

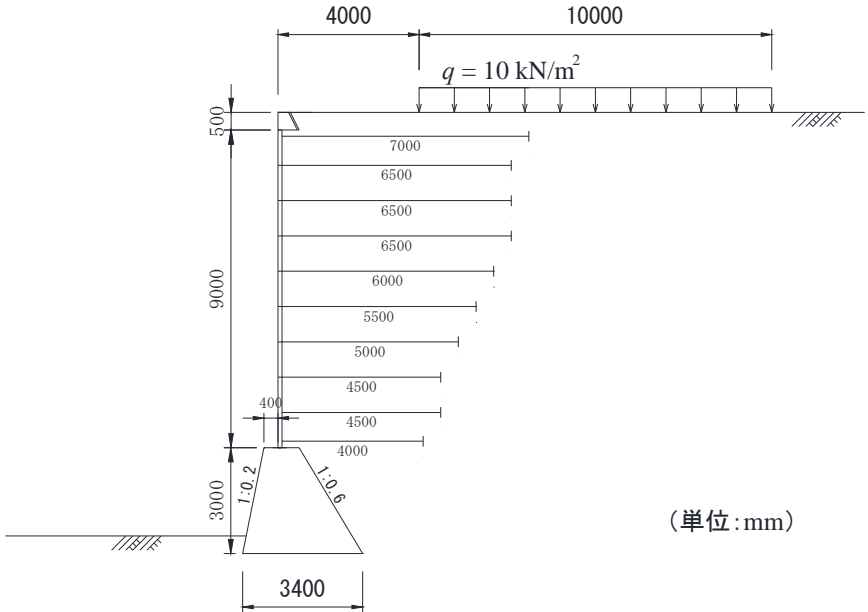
技術資料

技資 3 重力式基礎の設計計算例

2015年3月4日

3-1 重力式基礎の形状

多数アンカー式補強土壁、嵩上げ盛土、重力式基礎及び基礎地盤の形状を技資図-3.1 に示す。



技資図-3.1 設計計算の対象とする重力式基礎の形状

3-2 設計条件

3-2-1 設計定数

裏込め土の土質	: 碎石
裏込め土の単位体積重量	: $\gamma = 20 \text{ (kN/m}^3\text{)}$
裏込め土の内部摩擦角	: $\phi = 35 \text{ (}^\circ\text{)}$
設計水平震度	: $k_h = 0.15$
壁面摩擦角 (常時)	: $\delta = 2/3 \phi = 23.3 \text{ (}^\circ\text{)}$
壁面摩擦角 (地震時)	: $\delta' = 1/2 \phi = 17.5 \text{ (}^\circ\text{)}$
基礎底面と基礎地盤との間の摩擦係数	: $\mu = 0.7$
重力式基礎の高さ	: $h = 3.0\text{(m)}$
重力式基礎の底版幅	: $D = 3.4\text{(m)}$
重力式基礎の前面勾配	: $n_1 = 0.2$
重力式基礎の背面勾配	: $n_2 = 0.6$

3-2-2 設計外力

多数アンカー式補強土壁の外部安定から算出された地盤反力度を上載荷重として作用させる。

上載荷重（常時） : $q_t = 265 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

上載荷重（地震時） : $q_{tE} = 261 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

3-2-3 安定条件

照査項目	安定条件	
	常時	地震時
滑動に対する安全率	≥ 1.5	≥ 1.2
転倒に対する安全率	$ e \leq B/6$	$ e \leq B/3$
地盤の許容支持力度	600 kN/m^2	900 kN/m^2

3-3 土圧係数の算出

3-3-1 常時の土圧係数

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \cdot \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2} = 0.587$$

ただし、

α : 重力式基礎背面と鉛直面のなす角 = 31.0 (°)

β : 裏込め材の上面と水平面のなす角 = 0.0 (°)

ϕ : 裏込め材の内部摩擦角 = 35 (°)

δ : 常時の壁面摩擦角 $\delta = 2\phi/3 = 23.3$ (°)

3-3-2 地震時の土圧係数

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \theta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta' + \theta) \cdot \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta') \sin(\phi - \beta - \theta)}{\cos(\alpha + \delta' + \theta) \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2} = 0.717$$

ただし、

α : 重力式基礎背面と鉛直面のなす角 = 31.0 (°)

β : 裏込め材の上面と水平面のなす角 = 0.0 (°)

ϕ : 裏込め材の内部摩擦角 = 35 (°)

δ' : 地震時の壁面摩擦角 $\delta' = \phi/2 = 17.5$ (°)

θ : $\theta = \tan^{-1} k_h = 8.53$ (°)

k_h : 設計水平震度 = 0.15

3-4 常時の安定計算

3-4-1 土圧合力の算出

$$p_1 = q \times K_a = 265 \times 0.587 = 156 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$p_2 = p_1 + \gamma \times h \times K_a = 156 + 20.0 \times 3.0 \times 0.587 = 191 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって土圧合力は、

$$P = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)h = 521 \text{ (kN/m)}$$

土圧合力の鉛直成分は、

$$P_v = P \sin(\alpha + \delta) = 423 \text{ (kN/m)}$$

土圧合力の水平成分は、

$$P_h = P \cos(\alpha + \delta) = 304 \text{ (kN/m)}$$

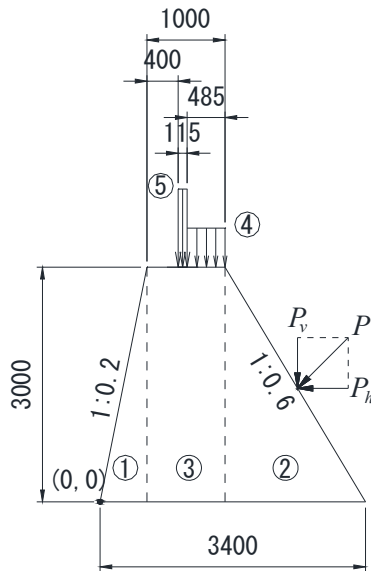
土圧合力の作用位置は、

$$y = (2 \times p_1 + p_2) / (p_1 + p_2) \times h / 3 = 1.45 \text{ (m)}$$

$$x = D - y \times n_2 = 2.53 \text{ (m)}$$

3-4-2 合力の作用位置の算出

項目	面積	単位 体積重量	鉛直力	水平力	原点から の距離		モーメント	
					x	y	M_y	M_x
単位	(m^2)	(kN/m^3)	(kN/m)	(kN/m)	(m)	(m)	($kN \cdot m/m$)	($kN \cdot m/m$)
記号			V	H	x	y	M_y	M_x
①	0.900	23.0	20.7	—	0.400	—	8.28	—
②	2.700	23.0	62.1	—	2.20	—	137	—
③	3.000	23.0	69.0	—	1.10	—	75.9	—
④	0.485	265 (kN/m^2)	129	—	1.36	—	175	—
⑤	—	—	114	—	1.06	—	121	—
P_v	—	—	423	—	2.53	—	1070	—
P_h	—	—	—	304	—	1.45	—	441
合計	—	—	818	304	—	—	1590	441



3-4-3 安定計算

(1) 滑動に対する検討

$$F_s = \frac{\text{滑動に対する抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{V_0 \cdot \mu + c_B \cdot D'}{H_0} = 1.88 \geq 1.5$$

ただし、

V_0 : 重力式基礎底面における全鉛直荷重 = 818 (kN/m)

H_0 : 重力式基礎底面における全水平荷重 = 304 (kN/m)

μ : 重力式基礎底面と地盤との間の摩擦係数

$$\mu = \tan\phi_B \leq 0.700 \quad \text{とする。}$$

ϕ_B : 重力式基礎底面と地盤との間の摩擦角(°)

c_B : 重力式基礎底面と地盤との間の付着力(kN/m²)

D' : 荷重の偏心を考慮した重力式基礎底面の有効載荷幅(m)

$$D' = D - 2e \quad \text{とする。}$$

D : 重力式基礎底面幅(m)

e : 重力式基礎底面の中央から荷重の合力の作用位置までの偏心距離(m)

(2) 転倒に対する検討

$$d = \frac{M_r - M_0}{V_0} = 1.40 \quad (\text{m})$$

$$|e| = \left| \frac{D}{2} - d \right| = 0.300 \leq \frac{B}{6} = 0.567 \quad (\text{m})$$

ただし、

d : 重力式基礎底面のつま先から荷重の合力の作用位置までの距離(m)

M_r : 重力式基礎底面のつま先回りの抵抗モーメント = 1590 (kN·m/m)

M_0 : 重力式基礎底面のつま先回りの転倒モーメント = 441 (kN·m/m)

V_0 : 重力式基礎底面における全鉛直荷重 = 818 (kN/m)

e : 重力式基礎底面の中央から荷重の合力の作用位置までの偏心距離(m)

(3)支持に対する検討

$$q_1 = \frac{V_0}{D} \left(1 + 6 \frac{e}{D}\right) = 368 < 600 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = \frac{V_0}{D} \left(1 - 6 \frac{e}{D}\right) = 113 < 600 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ただし、

V_0 : 重力式基礎底面における全鉛直荷重 = 818 (kN/m)

q_1, q_2 : 重力式基礎底面端部における地盤反力度(kN/m²)

e : 重力式基礎底面の中央から荷重の合力の作用位置までの偏心距離
= 0.300(m)

D : 底面幅(m)

3-5 地震時の安定計算

3-5-1 土圧合力の算出

$$p_{1E} = q_{tE} \times K_{aE} = 261 \times 0.717 = 187 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$p_{2E} = p_{1E} + \gamma \times h \times K_{aE} = 187 + 20.0 \times 3.0 \times 0.717 = 230 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって土圧合力は、

$$P_E = \frac{1}{2}(p_{1E} + p_{2E})h = 626 \text{ (kN/m)}$$

土圧合力の鉛直成分は、

$$P_{vE} = P_E \sin(\alpha + \delta') = 469 \text{ (kN/m)}$$

土圧合力の水平成分は、

$$P_{hE} = P_E \cos(\alpha + \delta') = 415 \text{ (kN/m)}$$

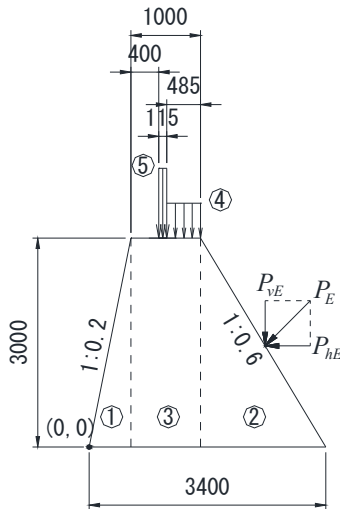
土圧合力の作用位置は、

$$y_E = (2 \times p_{1E} + p_{2E}) / (p_{1E} + p_{2E}) \times h / 3 = 1.45 \text{ (m)}$$

$$x_E = D - y_E \times n_2 = 2.53 \text{ (m)}$$

3-5-2 合力の作用位置の算出

項目	面積 (m^2)	単位 体積重量 (kN/m^3)	鉛直力 (kN/m)	水平力 (kN/m)	原点から の距離 (m)		モーメント ($kN \cdot m/m$)	
					x_E	y_E	M_{ye}	M_{0e}
記号			V_{0E}	H_{0E}	x_E	y_E	M_{ye}	M_{0e}
①	0.900	23.0	20.7	3.11	0.400	1.000	8.28	3.11
②	2.700	23.0	62.1	9.32	2.20	1.00	137	9.32
③	3.000	23.0	69.0	10.4	1.10	1.50	75.9	15.5
④	0.485	261 (kN/m^2)	127	19.1	1.36	3.00	173	57.3
⑤	—	—	115	17.3	1.06	3.00	122	51.9
P_{yE}	—	—	469	—	2.53	—	1190	—
P_{hE}	—	—	—	415	—	1.45	—	602
合計	—	—	863	474	—	—	1710	739



3-5-3 安定計算

(1) 滑動に対する検討

$$F_s = \frac{\text{滑動に対する抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{V_{0E} \cdot \mu + c_B \cdot B'}{H_{0E}} = 1.27 \geq 1.2$$

ただし、

V_{0E} : 重力式基礎底面における全鉛直荷重 = 863 (kN/m)

H_{0E} : 重力式基礎底面における全水平荷重 = 474 (kN/m)

μ : 重力式基礎底面と地盤との間の摩擦係数

$$\mu = \tan\phi_B \leq 0.700 \quad \text{とする。}$$

ϕ_B : 重力式基礎底面と地盤との間の摩擦角(°)

c_B : 重力式基礎底面と地盤との間の付着力(kN/m²)

D' : 荷重の偏心を考慮した重力式基礎底面の有効載荷幅(m)

$$D' = D - 2e \quad \text{とする。}$$

D : 重力式基礎底面幅(m)

e : 重力式基礎底面の中央から荷重の合力の作用位置までの偏心距離(m)

(2) 転倒に対する検討

$$d = \frac{M_{rE} - M_{0E}}{V_{0E}} = 1.13 \quad (\text{m})$$

$$|e| = \left| \frac{D}{2} - d \right| = 0.57 \leq \frac{D}{3} = 1.13 \quad (\text{m})$$

ただし、

d : 重力式基礎底面のつま先から荷重の合力の作用位置までの距離(m)

M_{rE} : 重力式基礎底面のつま先回りの抵抗モーメント = 1710 (kN・m/m)

M_{0E} : 重力式基礎底面のつま先回りの転倒モーメント = 739(kN・m/m)

V_{0E} : 重力式基礎底面における全鉛直荷重 = 863 (kN/m)

e : 重力式基礎底面の中央から荷重の合力の作用位置までの偏心距離
(m)

(3)支持に対する検討

$$q_{1E} = \frac{2V_{0E}}{3d} = 509 < 900 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ただし、

V_{0E} : 重力式基礎底面における全鉛直荷重 = 863 (kN/m)

d : 重力式基礎底面のつま先から荷重の合力の作用位置までの距離(m)

q_{1E} : 重力式基礎の底面端部における地盤反力度(kN/m²)