	30	531	0,098426	0,164725	0,100504	0,42533	0,167456	0,140126	0,085496	0,009456	0,007913	0,004828
9,3	1,5	7,65	27,0	5,00	30	531	0,094777	0,160250	0,097043	0,42533	0,161247	0,136319	0,082561	0,009106	0,007698	0,004662
9,6	1,5	7,95	27,0	5,00	30	531	0,091334	0,155890	0,093791	0,42533	0,155389	0,132610	0,079785	0,008775	0,007488	0,004505
9,9	1,5	8,25	27,0	5,00	30	531	0,088080	0,151648	0,090731	0,42533	0,149853	0,129002	0,077182	0,008462	0,007285	0,004358
10,2	1,5	8,55	27,0	5,00	30	531	0,085001	0,147524	0,087848	0,42533	0,144615	0,125494	0,074729	0,008166	0,007087	0,004220
10,5	1,5	8,85	27,0	5,00	30	531	0,082023	0,143520	0,085127	0,42533	0,139650	0,122087	0,072415	0,007886	0,006894	0,004089
10,8	1,5	9,15	27,0	5,00	30	531	0,079314	0,139633	0,082566	0,42533	0,134939	0,118781	0,070228	0,007620	0,006708	0,003966
11,1	1,5	9,45	27,0	5,00	30	531	0,076883	0,135863	0,080123	0,42533	0,130463	0,115574	0,068158	0,007367	0,006526	0,003849
11,4	1,5	9,75	27,0	5,00	30	531	0,074180	0,132208	0,077817	0,42533	0,126205	0,112465	0,066197	0,007127	0,006351	0,003738
11,7	1,5	10,05	27,0	5,00	30	531	0,071797	0,128665	0,075630	0,42533	0,122150	0,109451	0,064336	0,006898	0,006181	0,003633
12	1,5	10,35	27,0	5,00	30	531	0,069525	0,125232	0,073552	0,42533	0,118285	0,106531	0,062568	0,006680	0,006016	0,003533
12,3	1,5	10,65	27,0	5,00	30	531	0,067357	0,121906	0,071575	0,42533	0,114596	0,103702	0,060886	0,006471	0,005856	0,003438
12,6	1,5	10,95	27,0	5,00	30	531	0,065286	0,118685	0,069632	0,42533	0,111073	0,100962	0,059284	0,006272	0,005701	0,003348
12,9	1,5	11,25	27,0	5,00	30	531	0,063306	0,115566	0,067896	0,42533	0,107704	0,098308	0,057757	0,006082	0,005551	0,003262
13,2	1,5	11,55	27,0	5,00	30	531	0,061411	0,112545	0,066183	0,42533	0,104480	0,095738	0,056299	0,005900	0,005406	0,003179
13,5	1,5	11,85	27,0	5,00	30	531	0,059597	0,109619	0,064545	0,42533	0,101394	0,093249	0,054906	0,005726	0,005266	0,003101
13,8	1,5	12,15	27,0	5,00	30	531	0,057888	0,106786	0,062978	0,42533	0,098435	0,090840	0,053573	0,005559	0,005130	0,003025
14,1	1,5	12,45	27,0	5,00	30	531	0,056180	0,104044	0,061478	0,42533	0,095588	0,088506	0,052297	0,005398	0,004998	0,002953
14,4	1,5	12,75	27,0	5,00	30	531	0,054590	0,101389	0,060040	0,42533	0,092876	0,086247	0,051074	0,005245	0,004870	0,002884
14,7	1,5	13,05	27,0	5,00	30	531	0,053064	0,098815	0,058660	0,42533	0,090262	0,084059	0,049900	0,005097	0,004747	0,002818
15	1,5	13,35	27,0	5,00	30	531	0,051577	0,096325	0,057335	0,42533	0,087750	0,081940	0,048773	0,004955	0,004627	0,002754
15,3	1,5	13,65	27,0	5,00	30	531	0,050168	0,093912	0,056061	0,42533	0,085335	0,079888	0,047689	0,004819	0,004511	0,002693
15,6	1,5	13,95	27,0	5,00	30	531	0,048793	0,091576	0,054836	0,42533	0,083012	0,077901	0,046647	0,004688	0,004399	0,002634
15,9	1,5	14,25	27,0	5,00	30	531	0,047494	0,089365	0,053680	0,42533	0,081144	0,076292	0,045808	0,004582	0,004308	0,002587
16,1	1,5	14,45	27,0	5,00	30	531	0,046300	0,087844	0,052894	0,42533	0,079333	0,074726	0,044995	0,004480	0,004220	0,002541
16,4	1,5	14,75	27,0	5,00	30	531	0,045196	0,086498	0,051785	0,42533	0,077234	0,072900	0,044051	0,004361	0,004117	0,002488
16,7	1,5	15,05	27,0	5,00	30	531	0,044207	0,085318	0,050714	0,42533	0,075212	0,071131	0,043141	0,004247	0,004017	0,002436
17	1,5	15,35	27,0	5,00	30	531	0,043061	0,084260	0,049681	0,42533	0,073262	0,069417	0,042262	0,004137	0,003920	0,002387
17,3	1,5	15,65	27,0	5,00	30	531	0,041956	0,083261	0,048683	0,42533	0,071382	0,067756	0,041413	0,004031	0,003826	0,002339
17,6	1,5	15,95	27,0	5,00	30	531	0,040890	0,082318	0,047718	0,42533	0,069568	0,066146	0,040592	0,003928	0,003735	0,002292
17,9	1,5	16,25	27,0	5,00	30	531	0,039861	0,081424	0,046785	0,42533	0,067817	0,064586	0,039798	0,003830	0,003647	0,002247
18,2	1,5	16,55	27,0	5,00												

Planimetria Generale

scala 1:500

Allegato 5



-  : Prove penetrometriche DPH e DPSH
-  : Sondaggio geognostico SG

