

演習1:逆T式擁壁の設計演習【回答】

1. 設計条件

1) 裏込め土

砂質土

単位体積重量 $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$

内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$

2) 躯体

鉄筋コンクリート

単位体積重量 $\gamma_c = 24.5 \text{ kN/m}^3$

3) 載荷重

車道部：活荷重

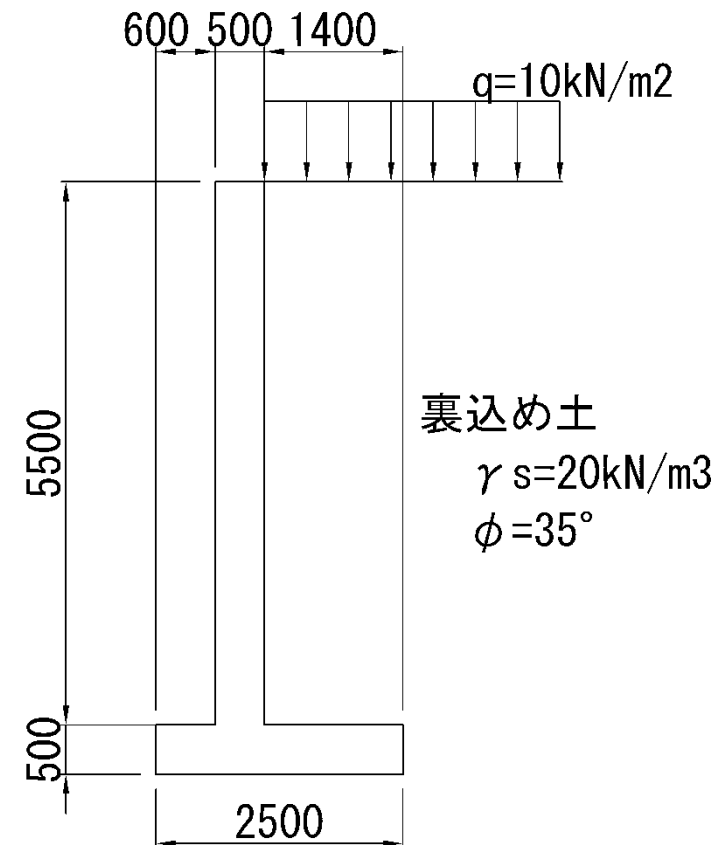
$q = 10 \text{ kN/m}^2$

4) 基礎地盤の諸量

底版と基礎地盤の摩擦係数 $\mu = 0.6$

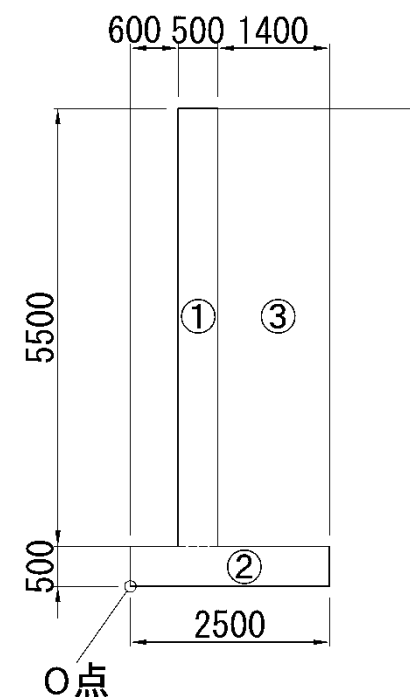
基礎地盤の粘着力 $c = 0$

許容支持力度 $q_a = 300 \text{ kN/m}^2$



2. 自重の計算

下図において、断面を ① ～ ③ に分割し、各要素の重量およびO点から図心位置までの距離（＝アーム長 x_i ）を求めて、自重およびO点におけるモーメント（＝抵抗モーメント）を算出する。



自 重 計 算

要素	要素の体積 V_i (m ³)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	自 重 $W_i = V_i \cdot \gamma$ (kN)	アーム長 x_i (m)	抵抗モーメント $M_r = W_i \cdot x_i$ (kN・m)
①たて壁	$5.50 \times 0.50 = 2.75$	24.5	67.375	0.85	57.27
②底版	$2.50 \times 0.50 = 1.25$	24.5	30.625	1.25	38.28
③裏込め土	$5.50 \times 1.40 = 7.70$	20	154.000	1.80	277.2
合計	—	—	252.000	—	372.75

注) 自重は奥行き 1 m 当たりで計算する。

3. 土圧計算

土圧は試行くさび法により算出する。すべり角 ω を任意に設定し、最大となる土圧を算定する。

下表の内、最低3断面を計算し、最大となる土圧を決定する。(次項参照)

すべり角 ω (°)	主働土圧合力 P_a (kN)	判 定
58	111.40	
60	113.07	
62	113.79	◎
64	113.55	

上表より、 $\omega = 62^\circ$ が最大となることが知れた。

これにより擁壁に作用する土圧は

$$\text{水平土圧 } P_h = P_a \cdot \cos \delta = 113.79 \cdot \cos 0^\circ = 113.79 \quad \text{kN}$$

$$\text{鉛直土圧 } P_v = P_a \cdot \sin \delta = 113.79 \cdot \sin 0^\circ = 0.00 \quad \text{kN}$$

試算1

$\omega = 58^\circ$ と仮定した場合

くさび重量 W_s

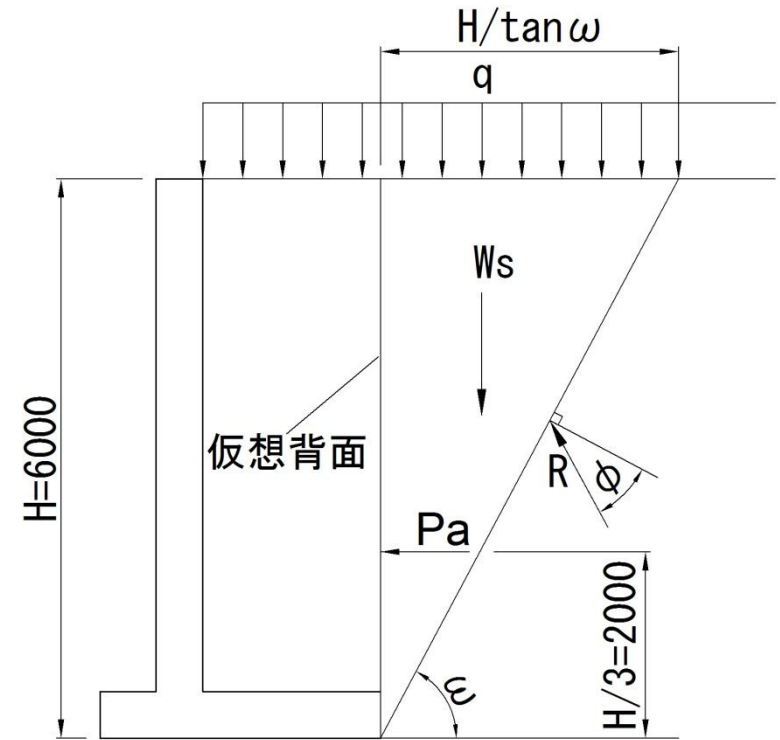
$$\begin{aligned} W_s &= \gamma_s \cdot H \cdot (H/\tan\omega)/2 + q \cdot H/\tan\omega \\ &= 20 \cdot 6 \cdot (6/\tan 58^\circ)/2 + 10 \cdot 6/\tan 58^\circ \\ &= 262.45 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

主働土圧合力 P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - j)} = \frac{262.45 \cdot \sin(58 - 35)^\circ}{\cos(58 - 35 - 0 - 0)^\circ} \\ &= 111.40 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

ここで、

- W_s : くさび重量 (载荷重含む)
- ϕ : 裏込め土の内部摩擦角
- δ : 壁面摩擦角 (=0)
- j : 仮想背面と土圧作用面のなす角 (=0)



試算 2

$\omega = 60^\circ$ と仮定した場合

くさび重量 W_s

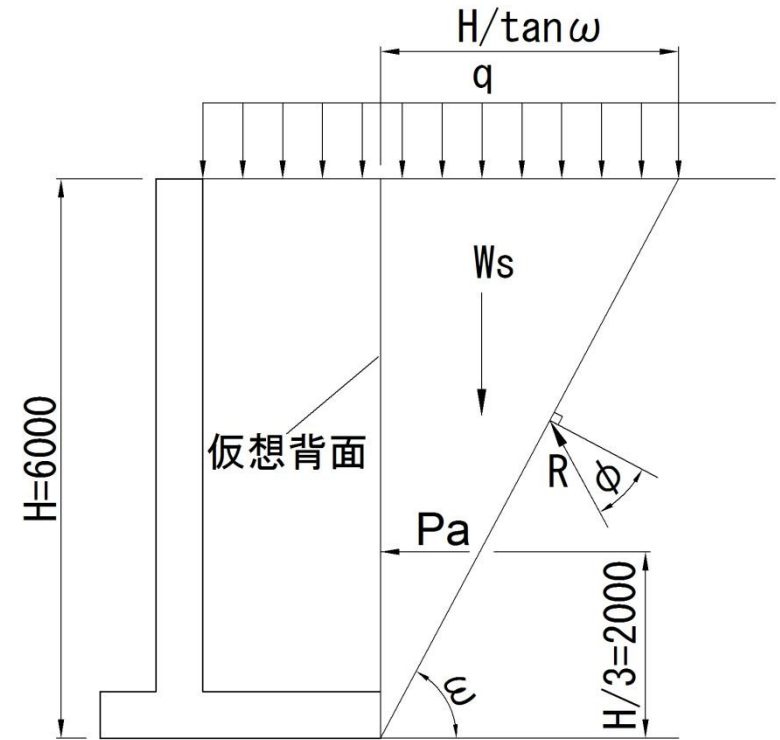
$$\begin{aligned} W_s &= \gamma_s \cdot H \cdot (H/\tan\omega)/2 + q \cdot H/\tan\omega \\ &= 20 \cdot 6 \cdot (6/\tan 60^\circ)/2 + 10 \cdot 6/\tan 60^\circ \\ &= 242.49 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

主働土圧合力 P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - j)} = \frac{242.49 \cdot \sin(60 - 35)^\circ}{\cos(60 - 35 - 0 - 0)^\circ} \\ &= 113.07 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

ここで、

- W_s : くさび重量 (载荷重含む)
- ϕ : 裏込め土の内部摩擦角
- δ : 壁面摩擦角 (=0)
- j : 仮想背面と土圧作用面のなす角 (=0)



試算 3

$\omega=62^\circ$ と仮定した場合

くさび重量 W_s

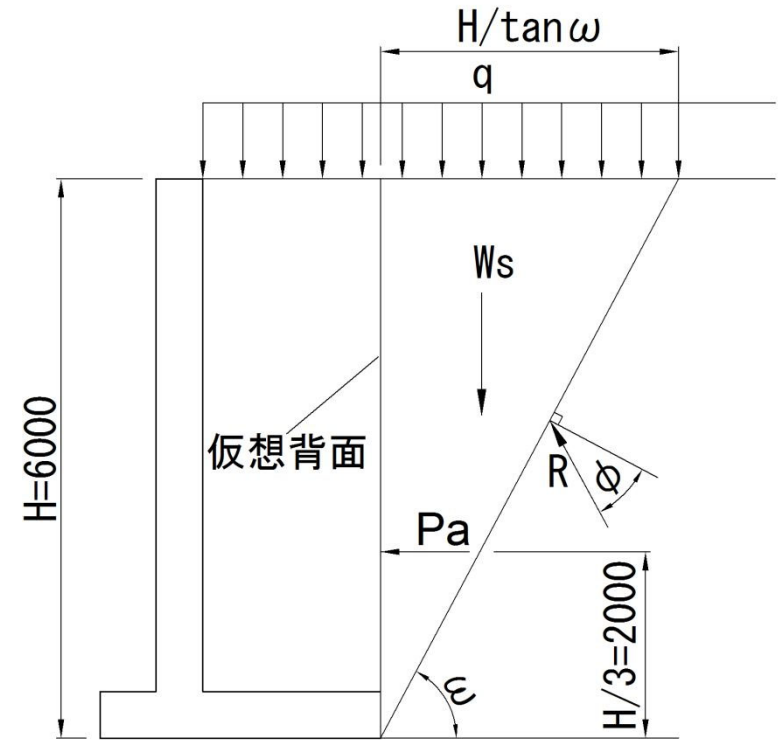
$$\begin{aligned} W_s &= \gamma_s \cdot H \cdot (H/\tan\omega)/2 + q \cdot H/\tan\omega \\ &= 20 \cdot 6 \cdot (6/\tan 62^\circ)/2 + 10 \cdot 6/\tan 62^\circ \\ &= 223.32 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

主働土圧合力 P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - j)} = \frac{223.32 \cdot \sin(62 - 35)^\circ}{\cos(62 - 35 - 0 - 0)^\circ} \\ &= 113.79 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

ここで、

- W_s : くさび重量 (载荷重含む)
- ϕ : 裏込め土の内部摩擦角
- δ : 壁面摩擦角 (=0)
- j : 仮想背面と土圧作用面のなす角 (=0)



試算 4

$\omega=64^\circ$ と仮定した場合

くさび重量 W_s

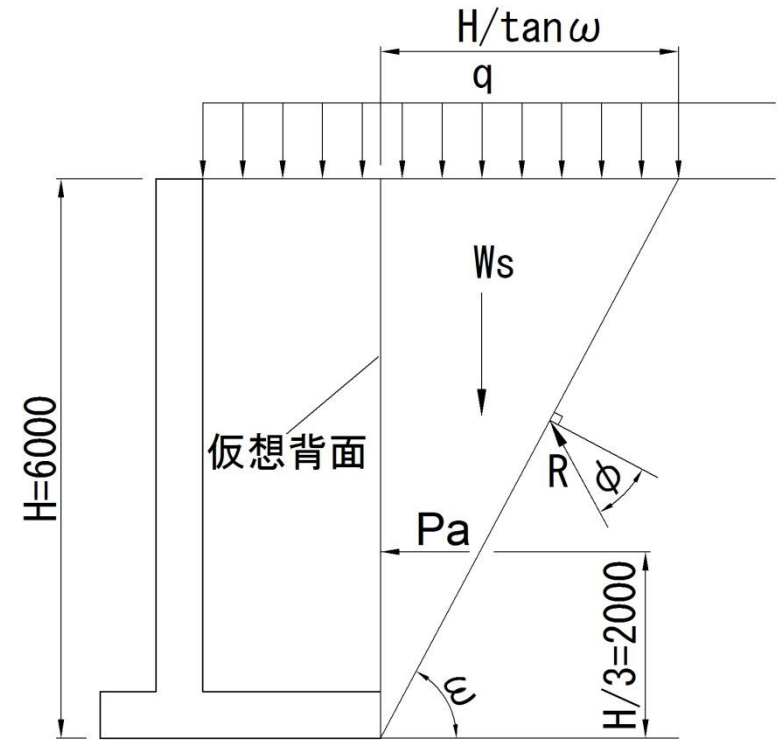
$$\begin{aligned} W_s &= \gamma_s \cdot H \cdot (H/\tan\omega)/2 + q \cdot H/\tan\omega \\ &= 20 \cdot 6 \cdot (6/\tan 64^\circ)/2 + 10 \cdot 6/\tan 64^\circ \\ &= 204.85 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

主働土圧合力 P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - j)} = \frac{204.85 \cdot \sin(64 - 35)^\circ}{\cos(64 - 35 - 0 - 0)^\circ} \\ &= 113.55 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

ここで、

- W_s : くさび重量 (载荷重含む)
- ϕ : 裏込め土の内部摩擦角
- δ : 壁面摩擦角 (=0)
- j : 仮想背面と土圧作用面のなす角 (=0)



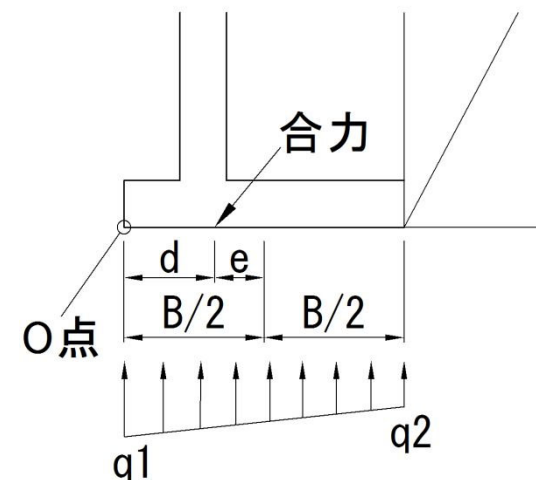
4. 合力作用位置の算出

○点に関して自重と土圧によるモーメントを集計し
抵抗・転倒モーメントのバランスより合力の作用位置
dをもとめる。

下表から合力の作用位置は

$$d = (\sum M_r - \sum M_o) / \sum V = (397.95 - 227.57) / 266.00$$

$$= 0.641 \text{ m}$$



区 分	鉛直荷重 V_i (kN)	アーム長 x_i (m)	抵抗モーメント M_r (kN・m) $= V_i \cdot x_i$	水平荷重 H_i (kN)	アーム長 Y_i (m)	転倒モーメント M_o (kN・m) $= H_i \cdot Y_i$
自 重	252.0	—	372.75	—	—	—
土 圧	0	2.50	0	113.79	2.00	227.57
載荷重	14.00	1.80	25.20	—	—	—
合 計	266.0	—	397.95	113.79	—	227.57

5. 安定計算

1) 転倒の照査

偏心距離 e は

$$e = B/2 - d = 2.5/2 - 0.641 = 0.609$$

よって

$$|e| = 0.609 > B/6 = 2.50/6 = 0.417 \text{ m} \dots \dots \text{NG!}$$

2) 滑動の照査

$$\begin{aligned} F_s &= (\Sigma V \cdot \mu + c \cdot B) / \Sigma H \\ &= (266.0 \cdot 0.6 + 0 \cdot 2.50) / 113.79 \\ &= 1.403 < 1.5 \dots \dots \text{NG!} \end{aligned}$$

3) 支持力の照査

$$\begin{aligned} q_1 &= \Sigma V / B \cdot (1 + 6e/B) \\ &= 266.0 / 2.5 \cdot (1 + 6 \cdot 0.609 / 2.5) \\ &= 261.9 \leq 300 \text{ kN/m}^2 \dots \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_2 &= \Sigma V / B \cdot (1 - 6e/B) \\ &= 266.0 / 2.5 \cdot (1 - 6 \cdot 0.609 / 2.5) \\ &= -49.1 \leq 300 \text{ kN/m}^2 \dots \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

演習2: 逆T式擁壁の設計演習 【回答】

1. 設計条件

1) 裏込め土

砂質土

単位体積重量 $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$

内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$

2) 躯体

鉄筋コンクリート

単位体積重量 $\gamma_c = 24.5 \text{ kN/m}^3$

3) 載荷重

車道部：活荷重

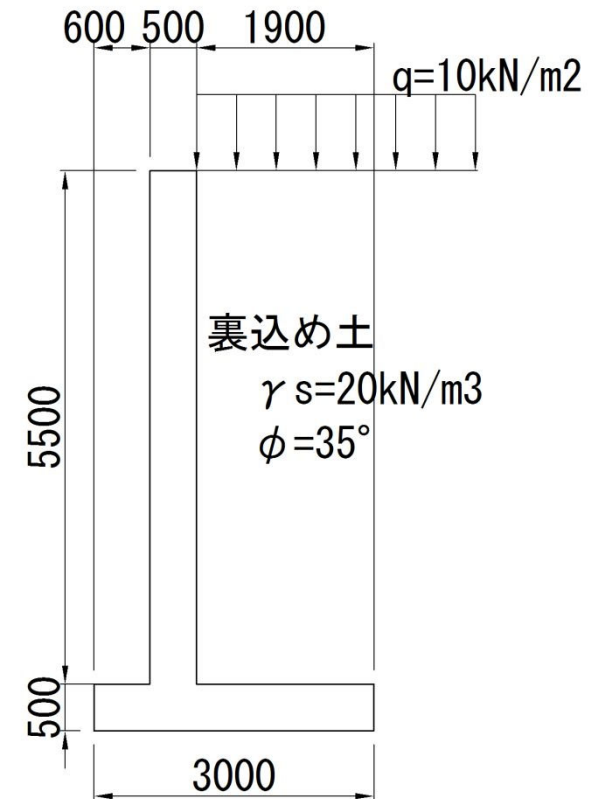
$q = 10 \text{ kN/m}^2$

4) 基礎地盤の諸量

底版と基礎地盤の摩擦係数 $\mu = 0.6$

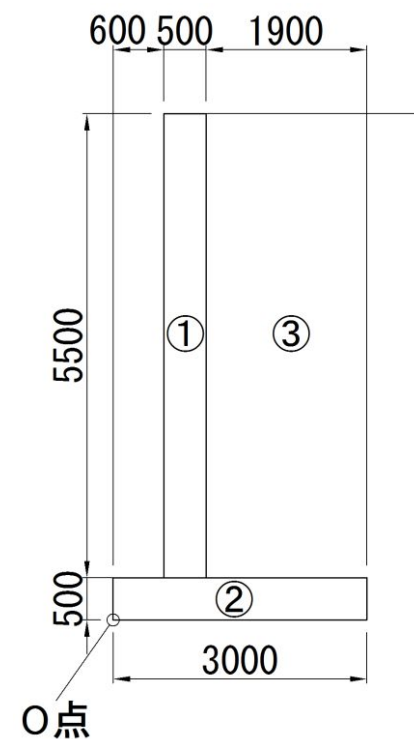
基礎地盤の粘着力 $c = 0$

許容支持力度 $q_a = 300 \text{ kN/m}^2$



2. 自重の計算

下図において、断面を ① ～ ③ に分割し、各要素の重量およびO点から図心位置までの距離（＝アーム長 x_i ）を求めて、自重およびO点におけるモーメント（＝抵抗モーメント）を算出する。



自 重 計 算

要素	要素の体積 V_i (m ³)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	自 重 $W_i = V_i \cdot \gamma$ (kN)	アーム長 x_i (m)	抵抗モーメント $M_r = W_i \cdot x_i$ (kN・m)
①たて壁	$5.50 \times 0.50 = 2.75$	24.5	67.38	0.85	57.27
②底版	$3.00 \times 0.50 = 1.50$	24.5	36.75	1.50	55.13
③裏込め土	$5.50 \times 1.90 = 10.45$	20	209.00	2.05	428.45
合計	—	—	313.13	—	540.84

注) 自重は奥行き 1 m 当たりで計算する。

3. 土圧計算

土圧は試行くさび法により算出する。すべり角 ω を任意に設定し、最大となる土圧を算定する。

下表の内、最低3断面を計算し、最大となる土圧を決定する。(次項参照)

すべり角 ω (°)	主働土圧合力 P_a (kN)	判 定
58	111.40	
60	113.07	
62	113.79	◎
64	113.55	

上表より、 $\omega = 62^\circ$ が最大となることが知れた。

これにより擁壁に作用する土圧は

$$\text{水平土圧 } P_h = P_a \cdot \cos \delta = 113.79 \cdot \cos 0^\circ = 113.79 \quad \text{kN}$$

$$\text{鉛直土圧 } P_v = P_a \cdot \sin \delta = 113.79 \cdot \sin 0^\circ = 0.00 \quad \text{kN}$$

試算1

$\omega = 58^\circ$ と仮定した場合

くさび重量 W_s

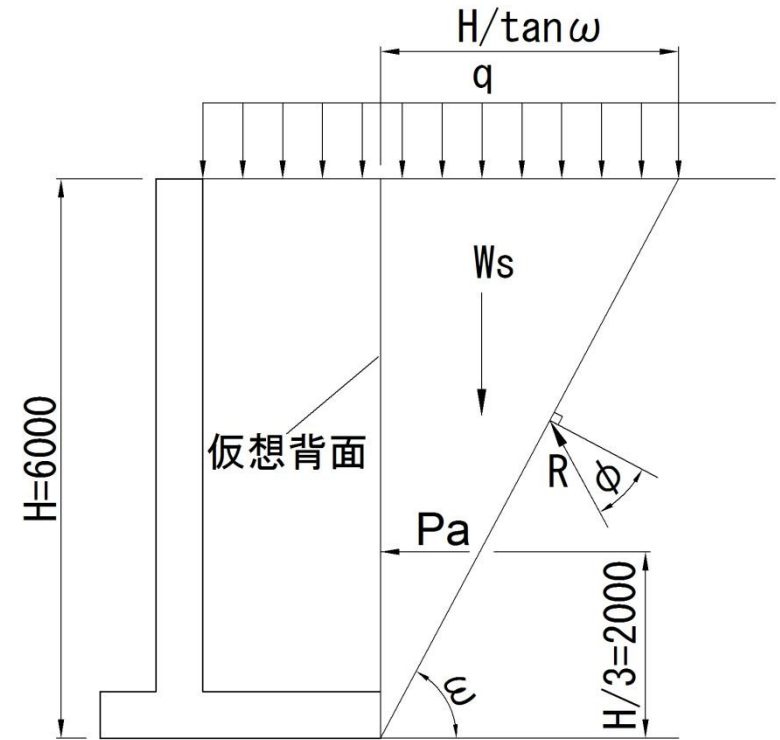
$$\begin{aligned} W_s &= \gamma_s \cdot H \cdot (H/\tan\omega)/2 + q \cdot H/\tan\omega \\ &= 20 \cdot 6 \cdot (6/\tan 58^\circ)/2 + 10 \cdot 6/\tan 58^\circ \\ &= 262.45 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

主働土圧合力 P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - j)} = \frac{262.45 \cdot \sin(58 - 35)^\circ}{\cos(58 - 35 - 0 - 0)^\circ} \\ &= 111.40 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

ここで、

- W_s : くさび重量 (载荷重含む)
- ϕ : 裏込め土の内部摩擦角
- δ : 壁面摩擦角 (=0)
- j : 仮想背面と土圧作用面のなす角 (=0)

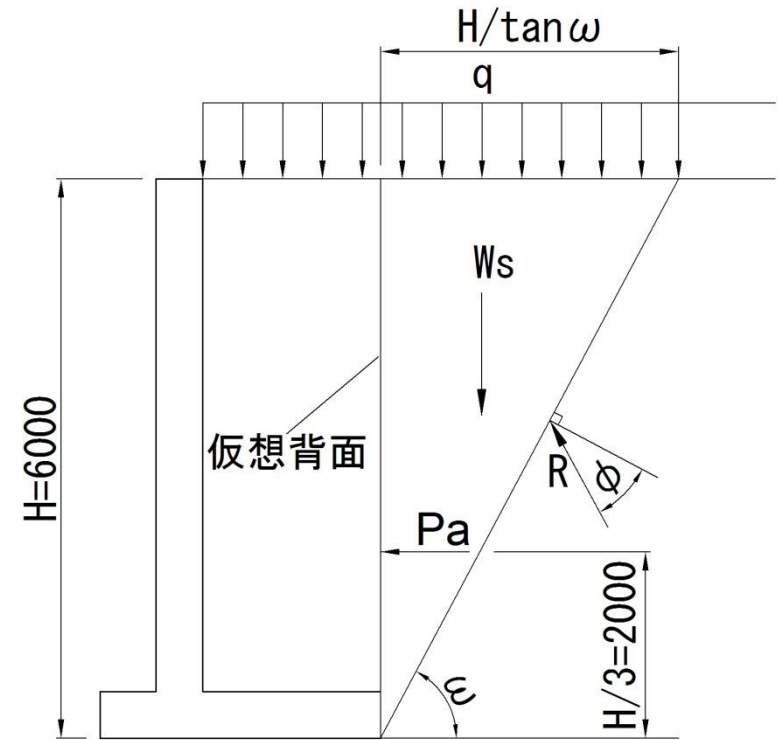


$\omega=60^\circ$ と仮定した場合

$$\begin{aligned} W_s &= r_s \cdot H \cdot (H/\tan\omega)/2 + q \cdot H/\tan\omega \\ &= 20 \cdot 6 \cdot (6/\tan 60^\circ)/2 + 10 \cdot 6/\tan 60^\circ \\ &= 242.49 \quad \text{kN} \end{aligned}$$
$$P_a = \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - j)} = \frac{242.49 \cdot \sin(60 - 35)^\circ}{\cos(60 - 35 - 0 - 0)^\circ}$$

$$= 113.07 \text{ kN}$$

Ws : くさび重量 (載荷重含む)
 ϕ : 裏込め土の内部摩擦角
 δ : 壁面摩擦角 (=0)
 j : 仮想背面と土圧作用面のなす角 (=0)



試算 3

$\omega=62^\circ$ と仮定した場合

くさび重量 W_s

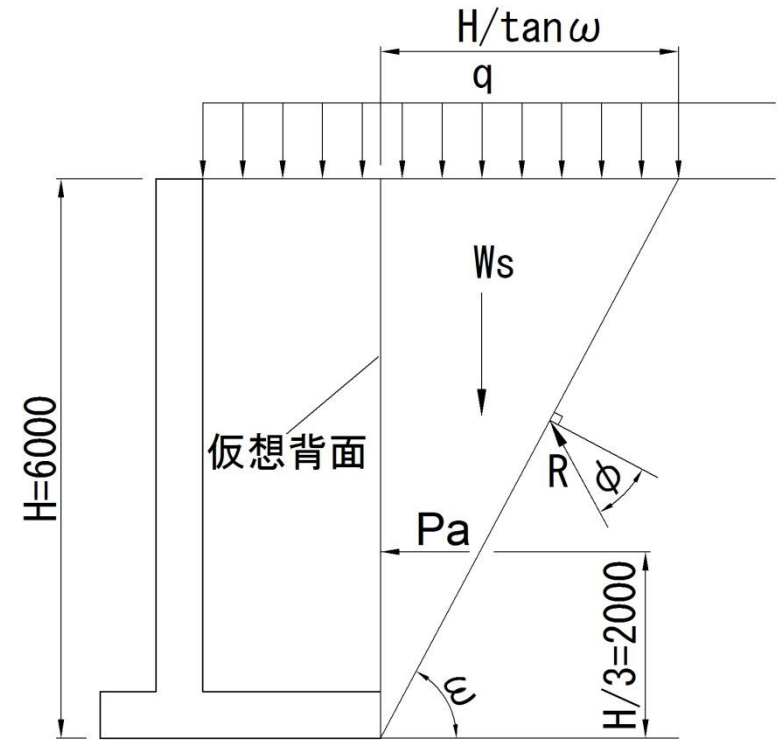
$$\begin{aligned} W_s &= \gamma_s \cdot H \cdot (H/\tan\omega)/2 + q \cdot H/\tan\omega \\ &= 20 \cdot 6 \cdot (6/\tan 62^\circ)/2 + 10 \cdot 6/\tan 62^\circ \\ &= 223.32 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

主働土圧合力 P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - j)} = \frac{223.32 \cdot \sin(62 - 35)^\circ}{\cos(62 - 35 - 0 - 0)^\circ} \\ &= 113.79 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

ここで、

- W_s : くさび重量 (载荷重含む)
- ϕ : 裏込め土の内部摩擦角
- δ : 壁面摩擦角 (=0)
- j : 仮想背面と土圧作用面のなす角 (=0)



試算 4

$\omega=64^\circ$ と仮定した場合

くさび重量 W_s

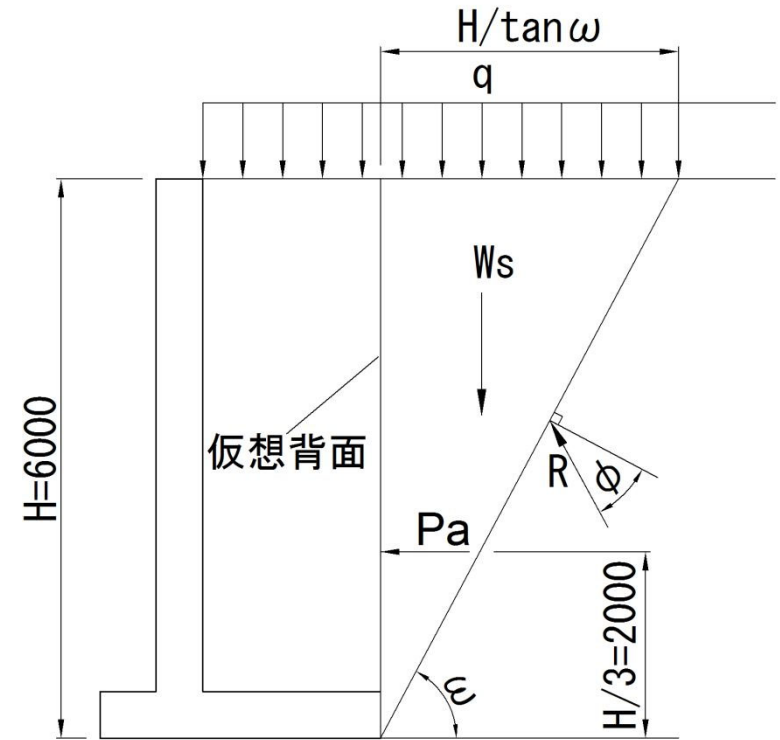
$$\begin{aligned} W_s &= \gamma_s \cdot H \cdot (H/\tan\omega)/2 + q \cdot H/\tan\omega \\ &= 20 \cdot 6 \cdot (6/\tan 64^\circ)/2 + 10 \cdot 6/\tan 64^\circ \\ &= 204.85 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

主働土圧合力 P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - j)} = \frac{204.85 \cdot \sin(64 - 35)^\circ}{\cos(64 - 35 - 0 - 0)^\circ} \\ &= 113.55 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

ここで、

- W_s : くさび重量 (载荷重含む)
- ϕ : 裏込め土の内部摩擦角
- δ : 壁面摩擦角 (=0)
- j : 仮想背面と土圧作用面のなす角 (=0)



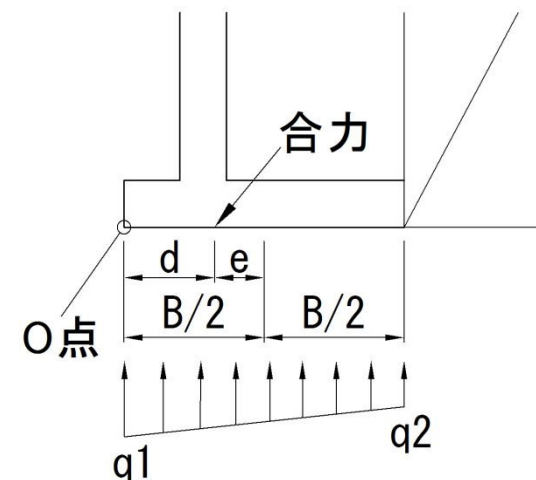
4. 合力作用位置の算出

○点に関して自重と土圧によるモーメントを集計し
抵抗・転倒モーメントのバランスより合力の作用位置
dをもとめる。

下表から合力の作用位置は

$$d = (\sum M_r - \sum M_o) / \sum V = (579.79 - 227.57) / 332.13$$

$$= 1.06 \text{ m}$$



区 分	鉛直荷重 V_i (kN)	アーム長 x_i (m)	抵抗モーメント M_r (kN・m) $= V_i \cdot x_i$	水平荷重 H_i (kN)	アーム長 Y_i (m)	転倒モーメント M_o (kN・m) $= H_i \cdot Y_i$
自 重	313.13	—	540.84	—	—	—
土 圧	0	3.00	0	113.79	2.00	227.57
載荷重	19.00	2.05	38.95	—	—	—
合 計	332.13	—	579.79	113.79	—	227.57

5. 安定計算

1) 転倒の照査

偏心距離 e は

$$e = B/2 - d = 3/2 - 1.06 = 0.44$$

よって

$$|e| = 0.44 \leq B/6 = 3.000/6 = 0.500 \text{ m} \dots\dots \text{OK!}$$

2) 滑動の照査

$$\begin{aligned} F_s &= (\Sigma V \cdot \mu + c \cdot B) / \Sigma H \\ &= (332.13 \cdot 0.6 + 0 \cdot 3) / 113.79 \\ &= 1.75 \geq 1.5 \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

3) 支持力の照査

$$\begin{aligned} q_1 &= \Sigma V / B \cdot (1 + 6e/B) \\ &= 332.13/3 \cdot (1 + 6 \cdot 0.44/3) \\ &= 208.02 \leq 300 \text{ kN/m}^2 \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_2 &= \Sigma V / B \cdot (1 - 6e/B) \\ &= 332.13/3 \cdot (1 - 6 \cdot 0.44/3) \\ &= 13.40 \leq 300 \text{ kN/m}^2 \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

演習3:重力式擁壁の設計演習【回答】

1. 設計条件

1) 裏込め土

礫質土

単位体積重量 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$

2) 躯体

無筋コンクリート

単位体積重量 $\gamma_c = 23.0 \text{ kN/m}^3$

3) 載荷重

車道部：活荷重

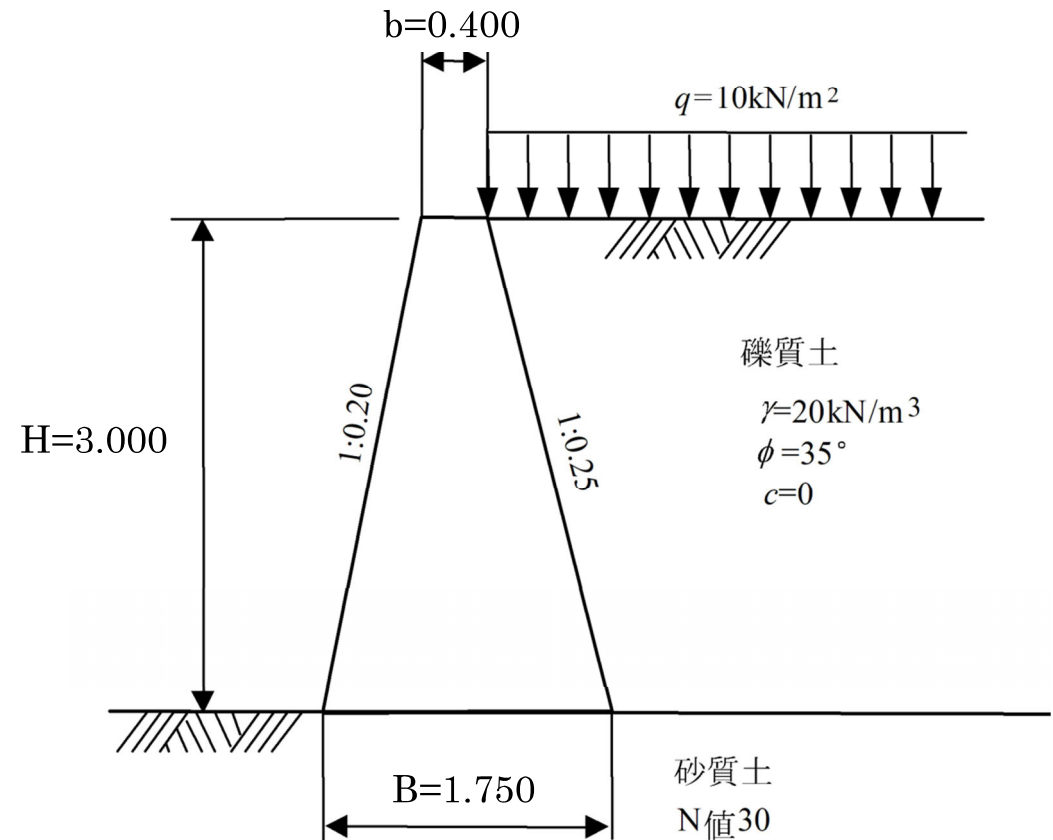
$q = 10 \text{ kN/m}^2$

4) 基礎地盤の諸量

底版と基礎地盤の摩擦係数 $\mu = 0.6$

基礎地盤の粘着力 $c = 0$

許容支持力度 $q_a = 300 \text{ kN/m}^2$



※計算値は小数点第3位を四捨五入して少数第2位まで求めること

2. 自重の計算

1) 重量 W_c

$$\begin{aligned} W_c &= \frac{H}{2} \times (b + B) \times \gamma_c \\ &= \frac{3.00}{2} \times (0.40 + 1.75) \times 23.0 = 74.18 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2) 重心位置 x_c

前面勾配 $1 : n_1 = 1 : 0.20$

背面勾配 $1 : n_2 = 1 : 0.25$

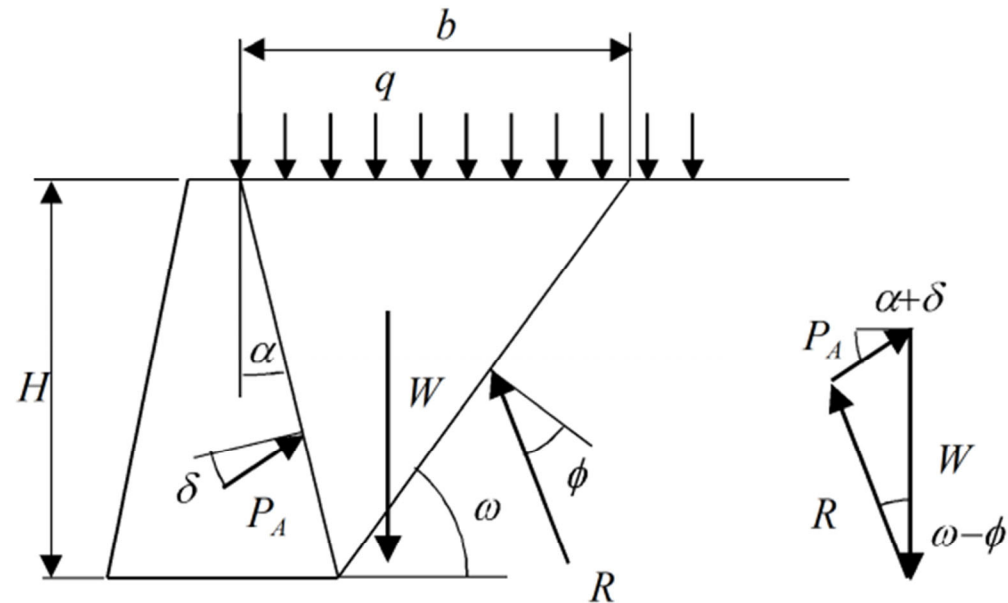
$$\begin{aligned} x_c &= \frac{B}{2} + \frac{H}{6} \times \frac{2b + B}{b + B} \times (n_1 - n_2) \\ &= \frac{1.75}{2} + \frac{3.00}{6} \times \frac{(2 \times 0.40 + 1.75)}{0.40 + 1.75} \times (0.20 - 0.25) = 0.85 \text{ m} \end{aligned}$$

3. 土圧計算

土圧は試行くさび法により算出する。すべり角 ω を任意に設定し、最大となる土圧を算定する。

1) 計算条件

壁面傾斜角	$\alpha = \tan^{-1} 1/2 = \tan^{-1} 0.25 = 14.04^\circ$
裏込め土の内部摩擦角	$\phi = 35^\circ$
壁面摩擦角	$\delta = 2/3 \phi = 2/3 \times 35 = 23.33^\circ$
載荷重	$q = 10 \text{ kN/m}^2$



—擁壁に作用する主動土圧—

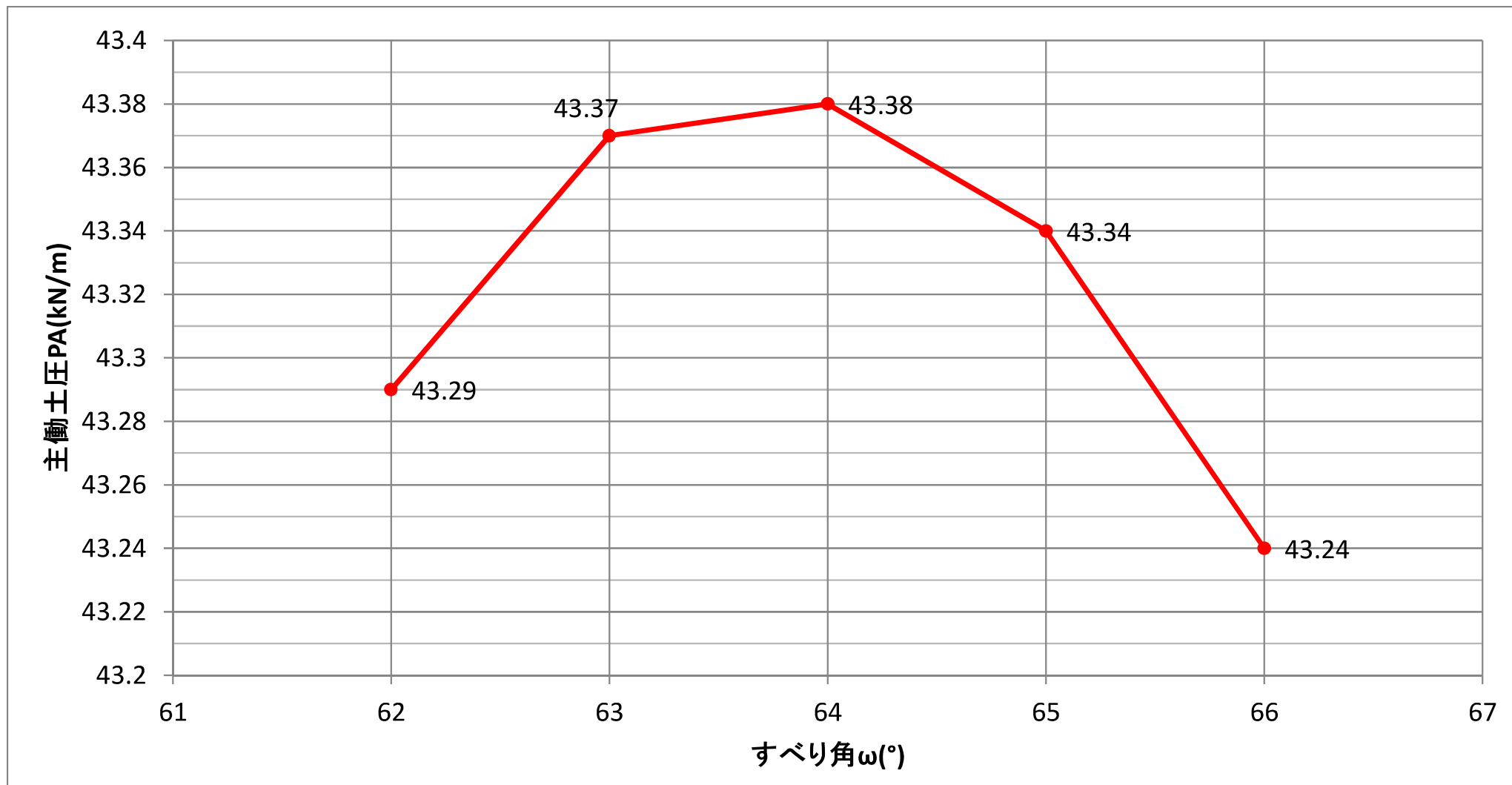
2) 主働土圧合力

すべり角 ω を 62° から 66° まで 1° 刻みで変化させて土圧 P_A を算定する。

ω ($^\circ$)	$\omega - \phi$ ($^\circ$)	$\omega - \phi - \alpha - \delta$ ($^\circ$)	$b' = H \times \left(\tan \alpha + \frac{1}{\tan \omega} \right)$ ※小数点第 4 位を四捨五入	$W = \frac{1}{2} \times b' \times (\gamma \times H + 2 \times q)$	$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \alpha - \delta)} \times W$
62	27	-10.37	2.345	93.80	43.29
63	28	-9.37	2.279	91.15	43.37
64	29	-8.37	2.213	88.52	43.38
65	30	-7.37	2.149	85.96	43.34
66	31	-6.37	2.086	83.44	43.24

すべり角 ω と主働土圧合力 P_A の関係をグラフに描くと下図のようになる。

P_A が最大となるのは、 $\omega = \boxed{64}^\circ$ のときで、その時の主働土圧合力は $P_A = \boxed{43.38}$ kN/m である。



3) 土圧分力と作用位置

$$\text{土圧の鉛直成分： } P_{AV}=P_A \times \sin(\alpha + \delta) = 43.38 \times \sin(14.04+23.33) = 26.33 \text{ kN/m}$$

$$\text{土圧の水平成分： } P_{AH}=P_A \times \cos(\alpha + \delta) = 43.38 \times \cos(14.04+23.33) = 34.48 \text{ kN/m}$$

土圧合力の作用位置

擁壁工指針に準拠して、土圧分布を三角形と仮定する。

$$y_A = \frac{1}{3} \times H = \frac{1}{3} \times 3.00 = 1.00 \text{ m}$$

$$x_A = B - n_2 \times y_A = 1.75 - 0.25 \times 1.00 = 1.50 \text{ m}$$

4. 荷重の集計

区 分	鉛直荷重 V_i (kN)	アーム長 x_i (m)	抵抗モーメント M_r (kN・m) $=V_i \cdot x_i$	水平荷重 H_i (kN)	アーム長 Y_i (m)	転倒モーメント M_o (kN・m) $=H_i \cdot Y_i$
自 重	74.18	0.85	63.05	—	—	—
土 圧	26.33	1.50	39.50	34.48	1.00	34.48
合 計	100.51	—	102.55	34.48	—	34.48

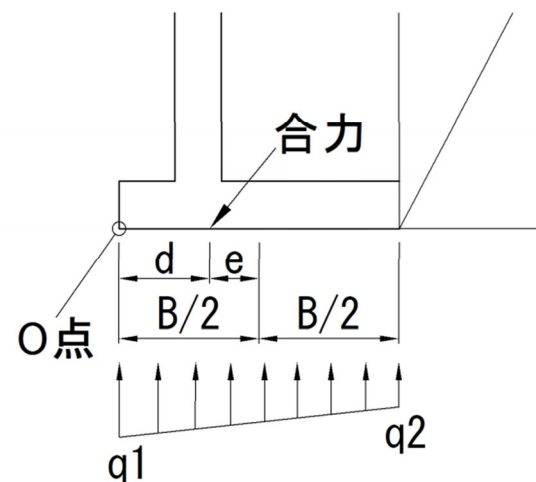
合力作用位置の算出

○点に関して自重と土圧によるモーメントを集計し抵抗・転倒モーメントのバランスより合力の作用位置 d をもとめる。

下表から合力の作用位置は

$$d = (\sum M_r - \sum M_o) / \sum V = (102.55 - 34.48) / 100.51$$

$$= 0.68 \text{ m}$$



5. 安定計算

1) 転倒の照査

偏心距離 e は

$$e = B/2 - d = 0.2$$

よって

$$|e| = 0.2 \leq B/6 = 1.750/6 = 0.291 \text{ m} \dots\dots \text{OK!}$$

2) 滑動の照査

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \mu / \Sigma H \\ &= 100.51 \times 0.6 / 34.48 \\ &= 1.75 \geq 1.5 \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

3) 支持力の照査

$$\begin{aligned} q_1 &= \Sigma V / B \cdot (1 + 6e/B) \\ &= 100.51 / 1.75 \times (1 + 6 \times 0.2 / 1.75) \\ &= 96.8 \leq 300 \text{ kN/m}^2 \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_2 &= \Sigma V / B \cdot (1 - 6e/B) \\ &= 100.51 / 1.75 \times (1 - 6 \times 0.2 / 1.75) \\ &= 18.1 \leq 300 \text{ kN/m}^2 \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$