

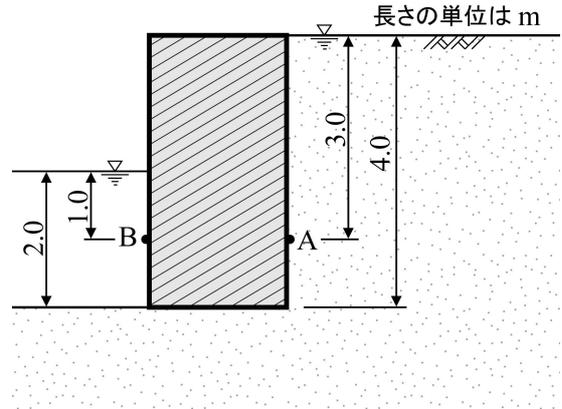
2011 年度 地盤工学基礎 演習課題 [2012.1.17 出題]

問題

右図の擁壁に作用する水平土圧と水圧に関して、水面の位置に留意して以下の問いに答えよ。

なお、背面地盤は $c = 0$ 、 $\phi = 35^\circ$ 、 $\gamma_{sat} = 17.5 \text{ kN/m}^3$ の均一な飽和砂層である。

- (1) 擁壁に作用する土圧が主動状態に至ったとする。Rankine の主動土圧係数を求めよ。
- (2) 鉛直な壁面の A 点に作用する主動土圧（水平有効応力）と水圧、および、B 点に作用する水圧の値をそれぞれ求めよ。（ $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$ ）
- (3) 擁壁の左側面に作用する水圧の合力（奥行き 1m 当たり）を計算せよ。
- (4) 擁壁の右側面に作用する土圧と水圧の合力（奥行き 1m 当たり）を計算せよ。



解答例

- (1) Rankine の主動土圧係数

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{35}{2} \right) = 0.271$$

- (2) A 点に作用する鉛直応力は、

$$\sigma'_v = \gamma' z = (17.5 - 9.8) \times 3.0 = 23.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって、主動土圧は、

$$\sigma_{ha} = K_a \cdot \sigma'_v = 0.271 \times 23.1 = 6.26 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

A 点の水圧は、静水状態のため鉛直と水平の圧力が等しいので、

$$u_A = \gamma_w z = 9.8 \times 3.0 = 29.4 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

B 点の水圧は、水深が 1.0 m より、

$$u_B = \gamma_w z = 9.8 \times 1.0 = 9.8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- (3) 水圧は三角形分布となり、その合力である積分値は、

$$Q_w = \frac{1}{2} \gamma_w H_w^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 = 19.6 \text{ (kN/m)}$$

- (4)

主動土圧合力： $Q_a = \frac{1}{2} K_a \gamma' H^2 = \frac{1}{2} \times 0.271 \times (17.5 - 9.8) \times 4.0^2 = 16.7 \text{ (kN/m)}$

水圧の合力： $Q_w = \frac{1}{2} \gamma_w H^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4.0^2 = 78.4 \text{ (kN/m)}$

したがって、土圧と水圧を合計すると、

$$Q = Q_a + Q_w = 16.7 + 78.4 = 95.1 \text{ (kN/m)}$$

補足

① 土圧、水圧の合力計算の間違いがかなり見られました。

静水圧は三角形分布であり、水面を $z=0$ とすると、 $u=\gamma_w \cdot z$ で表されます。

従って、深さ H までの水圧合力は、上式を積分して、

$$Q_w = \int_0^H u dz = \int_0^H \gamma_w \cdot z dz = \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

壁面と水が接する高さは、擁壁左側では $H=2.0$ m であり、右側は $H=4.0$ m で計算します。

擁壁背面の地盤が一様で、水面が地表面と一致しているため、有効鉛直応力は、

$\sigma'_v = \gamma' z$ で計算できる。また、表面載荷と粘着力が無いので、水平土圧は鉛直応力
に土圧係数 K_a を乗じた値となり、今回は単純な三角形分布となります。よって、地表面
を $z=0$ として積分すると、下式のとおり土圧合力が得られます。

$$Q_a = \int_0^H u dz = \int_0^H K_a \cdot \gamma' \cdot z dz = \frac{1}{2} K_a \gamma' H^2$$

② 計算結果から、擁壁の安定を考えてみましょう。

この擁壁の安定で問題となる場面として、底面の摩擦が限界に至って左方向に滑動する
場合と、土圧・水圧による回転モーメントで転倒する場合が想定されます。

・滑動に関しては、擁壁には、左向きに $95.1-19.6=78.4$ kN/m の水平力が作用しているため、
底面の摩擦抵抗力がこれを上回らないように設計する必要があります。その結果、壁の厚
さが決定されます。

・転倒に対しては、壁の自重と支点距離が効いてくるため、結局必要な壁の厚さを確保す
るよう設計することになります。

このような、壁の重量と厚みで土圧の作用による滑動や回転に対抗する形式を、重力式
擁壁と呼んでいます。

なお、左側面に作用する水圧は抵抗力として働きますが、水が干上がった条件を考慮す
ると、擁壁の安定計算には、その水圧合力は見積もらない方が安全になります。

③

(4) の計算結果から、土圧よりも水圧の方が遙かに大きいことがわかります。すなわち、
背面の水位が高い場合は、擁壁が非常に危険な状態となるのです。これを防ぐためには、擁
壁の脇に透水性の良いレキなどの材料を入れ、擁壁に水抜き孔を配置して背面地盤の排水を
促し、なるべく側面に水圧が作用しないよう対策することが、設計・施工上の原則となっ
ています。