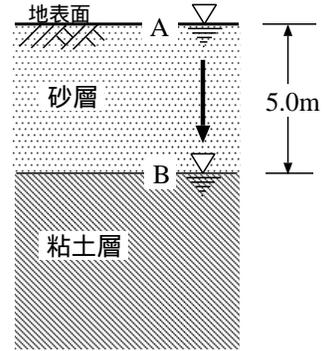


問題

右図のような成層地盤があり、各層の物性は下表のとおりであるとき、以下の問に答えよ。

- (1) 地下水面が地表面 (A 面) にあるとき、各層の間隙比 e_0 と飽和密度 ρ_{sat} をそれぞれ求めよ。
- (2) 地下水面が砂と粘土の層境界 (B 面) まで低下したとき、砂層の飽和度が 50% になった。このときの砂層の湿潤密度 ρ_t を計算せよ。
- (3) B 面に作用する鉛直有効応力 p' を、地下水面が A 面の時と B 面の時、それぞれについて求めよ。
- (4) 地下水位の低下によって、B 面付近で生ずる圧縮ひずみ $\Delta\epsilon$ を、砂層の場合と粘土層の場合についてそれぞれ求めよ。



物性層	土粒子密度 $\rho_s(\text{t/m}^3)$	乾燥密度 $\rho_d(\text{t/m}^3)$	圧縮指数 C_c
砂層	2.76	1.50	0.01
粘土層	2.70	0.90	0.50

なお、 $\rho_w = 1.0 \text{ t/m}^3$ 、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とする。

解答例

- (1)
砂層：

$$e_0 = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2.76}{1.50} - 1 = 0.84 \quad \rho_{sat} = \frac{\rho_s + e_0 \cdot \rho_w}{1 + e_0} = \frac{2.76 + 0.84 \times 1.0}{1 + 0.84} = 1.96 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

粘土層：

$$e_0 = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2.70}{0.90} - 1 = 2.00 \quad \rho_{sat} = \frac{\rho_s + e_0 \cdot \rho_w}{1 + e_0} = \frac{2.70 + 2.00 \times 1.0}{1 + 2.00} = 1.57 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

- (2)

$$\rho_t = \frac{\rho_s + e_0 \cdot S_r \cdot \rho_w}{1 + e_0} = \frac{2.76 + 0.84 \times 0.50 \times 1.0}{1 + 0.84} = 1.73 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

- (3)

地下水面 A:

$$p'_0 = 1.96 \times 9.8 \times 5.0 - 1.0 \times 9.8 \times 5.0 = 47.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

地下水面 B：間隙水圧が作用しないので全応力と等しいが、飽和度 50% 時の密度で計算する。

$$p'_1 = 1.73 \times 9.8 \times 5.0 = 84.8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- (4) 上の結果より、B 面において当初は $p'_0 = 47.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ であった有効応力が、地下水位の低下に伴って $p'_1 (= p'_0 + \Delta p') = 84.8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ となることがわかった。ちなみに、地下水位低下による応力増分は、 $\Delta p' = 84.8 - 47.0 = 37.8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ であり、意外に大きいことがわかる。

これより $e - \log p$ 関係を用いて、B 点付近で生ずる砂層と粘土層の圧縮ひずみを求める。

砂層：

$$\Delta\epsilon = \frac{C_c}{1 + e_0} \log \left(\frac{p'_1}{p'_0} \right) = \frac{0.01}{1 + 0.84} \log \left(\frac{84.8}{47.0} \right) = 1.39 \times 10^{-3}$$

粘土層

$$\Delta\epsilon = \frac{C_c}{1 + e_0} \log \left(\frac{p'_1}{p'_0} \right) = \frac{0.5}{1 + 2.00} \log \left(\frac{84.8}{47.0} \right) = 4.27 \times 10^{-2}$$

補足 1 よく見られた間違い

- × 地下水面 B の有効応力計算でも，無いはずの水圧を差し引いてしまった。
- × 地下水面 B の場合で，不飽和の ρ_t を使わずに飽和状態の密度で計算してしまった。
- × \log を常用対数でなく自然対数で計算してしまった。
工学テキストと電卓のキーは $\log \equiv \log_{10}$, $\ln \equiv \log_e$

いずれにしても，圧密の前後の有効応力をきちんと把握することが肝要。

補足 2 演習ではシンプルな数値を与えているが，粘土や砂の圧縮係数としては通常取り得る範囲であり，実際にこのくらい圧縮性に大きな差がある。この結果を利用して，例えば層厚 1 m あたりの沈下量を計算すると，砂がわずか 1.4mm であるのに対して，粘土は 43mm となる。粘土層が厚い場合，大変大きな沈下が予測される場所である。（ただし，深度が大きくなると初期の有効応力 p'_0 が大きくなるため， $\Delta p'$ が同程度であれば $(p'_0 + \Delta p')/p'_0$ は 1 に収束し，圧縮ひずみも小さくなる。）