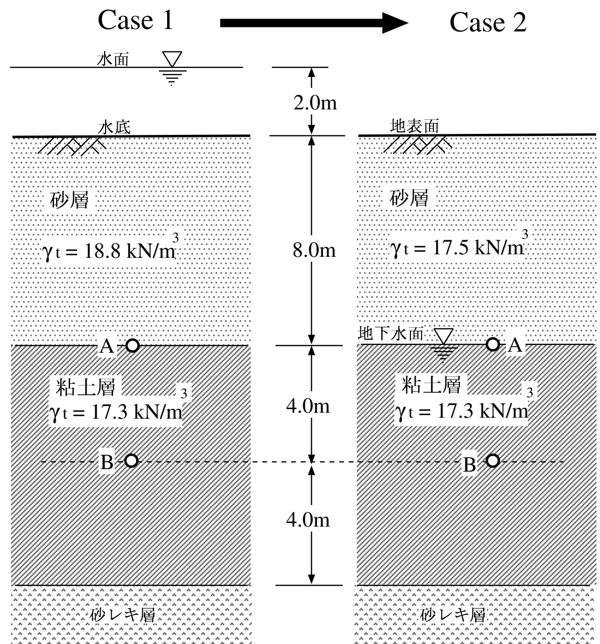
2008年度 地盤工学基礎演習課題　[2008.11.27出題]

問題

右図の２層地盤において，地下水位が Case 1 から Case 2 まで低下した場合の地盤の一次元圧密について以下の問いに答えよ。なお，この地盤は 11 月 5 日出題のケースと全く同じであり，鉛直有効応力はその計算結果をそのまま用いて良い。



(1)Case 1 のときの粘土層は一様であり，層全体の間隙比は e_0=2.30，圧縮指数は C_c=0.360 とする。Case 2 で地下水の低下後に圧密が生じたとき，A 点近傍，および B 点における粘土層の最終的な間隙比をそれぞれ求めよ。

(2)A 点および B 点の沈下ひずみ (圧縮ひずみ)$\Delta\epsilon$ を計算せよ。

解答例

11 月 5 日の演習結果より，(単位：kN/m^2)

	Case 1 p'_1	Case 2 p'_2	$\Delta p' = p'_2 - p'_1$
A 点	72.0	140.0	68.0
B 点	102.0	170.0	68.0

(1)

A 点の間隙比の変化量は，

$$-\Delta e = C_c \log\left(\frac{p'_{A2}}{p'_{A1}}\right) = 0.360 \times \log\left(\frac{140.0}{72.0}\right) = 0.104$$

したがって，$e = e_0 + \Delta e = 2.30 - 0.104 = 2.196 \approx 2.20$

B 点の間隙比の変化量は，

$$-\Delta e = C_c \log\left(\frac{p'_{B2}}{p'_{B1}}\right) = 0.360 \times \log\left(\frac{170.0}{102.0}\right) = 0.080$$

したがって，$e = e_0 + \Delta e = 2.30 - 0.080 = 2.220 = 2.22$

(2)

A 点の沈下ひずみ

$$\Delta\epsilon_A = \frac{-\Delta e}{1+e_0} = \frac{0.104}{1+2.30} = 0.0315 = 3.15 \times 10^{-2}$$

B 点の沈下ひずみ

$$\Delta\epsilon_B = \frac{-\Delta e}{1+e_0} = \frac{0.080}{1+2.30} = 0.0242 = 2.42 \times 10^{-2}$$

補足 1

数値処理での問題がいくつか散見される。

(1)log を自然対数で計算している事例が大変多い。授業のはじめに話したように工学分野では，常用対数を log，自然対数を ln と表すことが多く，電卓のキー表示もそのようになっている。

(2) 有効数字の扱いが適正でない (丸めすぎ) ものが多い。途中計算では一桁多い数値を入れて計算処理を行い，最終結果を適正な桁で丸めると良い。

(3)$\Delta p/p_0$ が十分小さいとして，$\log(1+\Delta p/p_0) \approx 0.434 \cdot \Delta p/p_0$ の関係式を用いた者が多いが (関数電卓を持っていないため？)，残念ながらこの例題では $\Delta p/p_0 = 68/72 = 0.94$ というように全く小さくないので，この近似式は使えない。少なくとも Δp の値があと二桁以上小さい場合を想定している。

補足 2

以上の計算結果から，均一な粘土層であっても，浅いところほど圧縮ひずみが大きくなることがわかる。圧縮ひずみは線形に変化しないため厳密な値ではないが，中央 (B 点) のひずみから全体の最終沈下量を近似的に推定する結果がもっとも妥当と思われる。計算結果を以下に示す。

$$S_0 = \Delta\epsilon_B H = 0.0242 \times 8.0 = 0.194 \text{ (m)}$$

一方，A 点のひずみを用いると 25.2cm，また，粘土層最下面のひずみを用いて沈下量を推定すると 15.7cm となり，それぞれ過大評価，過小評価となってしまう。

補足 3

ここで，連続的に変化する圧縮ひずみを積分して厳密な沈下量を計算してみよう。粘土層上面 A 点を原点に，下向きに座標軸 x を与えると，Case 1 の有効応力は，

$$p'_1 = p'_{A1} + (17.3 - 9.8)x = 72 - 7.5x$$

同様にして Case 2 を求めると，

$$p'_2 = p'_{A2} + (17.3 - 9.8)x = 140 - 7.5x$$

よって，x の位置におけるひずみ量は，

$$\Delta\epsilon(x) = \frac{C_c}{1+e_0}\log\left(\frac{p'_2}{p'_1}\right) = \frac{0.360}{1+2.30}\frac{1}{\ln(10)}\ln\left(\frac{140+7.5x}{72+7.5x}\right) = 0.04738\ln\left(\frac{140+7.5x}{72+7.5x}\right)$$

これを粘土層全体で積分すると，

$$\begin{aligned}
S_0 &= \int_0^8 \Delta\epsilon(x)dx \\
&= \int_0^8 0.04738\ln\left(\frac{140+7.5x}{72+7.5x}\right)dx \\
&= 0.04738\int_0^8 \{\ln(140+7.5x) - \ln(72+7.5x)\}dx \\
&= 0.04738\left[\frac{140+7.5x}{7.5}\{\ln(140+7.5x)-1\} - \frac{72+7.5x}{7.5}\{\ln(72+7.5x)-1\}\right]_0^8 \\
&= 0.197 \text{ (m)}
\end{aligned}$$

が得られた。この値は中央の B 点で推定した値に比べて若干大きいが，大きな違いは無い。地盤の物理量 (単位体積重量，間隙比など) の精度やバラツキを考えると，中央の B 点による簡易的な推定で十分ということがわかる。