

直接基礎の安定計算

計算方法-C の計算例サンプル

〇〇柵の支柱基礎計算
設置箇所：NO.12+15(L)

1. 計算条件

(1) 基礎の形状等

・ 基礎幅	B =	2.000 (m)
・ 基礎奥行き	L =	2.000 (m)
・ 基礎高	H =	2.000 (m)
・ コンクリート単位体積重量	$\gamma c =$	23.00 (kN/m ³)

(2) 作用荷重

・ 水平力	P =	15.000 (m)
・ 鉛直力	V =	10.000 (m)
・ 曲げモーメント	M =	86.000 (m)
・ 荷重の作用位置	X =	0.000 (m)

(3) 上載土

・ 土被り厚	d =	0.300 (m)
・ 単位体積重量	$\gamma d =$	17.00 (kN/m ³)
・ 地表面の傾斜角	$\beta =$	0.00 (°)

(4) 根入れ地盤条件

・ 有効根入れ長	Df =	2.000 (m)
・ 単位体積重量	$\gamma f =$	17.00 (kN/m ³)
・ 内部摩擦角	$\phi f =$	27.25 (°)
・ 粘着力	Cf =	0.00 (kN/m ²)

(5) 支持地盤条件

・ 単位体積重量	$\gamma s =$	18.00 (kN/m ³)
・ 内部摩擦角	$\phi s =$	30.00 (°)
・ 粘着力	Cs =	10.00 (kN/m ²)

(6) 安定条件

1) 転倒に対する安定条件

・ 基礎中心からの偏心条件 $e \leq B/3$

2) 基礎底面のすべりに対する安定条件

・ 滑動安全率	Fsb =	1.20
・ 基礎底面の摩擦係数	$\mu =$	0.50
・ 基礎底面の付着力	Cb =	0.00 (kN/m ²)

3) 根入れ地盤の受働抵抗に対する安定条件

・ 受働抵抗安全率	Fsf =	1.20
・ 壁面摩擦角	$\delta =$	-9.08 (°)

4) 地盤の支持力に対する安定条件

・ 支持力安全率	Fsj =	3.00
----------	-------	------

2.死荷重計算

(1)基礎の重量

$$\begin{aligned}WB &= B \times L \times H \times \gamma_c \\ &= 2.000 \times 2.000 \times 2.000 \times 23.00 \\ &= 184.000 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

(2)上載土の重量

$$\begin{aligned}WU &= B \times L \times d \times \gamma_d \\ &= 2.000 \times 2.000 \times 0.300 \times 17.00 \\ &= 20.400 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

ここに、 B : 基礎幅 (m)
 L : 基礎の奥行き (m)
 H : 基礎高 (m)
 d : 上載土の土被り厚 (m)
 γ_c : コンクリートの単位体積重量 (kN/m^3)
 γ_d : 上載土の単位体積重量 (kN/m^3)

3.基礎底面における荷重の計算

(1)基礎底面におけるモーメント合計

$$\begin{aligned}\Sigma M &= M + P \times H + V \times X_e \\ &= 86.000 + 15.000 \times 2.000 + 10.000 \times 0.000 \\ &= 116.000 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

ここに、 ΣM : 基礎底面における全モーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
 M : 基礎上面に作用するモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
 P : 基礎上面に作用する水平力 (kN)
 V : 基礎上面に作用する鉛直力 (kN)
 H : 基礎高 (m)
 X_e : 基礎上面に作用する荷重の偏心距離 (m)

(2)基礎底面における鉛直力合計

$$\begin{aligned}\Sigma V &= V + WB + WU \\ &= 10.000 + 184.000 + 20.400 \\ &= 214.400 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

ここに、 ΣV : 基礎底面における全鉛直力 (kN)
 V : 基礎上面に作用する鉛直力 (kN)
 WB : 基礎の重量 (kN)
 WU : 上載土の重量 (kN)

4. 荷重の分担

基礎に作用する荷重(水平力とモーメント)は基礎底面と根入れ地盤で分担するものとする。

(1) 水平方向地盤反力係数

$$\begin{aligned}k_H &= k_{H0} (B_H/0.3)^{-3/4} \\ &= 186,667 \times (2.000 / 0.3)^{-3/4} \\ &= 44,992 \text{ (kN/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

ここに、 k_{H0} : 平板載荷試験値に相当する水平方向地盤反力係数

$$\begin{aligned}k_{H0} &= 1/0.3 \cdot \alpha \cdot E0 = 1/0.3 \times 2 \times 28,000 \\ &= 186,667 \text{ (kN/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

α : 地盤反力推定係数

$$\alpha = 2$$

B_H : 基礎の概算載荷幅

$$\begin{aligned}B_H &= \sqrt{A_H} = \sqrt{4.000} \\ &= 2.000 \text{ (m)}\end{aligned}$$

A_H : 水平方向の載荷面積

$$\begin{aligned}A_H &= L \times H = 2.000 \times 2.000 \\ &= 4.000 \text{ (m}^2\text{)}\end{aligned}$$

(2) 鉛直方向地盤反力係数

$$\begin{aligned}k_V &= k_{V0} (B_V/0.3)^{-3/4} \\ &= 186,667 \times (2.000 / 0.3)^{-3/4} \\ &= 44,992 \text{ (kN/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

ここに、 k_{V0} : 平板載荷試験値に相当する鉛直方向地盤反力係数

$$\begin{aligned}k_{V0} &= 1/0.3 \cdot \alpha \cdot E0 = 1/0.3 \times 2 \times 28,000 \\ &= 186,667 \text{ (kN/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

α : 地盤反力推定係数

$$\alpha = 2$$

B_V : 基礎の概算載荷幅

$$\begin{aligned}B_V &= \sqrt{A_V} = \sqrt{4.000} \\ &= 2.000 \text{ (m)}\end{aligned}$$

A_V : 鉛直方向の載荷面積

$$\begin{aligned}A_V &= B \times L = 2.000 \times 2.000 \\ &= 4.000 \text{ (m}^2\text{)}\end{aligned}$$

(3) 水平方向せん断地盤反力係数

$$\begin{aligned}k_S &= \lambda \cdot k_V \\ &= 1/4 \times 44,992 \\ &= 11,248 \text{ (kN/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

ここに、 λ : 鉛直地盤反力係数に対する水平せん断地盤反力係数の比

$$\lambda = 1/4$$

(4) 水平力の分担

1) 根入れ部分と底面に作用する水平力の分担比

$$\begin{aligned}\beta_H &= \frac{k_H \cdot Df}{2k_S \cdot B} = \frac{44,992 \times 2.000}{2 \times 11,248 \times 2.000} \\ &= 2.000\end{aligned}$$

2) 根入れ部分と底面に作用する各水平力

$$\begin{aligned}H_B &= \frac{1}{1 + \beta_H} \times P = \frac{1}{1+2.000} \times 15.000 \\ &= 0.333 \times 15.000 \\ &= 4.995 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_S &= P - H_B = 15.000 - 4.995 \\ &= 10.005 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

ここに、 H_B : 基礎底面に作用する水平力 (kN)
 H_S : 基礎の根入れ部分に作用する水平力 (kN)
 P : 基礎から地盤に作用する全水平力 (kN)
 β_H : 根入れ部分と底面に作用する水平力の分担比
 k_H : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)
 k_S : 水平方向せん断地盤反力係数 (kN/m³)
 B : 基礎幅 (m)
 Df : 有効根入れ長 (m)

(5) 作用モーメントの分担

1) 根入れ部分と底面に作用するモーメントの分担比

$$\begin{aligned}\beta_M &= \frac{k_H}{k_V} \left[\frac{Df}{B} \right]^3 = \frac{44,992}{44,992} \left[\frac{2.000}{2.000} \right]^3 \\ &= 1.000\end{aligned}$$

2) 根入れ部分と底面に作用する各モーメント

$$\begin{aligned}M_B &= \frac{1}{1 + \beta_M} \times \Sigma M = \frac{1}{1+1.000} \times 116.000 \\ &= 0.500 \times 116.000 \\ &= 58.000 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_S &= \Sigma M - M_B = 116.000 - 58.000 \\ &= 58.000 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

ここに、 M_B : 基礎底面に作用するモーメント (kN・m)
 M_S : 基礎の根入れ部分に作用するモーメント (kN・m)
 ΣM : 基礎底面における全モーメント (kN・m)
 β_M : 根入れ部分と底面に作用する水平力の分担比
 k_H : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)
 k_V : 鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)
 B : 基礎幅 (m)
 Df : 有効根入れ長 (m)

5.基礎底面における合力作用位置の計算

合力作用位置の基礎中心からの偏心距離 (e)

$$\begin{aligned} e &= M_B / \Sigma V \\ &= 58.000 / 214.400 \\ &= 0.271 \text{ (m)} \end{aligned}$$

ここに、 M_B :基礎底面に作用するモーメント (kN・m)

ΣV :基礎底面における全鉛直力 (kN)

6.基礎底面における地盤反力度の計算

(1)底面反力の作用幅

$$\begin{aligned} X_q &= 3(B/2 - |e|) \\ &= 3 \times (2.000 / 2 - 0.271) \\ &= 2.187 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ここに、

B :基礎幅 (m)

e :偏心量 (m)

(2)基礎底面の地盤反力度

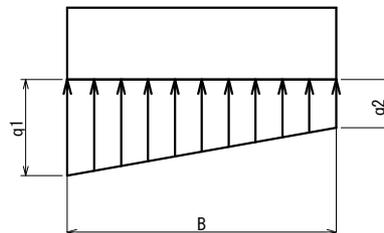
・地盤反力度の値は下記の3ケースで異なる。

Case-1.作用幅が基礎幅より大きい場合($X_q > B$) :台形分布

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{\Sigma V}{L \times B} \pm \frac{6M_B}{L \times B^2} \\ q_2 &= \frac{214.400}{2.000 \times 2.000} \pm \frac{6 \times 58.000}{2.000 \times 2.000 \times 2.000} \end{aligned}$$

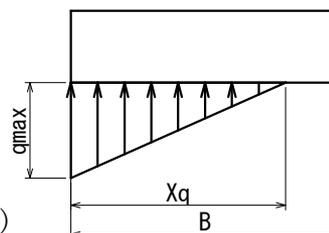
$$\begin{aligned} q_1 &= 97.100 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ q_2 &= 10.100 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \text{MAX}(q_1, q_2) \\ &= 97.100 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$



Case-2.作用幅が基礎幅より小さい場合($0 < X_q \leq B$) :三角形分布

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{2 \Sigma V}{L \times X_q} \\ &= \frac{2 \times 214.400}{2.000 \times 2.187} \\ &= 98.034 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$



Case-3.作用幅がマイナスとなる時 ($X_q \leq 0$)

この場合、荷重の合力位置が基礎幅から外れるので計算できない。

・当計算における地盤反力の出現ケース

$$X_q = 2.187 > B = 2.000$$

当計算の場合、Case.1 に該当する。

$$q_{\max} = 97.100 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

7.基礎の安定照査

(1) 転倒に対する検討

$$|e| = 0.271(\text{m}) \leq ea = 0.667(\text{m}) \quad \text{OK}$$

ここに、 e : 基礎中心からの偏心量
 ea : 基礎中心からの許容偏心量 $ea = B/3 = 0.667 (\text{m})$

(2) 滑動に対する検討

1) 基礎底面のすべりに対する安全率

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{\Sigma V \cdot \mu + C_b \cdot A_e}{H_B} \\ &= \frac{214.400 \times 0.50 + 0.00 \times 2.916}{4.995} \\ &= 21.461 \geq F_{sb} = 1.20 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

ここに、 F_s : 基礎底面のすべりに対する安全率
 H_B : 基礎底面に作用する水平力 (k) 4.995 (kN)
 ΣV : 基礎底面に作用する鉛直荷重 214.400 (kN)
 μ : 基礎底面と地盤の摩擦係数 = 0.50
 C_b : 基礎底面と地盤の付着力 = 0.00 (kN/m²)
 A_e : 有効載荷面積 $A_e = (B - 2e) \cdot L = (2.000 - 2 \times 0.271) \times 2.000$
 $= 2.916 (\text{m}^2)$

2) 根入れ地盤の破壊に対する安全率

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{P_p}{H_s} = \frac{240.312}{10.005} \\ &= 24.019 \geq F_{sf} = 1.20 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

ここに、 H_s : 基礎の根入れ部分に作用する水平力 (kN) 10.005 (kN)
 P_p : 基礎根入れ部分の受働土圧

$$\begin{aligned} P_p &= \{ 1/2 \cdot \gamma f \cdot D_f^2 \cdot K_p + 2 \cdot C_f \cdot D_f \sqrt{K_p} \} \cdot L \\ &= \{ 1/2 \times 17.000 \times 2.000 \times 2.000 \times 3.534 \\ &\quad + 2 \times 0.00 \times 2.000 \times \sqrt{(3.534)} \} \times 2.000 \\ &= 240.312 (\text{kN}) \end{aligned}$$

K_p : 受働土圧係数

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{\cos^2 \phi f}{\cos \delta \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi f - \delta) \sin(\phi f + \beta)}{\cos \delta \cos \beta}} \right]^2} \\ &= 3.534 \end{aligned}$$

D_f : 有効根入れ長 = 2.000 (m)
 L : 基礎の奥行き = 2.000 (m)
 γf : 根入れ地盤の単位体積重量 = 17.00 (kN/m³)
 ϕf : 根入れ地盤の内部摩擦角 = 27.25 (°)
 C_f : 根入れ地盤の粘着力 = 0.00 (kN/m²)
 δ : 壁面摩擦角 = -9.08 (°)
 β : 地表面の傾斜角 = 0.00 (°)

(3) 地盤の支持力に対する検討

基礎底面に作用する荷重の傾斜角 (θ)

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}(H_B / \Sigma V) \\ &= \tan^{-1}(4.995 / 214.400) && \text{ここに、} \\ &= 1.33 \text{ (度)} && H_B : \text{底面に作用する水平力 (kN)} \\ \tan \theta &= 0.02 && \Sigma V : \text{底面に作用する鉛直力 (kN)}\end{aligned}$$

荷重の偏心傾斜を考慮した極限支持力度算定式

$$q_d = \alpha \cdot \kappa \cdot C \cdot N_c \cdot S_c + \kappa \cdot q \cdot N_q \cdot S_q + 1/2 \cdot \gamma_s \cdot \beta \cdot B_e \cdot N_r \cdot S_r$$

ここに、 q_d : 荷重の偏心傾斜を考慮した極限支持力度

B_e : 荷重の偏心傾斜を考慮した基礎有効幅 (m)

$$B_e = B - 2e = 2.000 - 2 \times 0.271 = 1.458 \text{ (m)}$$

α 、 β : 基礎の形状係数

$$\alpha = 1 + 0.3 \times B_e / L = 1 + 0.3 \times 0.729 = 1.219$$

$$\beta = 1 - 0.4 \times B_e / L = 1 - 0.4 \times 0.729 = 0.708$$

$$B_e / L = 1.458 / 2.000 = 0.729$$

($B_e / L > 1$ の場合、 $B_e / L = 1$ とする。)

L : 基礎の奥行き = 2.000 (m)

C : 支持地盤の粘着力 = 10.000 (kN/m²)

q : 上載荷重 (= $\gamma_f \cdot D_f$) (kN/m²)

$$q = \gamma_f \times D_f = 17.00 \times 2.000 = 34.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

γ_f : 根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m³) = 17.00

D_f : 有効根入れ長 (m) = 2.000

γ_s : 支持地盤の単位体積重量 (kN/m³) = 18.00

S_c, S_q, S_r : 支持力係数の寸法効果に対する補正係数

$$S_c = (C^*)^\lambda = (C/10)^{-1/3} = 1.00$$

$$S_q = (q^*)^\nu = (q/10)^{-1/3} = 0.67$$

$$S_r = (B^*)^\mu = (B_e/1.0)^{-1/3} = 0.88$$

N_c, N_q, N_r : 支持力係数 (道路橋示方書、支持力係数グラフより)

$$N_c = 29.10$$

$$N_q = 17.76$$

$$N_r = 14.36$$

κ : 根入れ効果に対する割り増し係数

$$\kappa = 1 + 0.3 \times D_f / B_e = 1 + 0.3 \times 1.800 / 1.458$$

$$= 1.00 \text{ (根入れ効果を考慮しない)}$$

極限支持力度

$$q_d = \alpha \cdot \kappa \cdot C \cdot N_c \cdot S_c + \kappa \cdot q \cdot N_q \cdot S_q + 1/2 \cdot \gamma_s \cdot \beta \cdot B_e \cdot N_r \cdot S_r$$

$$= 1.219 \times 1.00 \times 10.00 \times 29.10 \times 1.00 + 1.00 \times 34.00 \times 17.76 \times 0.67 \\ + 1/2 \times 18.00 \times 0.708 \times 1.458 \times 14.36 \times 0.88$$

$$= 354.729 + 404.573 + 117.401$$

$$= 876.703 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・地盤支持力に対する安定照査

$$\text{最大地盤反力度} \quad q_{\max} = 97.100 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{極限支持力度} \quad q_d = 876.703 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{地盤支持力度の計画安全率} \quad F_{sj} = 3.00$$

地盤支持力度の安全率

$$F_s = q_d / q_{\max}$$

$$= 876.703 / 97.1$$

$$= 9.029 \geq F_{sj} = 3.00 \quad \text{OK}$$

8.安定照査結果

項 目		安定条件	計算結果	基準値	判定	
転倒に対する照査		$e \leq B/3$	$e=0.271$	$B/3=0.667$	$e \leq B/3$	OK
滑動照査	基礎底面 すべり	$F_s \geq F_{sb}$	$F_s=21.461$	$F_{sb}=1.20$	$F_s \geq F_{sb}$	OK
	根入地盤 の破壊	$F_s \geq F_{sf}$	$F_s=24.019$	$F_{sf}=1.20$	$F_s \geq F_{sf}$	OK
支持力に対する照査		$F_s \geq F_{sj}$	$F_s=9.029$	$F_{sj}=3.00$	$F_s \geq F_{sj}$	OK