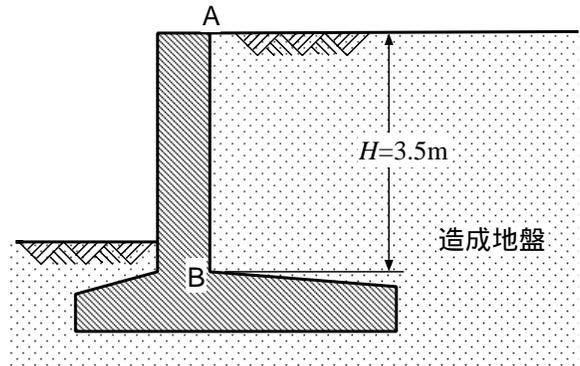


問題

図のような逆 T 型擁壁を用いて宅地造成を行いたい。粘着力の無い砂を含水比 $w = 16\%$ に調整し，乾燥単位体積重量が $\gamma_d = 1.50\text{kN/m}^3$ となるように締固めを行った。せん断抵抗角は $\phi = 35^\circ$ となった。

擁壁の鉛直部 AB(たて壁) に作用する受働条件の全土圧 Q_p を以下の 3 つのパターンで求めよ。

- (1) Rankine の土圧理論を用いた場合。
- (2) Coulomb の土圧理論を用い，粗さ角を $\delta = 20^\circ$ と仮定した場合。
- (3) Coulomb の土圧理論を用い，粗さ角を $\delta = 0^\circ$ と仮定した場合。



解答例

(1) はじめに，造成地盤の湿潤単位体積重量を求める。

$$\gamma_t = \gamma_d \cdot (1 + w) = 1.50 \times (1 + 0.15) = 1.725 \quad (\text{kN/m}^3)$$

また，Rankine の受働土圧は， $\phi = 35^\circ$ より求められる。

$$K_p = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{35}{2} \right) = 3.69$$

$c = 0$ より，全土圧 (単位奥行きあたり) は下式のとおりである。

$$Q_p = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_p = \frac{1}{2} \times 1.725 \times 3.5^2 \times 3.69 = 39.0 \quad (\text{kN/m})$$

(2) $\phi = 35^\circ, \delta = 20^\circ, \omega = 90^\circ, \beta = 0^\circ$ より，Coulomb の受働土圧係数を計算する。

$$K_p = \left[\frac{\sin(\omega + \phi)}{\sin \omega \left\{ \sqrt{\sin(\omega - \delta)} - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\omega - \beta)}} \right\}} \right]^2$$

$$= \left[\frac{\sin(90 + 35)}{\sin 90 \left\{ \sqrt{\sin(90 - 20)} - \sqrt{\frac{\sin(35 + 20) \sin(35 - 0)}{\sin(90 - 0)}} \right\}} \right]^2 = 8.32$$

したがって全土圧は下式のとおりである。

$$Q_p = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_p = \frac{1}{2} \times 1.725 \times 3.5^2 \times 8.32 = 87.9 \quad (\text{kN/m})$$

(3)(2) の条件において， $\delta = 0$ において計算を行う。

$$K_p = \left[\frac{\sin(90 + 35)}{\sin 90 \left\{ \sqrt{\sin(90 - 0)} - \sqrt{\frac{\sin(35 + 0) \sin(35 - 0)}{\sin(90 - 0)}} \right\}} \right]^2 = 3.69$$

$$Q_p = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_p = \frac{1}{2} \times 1.725 \times 3.5^2 \times 3.69 = 39.0 \quad (\text{kN/m})$$

補足 1

実は出題中のパラメータで適切でない値がある。乾燥単位体積重量を，一般的な砂地盤の 10 分の 1 の値を与えてしまった。本来は $\gamma_d = 15.0 \text{ kN/m}^3$ とするつもりであったことを理解していただきたい。なおその場合の解答は，全土圧が単純に 10 倍になるだけである。

ただし出題の値は，そのような非常に軽量の粒状体が存在するとすれば，全く非現実的というわけではない。計算例からわかるように，軽い材料を用いれば土圧を低減することができるわけであり，実際に，発泡スチロールを盛土材料に用いる方法 (EPS 工法) など存在するのである。(実際の EPS 工法は，積木のように直方体の発泡スチロールブロックを重ねる方法なので側方土圧は発生しない。また，重量は土の百分の一である。このため，盛土荷重の低減による軟弱地盤上の盛土沈下防止にも大変有効な方法となっている。)

補足 2

(1) と (3) の結果を見比べると，等しい値であることがわかる。実は， $\omega = 90^\circ$ ， $\beta = 0^\circ$ の条件において，粗さ角 $\delta=0$ と仮定すると，Coulomb 土圧と Rankine 土圧は全く同じとなる。それを以下に示す。

Coulomb の土圧式に $\delta = 0$ ， $\omega = \frac{\pi}{2}$ ， $\beta = 0$ を代入する。

$$\begin{aligned} K_p &= \left[\frac{\sin(\omega + \phi)}{\sin \omega \left\{ \sqrt{\sin(\omega - \delta)} - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\omega - \beta)}} \right\}} \right]^2 \\ &= \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \phi\right)}{\sin \frac{\pi}{2} \left\{ \sqrt{\sin\left(\frac{\pi}{2} - 0\right)} - \sqrt{\frac{\sin(\phi + 0) \sin(\phi - 0)}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - 0\right)}} \right\}} \right]^2 \\ &= \frac{\sin^2\left(\frac{\pi}{2} + \phi\right)}{(1 - \sin \phi)^2} = \frac{(\sin \frac{\pi}{2} \cos \phi + \sin \phi \cos \frac{\pi}{2})^2}{(1 - \sin \phi)^2} \\ &= \frac{\cos^2 \phi}{(1 - \sin \phi)^2} = \frac{(1 - \sin \phi)(1 + \sin \phi)}{(1 - \sin \phi)^2} \\ &= \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \\ &= \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \end{aligned}$$

このように，最終的に Rankine の土圧式が得られた。

補足 3

次頁に，各パラメータと主働・受働土圧係数の関係を表した図を掲載する。どのパラメータがどのように効いてくるのか，各自で確かめてほしい。またこれらの図は，Rankine や Coulomb 理論で計算した土圧係数が適正かどうか，おおよその確認にも利用できる。

Coulomb の土圧係数に及ぼす各パラメータの影響

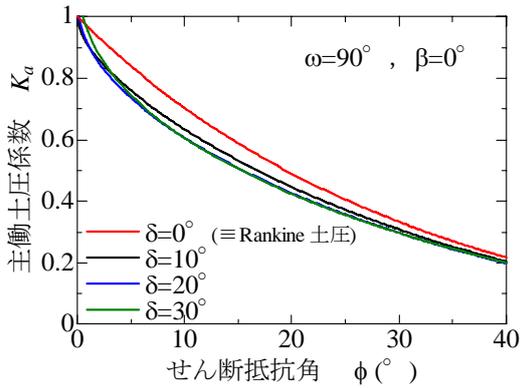


図1 せん断抵抗角の影響(主働土圧)

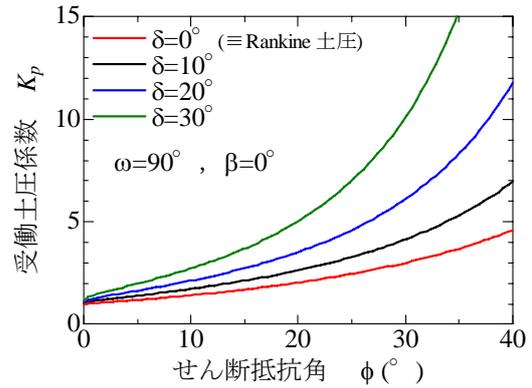


図5 せん断抵抗角の影響(受働土圧)

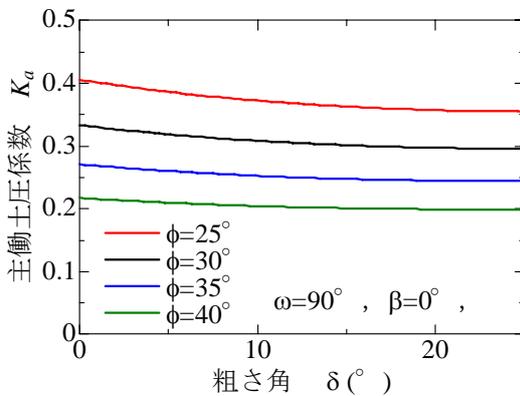


図2 粗さ角の影響(主働土圧)

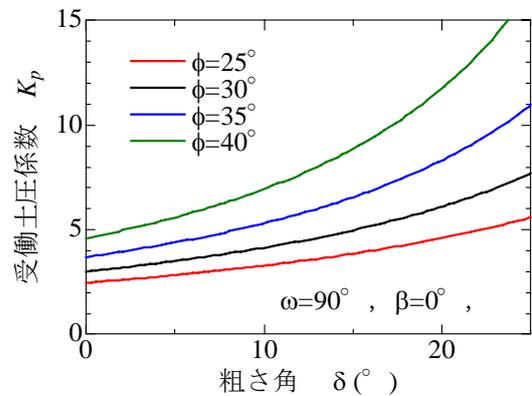


図6 粗さ角の影響(受働土圧)

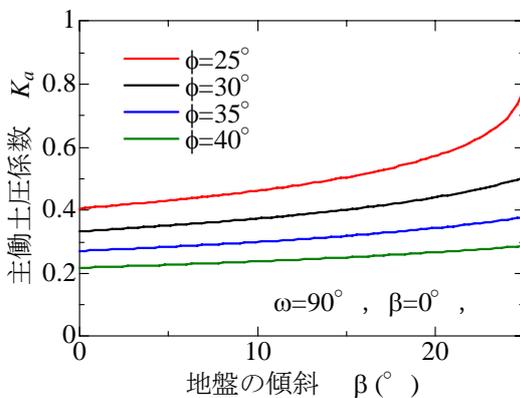


図3 背面地盤の傾きの影響(主働土圧)

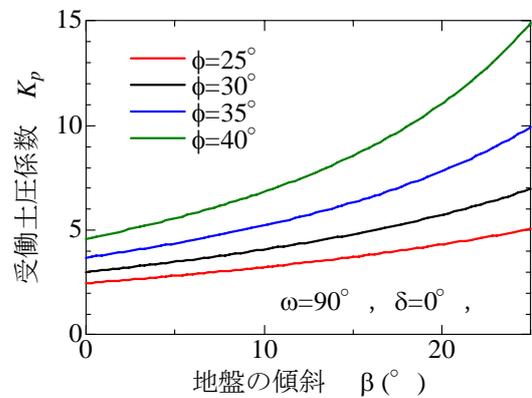


図7 背面地盤の傾きの影響(受働土圧)

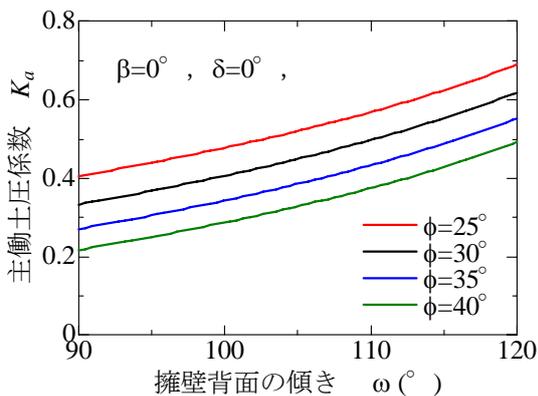


図4 擁壁背面の傾きの影響(主働土圧)

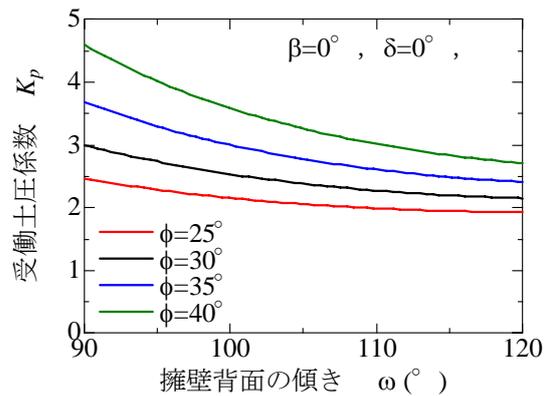


図8 擁壁背面の傾きの影響(受働土圧)