

問題

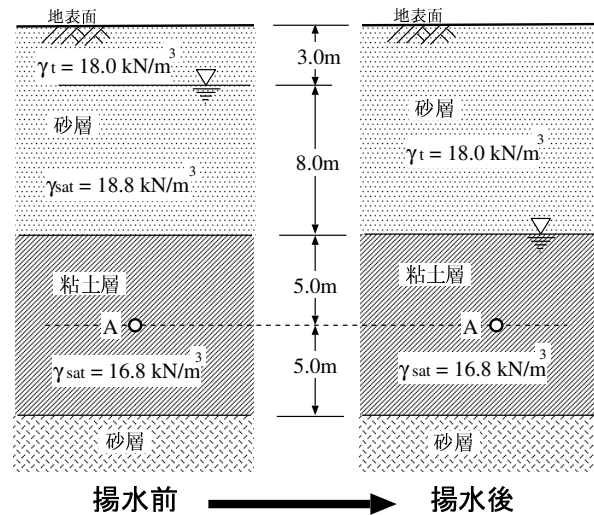
下図の水平地盤において、当初は地下水面が地表面から 3m の位置にあったが、井戸による揚水を行った結果、砂層と粘土層の境界まで水面の低下が生じた。以下の問いに答えよ。なお、 $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$ とする。

(1) 揚水前の、粘土層中央 A 点に作用する鉛直有効応力を求めよ。

(2) 揚水後に、粘土層中央 A 点に作用する鉛直有効応力を求めよ。

(3) 揚水後に一次元圧密が生じた。A 点における圧縮ひずみを計算せよ。なお、粘土層は正規圧密状態にあり、 $e_0 = 2.30$ 、 $C_c = 0.42$ である。

(4) 粘土層は全体にわたって一様と仮定するとき、粘土層の最終沈下量を推定せよ。



解答例

(1) 初期条件：揚水前の鉛直有効応力

$$\sigma_{A_0} = 18.0 \times 3.0 + 18.8 \times 8.0 + 16.8 \times 5.0 = 288.4 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$u_{A_0} = 9.8 \times (8.0 + 5.0) = 127.4 \quad (\text{kN/m}^2)$$

より、

$$\sigma'_{A_0} = \sigma_{A_0} - u_{A_0} = 288.4 - 127.4 = 161.0 \quad (\text{kN/m}^2)$$

(2) 揚水後の鉛直有効応力

$$\sigma_{A_1} = 18.0 \times (3.0 + 8.0) + 16.8 \times 5.0 = 282.0 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$u_{A_1} = 9.8 \times 5.0 = 49.0 \quad (\text{kN/m}^2)$$

より、

$$\sigma'_{A_1} = \sigma_{A_1} - u_{A_1} = 282.0 - 49.0 = 233.0 \quad (\text{kN/m}^2)$$

(3) A 点では、鉛直有効応力すなわち圧密圧力が、 161.0 kN/m^2 から 233.0 kN/m^2 に増加したことにより、最終的には以下の圧縮ひずみが発生する。

$$\epsilon = \frac{C_c}{1 + e_0} \log_{10} \frac{\sigma'_{A_1}}{\sigma'_{A_0}} = \frac{0.42}{1 + 2.30} \log_{10} \frac{233.0}{161.0} = 2.04 \times 10^{-2}$$

(4) 10m の粘土層全体で一様に上記のひずみが生じていると仮定して、粘土層の最終沈下量を求めると、

$$S_c = \epsilon \cdot H_c = 2.04 \times 10^{-2} \times 10.0 = 0.204 \quad (\text{m}) = 20.4 \quad (\text{cm})$$

補足 1

圧密理論では、沈下量の予測とともに、沈下に要する時間の予測も工学上重要である。

参考までに、圧密に要する時間を試算してみよう。

粘土層の圧密係数は、 $c_v = 5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ とする。

圧密度 90%，すなわち約 18cm 沈下するまでの時間を以下のように求めてみることにする。

まず、 $U = 90\%$ に対応する時間係数は、 $T_v = 0.848$ 。

最大透水距離は、両面排水なので、 $H=5.0 \text{ m} = 500 \text{ cm}$ 。これより、

$$\begin{aligned} t &= \frac{T_v \cdot H^2}{c_v} \\ &= \frac{0.848 \times 500^2}{5 \times 10^{-3}} \\ &= 4.24 \times 10^7 \text{ (s)} \\ &= 490 \text{ (日)} \end{aligned}$$

なんと 1 年と約 4 ヶ月になる。この試算で圧密係数は現実的な値を設定しており、このように圧密現象は大変多くの時間を要することがわかる。また、もし粘土層の下面が砂層で無く、もっと透水性の悪い地盤だとすると、透水距離は 2 倍の 10 m になって、その結果、圧密には 4 倍の 1963 日 (5 年以上) を要することになるのである。このため、圧密時間を短縮する工法がいろいろ開発されているので、どんなものがあるかを各自調べておくことをお勧めしたい。