

問題

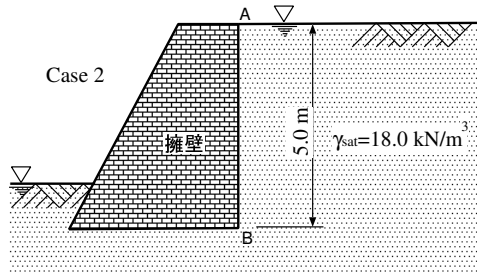
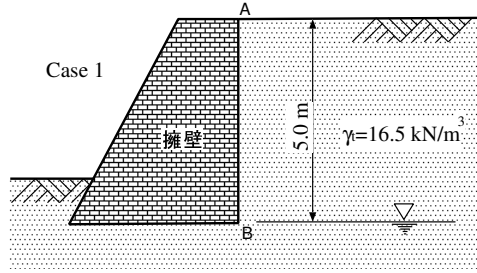
右図の重力式擁壁の背面 AB 間に作用する土圧に関して、以下の問いに答えよ。なお背面の土は粘着力のない砂で $\phi = 36^\circ$ であり、静止土圧係数は $K_0 = 0.4$ とする。

(1) 地下水面が擁壁より低い Case1 において、擁壁幅 (奥行き方向) 1m 当たり作用する主働全土圧 Q_a 、ならびに受働全土圧 Q_p を、Rankine 理論によってそれぞれ求めよ。

(2) Case1 の場合の、静止状態における全土圧 Q_0 を計算せよ。

(3) 地盤内の水位が Case2 のように地表面まで達したとき、背面 AB 間に作用する静止全土圧 Q_0 と全水圧 (水圧合力) Q_w をそれぞれ求め、水平力の合計値 Q を計算せよ。

(水の単位体積重量は 9.8 kN/m^3 とする。)



解答例

(1) Rankine 理論より、各土圧係数を計算する。

$$\text{主働土圧係数: } K_a = \tan^2 \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{36^\circ}{2} \right) = 0.2596$$

$$\text{受働土圧係数: } K_p = \tan^2 \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{36^\circ}{2} \right) = 3.8518$$

したがって Case1 で作用する全土圧は、表面載荷が無く $c = 0$ の条件より、

$$\text{主働全土圧: } Q_a = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_a = \frac{1}{2} \times 16.5 \times 5.0^2 \times 0.2596 = 53.5 \text{ (kN/m)}$$

$$\text{受働全土圧: } Q_p = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_p = \frac{1}{2} \times 16.5 \times 5.0^2 \times 3.8518 = 794.4 \text{ (kN/m)}$$

(2) 静止土圧は、上式で静止土圧係数を適用して計算する。

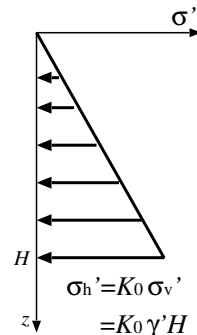
$$\text{静止全土圧: } Q_0 = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_0 = \frac{1}{2} \times 16.5 \times 5.0^2 \times 0.4 = 82.5 \text{ (kN/m)}$$

(3) 基本的に、土圧計算は有効応力に基づかなければならない。Case1 では水位が擁壁より低いので有効応力と全応力は同じとなるが、地下水面が地表面まで上昇した Case2 では右図のような土圧分布が想定される。このとき B 点の静止土圧 (水平有効応力) は、

$$\sigma'_h = \sigma'_v \cdot K_0 = \gamma' H \cdot K_0 = (\gamma_{sat} - \gamma_w) H \cdot K_0$$

全土圧は、右図のような三角形分布を仮定すると、その面積になるので、

$$\begin{aligned} Q_0 &= \frac{\sigma'_h \cdot H}{2} \\ &= \frac{\{(\gamma_{sat} - \gamma_w) H \cdot K_0\} \cdot H}{2} \\ &= \frac{1}{2} (\gamma_{sat} - \gamma_w) H^2 K_0 \\ &= \frac{1}{2} \times (18.0 - 9.8) \times 5.0^2 \times 0.4 \\ &= 41.0 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

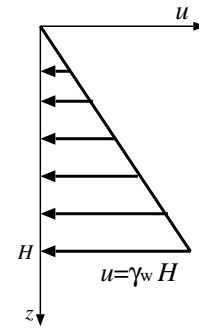


全水圧は、静水圧分布 ($u = \gamma_w z$) より、

$$Q_w = \frac{1}{2} \gamma_w H^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 5.0^2 = 122.5 \text{ (kN/m)}$$

したがって、擁壁背面に作用する水平力の合計は、

$$Q = Q_0 + Q_w = 41.0 + 122.5 = 163.5 \text{ (kN/m)}$$



補足 1

(3) で解説したが、水平土圧についてもう一度整理すると、水平有効応力は、鉛直有効応力に土圧係数 K を乗じたものである。

$$\sigma'_h = K \cdot \sigma'_v$$

全土圧 (土圧合力) は、水平土圧を積分する下式が一般式となり、

$$Q = \int_0^H \sigma'_h dz = \int_0^H K \cdot \sigma'_v dz$$

特に、地表面に水位がある一様な地盤では三角形分布となるので、

$$Q = \int_0^H K \cdot \sigma'_v dz = K \int_0^H \gamma' z dz = \frac{1}{2} K \gamma' H^2$$

(なお K は、 K_a , K_p , K_0 のいずれか。)

静水圧は 360° 全方向に同じ圧力が作用するので、上式で $K = 1$ とし、 γ' の代わりに γ_w とおけば良い。

$$Q = \int_0^H \gamma_w z dz = \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

補足 2

(3) の計算で、土圧計算時に静止土圧係数 $K_0 = 0.4$ を乗じていない解答 (102.5 kN/m^2) が多く見られた。

補足 3

今回の演習の目的のひとつは、擁壁背面の水圧の影響を大変大きいということを理解してもらうことである。水位が上昇することによって、有効土圧自体は減少するものの、静止土圧より大きな水圧が別途作用することがわかる。擁壁背面にはその合計が作用してくるのである。

このため、設計時には現場条件を考慮して水圧上昇を見込んだ安全を確保した上で、擁壁裏の水位上昇が生じないようにしておくことが重要となる。実際には、壁面に水抜き孔を配置し、地盤と擁壁の間には透水性の良い礫質土や排水マットなどを挟み込むなどの処置がとられる。