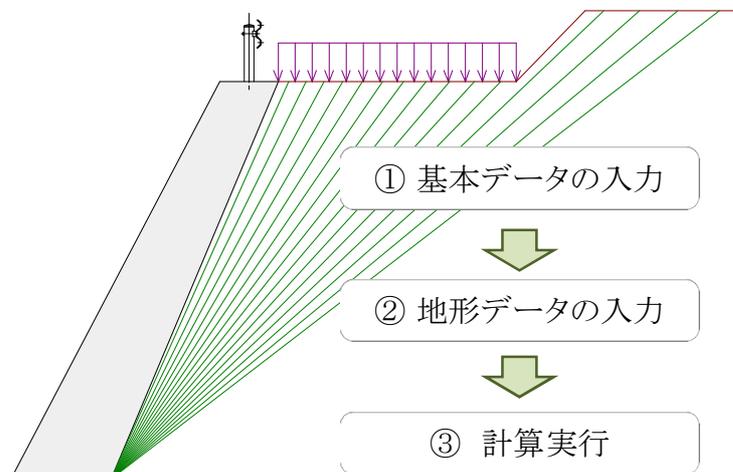


フーチングなしタイプの Ver.3.0
もたれ式擁壁の安定計算
(盛土土圧対応)



Ver 3.0 2015/05/08 Civil Tech 洋洋

本ソフトの概要・機能

- ・「道路土工・擁壁工指針(平成24年度版)」に準拠して、フーチングなしタイプのもたれ式擁壁の安定計算を行ないます。
- ・大型ブロック積み擁壁の安定計算に利用することも可能です。
- ・滑動、転倒、地盤支持力の安定検討を行うことができます。
- ・背面土に粘着力を考慮することができます。
- ・常時、地震時および自動車衝突時の安定計算を行うことができます。

本ソフトの使用方法

- メニュー画面(当画面)で、①→②→③の流れに沿って作業を進めて下さい。
②又は③で入力事項を修正した場合は、必ず当画面に戻って、③を実行して下さい。

本ソフトの制限事項・仕様

- ・切土部擁壁には対応していません。
(背面土が盛土等の単一な地盤の場合には適用可能)
- ・フーチングタイプのもたれ式擁壁には対応していません。

本ソフト作成に当たって参考とした文献、示方書

- ・「道路土工・擁壁工指針(平成24年度版)」(社)日本道路協会
- ・「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」(社)日本道路協会

本ソフトの動作環境

- ・当ソフトは、マクロ付きExcelブック形式で配布しています。(拡張子、xlsm)
- ・利用できるエクセルのバージョンは、Excel 2007以降となります。(Excel 2007/2010/2013)

基本データ

基本データ入力

| タイトル | | TEST-DATA | | | |
|------------|-------------|-------------------|-------|-------|--|
| サブタイトル | | | | | |
| 入力項目 | 記号 | 単位 | 数値 | 備考 | |
| 背面土単位体積重量 | γ | kN/m ³ | 21.24 | | |
| 背面土内部摩擦角 | ϕ | 度 | 27.78 | | |
| 背面土の粘着力 | C | kN/m ² | 3.45 | | |
| 土圧を考慮しない高さ | Ho | m | 2.000 | | |
| 壁面摩擦角 | 常時 | δ | 度 | 18.52 | |
| | 地震時 | δe | 度 | 13.89 | |
| 設計水平震度 | Kh | - | 0.11 | | |
| 計算ケース | 常時 | | | | |
| 粘着力の扱い | 地震・衝突時時のみ考慮 | | | | |
| 載荷重の扱い | 常時のみ考慮 | | | | |

もたれ式擁壁のデータ

| 入力項目 | 記号 | 単位 | 数値 | 備考 |
|--------------|------------|-------------------|--------|----|
| 擁壁高 | H | m | 9.000 | |
| 擁壁前面勾配 | 1:N | m | 0.500 | |
| 擁壁天端幅 | BT | m | 1.700 | |
| 擁壁底面幅 | B | m | 2.600 | |
| 擁壁の1ブロックの長さ | L | m | 10.000 | |
| コンクリート単位体積重量 | γc | kN/m ³ | 23.00 | |

自動車の衝突荷重データ

| 入力項目 | 記号 | 単位 | 数値 | 備考 |
|-----------|----|----|-------|--------------------|
| 衝突荷重 | Pc | kN | 30.00 | 擁壁工指針 P.62~P.63 |
| 衝突車両の前輪荷重 | Vc | kN | 25.00 | |
| 衝突荷重の作用高さ | Hp | m | 0.600 | |
| 衝突荷重の作用位置 | Xp | m | 0.300 | |

天端に作用する外力

| 入力項目 | 記号 | 単位 | 数値 | 備考 |
|----------|----|--------|-------|----|
| 水平力 | Ht | kN/m | 0.000 | |
| 鉛直力 | Vt | kN/m | 0.000 | |
| 鉛直力の作用位置 | Xt | m | 0.000 | |
| モーメント | Mt | kN・m/m | 0.000 | |

安定計算データ

| 滑動に対する安定条件 | | | | | |
|----------------|--------|----------------------------|-----------------|--------|------------------|
| 入力項目 | | 記号 | 単位 | 数値 | 備考 |
| 滑動安全率 | 常時 | F_s | - | 1.50 | |
| | 地震・衝突時 | F_{se} | - | 1.20 | |
| 根入れ地盤 | 単位重量 | γ_r | kN/m^3 | 19.00 | |
| | 内部摩擦角 | ϕ_r | 度 | 30.00 | |
| | 有効根入長 | D_f | m | 0.700 | |
| 擁壁底面の摩擦係数 | | μ | - | 0.600 | |
| 擁壁底面の粘着力 | | C_b | kN/m^2 | 0.00 | |
| 基礎前面の 受働土圧 | 考慮の有無 | 受働土圧抵抗を考慮しない | | | |
| | 低減係数 | α_p | - | 0.50 | |
| 地盤の支持力に対する安定条件 | | | | | |
| 許容地盤支持力度の求め方 | | Case2. 道路橋示方書・下部構造編の方法で求める | | | |
| 入力項目 | | 記号 | 単位 | 数値 | 備考 |
| 許容地盤 支持力度 | 常時 | q_a | kN/m^2 | 200 | Case1の場合 入力必須 |
| | 地震・衝突時 | q_{ae} | // | 300 | |
| 支持力安全率 | 常時 | F_s | - | 3.00 | Case2の場合 入力必須 |
| | 地震・衝突時 | F_{se} | - | 2.00 | |
| 支持地盤 | 単位重量 | γ_s | kN/m^3 | 19.00 | |
| | 内部摩擦角 | ϕ_s | 度 | 25.00 | |
| | 粘着力 | C_s | kN/m^2 | 100.00 | |
| 根入れ効果を見込む深さ | | D_f' | m | 0.700 | |
| もたれ式擁壁底面の形状 | | | 長方形 | | |

地形・載荷重データ

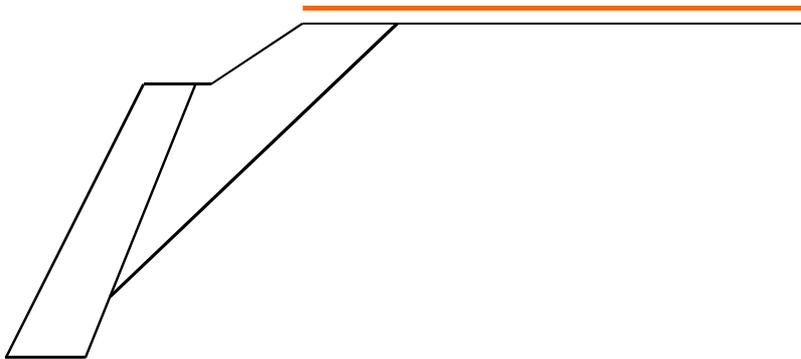
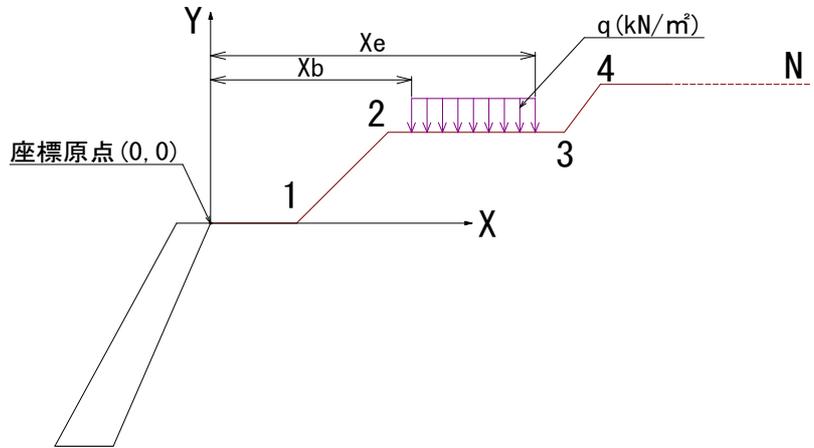
地形座標入力表(15点まで)

| NO. | X座標 | Y座標 |
|-----------|--------|-------|
| 1 | 0.500 | 0.000 |
| 2 | 3.500 | 2.000 |
| 3 | 20.000 | 2.000 |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | |
| 12 | | |
| 13 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |
| 入力した座標数 = | | 3 |

| | |
|-------------|-----|
| 作図縮尺 S = 1: | 250 |
|-------------|-----|

上載荷重入力表(2種類まで)

| NO. | q(kN/m ²) | Xb | Xe |
|-----|-----------------------|-------|--------|
| 1 | 10.000 | 3.500 | 20.000 |
| 2 | | | |



安定計算書

もたれ式擁壁の安定計算

| | | |
|--------|-----------|--|
| タイトル | TEST-DATA | |
| サブタイトル | | |
| 計算ケース: | 常時 | |

(1) 設計条件

1) 設計土圧

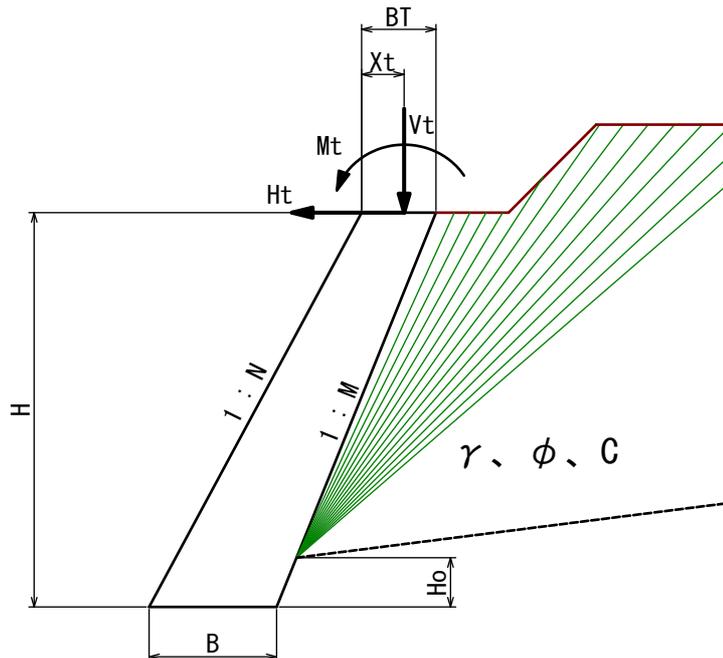
| | | |
|-------|---------|----------------|
| ・土圧合力 | $P_a =$ | 150.832 (kN/m) |
| ・水平土圧 | $P_h =$ | 150.584 (kN/m) |
| ・鉛直土圧 | $P_v =$ | -8.634 (kN/m) |

2) 天端に作用する外力

| | | |
|-----------|---------|----------------|
| ・水平力 | $H_t =$ | 0.000 (kN/m) |
| ・鉛直力 | $V_t =$ | 0.000 (kN/m) |
| ・鉛直力の作用位置 | $X_t =$ | 0.000 (m) |
| ・モーメント | $M_t =$ | 0.000 (kN・m/m) |

3) もたれ式擁壁の構造および寸法

| | | |
|-------------|--------------|----------------------------|
| ・もたれ式擁壁の高さ | $H =$ | 9.000 (m) |
| ・前面勾配 | $1 : N =$ | 0.500 |
| ・背面勾配 | $1 : M =$ | 0.400 |
| ・天端幅 | $BT =$ | 1.700 (m) |
| ・底面幅 | $B =$ | 2.600 (m) |
| ・擁壁1ブロックの延長 | $L =$ | 10.000 (m) |
| ・躯体の単位体積重量 | $\gamma_c =$ | 23.00 (kN/m ³) |
| ・土圧を考慮しない高さ | $H_o =$ | 2.000 (m) |



擁壁寸法等説明図

4) 背面土の土質定数

| | | |
|---------|------------|-----------------------------|
| ・単位体積重量 | $\gamma =$ | 21.240 (kN/m ³) |
| ・内部摩擦角 | $\phi =$ | 27.78 (°) |
| ・粘着力 | $C =$ | 0.00 (kN/m ²) |
| ・壁面摩擦角 | $\delta =$ | 18.52 (°) |

5) 基礎地盤の土質定数

| | | |
|------------|---------|----------------------------|
| ・擁壁底面の摩擦係数 | $\mu =$ | 0.600 |
| ・擁壁底面の粘着力 | $C_b =$ | 0.000 (kN/m ²) |

6) 安定条件

・転倒に対する安定条件

もたれ式擁壁の場合、合力作用位置 d が背面側に底面幅を超えても安定であることから、転倒に対する安定条件として、合力の作用位置 d が常時はつま先から底面幅 B の $1/2$ より後方、地震時はつま先から底面幅 B の $1/3$ より後方になければならない。

(道路土工・擁壁工指針、P.162)

$$d \geq B/2 \quad (d: \text{つま先からの合力の作用位置までの距離})$$

| | | |
|------------|---------|-------|
| ・滑動に対する安全率 | $F_s =$ | 1.500 |
|------------|---------|-------|

・地盤の許容支持力度算定法 : 道路橋示方書の静力学公式を用いて求める

(2) 土圧合力の作用点計算

$$\begin{aligned} Y_p &= H_o + (H - H_o - Z_c) / 3 \\ &= 2.000 + (9.000 - 2.000 - 0.000) / 3 \\ &= 4.333 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_p &= B + Y_p \times M \\ &= 2.600 + 4.333 \times 0.400 \\ &= 4.333 \text{ (m)} \end{aligned}$$

ここに、

X_p : 土圧合力のつま先からの離れ (m)

Y_p : 土圧合力の作用高 (m)

H : もたれ式擁壁の高さ (m)

B : もたれ式擁壁の底面幅 (m)

M : もたれ式擁壁の背面勾配

Z_c : 粘着力による自立高さ

$$Z_c = 2C / \gamma \cdot \tan(45 + \phi / 2) = 0.000 \text{ (m)}$$

H_o : 土圧を考慮しない高さ (m)

(3) 作用力の集計

躯体の荷重計算表

(距離およびモーメントは躯体のつま先を中心とする)

| 種別 | 断面積 | 重量 | 重心位置およびモーメント | | | |
|----|---------------------|----------|--------------|-----------|--------|-----------|
| | | | 水平距離 | モーメント | 鉛直距離 | モーメント |
| | A (m ²) | W (kN/m) | Xg (m) | M (kN・m) | Yg (m) | M (kN・m) |
| 躯体 | 19.350 | 445.050 | 3.184 | 1,417.039 | 4.186 | 1,862.979 |

躯体断面積

$$\begin{aligned}
 A &= H \cdot (BT+B) / 2 \\
 &= 9.000 \times (1.700 + 2.600) / 2 \\
 &= 19.350 \text{ (m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

躯体重量

$$\begin{aligned}
 W &= A \cdot \gamma c \\
 &= 19.350 \times 23.000 \\
 &= 445.050 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

重心位置

$$\begin{aligned}
 Xg &= B/2 + Yg \cdot (N+M)/2 \\
 &= 2.600 + 4.186 \times (0.500 + 0.400) / 2 \\
 &= 3.184 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Yg &= H \cdot (B + 2 \cdot BT) / \{ 3 \cdot (B + BT) \} \\
 &= 9.000 \times (2.600 + 2 \times 1.700) / (1.700 + 2.600) / 3 \\
 &= 4.186 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

作用力の集計表

| 種別 | 荷重 (kN/m) | | 距離 (m) | | モーメント(kN・m) | |
|---------|-----------|---------|--------|-------|-------------|---------|
| | 鉛直 | 水平 | 水平 | 鉛直 | 抵抗 | 転倒 |
| | V | H | X | Y | Mr | Mo |
| 躯体 | 445.050 | 0.000 | 3.184 | 4.186 | 1,417.039 | 0.000 |
| 土圧 | -8.634 | 150.584 | 4.333 | 4.333 | -37.410 | 652.483 |
| 外力(V,H) | 0.000 | 0.000 | 4.500 | 9.000 | 0.000 | 0.000 |
| 外力(M) | | | | | | 0.000 |
| 合計 | 436.416 | 150.584 | 3.161 | 4.333 | 1,379.630 | 652.483 |

3) 地盤の支持力に対する検討

(a) 鉛直地盤反力度の算定法。

もたれ式擁壁底面の鉛直地盤反力度は、「道路土工－擁壁工指針(p.163～167)」に示された地盤モデルによる計算法に基づいた簡便法で算出する。

具体的には、荷重の合力作用位置(d)の範囲に応じて以下のケースに分けて算出する。

case-1: 擁壁底面から前面に外れる場合 ($d < 0$)

この場合、地盤反力度は計算できない。(転倒条件を満たさない)

case-2: 擁壁底面幅のミドルサードから外れて擁壁前側にある。 ($0 \leq d < B/3$)

この場合、地盤反力度は三角形分布となる。

$$q = \frac{2 \cdot \Sigma V}{3 \cdot d}$$

case-3: 擁壁底面幅の1/3～1/2の範囲にある。 ($B/3 \leq d \leq B/2$)

この場合、地盤反力度は台形分布となる

$$q = \Sigma V/B (1 \pm 6e/B)$$

case-4: 擁壁底面幅の1/2より後方にある。 ($d > B/2$)

この場合、地盤反力度は、地盤バネモデルによる計算法の簡便法を用いて算定する。

(b) 荷重合力作用位置 d によるタイプ判定

・合力位置 $d = 1.666$ (m)

・タイプ判定 : **case-4** ($d > B/2$)

| 判定基準幅 | 数値 |
|-------|-------|
| B/3 | 0.867 |
| B/2 | 1.300 |
| B | 2.600 |

以下の地盤反力度の計算結果の中から case-4の計算結果を採用する。

・case-1場合、地盤反力度は計算できない。

・case-2の場合、地盤反力度は三角形分布となる。

$$q_{\max} = \frac{2 \cdot \Sigma V}{3 \cdot d} = \frac{872.833}{4.998} = 174.636 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・case-3の場合、地盤反力度は台形分布となる

$$q_{v1} = \Sigma V/B (1 + 6e/B) = 26.082 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{v2} = \Sigma V/B (1 - 6e/B) = 309.623 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

•case-4の場合、地盤反力度は、地盤バネモデルによる計算法の簡便法を用いて算定する。

$$\begin{aligned}
 qv1 &= 2Qv(2 - 3\kappa d)/B &= & 106.399 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 qv2 &= 2Qv(3\kappa d - 1)/B &= & 226.098 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 Qv &= \Sigma V - Qt \cdot \sin \theta &= & 432.246 \text{ (kN/m)} \\
 Qt &= \frac{Ma - \kappa d \cdot B \cdot \Sigma V}{B \cdot \sin \theta (1 - \kappa d) + L(1 - \kappa l/3)} &= & 11.214 \text{ (kN/m)} \\
 L2 &= \kappa l \cdot L = 5.816 \text{ (m)} \\
 dq &= \kappa d \cdot B = 1.456 \text{ (m)} \\
 e &= B/2 - dq = -0.156 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

ここに、

qv1 : 底面の前方に発生する鉛直地盤反力度(kN/m²)

qv2 : 底面の後方に発生する鉛直地盤反力度(kN/m²)

Qv : 底面に発生する鉛直地盤反力(kN/m)

Qt : 擁壁背面に発生する壁面地盤反力(kN/m)

なお、 $d \leq \kappa d \cdot B$ のときは $Qt=0$ とする。

d : 合力作用位置の距離 = 1.666 (m)

$$\kappa d \cdot B = 1.456 < d$$

ΣV : 底面における全鉛直荷重 (kN/m)
 $\Sigma V = 436.416$ (kN/m)

Ma : つま先回りの作用モーメント(kN・m/m)

$$Ma = \Sigma Mr - \Sigma Mo = 727.147 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

B : 底面幅 (m) = 2.600 (m)

H : 擁壁高 (m) = 9.000 (m)

L : 擁壁背面の壁面長

$$L = H \cdot \sqrt{1+M^2} = 9.693 \text{ (m)}$$

M : 擁壁背面勾配 1: 0.400

θ : 壁面傾斜角 = $\tan^{-1}(M) = 21.801$ (°)
 = 0.381 (rad)

L2 : 壁面地盤反力度が発生する区間長 (m)

dq : 底面の地盤反力の作用位置 (m)

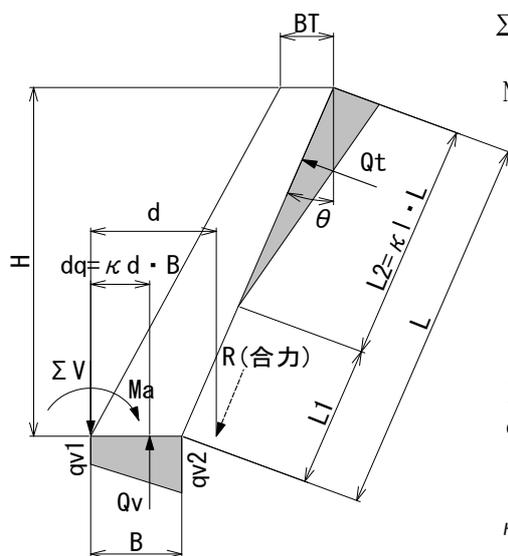
e : 底面の地盤反力の偏心量

κl : L2と擁壁背面長Lとの比

κd : 底面の地盤反力度の作用位置dqと底面幅Bとの比
 κl と κd は下表より求める

$$\kappa d = 0.560$$

$$\kappa l = 0.600$$



簡便法に用いる κd 、 κl

| 背面勾配 | 1: 0.3 | 1: 0.4 | 1: 0.5 |
|------------|--------|--------|--------|
| κl | 0.500 | 0.600 | 0.700 |
| κd | 0.560 | | |

出典:「道路土工 擁壁工指針 p.166」

・荷重の偏心傾斜を考慮した極限支持力度 (qu)

基礎に作用する荷重の傾斜角 (tan θ)

$$\begin{aligned}\tan \theta &= \Sigma H / \Sigma V \\ &= 150.584 / 436.416 \\ &= 0.35\end{aligned}$$

荷重の偏心傾斜を考慮した極限支持力度算定式

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

ここに、qu：荷重の偏心傾斜を考慮した極限支持力度

Be：荷重の偏心傾斜を考慮した有効載荷幅 (m)

※底面地盤反力の作用位置が中央より後方の場合はBe=Bとする。

$$Be = B - 2e = 2.600 - 2 \times -0.156$$

$$= 2.600 \text{ (m)}$$

$$Be/L = 2.600/10.000 = 0.260$$

Be/L > 1の場合Be/L=1とする。

e：底面の地盤反力度の偏心量

$$e = -0.156 \text{ (m)}$$

α、β：基礎の形状係数

$$\alpha = 1 + 0.3 \times Be/L = 1 + 0.3 \times 0.260$$

$$= 1.078$$

$$\beta = 1 - 0.4 \times Be/L = 1 - 0.4 \times 0.260$$

$$= 0.896$$

C：支持地盤の粘着力 = 100.000 (kN/m²)

q：上載荷重 (= γ_r · D_f) (kN/m²)

$$q = \gamma_r \times D_f = 19.00 \times 0.700$$

$$= 13.300 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

γ_r：根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m³)

γ_s：支持地盤の単位体積重量 (kN/m³)

S_c, S_q, S_r：支持力係数の寸法効果に対する補正係数

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

$$= 0.464$$

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

$$= 0.909$$

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

$$= 0.727$$

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)

$$N_c = 10.29$$

$$N_q = 4.78$$

$$N_r = 1.30$$

κ：根入れ効果に対する割り増し係数

$$\kappa = 1 + 0.3 \cdot D_f / Be$$

$$= 1.08$$

極限支持力度

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

$$= 1.078 \times 1.08 \times 100.00 \times 10.29 \times 0.464$$

$$+ 1.080 \times 13.300 \times 4.78 \times 0.909$$

$$+ 1/2 \times 19.00 \times 0.896 \times 2.600 \times 1.30 \times 0.727$$

$$= 555.873 + 62.412 + 20.916$$

$$= 639.201 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・荷重の偏心傾斜を考慮した許容支持力度 (qa)

$$\begin{aligned}
 q_a &= \frac{q_u}{F_s} \\
 &= \frac{639.201}{3.00} \\
 &= 213.067 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ここに、 q_a : 荷重の偏心傾斜を考慮した許容支持力度
 q_u : 荷重の偏心傾斜を考慮した極限支持力度
 F_s : 支持力安全率
 $F_s = 3.00$ (常時)

・地盤支持力に対する安定照査

許容支持力度を静力学公式により求めた場合は、底面に発生する全鉛直荷重を有効載荷幅(Be)で除して得られる地盤反力度(q)が許容支持力度(q_a)以下となることを照査する。(擁壁工指針 p.119)

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{Q_v}{B_e} \leq q_a \\
 &= \frac{432.246}{2.600} \\
 &= 166.248 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

地盤反力度 $q = 166.248 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

許容地盤支持力度 $q_a = 213.067 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

判定 $q_{max} \leq q_a$ OK -- OK --

(5) 安定計算のまとめ

タイトル : TEST-DATA

サブタイトル:

計算ケース: 常時

| 安定照査項目 | | 記号 | 数値 | 備考 |
|--------------|----------------------------------|----------|----------|----|
| 転倒に対する安定性 | 合力作用位置 (m) | d | 1.666 | |
| | 許容幅 (m) | B/2 | 1.300 | |
| | 判定 ($d \geq B/2$ の条件を満たすか) | | -- OK -- | |
| 滑動に対する安定性 | 滑動安全率 | F_s | 1.739 | |
| | 計画安全率 | F_{sp} | 1.50 | |
| | 判定 ($F_s \geq F_{sp}$ の条件を満たすか) | | -- OK -- | |
| 地盤支持力に対する安定性 | 地盤反力度(kN/m ²) | q | 166.248 | |
| | 許容支持力度(kN/m ²) | q_a | 213.067 | |
| | 判定 ($q \leq q_a$ の条件を満たすか) | | -- OK -- | |