



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»
NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO

1 Acquisizione e analisi delle caratteristiche geologiche, morfologiche, idrologiche, uso del suolo ante-operam, propensione al dissesto, caratteri specifici del territorio e dell'area di interesse;
Definizione del modello geotecnico del sottosuolo fino alla profondità del volume significativo;
Modello litostratigrafico; Valori caratteristici dei parametri geotecnici; Falde acquifere, Particolarità.

2 Acquisizione e valutazioni delle caratteristiche architettoniche, strutturali, funzionali dell'opera da collegare al sottosuolo attraverso la struttura di fondazione:
distribuzione plano-volumetrica complessiva, definizione delle quote in pianta ed in altezza, presenza di interrati, tipologia dei materiali da costruzione, modellazione statica e dinamica dell'opera, particolari funzionali, impianti e rispettivi requisiti in termini di cedimenti ammissibili;
carchi ed azioni trasmesse alle fondazioni, in termini di intensità, tipologia, secondo le condizioni e le combinazioni previste dalla normativa e modellazione strutturale con particolare riferimento alla assunzione del tipo di vincolo assunto nel collegamento alle fondazioni e relativi spostamenti previsti: (incastro, semincastro, cerniera ..)





Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»
NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO

3

Prime analisi e valutazioni sulle possibili soluzioni adottabili per il collegamento dell'opera al sottosuolo: analisi delle tipologie di fondazione adottabili in funzione dei requisiti cui deve rispondere l'opera in funzione delle attese condizioni di stabilità, funzionalità, robustezza del sistema terreno-fondazione-sovrastuttura: fondazioni dirette? fondazioni profonde?

Fondazioni dirette: plinti, travi, reticoli di travi, platea semplice, nervata?

4

Definizione della quota di impostazione della fondazione (diretta) in funzione delle condizioni ambientali locali.

Analisi delle condizioni ambientali locali per definizione della quota di impostazione della fondazione:

Presenza di alberature e piantumazioni, ante operam e post-operam.

Clima e temperature stagionali : irraggiamento solare, congelamento.

Strati di terreno organico superficiale.

Strati di materiali di riempimento superficiali.

Presenza di cavità negli strati superficiali di terreno.

Presenza di vecchi maceri riempiti.

Falde e oscillazioni stagionali.

In generale storia dell'uso del suolo.



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»
NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO

- 4 Definizione della quota di impostazione della fondazione (diretta) in funzione delle condizioni ambientali locali.
 Analisi delle condizioni ambientali locali per definizione della quota di impostazione della fondazione:
 Presenza di alberature e piantumazioni, ante operam e post-operam.
 Clima e temperature stagionali : irraggiamento solare, congelamento.
 Strati di terreno organico superficiale.
 Strati di materiali di riempimento superficiali.
 Presenza di cavità negli strati superficiali di terreno.
 Presenza di vecchi maceri riempiti.
 Falde e oscillazioni stagionali.
 In generale storia dell'uso del suolo.

4'

N carico verticale da pilastro: $N = 80 \text{ t} = 800 \text{ kN}$
T carico trasversale da pilastro: $T = 1 \text{ t}$ Condizioni e combinazioni di sollecitazioni ????

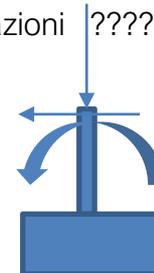
M Momento da pilastro: $M = 2 \text{ tm}$

σ valore della pressione che riteniamo di applicare al terreno di fondazione

Un valore possibile per terreni a grana fine poso permeabili: 2 kg/cm^2

Che corrispondono a 200 kPa .

$\sigma = N/A : A = N/\sigma = 800/200 = 4 \text{ m}^2$ --- $L=2\text{m}$





Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius

Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»

Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill

Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)

NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»

NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO

4'

N carico verticale da pilastro: $N = 80 \text{ t} = 800 \text{ kN}$

T carico trasversale da pilastro: $T = 1 \text{ t}$ Condizioni e combinazioni di sollecitazioni ????

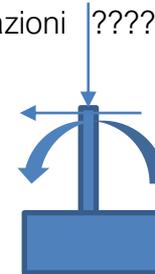
M Momento da pilastro: $M = 2 \text{ tm}$

σ valore della pressione che riteniamo di applicare al terreno di fondazione

Un valore possibile per terreni a grana fine poco permeabili: 2 kg/cm^2

Che corrispondono a 200 kPa .

$\sigma = N/A$: $A = N/\sigma = 800/200 = 4 \text{ m}^2$ --- $L=2\text{m}$





Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius

Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»

Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill

Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)

NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics» (*)

NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO

5

Calcolo delle tensioni litostatiche e degli incrementi di tensione indotti nel sottosuolo dai carichi applicati con la fondazione.

Applicazione della soluzione di Boussinesq (1885) e delle estensioni della soluzione a casi specifici: aree rettangolari, quadrate, circolari per carichi uniformemente ripartiti o variabili.

Steinbrenner (1934) area rettangolare carico uniformemente ripartito, fondazione priva di rigidezza.

Newmark (1942) area rettangolare caricata uniformemente, fondazione priva di rigidezza.

Foster e Ahlvin (1954) area circolare caricata uniformemente, fondazione priva di rigidezza.

Tsytoich (1976) area nastriforme con carico trapezoidale, fondazione priva di rigidezza.

Lambe Whitman (1969) Area circolare fondazione priva di rigidezza e carico uniforme

6

Calcolo delle deformazioni unitarie per ciascuno degli strati modellati in unità litotecniche omogenee e loro integrazione per la determinazione del cedimento alla base della fondazione. **Applicazione della normativa vigente in merito allo stato limite di esercizio SLE.**

Verifica del cedimento calcolato con il cedimento ammissibile in termini di cedimento totale e cedimenti differenziali.

Calcolo del decorso nel tempo dei cedimenti e verifica della ammissibilità dei tempi di sviluppo dei cedimenti per l'opera collegata alla fondazione..



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»
NAVFAC DM-7.2 «Foundations and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO: FASE 5 – Diffusione del carico della fondazione nel sottosuolo

5

Calcolo delle tensioni litostatiche e degli incrementi di tensione indotti nel sottosuolo dai carichi applicati con la fondazione.

Applicazione della soluzione di Boussinesq (1885) e delle estensioni della soluzione a casi specifici: aree rettangolari, quadrate, circolari per carichi uniformemente ripartiti o variabili.

Steinbrenner (1934) area rettangolare carico uniformemente ripartito, fondazione priva di rigidezza.

Newmark (1942) area rettangolare caricata uniformemente, fondazione priva di rigidezza.

Foster e Ahlvin (1954) area circolare caricata uniformemente, fondazione priva di rigidezza.

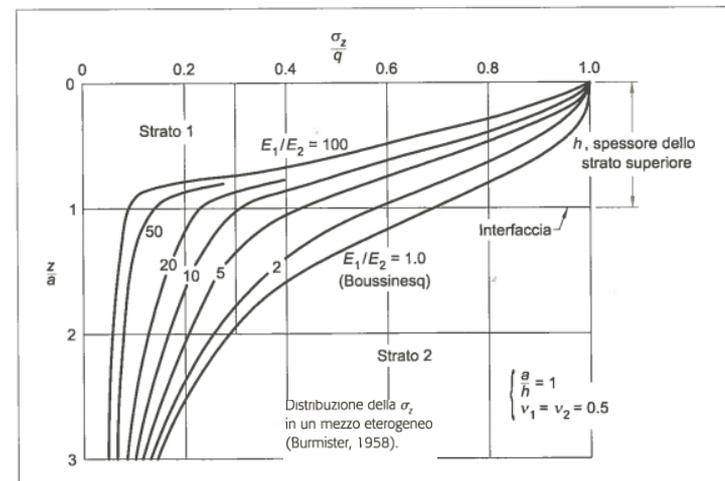
Tsytoich (1976) area nastriforme con carico trapezoidale, fondazione priva di rigidezza.

Lambe Whitman (1969) Area circolare fondazione priva di rigidezza e carico uniforme

Limiti del modello Boussinesq per i terreni.

In terreno stratificati con strati di terreno rigidi alternati a strati deformabili si possono avere incrementi di tensione o riduzione di tensione.

Per quanto riguarda le tensioni verticali, basate sull'assunzione di mezzo lineare isotropo ed omogeneo esse possono ritenersi sufficientemente accurate ai fini applicativi. Non così per le tensioni orizzontali e le componenti tangenziali che possono essere sovrastimate o sottostimate. .



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»
NAVFAC DM-7.2 «Foundations and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO: FASE 5 – Diffusione del carico della fondazione nel sottosuolo

5

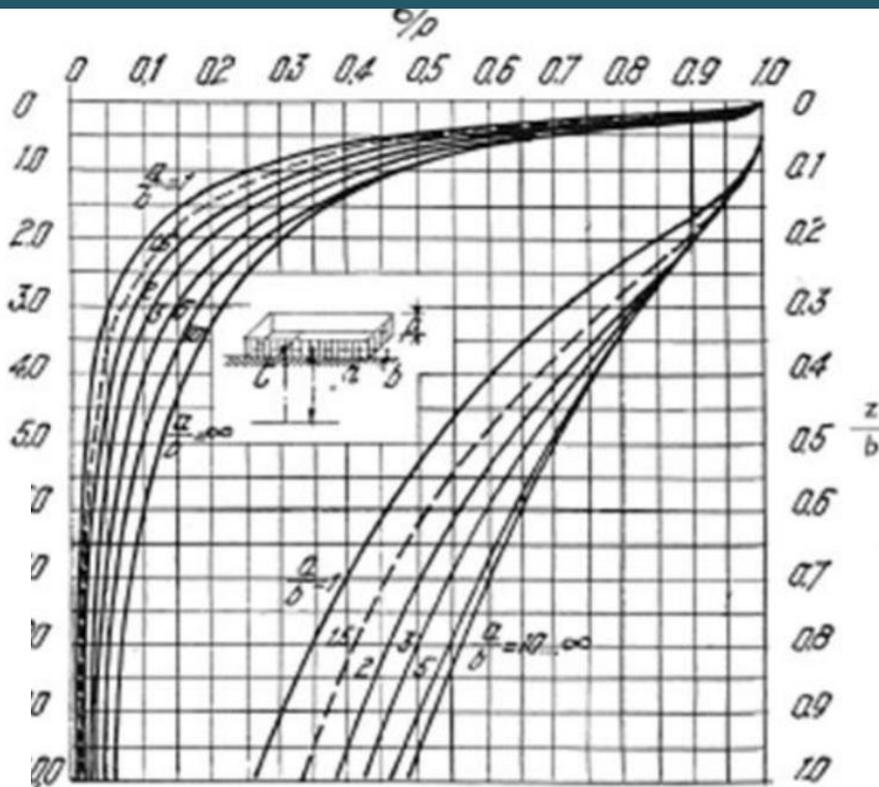
Fondazioni rigide.
Fondazioni prive di rigidità.

Jelinek Area rettangolare caricata uniformemente con determinazione delle tensioni sotto punti caratteristici per tenere conto della rigidità della fondazione .

Il punto caratteristico per l'area di carico rettangolare:

$$0,577 \cdot (a/2)$$

$$0,577 \cdot (b/2)$$



6.34 – Grafico di Jelinek per la determinazione delle pressioni verticali nel sottosuolo, sulla verticale di un punto caratteristico, prodotte da una superficie di carico infinitamente rigida.



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»
NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

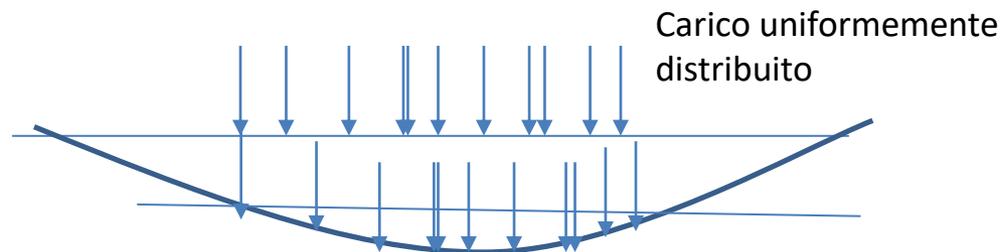
PROCEDIMENTO: FASE 5 – Diffusione del carico della fondazione nel sottosuolo

5

Fondazioni rigide.
Fondazioni prive di rigidità.

Se la fondazione che carica il suolo su un'area di carico definita è **rigida**, i valori dei cedimenti reali sono generalmente inferiori a quelli che a parità di carico al suolo si calcolano con le relazioni teoriche disponibili, che si riferiscono a fondazione priva di rigidità.

Se la fondazione che carica il suolo su un'area di carico definita è **rigida** la condizione al contorno è quella di cedimento uniforme, mentre nel caso di fondazione **priva di rigidità** si ha un andamento disuniforme del cedimento



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»
NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO: FASE 5 – Diffusione del carico della fondazione nel sottosuolo

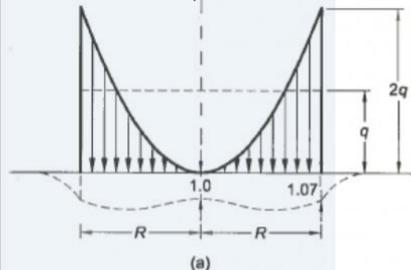
5

Fondazioni rigide.
Fondazioni prive di rigidità.

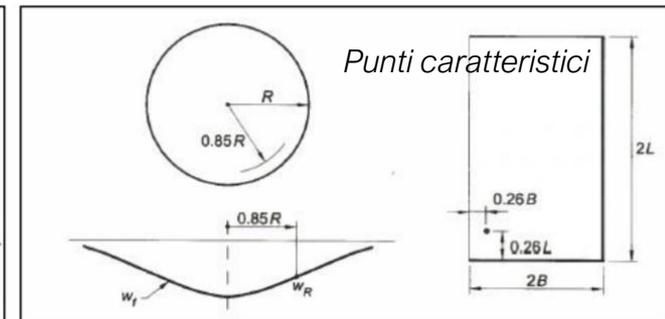
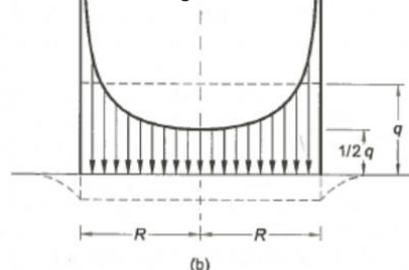
La distribuzione della pressione sul terreno, considerando la fondazione priva di rigidità, per le soluzioni riportate, comporta una distribuzione disuniforme dei cedimenti .

Se la fondazione è rigida la condizione imposta al contorno è quella di cedimento uniforme.e per raggiungere tale obiettivo occorre che la distribuzione delle tensioni normali di contatto vari da un minimo in corrispondenza del centro della fondazione a un massimo al bordi

Distribuzione necessaria per avere un cedimento quasi uniforme



Distribuzione relativa ad una fondazione rigida



da Lancellotta (2004)



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius

Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»

Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill

Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)

NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics» (*)

NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO: FASE 6 – Calcolo del cedimento

6

Calcolo delle deformazioni unitarie per ciascuno degli strati modellati in unità litotecniche omogenee e loro integrazione per la determinazione del cedimento alla base della fondazione. **Applicazione della normativa vigente in merito allo stato limite di esercizio SLE.**

Verifica del cedimento calcolato con il cedimento ammissibile in termini di cedimento totale e cedimenti differenziali. Calcolo del decorso nel tempo dei cedimenti e verifica della ammissibilità dei tempi di sviluppo dei cedimento per l'opera collegata alla fondazione..

TERRENI COESIVI: ARGILLE – Bassa permeabilità idraulica

TERRENI INCOERENTI: SABBIE – Alta permeabilità idraulica



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius

Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»

Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill

Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)

NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics» (*)

NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO: FASE 6 – Calcolo del cedimento

TERRENI COESIVI: ARGILLE – Bassa permeabilità idraulica



METODO MONODIMENSIONALE DI TERZAGHI: cedimento per consolidazione W_c

Cedimento totale

$$W_t = W_o + W_c + W_s$$

Fasi di calcolo:

- ⇒ Si acquisisce il modello geotecnico costituito da unità litotecniche;
- ⇒ Si suddividono le unità litotecniche di terreno in un certo numero di strati di spessore iniziale H_i ;
- ⇒ In corrispondenza della mezzeria di ciascuno strato si calcola la tensione totale ed efficace geostatica: σ_{v0} ; σ'_{v0} ;
- ⇒ Sulla base dei risultati delle prove edometriche di laboratorio si definisce il valore della pressione di preconsolidazione: σ'_p ;
- ⇒ In corrispondenza della mezzeria di ciascuno strato si calcola l'incremento della tensione verticale $\Delta\sigma'_z$ prodotto dal carico unitario netto $q_N = q - \gamma D$ (si assume che il carico sia uniformemente distribuito trascurando la rigidità della fondazione)
- ⇒ Si calcola il cedimento di ciascuno strato assumendo che la deformazione di ogni stato sia unicamente verticale come le prove edometriche.
- ⇒ Si indica con H_s l'altezza relativa alla fase solida e con: $H_o = H_s + e_o$. $H_s = H_s \cdot (1 + e_o)$ l'altezza iniziale dell'elemento di volume, l'accorciamento dell'elemento è dovuto solo alla variazione dell'indice dei vuoti, per cui:



Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics» (*)
NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO: FASE 6 – Calcolo del cedimento

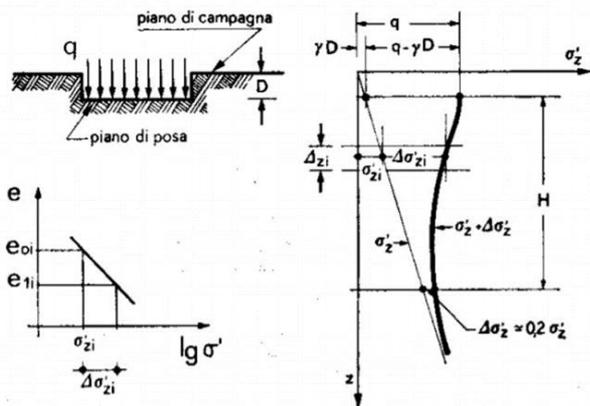
TERRENI COESIVI: ARGILLE – Bassa permeabilità idraulica



METODO MONODIMENSIONALE DI TERZAGHI: cedimento per consolidazione W_c

Cedimento totale

$$W_t = W_o + W_c + W_s$$



$$\Delta H = - (H_f - H_o) = -H_s (e_f - e_o) = -H_s \cdot \Delta e$$

essendo:

$$- \Delta e = C_r \log (\sigma'_p / \sigma'_{vo}) + C_c \log ((\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_z) / \sigma'_p)$$

C_r Indice di ricomprensione

C_c Indice di compressione

Indice di ricomprensione: $C_r = -\Delta e / \log \sigma'_v$: pendenza della curva edometrica nel tratto di ricomprensione

Indice di compressione: $C_c = -\Delta e / \log \sigma'_v$: pendenza della curva edometrica nel tratto di compressione



Università
degli Studi
di Ferrara

DE Department of
Engineering
Ferrara

INGEGNERIA CIVILE [1227]
CLASSE LM-23
Corso di Fondazioni [012388]
A.A. 2020-2021

Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius

Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»

Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill

Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)

NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics» (*)

NAVFAC DM-7.2 «Foundations and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO: FASE 6 – Calcolo del cedimento

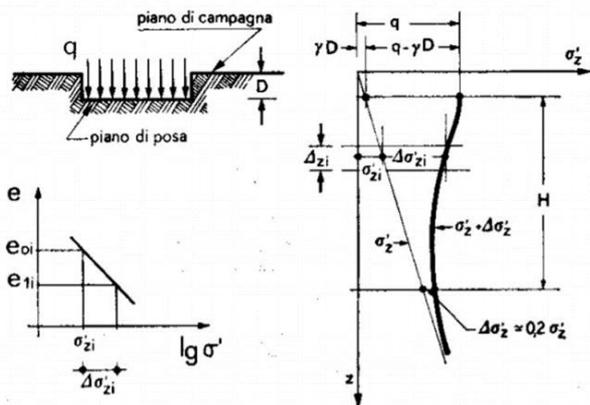
TERRENI COESIVI: ARGILLE – Bassa permeabilità idraulica



METODO MONODIMENSIONALE DI TERZAGHI: cedimento per consolidazione W_c

Cedimento totale

$$W_t = W_o + W_c + W_s$$



$$\Delta H = - (H_f - H_o) = -H_s (e_f - e_o) = -H_s \cdot \Delta e$$

essendo:

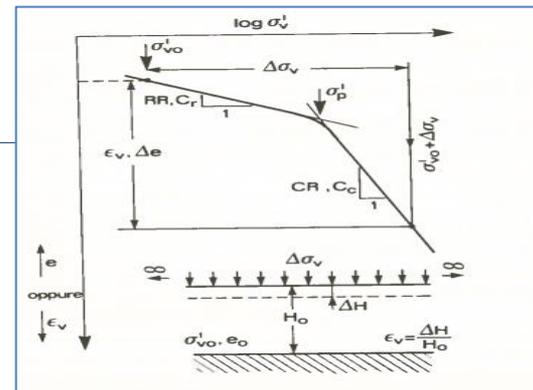
$$- \Delta e = C_r \log (\sigma'_p / \sigma'_{vo}) + C_c \log ((\sigma'_{vo} + \Delta \sigma'_z) / \sigma'_p)$$

C_r Indice di ricompressione

C_c Indice di compressione

Indice di ricompressione: $C_r = -\Delta e / \log \sigma'_v$: pendenza della curva edometrica nel tratto di ricompressione

Indice di compressione: $C_c = -\Delta e / \log \sigma'_v$: pendenza della curva edometrica nel tratto di compressione





Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»
Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill
Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)
NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics» (*)
NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

PROCEDIMENTO: FASE 6 – Calcolo del cedimento

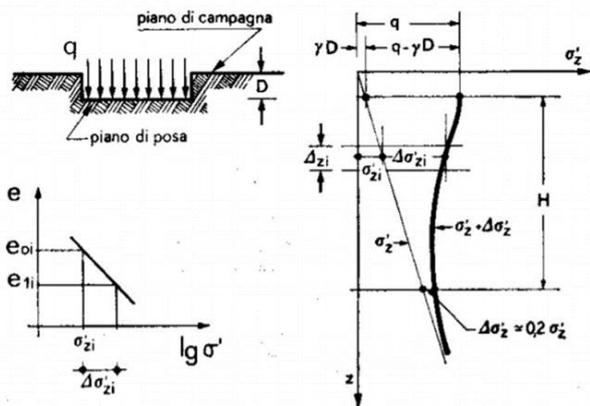
TERRENI COESIVI: ARGILLE – Bassa permeabilità idraulica



METODO MONODIMENSIONALE DI TERZAGHI: cedimento per consolidazione W_c

Cedimento totale

$$W_t = W_o + W_c + W_s$$



$$\Delta H = - (H_f - H_o) = -H_s (e_f - e_o) = -H_s \cdot \Delta e$$

essendo:

$$- \Delta e = C_r \log (\sigma'_p / \sigma'_{vo}) + C_c \log ((\sigma'_{vo} + \Delta \sigma'_z) / \sigma'_p)$$

C_r Indice di ricomprensione

C_c Indice di compressione

Studi effettuati da diversi Autori hanno fatto rilevare che:

Nel caso di argille tenere il cedimento stimato con il metodo monodimensionale corrisponde al **cedimento di consolidazione** e quello immediato è circa il 10% di quello così stimato;

Per le argille sovraconsolidate la suddetta valutazione corrisponde al **cedimento totale** ed il cedimento immediato risulta pari a 1/3 – 2/3 di tale valore.



Università
degli Studi
di Ferrara

DE Department of
Engineering
Ferrara

INGEGNERIA CIVILE [1227]
CLASSE LM-23
Corso di Fondazioni [012388]
A.A. 2020-2021

Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius

Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»

Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill

Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)

NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics» (*)

NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CALCOLO DEI CEDIMENTI

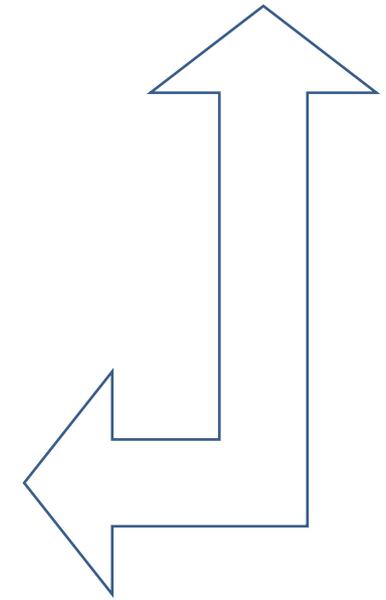
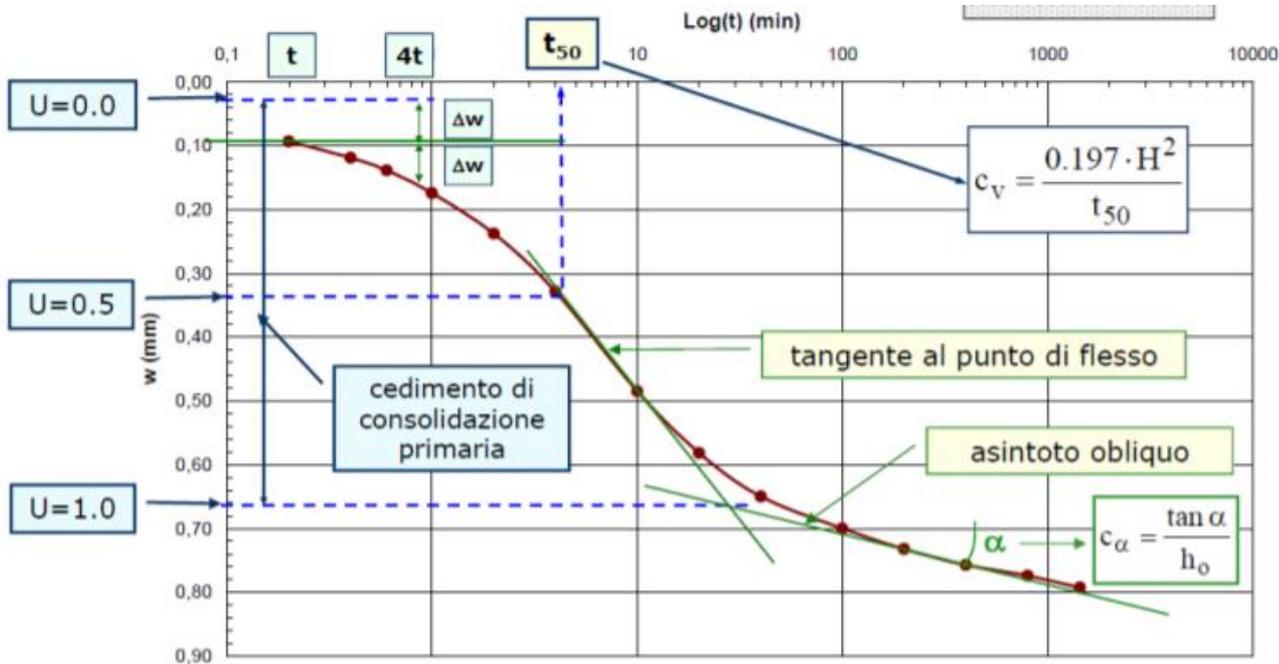
PROCEDIMENTO: FASE 6 – Calcolo del cedimento

TERRENI COESIVI: ARGILLE – Bassa permeabilità idraulica

Calcolo del cedimento secondario W_s

Cedimento totale

$$W_t = W_o + W_c + W_s$$





Università
degli Studi
di Ferrara

DE Department of
Engineering
Ferrara

INGEGNERIA CIVILE [1227]

CLASSE LM-23

Corso di Fondazioni [012388]

A.A. 2020-2021

Principali testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius

Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»

Bowles J. (1988) «Foundation Analysis and Design» – Ed. McGraw-Hill

Dispense Fioravante V. «geotecnica» (Unife)

NAVFAC DM-7.1 «Soil Mechanics»

NAVFAC DM-7.2 «Foundation and earth structures»

FONDAZIONI DIRETTE: CEDIMENTI in terreni a grana grossa