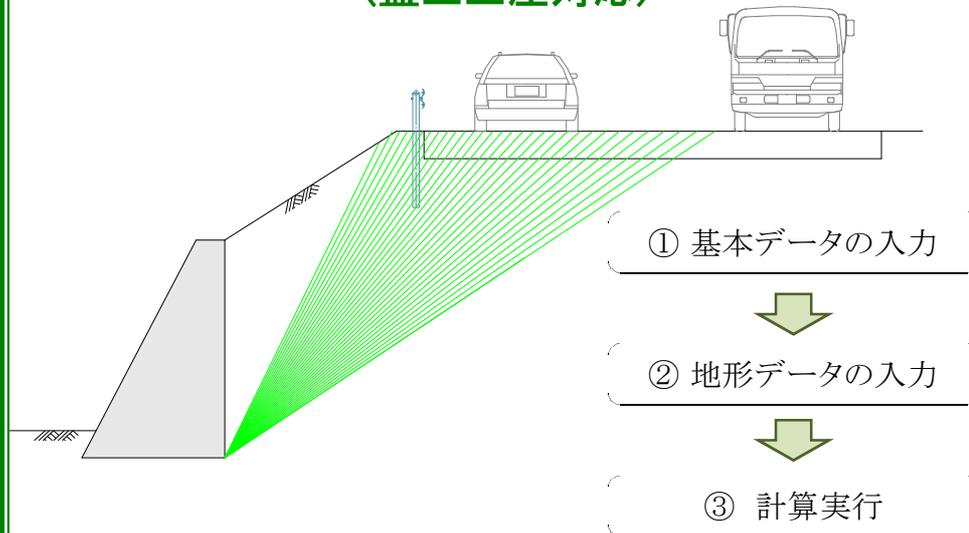


重力式擁壁の安定計算

Ver.1.10

(盛土土圧対応)



Ver 1.10 2019/01/18 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、重力式擁壁の安定計算を行ないます。
- ・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)
- ・背面及び前面の水位を考慮した計算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)

改訂履歴

- 2004/11/08 : Ver.1.0 :初期バージョン(自社用)
2019/01/18 : Ver.1.1 :公開初期バージョン

当ソフトに関する、要望、質問、不具合報告などは下記のメールアドレスまでお願いします。
Mail : soft@civiltec.co.jp (担当: 横田洋文)
<http://www.civiltec.co.jp/>

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	20.00	
背面土内部摩擦角	ϕ	度	35.00	
背面土の粘着力	C	kN/m ²	0.00	
土圧を考慮しない高さ	H _o	m	0.000	
壁面摩擦角	常時	δ	度	23.330
	地震時	δ_e	度	17.500
設計水平震度	K _h	-	0.12	
計算ケース	常時			
粘着力の扱い	地震・衝突時時のみ考慮			
背面地表載荷重の扱い	常時のみ考慮			

重力式擁壁のデータ

入力項目	記号	単位	数値	備考
擁壁高	H	m	3.000	
擁壁前面勾配	1:N	m	0.200	
擁壁天端幅	BT	m	0.400	
擁壁底面幅	B	m	2.200	
擁壁の1ブロックの長さ	L	m	8.000	
コンクリート単位体積重量	γ_c	kN/m ³	23.00	

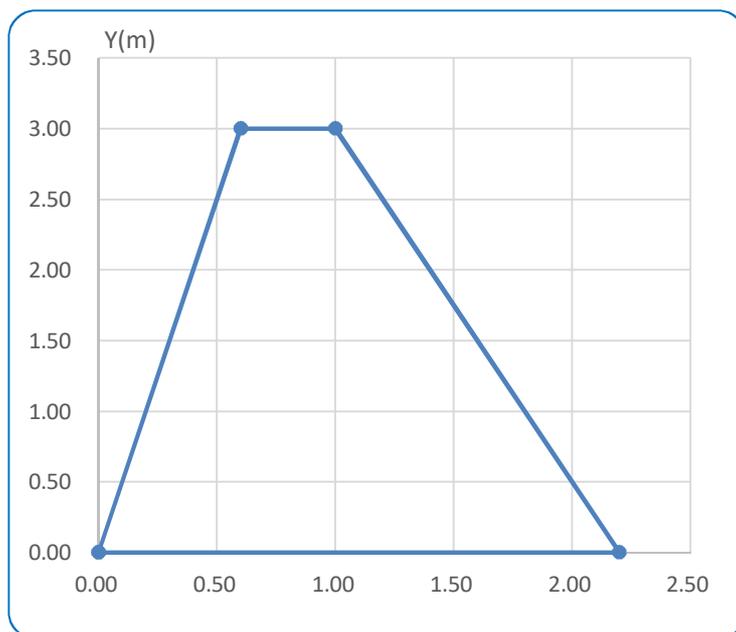
自動車の衝突荷重データ(任意入力)

入力項目	記号	単位	数値	備考
衝突荷重	P _c	kN	50.00	擁壁工指針 P.62~P.63
衝突車両の前輪荷重	V _c	kN	25.00	
衝突荷重の作用高さ	H _p	m	0.600	
衝突荷重の作用位置	X _p	m	0.200	

天端に作用する外力(任意入力)

入力項目	記号	単位	数値	備考
水平力	H _t	kN/m	0.000	
鉛直力	V _t	kN/m	0.000	
鉛直力の作用位置	X _t	m	0.000	
モーメント	M _t	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	Fs	-	1.50	
	地震・衝突時	Fse	-	1.20	
擁壁底面の摩擦係数	μ	-	0.600		
擁壁底面の粘着力	Cb	kN/m ²	0.000		
受働土圧考慮の有無	受働土圧抵抗を考慮しない				
受働土圧を考慮する場合に以下を入力する。					
受働土圧の低減係数	αp	-	0.50		
擁壁前面の地表傾斜角	β'	度	0.000		
受働土圧計算用の壁面摩擦角	δ'	度	0.000		
前面の埋戻し地盤	単位重量	γr	kN/m ³	19.00	
	内部摩擦角	ϕr	度	30.00	
	粘着力	Cr	kN/m ²	0.00	
	土圧考慮深さ	Dr	m	0.500	
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	qa	kN/m ²	300	Case1の場合 入力必須
	地震・衝突時	qae	"	450	
支持力安全率	常時	Fs	-	3.00	Case2の場合 入力必須
	地震・衝突時	Fse	-	2.00	
支持地盤	単位重量	γs	kN/m ³	20.00	
	内部摩擦角	ϕs	度	35.00	
	粘着力	Cs	kN/m ²	5.00	
有効根入れ深さ	Df	m	0.500		
根入れ効果の割増を見込む深さ	Df'	m	0.000		
重力式擁壁底面の形状	長方形				



擁壁断面図

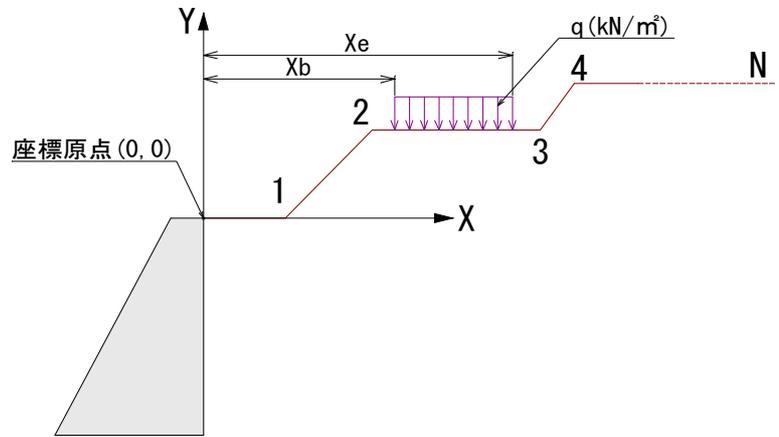
地形・載荷重データ

地形座標入力表(15点まで)

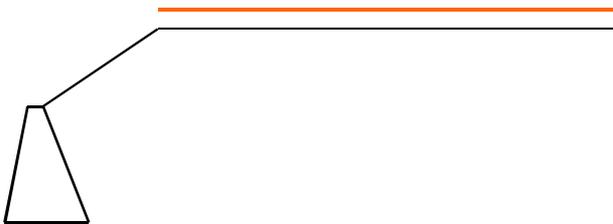
NO.	X座標	Y座標
1	3.000	2.000
2	15.000	2.000
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
入力した座標数 =		2

背面地表の上載荷重入力表(2種類まで)

NO.	q(kN/m ²)	Xb	Xe
1	10.000	3.000	15.000
2			



作図縮尺 S = 1: 200



土圧計算書

試行くさび法による最大土圧の計算

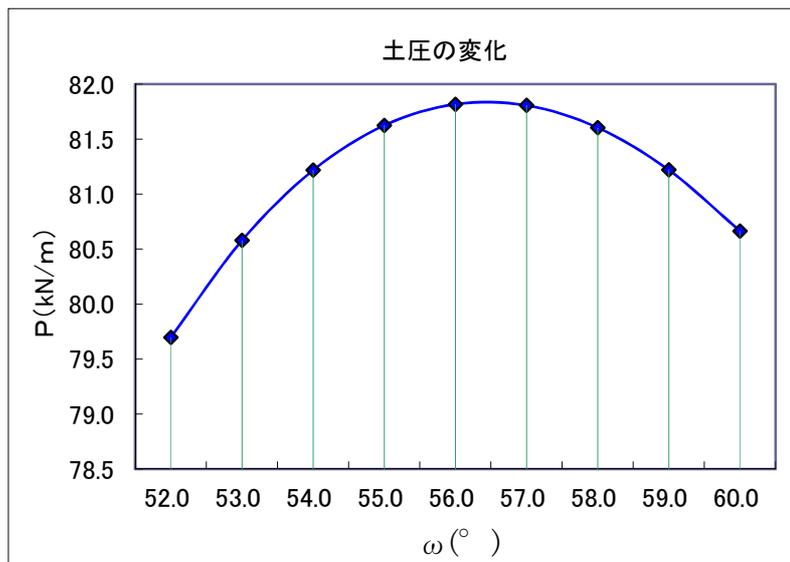
TEST-DATA

1. 計算条件

・ 計算ケース		常時土圧の計算
・ 擁壁高さ	H=	3.000 (m)
・ 土圧を考慮しない底面からの高さ	Ho=	0.000 (m)
・ 土圧が作用する高さ	Hp = H - Ho=	3.000 (m)
・ 擁壁背面傾斜角	α =	21.801 (°)
・ 背面土単位体積重量	γ =	20.000 (kN/m ³)
・ 背面土内部摩擦角	ϕ =	35.000 (°)
・ 背面土粘着力	C=	0.000 (kN/m ²)
・ 粘着力による自立高さ	$Z_c = 2C / \gamma \cdot \tan(45 + \phi / 2) =$	0.000 (m)
・ 壁面摩擦角	δ =	23.330 (°)

2. 計算結果

・ 最大土圧を生じるすべり角	ω =	56.4 (°)
・ 土塊面積	A=	9.505 (m ² /m)
・ 土塊重量	W=	190.100 (kN/m)
・ 载荷重	Q=	15.220 (kN/m)
・ 最大土圧合力	Pa=	81.836 (kN/m)
・ 水平土圧	$Ph = Pa \times \cos(\alpha + \delta) =$	57.734 (kN/m)
・ 鉛直土圧	$Pv = Pv \times \sin(\alpha + \delta) =$	58.000 (kN/m)



ω(度)	P(kN/m)
52.0	79.697
53.0	80.579
54.0	81.217
55.0	81.625
56.0	81.817
57.0	81.806
58.0	81.604
59.0	81.220
60.0	80.663
ω max(度)	Pmax(kN/m)
56.4	81.836

安定計算書

重力式擁壁の安定計算

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

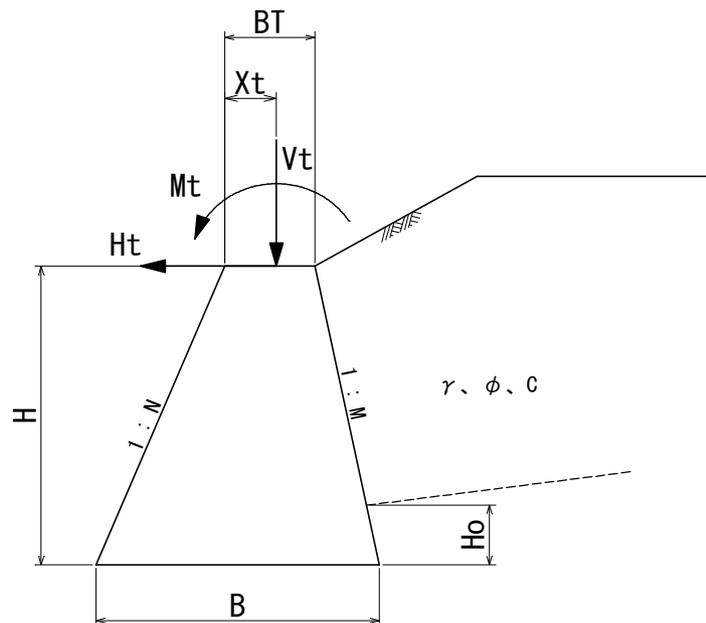
・土圧合力	$P_a =$	81.836 (kN/m)
・水平土圧	$P_h =$	57.734 (kN/m)
・鉛直土圧	$P_v =$	58.000 (kN/m)

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) 重力式擁壁の構造および寸法

・重力式擁壁の高さ	$H =$	3.000 (m)
・前面勾配	$1 : N =$	0.200 $\theta' = 11.310 (^{\circ})$
・背面勾配	$1 : M =$	-0.400
・天端幅	$BT =$	0.400 (m)
・底面幅	$B =$	2.200 (m)
・擁壁1ブロックの延長	$L =$	8.000 (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	$H_o =$	0.000 (m)



擁壁寸法等説明図

(※ 本図は模式図なので実際の形状とは異なります)

4) 背面土の土質定数

・単位体積重量	$\gamma =$	20.000 (kN/m ³)
・内部摩擦角	$\phi =$	35.00 (°)
・粘着力	$C =$	0.00 (kN/m ²)
・壁面摩擦角	$\delta =$	23.33 (°)

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

転倒に対する安定条件は、合力の作用位置が擁壁底面幅Bの1/3範囲内になければならない。
式で表せば以下のとおりである。(道路土工・擁壁工指針、P.118)

$$|e| \leq B/6 \quad (e : \text{擁壁底面中央から合力の作用位置までの偏心距離})$$

・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

$$\begin{aligned} Y_p &= H_o + (H - H_o - Z_c) / 3 \\ &= 0.000 + (3.000 - 0.000 - 0.000) / 3 \\ &= 1.000 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_p &= B + Y_p \times M \\ &= 2.200 + 1.000 \times -0.400 \\ &= 1.800 \text{ (m)} \end{aligned}$$

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 : 擁壁の高さ (m)

B : 擁壁の底面幅 (m)

M : 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	3.900	89.700	0.985	88.355	1.154	103.514

躯体断面積

$$\begin{aligned}
 A &= H \cdot (BT+B) / 2 \\
 &= 3.000 \times (0.400 + 2.200) / 2 \\
 &= 3.900 \text{ (m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

躯体重量

$$\begin{aligned}
 W &= A \cdot \gamma c \\
 &= 3.900 \times 23.000 \\
 &= 89.700 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

重心位置

$$\begin{aligned}
 Xg &= B/2 + Yg \cdot (N+M)/2 \\
 &= 2.200 + 1.154 \times (0.200 + -0.400) / 2 \\
 &= 0.985 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Yg &= H \cdot (B + 2 \cdot BT) / \{ 3 \cdot (B + BT) \} \\
 &= 3.000 \times (2.200 + 2 \times 0.400) / (0.400 + 2.200) / 3 \\
 &= 1.154 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

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	89.700	0.000	0.985	1.154	88.355	0.000
土圧	58.000	57.734	1.800	1.000	104.399	57.734
外力(V,H)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
外力(M)						0.000
合計	147.700	57.734	1.305	1.000	192.754	57.734

(4) 安定計算

1) 転倒に対する検討

・合力作用位置のつま先からの距離 d

$$\begin{aligned}d &= \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V} \\ &= \frac{192.754 - 57.734}{147.700} \\ &= 0.914 \text{ (m)}\end{aligned}$$

・合力作用位置の基礎中心からの偏心距離 e

$$\begin{aligned}e &= \frac{B}{2} - d \\ &= \frac{2.200}{2} - 0.914 \\ &= 0.186 \text{ (m)}\end{aligned}$$

$$|e| = 0.186 \leq \begin{matrix} \text{(常時)} \\ B/6 = 0.367 \end{matrix} \quad \text{-- OK --}$$

※ 偏心距離が基礎幅 $B/6$ の範囲にある。

・有効載荷幅 Be

※合力作用位置が中央より後方の場合は $Be=B$ とする。(擁壁工指針 p.67)

$$\begin{aligned}Be &= B - 2e = 2.200 - 2 \times 0.186 \\ &= 1.828 \text{ (m)}\end{aligned}$$

2) 滑動に対する検討(基礎コンクリートと地盤の滑動)

$$\Sigma H = 57.734 \text{ (kN/m)}$$

$$\Sigma V = 147.700 \text{ (kN/m)}$$

$$F_s = \frac{\mu \cdot \Sigma V + C_b \cdot B_e}{\Sigma H}$$

$$= \frac{0.600 \times 147.700 + 0.000 \times 1.828}{57.734}$$

$$= \frac{88.620}{57.734}$$

$$= 1.535 \geq 1.500 \text{ (常時) } \text{ -- OK --}$$

3) 地盤の支持力に対する検討

(a) 鉛直地盤反力度の算定

擁壁底面の鉛直地盤反力度は、「道路土工－擁壁工指針(p.120)」に示された方法で算定する。
 具体的には、合力作用位置の基礎中心からの偏心距離(e)の値に応じて以下のケースに分けて算出する。

case-1: 擁壁底面から前面又は背面に外れる場合 ($|e| \geq B/2$)
 この場合、地盤反力度は計算できない。

case-2: 擁壁底面幅のミドルサードから外れる場合。($B/6 < |e| < B/2$)
 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: 擁壁底面幅のミドルサード内にある場合。($|e| \leq B/6$)
 この場合、地盤反力度は台形分布となる

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

(b) 偏心距離 e によるタイプ判定

- 偏心距離 $|e| = 0.186$ (m)
- タイプ判定 : **case-3** ($|e| \leq B/6$)

判定基準幅	数値
B/6	0.367
B/2	1.100
B	2.200

以下の地盤反力度の計算結果の中から case-3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。

$$q_{\max} = \frac{2 \cdot \Sigma V}{3 \cdot d} = \frac{295.399}{2.742} = 107.731 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- case-3の場合、地盤反力度は台形分布となる

$$\begin{aligned} q_{v1} &= \Sigma V/B (1 + 6e/B) = 101.192 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ q_{v2} &= \Sigma V/B (1 - 6e/B) = 33.080 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ q_{\max} &= \max (q_{v1}, q_{v2}) = 101.192 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

・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)

$$\begin{aligned}\tan \theta &= \Sigma H / \Sigma V \\ &= 57.734 / 147.700 \\ &= 0.39\end{aligned}$$

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)
※合力の作用位置が中央より後方の場合はBe=Bとする。

$$\begin{aligned}B_e &= B - 2e = 2.200 - 2 \times 0.186 \\ &= 1.828 \text{ (m)}\end{aligned}$$

$$B_e/L = 1.828/8.000 = 0.229$$

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

$$e = 0.186 \text{ (m)}$$

α、β : 基礎の形状係数

$$\begin{aligned}\alpha &= 1 + 0.3 \times B_e/L = 1 + 0.3 \times 0.229 \\ &= 1.069\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= 1 - 0.4 \times B_e/L = 1 - 0.4 \times 0.229 \\ &= 0.909\end{aligned}$$

C : 支持地盤の粘着力 = 5.000 (kN/m²)

q : 上載荷重 (= γ_r · D_f) (kN/m²)

$$\begin{aligned}q &= \gamma_r \times D_f = 19.00 \times 0.500 \\ &= 9.500 \text{ (kN/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}S_c &= (C^*)^\lambda = (C/10)^{-1/3} \\ &= 1.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_q &= (q^*)^\nu = (q/10)^{-1/3} \\ &= 1.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_r &= (B^*)^\mu = (B_e/1.0)^{-1/3} \\ &= 0.818\end{aligned}$$

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)

$$N_c = 18.58$$

$$N_q = 12.93$$

$$N_r = 6.13$$

κ : 根入れ効果に対する割り増し係数

$$\begin{aligned}\kappa &= 1 + 0.3 \cdot D_f^\rho / B_e \\ &= 1.00\end{aligned}$$

極限支持力度

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

$$\begin{aligned}&= 1.069 \times 1.00 \times 5.00 \times 18.58 \times 1.000 \\ &\quad + 1.000 \times 9.500 \times 12.93 \times 1.000 \\ &\quad + 1/2 \times 20.00 \times 0.909 \times 1.828 \times 6.13 \times 0.818\end{aligned}$$

$$= 99.310 \quad + 122.835 \quad + 83.321$$

$$= 305.466 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・荷重の偏心傾斜を考慮した許容支持力度 (qa)

$$\begin{aligned}
 q_a &= \frac{q_u}{F_s} \\
 &= \frac{305.466}{3.00} \\
 &= 101.822 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ここに、qa : 荷重の偏心傾斜を考慮した許容支持力度
 qu : 荷重の偏心傾斜を考慮した極限支持力度
 Fs : 支持力安全率
 Fs = 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(qa)以下となることを照査する。(擁壁工指針 p.119)

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{\sum V}{B_e} \leq q_a \\
 &= \frac{147.700}{1.828} \\
 &= 80.798 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

地盤反力度 $q = 80.798 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

許容地盤支持力度 $q_a = 101.822 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

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	偏心距離 (m)	e	0.186	
	許容範囲 (m)	B/6	0.367	
	判定 (e ≤ B/6の条件を満たすか)			-- OK --
滑動に対する安定性	滑動安全率	Fs	1.535	
	計画安全率	Fsp	1.50	
	判定 (Fs ≥ Fsp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	80.798	
	許容支持力度(kN/m ²)	qa	101.822	
	判定 (q ≤ qaの条件を満たすか)			-- OK --