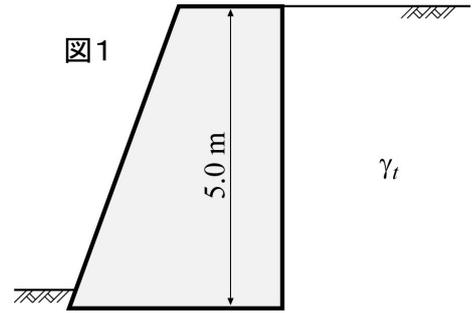


2012 年度 地盤工学基礎 演習課題 [2012.12.19 出題]

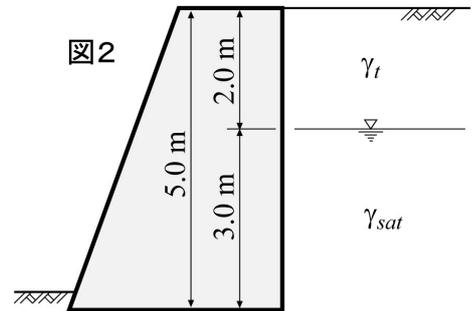
問題

右図の擁壁に作用する Rankine の主働土圧に関して、次の問いに答えよ。

- (1) 地下水が無いとき (図1) , 壁面に作用する水平土圧の合力を求めよ。背面地盤は $c'=0, \phi'=36^\circ$, 湿潤単位重量 $\gamma_t = 16.60 \text{ kN/m}^3$ の砂であり, 表面荷重は作用していない。



- (2) 背面地盤内の地下水位が図2まで上昇したとき壁面に作用する水平土圧と水圧の合力を求めよ。水位上昇により, 地下水面上深は飽和単位重量が $\gamma_{sat} = 17.40 \text{ kN/m}^3$ となった。水の単位重量は $\gamma_w = 9.81 \text{ kN/m}^3$ で計算せよ。



解答例

- (1) Rankine の主働土圧係数は,

$$K_a = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{36}{2} \right) = 0.2596 \approx 0.260$$

したがって,

$$Q_a = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_a = \frac{1}{2} \times 16.60 \times 5.0^2 \times 0.2596 = 53.86 \approx 53.9 \text{ (kN/m)}$$

- (2) 深度 2m までの土圧合力は,

$$Q_{a1} = \frac{1}{2} \times 16.60 \times 2.0^2 \times 0.2596 = 8.62 \text{ (kN/m)}$$

深度 2m の水平土圧は, $\sigma_h' = K_a \sigma_v' = 0.2596 \times 16.60 \times 2.0 = 8.62 \text{ kN/m}^2$

深度 5m の水平土圧は,

$$\sigma_h' = K_a \sigma_v' = 0.2596 \times [16.60 \times 2.0 + (17.40 - 9.81) \times 3.0] = 14.52 \text{ kN/m}^2$$

したがって, 深度 2~5m に作用する土圧合力は, 水平土圧の台形分布を考慮して,

$$Q_{a2} = \frac{8.62 + 14.52}{2} \times 3.0 = 34.71 \text{ (kN/m)}$$

水圧合力は, $Q_w = \frac{1}{2} \gamma_w H^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 3.0^2 = 44.14 \text{ (kN/m)}$

以上より, 壁面に作用する水平力 (土圧と水圧の合力) は,

$$Q = Q_{a1} + Q_{a2} + Q_w = 8.62 + 34.71 + 44.14 = 87.47 \approx 87.5 \text{ (kN/m)}$$

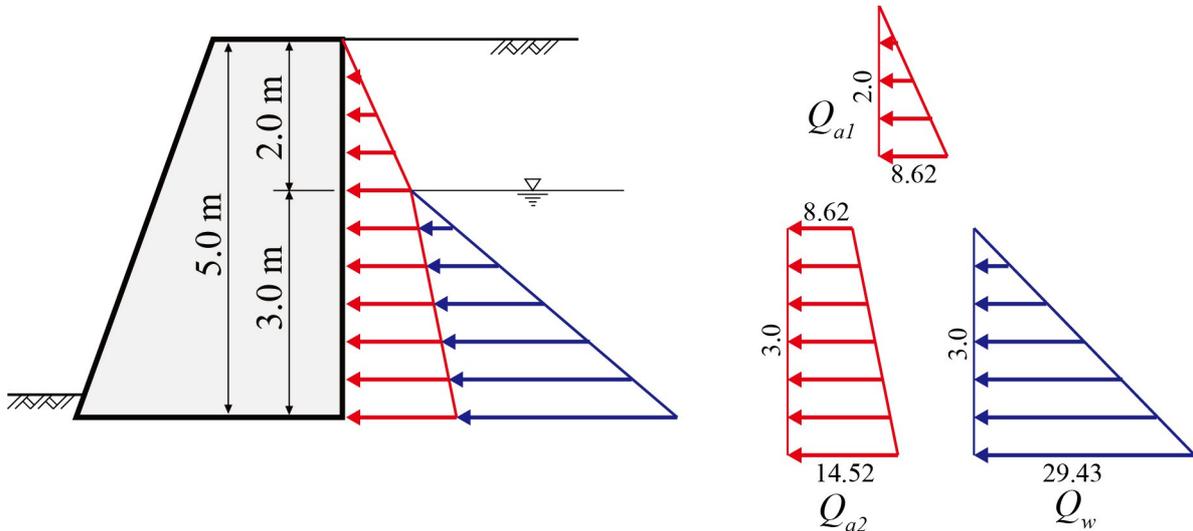
補足

(2)は全滅でした。いわゆる公式にない問題ですが、基本は深さ2mと5mの水平有効応力（土圧）と水圧を求めることです。圧力（土圧・水圧）分布がわかれば、下記の手順で解答出来ます。

まず、地下水がある場合は、有効応力に基づく水平土圧と水圧を別々に計算します。

(2)の圧力分布を図示すると下図のようになります。地下水面より上では単純な三角形分布、地下水面以下では、土圧が台形分布となり、水圧は三角形分布です。

土圧・水圧の合力はそれぞれの面積で表されます。



深さ2mの土圧は $\sigma_h = \sigma_h' = 8.62 \text{ kN/m}^2$ 、5mでの水平土圧は $\sigma_h' = 14.52 \text{ kN/m}^2$ 、水圧は $u = 29.43 \text{ kN/m}^2$

剛な擁壁に作用する土圧、水圧は直線的に変化すると仮定できるので、上のように三角形、または台形分布となり、境界部の水平応力・水圧が得られれば単純な面積計算で求められますが、あえて積分形式で解くと下式の通りです。（ z は地表面から、 H_w は地下水面からの深さ）

$$\begin{aligned}
 Q &= K_a \int_0^{2.0} \gamma_t z dz + K_a \int_0^{3.0} (\gamma_t \times 2.0 + \gamma' H_w) dH_w + \int_0^{3.0} \gamma_w H_w dH_w \\
 &= K_a \left[\frac{\gamma_t z^2}{2} \right]_0^{2.0} + K_a \left[2.0 \times \gamma_t H_w + \frac{\gamma' H_w^2}{2} \right]_0^{3.0} + \left[\frac{\gamma_w H_w^2}{2} \right]_0^{3.0} \\
 &= 0.2596 \times \left[\frac{16.60 \times 2.0^2}{2} \right] + 0.2596 \times \left[2.0 \times 16.60 \times 3.0 + \frac{7.59 \times 3.0^2}{2} \right] + \left[\frac{9.81 \times 3.0^2}{2} \right] \\
 &= 8.618 + 34.722 + 44.145 = 87.485 \approx 87.5 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

図から、水圧の影響は非常に大きいことがわかります。

主働土圧のみで比較すれば、地下水がないときの方が若干大きくなりますが、

水圧による水平力の上昇が大変大きいので、擁壁に転倒や滑動の恐れが出てきます。

講義で伝えたように、擁壁をつくる場合は背面地盤の地下水位を高くしないことが肝要です。