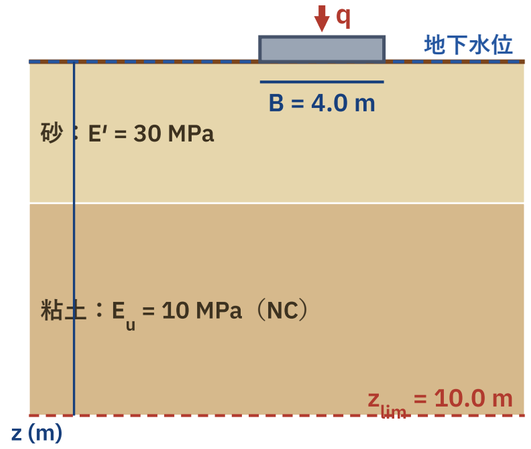
GeoTerva

地盤工学講義スライド・沈下

総沈下：粘土層と砂層

講義：粘土層と砂層からなる土層構成における即時沈下（弾性沈下）と粘土の圧密の合算、中心・隅角・剛体基礎、時間依存の全沈下；各項目に計算例。

$S = S_e + S_c$ 粘土層と砂層 Steinbrenner 応力経路 中央・隅角・剛 沈下－時間曲線



はじめに

この講義で学ぶこと

層の種類に応じて沈下を分けること：**粘性土**層＝即時沈下＋圧密、**砂質土**層＝弾性沈下のみ

同じ分割片で**Steinbrenner**（即時）と**応力経路**（圧密）の計算を組み合わせること

掘削の影響を理解すること：**純圧力**が即時沈下を、**ヒービングと再圧縮**が圧密を支配する

柔軟な基礎の**中心**および**隅角**の沈下、剛体基礎、および不同沈下を全沈下から求めること

$S(t) = S_e + \Sigma\ U_i(t)\, S_{c,i}$により沈下－時間曲線を構築すること

モジュールの結果が、単一タイプのモジュール（弾性＋圧密）の和に等しいことを確認する

講義の流れ

各項目は**3つの手順**で扱う：

1 · **理論**：規則は何か、なぜそうなるのか

2 · **問題**：与条件と求めるもの

3 · **解答**：数値を用いて手順ごとに

例題の土層構成：4 mの砂の上に6 mの正規圧密粘土；4 × 6 mの基礎、q = 150 kPa。沈下はmm単位である。

全沈下 = 即時沈下 + 圧密沈下

理論

$$S = S_e + S_c \qquad \text{粘性土層：}\ S_e(\text{非排水}) + S_c \qquad \text{砂質土層：}\ S_e(\text{排水})$$

2つの成分は**同じ分割片で**、同じBoussinesq応力増分、同じ掘削、同じ計算深さで計算する。解答は**解析的**である：閉形式の影響係数、分割片ごとの応力経路およびTerzaghi理論であり、有限要素は用いない。

飽和粘土は載荷中に体積変化しない（$\nu = 0.5$）：これが即時沈下である。水はゆっくり排出され、粘土は応力経路に沿って圧縮する：これが圧密である。砂は水を直ちに排出するため、沈下はすべて弾性である。

> 単一の土層構成では、モジュールは即時沈下モジュールまたは圧密モジュールと**同じ結果**を与える（例題6）。

> 各層の種類は土層構成表で選択し、その層が必要とするパラメータを決定する。

層の種類

層	即時沈下	圧密
粘性土	非排水 E_u、$\nu = 0.5$	利用可能：C_c、C_r、C_s、e_0、σ'_p（またはm_v）、C_v
砂質土	排水 E'、ν'	なし

Hookeの法則とSteinbrennerの係数

理論

純圧力q_{net}を受ける完全に柔軟な基礎の下の沈下は、鉛直ひずみの積分である（Boussinesq応力、均質半無限体）：

$$S = \int \varepsilon_z \, dz = \int \frac{\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)}{E} \, dz$$

長方形の角に対する厳密解（Steinbrenner）：

$$S = q_{net}\,\alpha\,B'\,\frac{1-\nu^2}{E}\,I_s \qquad I_s = F_1 + \frac{1-2\nu}{1-\nu}F_2$$

m′ = L′/B′、n′ = z/B′。**中央**：α = 4、B′ = B/2；**隅角**：α = 1、B′ = B。

粘性土層ではν = 0.5であるから、$I_s = F_1$かつ$(1 - \nu^2) = 0.75$となる。

弾性沈下のモジュール

F_1、F_2、A_0、A_1、A_2の式と詳細な例は弾性沈下のスライドにある。ここでは総和を求めるためにその結果のみを用いる。

層状土層構成と純基礎底面圧力

理論

基礎底面の深さ$z_{上}$と$z_{下}$の間のある層は、自身のEと ν によりI_sの差を加える：

$$\Delta S_e = q_{net}\,\alpha\,B'\,\frac{1-\nu^2}{E}\,[I_s(z_{bottom}) - I_s(z_{üst})]$$

掘削は底面レベルにおける有効上載応力を取り除く。単一弾性係数の弾性地盤では除荷は再載荷時に回復し、即時沈下は**純圧力**で決まる：

$$q_{net} = q_{gross} - \sigma'_{v0}(D_{exc})$$

$q_{net} \le 0$の場合、即時沈下は生じない（負の値は弾性的な隆起である）。

結果は分割片の厚さに依存しない。分割片は表と色分けの領域にのみ用いられる。

NEDEN FARKLI?

即時沈下は**純増加圧力**で、圧密は応力経路上の**有効応力増分**で計算する；掘削は両者に異なる形で影響する。

応力経路と分割片の圧縮

理論

粘性土の分割片では、圧密は初期応力から最終応力へ一段階で計算するのではなく、**応力経路**に沿って計算する：掘削による膨張（C_s）、再載荷ではまず膨張の回復、C_rによるσ'_pまでの再圧縮、それを超えるとC_cによる正規圧密：

$$\sigma'_{v0} \xrightarrow{C_s} \sigma'_{exc} \xrightarrow{C_s} \sigma'_{v0} \xrightarrow{C_r} \sigma'_p \xrightarrow{C_c} \sigma'_{final} \qquad \sigma'_p = OCR \cdot \sigma'_{v0}$$

$$S_c = \sum (S_b + S_r + S_v)\,, \quad f = \frac{\Delta H}{1 + e_0} \qquad \Delta\sigma_{load} = q\, I_z(z') \qquad \sigma'_{final} = \sigma'_{exc} + \Delta\sigma_{load}$$

NC粘土（OCR = 1）：$S = C_c\, f \log(\sigma'_{最終}/\sigma'_{v0})$（掘削なし）。

隆起量は負とする。$S_{net} = S_c + S_{隆起}$。**保持**オプションでは沈下を原地盤面から、**ゼロリセット**オプションでは隆起した底面から測定する。

計算深さ：$I_z(z') = p$（一般に10%）または地盤プロファイルの下端。m_v法は線形の選択肢である。

詳細

応力経路、領域、掘削および時間曲線の詳細は圧密の講義資料に示す。

問題

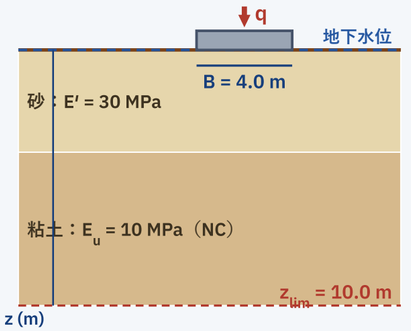
例題

与条件

プロファイル	**砂0–4 m：$E' = 30$ MPa, $\nu' = 0.30$、$\gamma_{sat} = 19$ ・ 粘土4–10 m（NC）：$E_u = 10$ MPa, $\nu = 0.5$、$e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $C_v = 2$ m^2/年、$\gamma_{sat} = 18$**
基礎	**4 × 6 m の柔軟な長方形、$q = 150$ kPa、地表面において。地下水位は地表面。計算深さ10 m（土層構成の下端）**
掘削	**なし（q_{net} = 150 kPa）**

求めるもの

各層の**中心**および**隅角**における即時沈下 S_e。



解答

解答

1 砂（0–4 m）：k = q(1 − ν'^2)/E′ = 150(0.91)/30 000 = 0.004550；8 I_s(4) = 2.7351

$$\Delta S_e = k\,[(\alpha B' I_s)_4 - 0] = 0.004550(2.7351) = \mathbf{12.4\ mm}$$

2 粘土（4–10 m）：k = 150(0.75)/10 000 = 0.011250；8 I_s(4) = 2.3398；8 I_s(10) = 3.9643

$$\Delta S_e = 0.011250(3.9643 - 2.3398) = \mathbf{18.3\ mm}$$

中央ではS_e = 12.4 + 18.3 = **30.7 mm**；隅では3.4 + 9.8 = **13.2 mm**（隅では α = 1、B′ = B）。

GeoTervaで解答を確認する ↗

Boussinesq、影響深さおよび m_v 法

理論

基礎中心下の長方形B × LについてはNewmarkの隅角係数で、帯状については α の閉形式解で：

$$\Delta\sigma = q\, I_z(z') \qquad I_z = 4\, I_{köşe}(m,n)\ \left(m = \tfrac{B}{2z'},\ n = \tfrac{L}{2z'}\right) \qquad I_{z,\text{帯状}} = \frac{\alpha + \sin\alpha}{\pi}$$

影響深さ：$I_z(z') = p$（一般に10%）。正方形2.09 B、L = 1.5 Bの場合2.55 B、帯状6.34 B。土層構成の底面を選択した場合、計算は最下層で終了する（岩または密な礫の場合）。

土層構成がz_{lim}より上で終わる場合、最後の層はz_{lim}まで続くものとする。

m_v法：$\Delta H = m_v\ \Delta\ \sigma'\ H$。線形であり、$C_c/C_r/C_s$は併用しない。

この土層構成では

計算深さは土層構成の底面（10 m）である。剛な底面を仮定する。粘土層はz = 7 m、$I_z(z' = 7) = 0.1916$。

問題

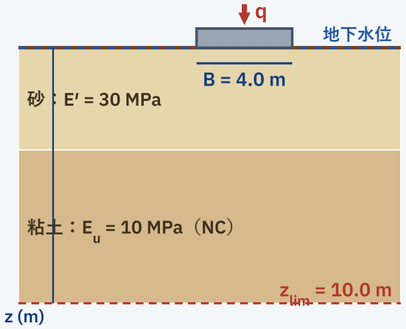
例題

与条件

プロファイル	**砂0–4 m：$E' = 30$ MPa, $\nu' = 0.30$、$\gamma_{sat} = 19$ ・ 粘土4–10 m（NC）：$E_u = 10$ MPa, $\nu = 0.5$、$e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $C_v = 2\ \mathrm{m^2/年}$、$\gamma_{sat} = 18$**
基礎	**4 × 6 m の柔軟な長方形、$q = 150$ kPa、地表面において。地下水位は地表面。計算深さ10 m（土層構成の下端）**
分割片	**粘土の分割片1つ、$H = 6$ m、中点$z = 7$ m；$f = H/(1+e_0) = 3$ m**
応力	$\sigma'_{v0} = 9.19(4) + 8.19(3) = 61.33$ kPa

求めるもの

I_z, $\Delta\sigma$, σ'_{final}およびS_c。



解答

解答

1 Boussinesq（z′ = 7 m）：m = 2/7 = 0.2857、n = 3/7 = 0.4286

$$I_z = 4\,I_{köşe}(0.2857;\,0.4286) = 4(0.0479) = \mathbf{0.1916} \qquad \Delta\sigma = 150(0.1916) = 28.75\ \text{kPa}$$

2 最終応力と圧縮量（NC：$\sigma'_p = \sigma'_{v0}$）

$$\sigma'_{final} = 61.33 + 28.75 = 90.08\ \text{kPa}$$

$$S_c = C_c f \log\frac{\sigma'_{final}}{\sigma'_{v0}} = 0.30(3)\log\frac{90.08}{61.33} = \mathbf{150.2\ mm}$$

粘土の圧密沈下は**150.2 mm**：即時沈下（30.7 mm）の約**4.9倍**である。軟弱なNC粘土では主要な沈下は圧密に起因する。

GeoTervaで解答を確認する ↗

中央、隅角および剛体基礎

理論

各分割片について即時沈下と（粘性土層では）圧密成分を合計する；層を通してz_{lim}までの合計が、柔軟基礎の**中心**沈下を与える：

$$S = \sum \Delta S_e + \sum (\Delta S_b + \Delta S_r + \Delta S_v) \quad [+ S_{heave}]$$

$$S_{köşe} = S_{e,köşe} + S_c \qquad S_{rigid} = 0.93\, S_e + S_c \qquad S_{diff} = S_e - S_{e,köşe}$$

隅角部については**即時沈下のみ**が隅角矩形自身の値をとる；圧密は中心線上の応力経路から求め、隅角部でも同じとみなす。

剛体基礎は一様に沈下する：即時沈下は弾性中心沈下の約0.93倍、圧密沈下は中心沈下と等しい。

掘削：即時沈下分はq_{net}で、粘土のヒービングと再圧縮も同様に計算する；「保持」を選んだ場合、$S = S_e + S_c + S_{ヒービング}$。

粘土が支配的な場合

圧密は中央と隅で同じであるため、粘土が卓越する土層構成では**不同沈下**は即時沈下成分の差のみである。

問題

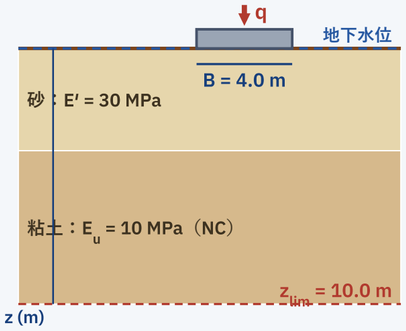
例題

与条件

プロファイル	**砂0–4 m：$E' = 30$ MPa, $\nu' = 0.30$、$\gamma_{sat} = 19$ ・ 粘土4–10 m（NC）：$E_u = 10$ MPa, $\nu = 0.5$、$e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $C_v = 2$ m^2/年、$\gamma_{sat} = 18$**
基礎	**4 × 6 m の柔軟な長方形、$q = 150$ kPa、地表面において。地下水位は地表面。計算深さ10 m（土層構成の下端）**
前の例題	**S_e：中心 30.7、隅角 13.2 mm；S_c = 150.2 mm（例題1および2）**

求めるもの

中央、隅角、剛体の全沈下；不同沈下；即時成分の割合。



解答

解答

1 合計

$$S_{center} = 30.7 + 150.2 = \mathbf{181.0\ mm} \qquad S_{köşe} = 13.2 + 150.2 = \mathbf{163.4\ mm}$$

$$S_{rigid} = 0.93(30.7) + 150.2 = \mathbf{178.8\ mm} \qquad S_{diff} = 30.7 - 13.2 = \mathbf{17.5\ mm}$$

	S_e (mm)	S_c (mm)	合計 (mm)
中心（弾性）	30.7	150.2	**181.0**
隅角（弾性）	13.2	150.2	**163.4**
剛体	28.6	150.2	**178.8**

即時沈下は全体のわずか**17%**である；不同沈下は17.5 mm。粘土の圧密は中央と隅で同じであるため、隅は中央の90%だけ沈下する。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

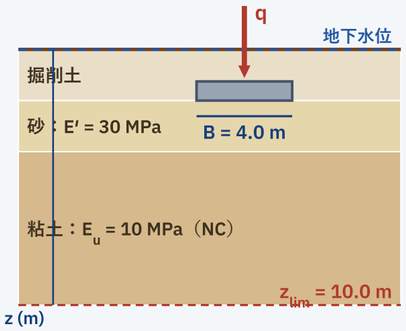
例題

与条件

プロファイル	**砂0–4 m（$E' = 30,\ \nu' = 0.30,\ \gamma_{sat} = 19$）・粘土4–10 m（NC；$E_u = 10,\ e_0 = 1.0,\ C_c = 0.30,\ C_s = C_r = 0.06,\ \gamma_{sat} = 18$）；地下水位は地表面**
掘削	**広い掘削（I_{exc} = 1）、深さ2 m；基礎の掘削底面位置**
基礎	**4 × 6 m、$q_{gross} = 150$ kPa；計算深さ10 m**
分割片	**砂 2–4 m（H = 2 m）、粘土 4–10 m（z = 7 m、f = 3 m）**

求めるもの

q_{net}、S_e；粘土の膨潤とS_c；総沈下量（保持およびリセット）。



解答 (1/3)

解答

1 純圧力：$q_{uplift} = \sigma'_{v0}(2\ \text{m}) = 9.19(2) = 18.38$ kPa

$$q_{net} = 150 - 18.38 = \mathbf{131.62}\ \text{kPa}$$

2 即時沈下：砂（z′ 0–2 m）k = 0.003992、粘土（z′ 2–8 m）k = 0.009872（$k = q_{net}(1-\nu^2)/E$）

$$\text{砂}: \Delta S_e = 0.003992(1.5131 - 0) = 6.0\ \text{mm}$$

$$\text{粘土}: \Delta S_e = 0.009872(3.6370 - 1.0554) = 25.5\ \text{mm}$$

掘削により正味の載荷圧力は150 → 131.6 kPaに低下した；即時沈下は30.7 → **31.5 mm**となった（砂の上部2 mを掘削したため、粘土への載荷が減少した）。

解答 (2/3)

解答

3 粘土：応力経路（z′ = 5 m：I_z = 0.3204）

$$\sigma'_{exc} = 61.33 - 18.38 = 42.95 \text{ kPa} \qquad \Delta\sigma = 150(0.3204) = 48.05 \text{ kPa}$$

$$\text{ヒービング} = -0.06(3)\log\frac{61.33}{42.95} = -27.8 \text{ mm} \qquad \sigma'_{final} = 42.95 + 48.05 = 91.00 \text{ kPa}$$

4 NC粘土（$\sigma'_p = \sigma'_{v0}$）：S_bは膨潤を戻し、S_vは正規圧密である。

$$S_b = 0.06(3)\log\frac{61.33}{42.95} = 27.8 \text{ mm} \qquad S_v = 0.30(3)\log\frac{91.00}{61.33} = 154.2 \text{ mm}$$

$$S_c = S_b + S_v = \mathbf{182.1 \text{ mm}}$$

解答 (3/3)

解答

	S_e (mm)	S_c (mm)	ヒービング（mm）	合計 (mm)
掘削なし（例題3）	30.7	150.2	0	**181.0**
掘削し、**保持する**（原地盤から）	31.5	182.1	-27.8	**185.8**
掘削し、**ゼロに設定する**（隆起した底面から）	31.5	182.1	—	**213.6**

原地盤から測った全沈下は**185.8 mm**（S_e + S_c + 隆起）；隆起した底面から測ると**213.6 mm**である。差は隆起分（27.8 mm）に等しい。

GeoTervaで解答を確認する ↗

理論・時間に依存する全沈下量

即時沈下は直ちに、圧密は時間とともに

理論

$$T_v = \frac{C_v\, t}{H_{dr}^2} \qquad U(T_v) = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} e^{-M^2 T_v} \qquad M = \frac{\pi(2m+1)}{2}$$

$$S(t) = S_e + \sum_i U_i(t)\, S_{c,i} \;\; [+ S_{heave}] \qquad t = \frac{T_v\, H_{dr}^2}{C_v}$$

S_eは**直ちに**生じ（t = 0⁺）、圧密は各粘性土層でそれぞれ固有のC_vとH_{dr}により進行する：H_{dr} = H（片面排水）またはH/2（両面排水）。

$T_{v,50}$ = 0.197; $T_{v,90}$ = 0.848; T_v < 0.05'te U = 2$\sqrt{}$(T_v/ π).

曲線は各層の曲線の和であり、系のt_{50}およびt_{90}の値はこの和から読み取る。粘性土層をもたない土層構成では時間曲線は存在しない：沈下はすべて即時沈下である。

「保持」を選ぶと、曲線は隆起ゼロから始まり、正味変形で終わる。

砂＋粘土

砂は直ちに沈下する；**時間曲線の形状は粘土が決める。**

問題

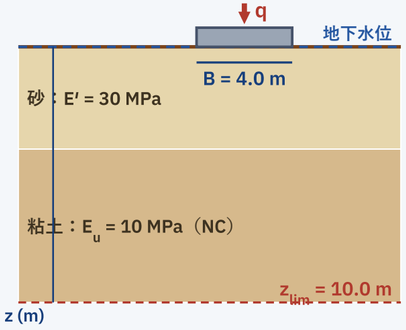
例題

与条件

プロファイル	**砂0–4 m：$E' = 30$ MPa, $\nu' = 0.30$、$\gamma_{sat} = 19$ ・ 粘土4–10 m（NC）：$E_u = 10$ MPa, $\nu = 0.5$、$e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$, $C_v = 2$ m²/年、$\gamma_{sat} = 18$**
基礎	**4 × 6 m の柔軟な長方形、$q = 150$ kPa、地表面において。地下水位は地表面。計算深さ10 m（土層構成の下端）**
前の例題	**S_e = 30.7 mm（例題1）；S_c = 150.2 mm（例題2）；掘削なし**
排水	**粘土は上部（砂）と下部（硬質基盤）で排水する：両面排水、H = 6 m**
時間	**t = 0.25、0.5、1、2、4、8年**

求めるもの

H_{dr}、t_{50}、t_{90}および S(t)；t = 0⁺における沈下。



解答 (1/2)

解答

1 排水経路と時間（C_v = 2 m²/年）

$$H_{dr} = \frac{H}{2} = 3\ \text{m} \qquad t_{50} = \frac{0.197(3^2)}{2} = \mathbf{0.89}\ \text{年} \qquad t_{90} = \frac{0.848(3^2)}{2} = \mathbf{3.82}\ \text{年}$$

2 初期沈下と最終沈下

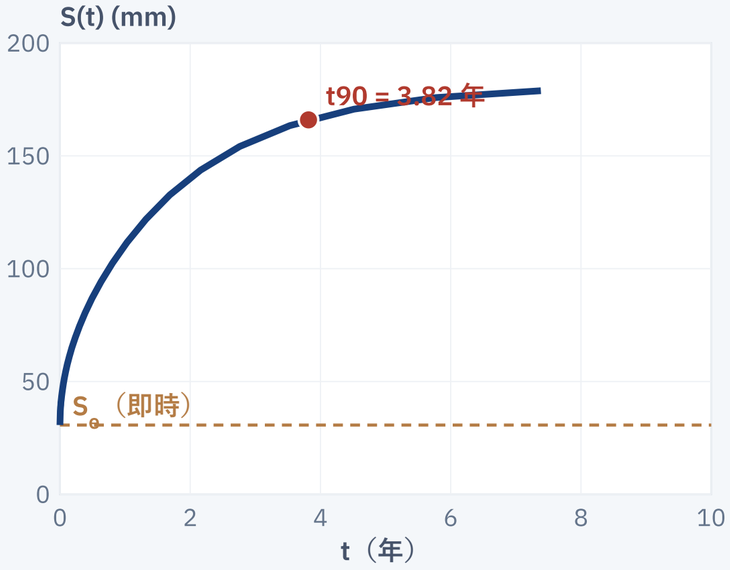
$$S(0^+) = S_e = 30.7\ \text{mm} \qquad S(\infty) = S_e + S_c = 30.7 + 150.2 = \mathbf{181.0\ mm}$$

荷重を作用させると直ちに沈下は30.7 mm（全体の17%）；粘土の圧密の90%は**3.82年で**完了する。

解答 (2/2)

解答

t（年）	U	$S_c(t)$ (mm)	$S(t) = S_e + S_c(t)$ (mm)
0.25	0.266	40.0	**71**
0.50	0.376	56.5	**87**
1.00	0.531	79.8	**110**
2.00	0.729	109.6	**140**
4.00	0.910	136.7	**167**
8.00	0.990	148.7	**179**



1年での全沈下は 110 mm（最終値の 61%）、4年で 167 mm（92%）。曲線は即時沈下から始まり、粘土の圧密に伴って増加する。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

例題

与条件

プロファイル	**粘土のみ、0–6 m（NC）：$E_u = 10$ MPa、$e_0 = 1.0$, $C_c = 0.30$、$\gamma_{sat} = 18$；地下水位は地表面**
基礎	**4 × 6 m、$q = 150$ kPa、掘削なし；計算深さ6 m（土層構成の下端）**
比較	**即時沈下（粘性土）＋圧密のモジュール**

求めるもの

全体沈下モジュールのS_e、S_cおよびその合計を、2つの単一タイプモジュールの結果と比較せよ。

解答

解答

モジュール	S_e (mm)	S_c (mm)	合計 (mm)
即時沈下（弾性沈下）：粘性土	35.3	—	—
圧密	—	591.6	—
2つのモジュールの合計	35.3	591.6	**626.9**
全沈下（2D）	35.3	591.6	**626.9**

合計沈下モジュールは、単一タイプの土層構成では2つのモジュールの合計と**完全に同一**である（626.9 mm）。隅角の合計は601.5 mm（$S_{e,隅角} = 9.9 + S_c$）、剛体基礎は624.4 mmである。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

例題

与条件

プロファイル	盛土、砂質0–2 m（E = 12 MPa）・粘土-1 2–7 m（E_u = 8 MPa; C_c = 0.25; OCR = 1.6）・砂7–11 m（E = 35 MPa）・粘土-2 11–20 m（E_u = 15 MPa; C_c = 0.30; OCR = 1.3）・礫質砂20–30 m（E = 70 MPa）
基礎、掘削	10 × 15 m、$q_{全}$ = 120 kPa；掘削深さ2 m（掘削計画 = 基礎）；地下水位2 m
計算深さ	影響深さ、p = 10%
結果	総沈下モジュールの例題プロジェクト

求めるもの

層ごとのS_eとS_c、隆起量；中心、隅角、剛体の合計；t_{50}とt_{90}。

解答 (1/2)

解答

1 掘削深さと計算深さ

$$q_{uplift} = \sigma'_{v0}(2) = 18(2) = 36.0 \text{ kPa} \qquad q_{net} = 120 - 36.0 = \mathbf{84.0} \text{ kPa}$$

$$z_{lim} = D_f + z' = 2 + 25.47 = \mathbf{27.47} \text{ m}$$

盛土（0–2 m）は掘削により取り除く；計算は2 mからz_{lim} = 27.5 mまでの4層を対象とする。最後の層（礫質砂）はz_{lim}により切り取られる；深部層の寄与は小さい。

解答 (2/2)

解答

層	z (m)	S_e (mm)	S_c (mm)	ヒービング（mm）	合計 = S_e + S_c + 膨張量（mm）
粘土-1（CL、軟弱）	2.0 – 7.0	20.8	198.4	-62.6	156.6
砂 (SM、中位の締まり)	7.0 – 11.0	5.6	—	—	5.6
粘土-2（CH、極硬）	11.0 – 20.0	14.1	27.0	-6.5	34.6
礫混じり砂（密）	20.0 – 27.5	1.2	—	—	1.2
合計（中心）		**41.7**	**225.4**	**-69.1**	**198.0**

中心**198.0 mm** = S_e 41.7 + S_c 225.4 – 膨張 69.1（保持）；隅角 168.7 mm、剛体 195.1 mm。時間：t_{50} = 0.72年、t_{90} = 3.71年。モジュールは同じ値を与える。

GeoTervaで解答を確認する ↗

結果を読む際の留意点

理論

基礎位置＝掘削底面；完全弾性基礎では等分布圧力；剛体基礎では急変部で≈ 0.93 × 弾性中心値。

即時沈下：各層において均質半無限体の応力（各層自身の ν による）。粘性土層は非排水（ν = 0.5）、砂質土層は排水とする。根入れ補正は行わない（$I_f = 1$）。

圧密：一次元Terzaghi理論；間隙水圧は静水圧であり、地下水位は掘削の影響を受けない；σ'_pは過去の最大応力であり、掘削によって減少しない；応力増分は中心直下の鉛直線上で求める。

沈下は正、隆起は負；ヘッダーの切替で符号を反転する（計算エンジンは古典的なまま）。

対象外：二次圧密、砂質層の圧密、SchmertmannおよびSPT/CPTの図表、層内で深さとともに増加する変形係数（層を分割する）、基礎の剛性と地盤－構造物相互作用、2D/3D圧密、有限要素法、支持力、液状化。

まとめ

ポイントのまとめ

$S = S_e + S_c$：粘性土層 = 非排水即時沈下 + 圧密；砂質土層 = 排水弾性沈下のみ

即時沈下（Steinbrenner）：$\Delta S_e = q_{net}\ \alpha\ B'\ (1 - \nu^2)/E \cdot [I_s(z_{下}) - I_s(z_{上})]$；$q_{net} = q_{全} - \sigma'_{v0}(D_{exc})$

圧密：応力経路 $\sigma'_{v0} \rightarrow \sigma'_{exc} \rightarrow \sigma'_{v0} \rightarrow \sigma'_{p} \rightarrow \sigma'_{最終}$（$C_s$、$C_r$、$C_c$）；NC粘土では $S_c = C_c\ f\ \log(\sigma'_{最終}/\sigma'_{v0})$

中央 $S_e + S_c$；**隅角** $S_{e,corner} + S_c$；**剛体** $0.93\ S_e + S_c$；不同沈下 = 即時沈下成分の差

掘削：即時沈下部はq_{net}で、粘土は膨張＋再圧密で評価する。「保持」$S = S_e + S_c + S_{膨張}$、「リセット」$S_e + S_c$

時間：$S(t) = S_e + \Sigma\ U_i(t)\ S_{c,i}$；$T_{v,50} = 0.197$、$T_{v,90} = 0.848$；$H_{dr} = H$（片面排水）または $H/2$（両面排水）

単一土層の場合、結果は弾性沈下モジュールまたは圧密モジュールと**完全に同一**である

参考文献

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage.

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage — 第10–11章（応力増分、圧密沈下、圧密の時間経過）。

Steinbrenner, W. (1934). Tafeln zur Setzungsberechnung. Die Strasse, 1, 121–124.

Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics. Wiley.

Duncan, J.M. & Buchignani, A.L. (1976). An engineering manual for settlement studies. University of California, Berkeley.

Kulhawy, F.H. & Mayne, P.W. (1990). Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design. EPRI EL-6800.

注記

数値例はすべてモジュール自身の計算エンジンで作成されており、モジュールは同じ値を与える（例の分割片：dz = 層厚）。

GeoTerva

オンライン地盤工学計算

理論から実務へ

粘土と砂の成層した独自の土層構成をGeoTervaで作成する。モジュールは沈下と時間曲線を同時に与える。

モジュールを開く →

理論ページ →

スマートフォンで開く

お試しモジュールは登録不要です。

講義で使用したい場合：info@geoterva.com