

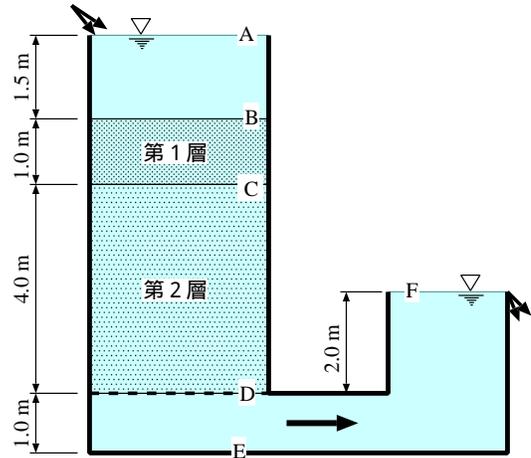
問題

右図の A 点および F 点の水位を保ちながら，2 層地盤に定常透水を生じさせているとき，C 点および D 点における鉛直方向の有効応力を求めよ。各層の単位体積重量と透水係数は以下とし，水の単位体積重量を 9.8 kN/m^3 とし計算せよ。

$$\text{第 1 層} : k_1 = 2.0 \times 10^{-3} \text{ (cm/s)}, \quad \gamma_{sat} = 17.8 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$\text{第 2 層} : k_2 = 1.0 \times 10^{-2} \text{ (cm/s)}, \quad \gamma_{sat} = 19.3 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

(ヒント：各層における水頭損失を未知数とする方程式を解いて，層ごとの動水勾配を求める。)



解答例

未知数として，第 1 層目における水頭損失を Δh_1 ，第 2 層目を Δh_2 と置く。2 つの層合わせたの水頭損失は下記の関係が成り立つ。

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 = (1.5 + 1.0 + 4.0) - 2.0 = 4.5 \quad (\text{m})$$

また，鉛直透水では各層の流量または流速は等しいので，次の関係が成り立つ。

$$v = k \cdot \frac{\Delta h}{z} = 2.0 \times 10^{-3} \times \frac{\Delta h_1}{1.0} = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{\Delta h_2}{4.0}$$

以上の連立方程式を解くと， $\Delta h_1 = 2.5 \text{ m}$ ， $\Delta h_2 = 2.0 \text{ m}$ が得られる。これより，各層の動水勾配は，

$$i_1 = \frac{\Delta h_1}{z_1} = \frac{2.5}{1.0} = 2.5 \quad i_2 = \frac{\Delta h_2}{z_2} = \frac{2.0}{4.0} = 0.5$$

一方，透水が無い静水状態の鉛直有効応力を計算するとそれぞれ以下となる。

$$C \text{ 点} : \sigma'_{C0} = (17.8 - 9.8) \times 1.0 = 8.0 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$D \text{ 点} : \sigma'_{D0} = 8.0 + (19.3 - 9.8) \times 4.0 = 46.0 \quad (\text{kN/m}^2)$$

上の値に対して，それぞれ下向き浸透の透水力による応力増分 $\sum i\gamma_w z$ を加える。

$$C \text{ 点} : \sigma'_C = \sigma'_{C0} + i_1 \gamma_w z_1 = 8.0 + 2.5 \times 9.8 \times 1.0 = 8.0 + 24.5 = 32.5 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$D \text{ 点} : \sigma'_D = \sigma'_{D0} + i_1 \gamma_w z_1 + i_2 \gamma_w z_2 = 46.0 + 24.5 + 0.5 \times 9.8 \times 4.0 = 90.1 \quad (\text{kN/m}^2)$$

補足 1

D 点は圧力水頭が 2m であり水圧が明らかなので，下式でも容易に求まる。

$$\sigma'_D = 9.8 \times 1.5 + 17.8 \times 1.0 + 19.3 \times 4.0 - 9.8 \times 2.0 = 90.1 \quad (\text{kN/m}^2)$$

補足 2

各層の動水勾配までは算出できたが，有効応力計算において層厚 z の適用での間違いが多く見られた。各層毎の動水勾配に対して，その層厚を対応させるべきところ，水面からの深さを乗じていた解答が多い。たとえば第 1 層の $i_1 = 2.5$ に対応する層厚は 1.0 m であるが，水面からの深さ 2.5 m を乗ずる間違いをしている。

水のみを区間を厳密に考えてみよう。AB 間 1.5 m 分は水頭損失がないから動水勾配は $i = 0$ である。したがって，透水力による B 面の有効応力増分は $i\gamma_w z = 0$ ということになる。