

## 第4章 側壁護岸の検討資料

### 第1節 側壁護岸の検討

側壁護岸は、もたれ擁壁（前法勾配5分、裏法勾配3分、天端幅50cm）を標準とするが、擁壁高や地質条件により擁壁の安定条件を満足できない場合は、擁壁天端幅の増厚、裏法勾配の急勾配化等、安定条件を満足するような断面としなければならない。代表的な断面や条件における検討結果については、以下のとおりである。

### 第2節 側壁護岸の検討資料

#### 2.1 目的

砂防堰堤の前庭保護に設置する側壁護岸について、近年土石流対策として設置される堰堤の中には、必ずしも良質な地盤上に構築されるものばかりではなく、様々な現場の土質条件に対応することが望まれている。したがって本検討資料は、標準形状を適用可能な条件の範囲を把握するとともに、適用範囲外のケースについての形状を把握することを目的とする。

#### 2.2 準拠基準

- ・道路土工—擁壁工指針（平成24年7月）

#### 2.3 基本形状

- ・もたれ式擁壁

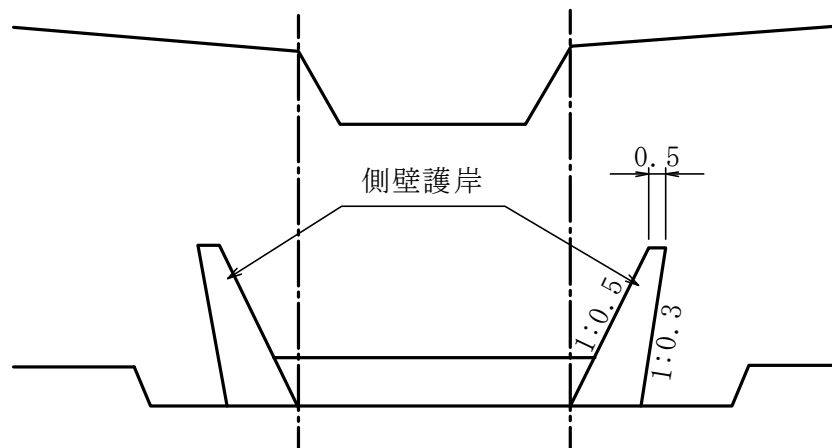
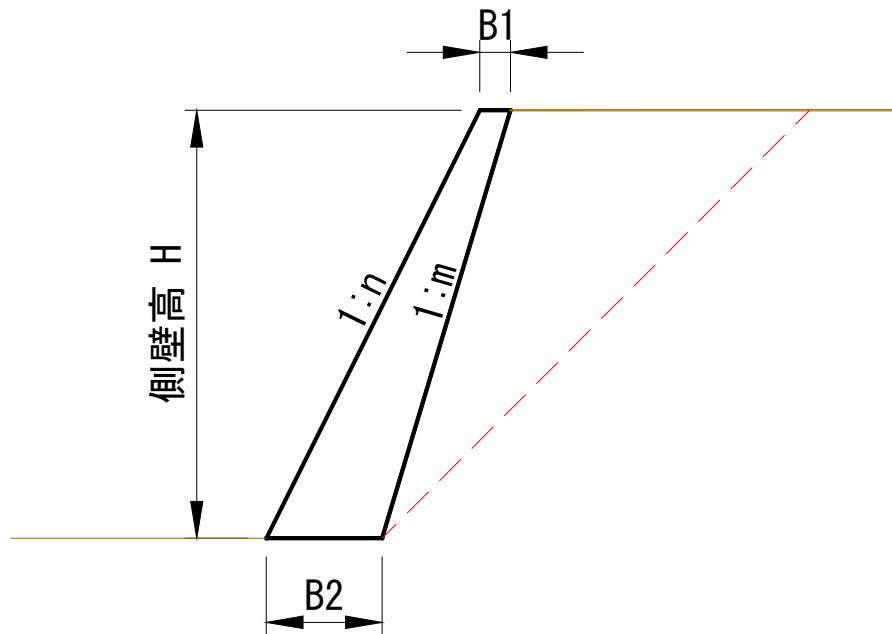


図 4-4-1 主堰堤部側壁位置図

2.4 計算モデル



2.5 基本形状

	検討ケース
側壁高	3.0m、4.0m、5.0m、6.0m、7.0m
前面勾配 n	0.5 (固定)
背面勾配 m	1 : 0.3 を基本とする。
天端幅 B	0.5m を基本とする。
背面土砂 土質条件	礫質土、砂質土、粘性土
背面土砂形状	天端からレベル
前面土砂	考慮しない (水叩きを考慮しない)
荷重ケース	常時 (自重+主働土圧) のみ
主働土圧の算定	盛土部擁壁、試行くさび法
水位	水抜きパイプを設置するため、考慮しない
安定条件	滑動・転倒・地盤支持力 ※各土質条件において安定を満足しない場合は、背面勾配又は天端幅を変化させ安定条件を満足する躯体形状とする

2.6 設計条件

2.6.1 躯体条件

- ・無筋コンクリート  $\sigma_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$
- ・コンクリート単位体積重量  $\gamma_c = 22.54 \text{ kN/m}^3$

2.6.2 土質条件

(1) 土質定数

設計基準

表 1-4 裏込め土のせん断定数

裏込め土の種類	せん断抵抗角 ( $\phi$ )	粘着力 ( $c$ ) <sup>注2)</sup>
礫質土 <sup>注1)</sup>	35°	—
砂質土	30°	—
粘性土(ただし $w_L < 50\%$ )	25°	—

注1) きれいな砂は礫質土の値を用いてもよい。  
 注2) 土質定数をこの表から推定する場合、粘着力  $c$  を無視する。

表 1-5 土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup> (tf/m<sup>3</sup>))

地盤	土質	緩いもの	密なもの
自然地盤	砂および砂礫	18 (1.8)	20 (2.0)
	砂質土	17 (1.7)	19 (1.9)
	粘性土	14 (1.4)	18 (1.8)
盛土	砂および砂礫	20 (2.0)	
	砂質土	19 (1.9)	
	粘性土(ただし $w_L < 50\%$ )	18 (1.8)	

注) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれ表中の値から  $9 \text{ kN/m}^3 (0.9 \text{ tf/m}^3)$  を差し引いた値としてよい。

(道路土工 擁壁工指針 P19, 20. より抜粋)

計算方針

背面土(裏込め土)の土質定数は、下表による。

表 4-4-1 背面土の土質定数

土質	単位重量 ( $\gamma$ )	内部摩擦角 ( $\phi$ )	粘着力 ( $c$ )
礫質土	20kN/m <sup>3</sup>	35°	—
砂質土	19kN/m <sup>3</sup>	30°	—
粘性土	18kN/m <sup>3</sup>	25°	—

(2) 地盤の許容支持力度

設計基準

支持地盤の種類		許容支持力度 (kN/m <sup>2</sup> (tf/m <sup>2</sup> ))	備 考	
			$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> ))	N 値
岩 盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1000 (100)	10000 以上 (100 以上)	—
	亀裂の多い硬岩	600 (60)	10000 以上 (100 以上)	—
	軟岩・土丹	300 (30)	1000 以上 (10 以上)	—
礫 層	密 な も の	600 (60)	—	—
	密 で な い も の	300 (30)	—	—
砂 質 地 盤	密 な も の	300 (30)	—	30~50
	中 位 な も の	200 (20)	—	15~30
粘性土 地 盤	非常に硬いもの	200 (20)	200~400 (2.0~4.0)	15~30
	硬いもの	100 (10)	100~200 (1.0~2.0)	8~15
	中位のもの	50 (5)	50~100 (0.5~1.0)	4~8

(道路土工 擁壁工指針 P. 21 より抜粋)

設計方針

基礎地盤の許容支持力度は、下表による。

表 4-4-2 許容支持力度

土質	許容支持力度 (qa)	
礫質土	300kN/m <sup>2</sup>	密でないもの
砂質土	300kN/m <sup>2</sup>	密なもの
粘性土	200kN/m <sup>2</sup>	非常に硬いもの

(3) 基礎底面と地盤との間の摩擦係数

設計基準

表 1-7 基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力

せん断面の条件	支持地盤の種類	摩擦係数 $\mu = \tan \phi_B$	付着力 $c_B$
岩または礫とコンクリート	岩 盤	0.7	考慮しない
	礫 層	0.6	考慮しない
土と基礎のコンクリートの間に 割り栗石または碎石を敷く場合	砂 質 土	0.6	考慮しない
	粘 性 土	0.5	考慮しない

(道路土工 擁壁工指針 P. 21 より抜粋)

計算方針

支持地盤の種類毎に、礫層の場合には0.6、砂質土の場合には0.6、粘性土の場合には0.5とする。

2.6.3 荷重の種類

(1) 設計基準

1-5-1 荷重の種類

擁壁の設計に当たっては、一般に次の荷重を考慮するものとする。

- ① 自重
- ② 載荷重
- ③ 土圧
- ④ 地震の影響
- ⑤ 水圧および浮力
- ⑥ 雪荷重
- ⑦ 風荷重
- ⑧ 衝突荷重

擁壁の設計に用いる荷重は、擁壁の設置地点の諸条件や構造形式などによって適宜選定するものとし、必ずしも全部採用する必要はない。

(道路土工 擁壁工指針 P.25 より抜粋)

(2) 計算方針

側壁の荷重は、自重及び土圧（裏込め土の主働土圧）を対象とする。

側壁高が8 m以下であるため、地震時は考慮しない。

側壁には水抜きパイプを設置するため、水位は考慮しない。

	自重	載荷重	土圧	地震時	水圧、浮力	雪	風	衝突
常時	○	—	○	—	—	—	—	—

2.6.4 安定条件

(1) 滑動に対する安定

設計基準

$$F_s = \frac{\text{滑動に対する抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{\Sigma V \cdot \mu + c_B \cdot B}{\Sigma H} \quad \dots\dots\dots(2-9)$$

ここに  $\Sigma V$  : 底版下面における全鉛直荷重 (kN/m (tf/m))

$\Sigma H$  : 底版下面における全水平荷重 (kN/m (tf/m))

$\mu$  : 擁壁底版と支持地盤の間の摩擦係数

$c_B$  : 擁壁底版と支持地盤の間の付着力 (kN/m<sup>2</sup> (tf/m<sup>2</sup>))

$B$  : 擁壁の底版幅 (m)

安全率  $F_s$  は常時で1.5, 地震時には1.2を下回ってはならない。

(道路土工 擁壁工指針 P. 21 より抜粋)

(2) 転倒に対する安定  
設計基準

$$d = \frac{\sum M_r - \sum M_o}{\sum V} = \frac{\sum V_i \cdot a_i - \sum H_j \cdot b_j}{\sum V_i} \quad \dots\dots\dots(2-10)$$

- ここに  $\sum M_r$  : 擁壁底版つま先回りの抵抗モーメント (kN・m/m (tf・m/m))  
 $\sum M_o$  : 擁壁底版つま先回りの転倒モーメント (kN・m/m (tf・m/m))  
 $\sum V$  : 底版下面における全鉛直荷重 (kN/m (tf/m))  
 $V_i$  : 擁壁に作用する荷重の鉛直成分 (kN/m (tf/m))  
 $a_i$  : 擁壁底版つま先と  $V_i$  の作用点との水平距離 (m)  
 $H_j$  : 擁壁に作用する荷重の水平成分 (kN/m (tf/m))  
 $b_j$  :  $H_j$  の作用点の擁壁底版からの高さ (m)

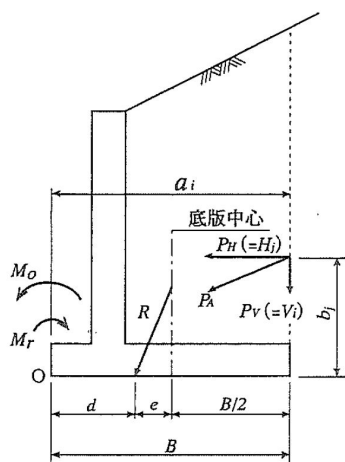


図 2-11 合力作用位置の求め方

図 2-11 中に示した外力は一種類のみであるが、実際には擁壁の設置条件に応じて複数の外力が作用する場合がある。これら外力の作用位置は外力の種類と作用条件に応じて異なる。

合力  $R$  の作用点の底版中央からの偏心距離  $e$  は式 (2-11) で表される。

$$e = \frac{B}{2} - d \quad \dots\dots\dots(2-11)$$

転倒に対する安定条件として、合力  $R$  の作用点は常時は底版中央の底版幅  $1/3$  の範囲内になければならない。すなわち、偏心距離  $e$  は式 (2-12) を満足しなければならない。

$$|e| \leq B/6 \quad \dots\dots\dots(2-12)$$

地震時は底版中央の底版幅  $2/3$  以内になければならない。すなわち、偏心距離  $e$  は式 (2-13) を満足しなければならない。

$$|e| \leq B/3 \quad \dots\dots\dots(2-13)$$

(道路土工 擁壁工指針 P.75 より抜粋)

(3) 支持地盤に対する安定

設計基準

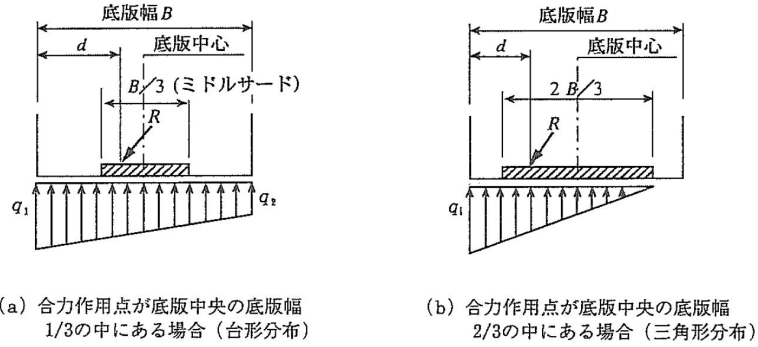


図 2-12 地盤反力度の求め方

- ① 合力作用点が底版中央の底版幅 1/3 (ミドルサード) の中にある場合

$$q_1 = \frac{\Sigma V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad \dots\dots(2-14)$$

$$q_2 = \frac{\Sigma V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \quad \dots\dots(2-15)$$

- ② 合力作用点が底版中央の底版幅 2/3 の中にある場合  
(かつ底版中央の底版幅 1/3 (ミドルサード) の外にある場合)

$$q_1 = \frac{2\Sigma V}{3d} \quad \dots\dots(2-16)$$

支持地盤の支持力に関する安定検討では、この $q_1$ および $q_2$ は式(2-17)を満足しなければならない。

$$\left. \begin{matrix} q_1 \\ q_2 \end{matrix} \right\} \leq q_a = \frac{q_u}{F_s} \quad \dots\dots(2-17)$$

ここに  $q_a$  : 地盤の許容支持力度 (kN/m<sup>2</sup> (tf/m<sup>2</sup>))

$q_u$  : 地盤の極限支持力度 (kN/m<sup>2</sup> (tf/m<sup>2</sup>))

$F_s$  : 地盤の支持力に対する安全率

地盤の支持力に対する安全率は常時で3.0、地震時には2.0を下回ってはならない。

(道路土工 擁壁工指針 P.76 より抜粋)

設計方針

設計基準に従い、安全率を設定する。

	転倒	滑動	基礎地盤の支持力
①常時	$ e  \leq B/6$ 又は $e \leq B/6$ $e$ は負	$F_s \geq 1.5$	$q \leq q_a$



2.7 計算結果

2.7.1 計算結果一覧表

表 4-4-3 のとおり、標準の側壁形状は、礫質土で H=3~7m、砂質土で H=3~5m の範囲での適用が可能である。

また、上記以外のケースで①天端幅を拡幅した場合、②背面の勾配を急した場合に安定し得る天端幅 (B1) 及び背面勾配 (m) を下表に示す。

表 4-4-3 計算結果一覧表

土質	種別	H=3m		H=4m		H=5m		H=6m		H=7m	
		B1	m	B1	m	B1	m	B1	m	B1	m
礫質土	標準形状	0.50	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30
	①天端拡幅										
	②背面勾配修正										
砂質土	標準形状	0.50	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30	out		out	
	①天端拡幅							0.60	0.30	0.70	0.30
	②背面勾配修正							0.50	0.20	0.50	0.20
粘性土	標準形状	out		out		out		out		out	
	①天端拡幅	0.65	0.30	0.85	0.30	1.05	0.30	out		out	
	②背面勾配修正	0.50	0.10	0.65	0.10	0.80	0.10	0.95	0.10	1.30	0.20

注) 粘性土の H=6m、7m、①天端拡幅のケースは、地盤反力が許容値を超過する。

2.7.2 計算結果

各ケースにおける計算結果を次項に示す。

標準形状		側壁 3.0m																		
		礫質土 $\phi=35^\circ \gamma=20\text{kN}/\text{m}^3$			砂質土 $\phi=30^\circ \gamma=19\text{kN}/\text{m}^3$			粘性土 $\phi=25^\circ \gamma=18\text{kN}/\text{m}^3$												
躯体形状	擁壁高 H	3.00																		
	天端幅 B1	0.50																		
	底板幅 B2	1.10																		
	前面勾配 1:n	0.5																		
	背面勾配 1:m	0.3																		
土質条件	無筋コンクリート $\gamma_c$	22.56																		
	前面土砂 $\gamma$	20.0	19.0	18.0																
	背面土砂 $\gamma$	20.0	19.0	18.0																
	内部摩擦角 $\phi$	35	30	25																
	摩擦係数 $\mu$	0.6	0.6	0.5																
作用力	すべり角 $\omega$	52.0																		
	土圧力 P	12.874	16.461	20.705																
	躯体鉛直力	54.144	54.144	54.144																
	土圧鉛直力	1.487	0.948	-0.012																
	合計 N1	55.631	55.092	54.132																
安定計算	躯体水平力	0	0	0																
	土圧水平力	12.788	16.434	20.705																
	合計 H1	12.788	16.434	20.705																
	鉛直モーメント $\Sigma Mr$	60.287	59.532	58.188																
	水平モーメント $\Sigma Mt$	12.788	16.434	20.705																
安定計算	合力の作用位置 d	0.854																		
	転倒偏心距離 e	-0.304	≤ 0.183	O.K	-0.232	≤ 0.183	O.K	-0.142	≤ 0.183	O.K										
	滑動 Fs	2.610	> 1.5	O.K	2.011	> 1.5	O.K	1.307	≤ 1.5	OUT										
	地盤反力形状	三角形	三角形	三角形																
	地盤反力 <sub>max</sub>	150.762	≤ 300	O.K	115.497	≤ 300	O.K	87.444	≤ 200	O.K										
地盤反力 <sub>min</sub>	0	≤ 300	O.K	0	≤ 300	O.K	10.978	≤ 200	O.K											

標準形状		側壁 4.0m			
		礫質土 $\phi=35^\circ \quad \gamma=20\text{kN/m}^3$	砂質土 $\phi=30^\circ \quad \gamma=19\text{kN/m}^3$	粘性土 $\phi=25^\circ \quad \gamma=18\text{kN/m}^3$	モデル図
躯体形状	擁壁高 H	4.00	4.00	4.00	
	天端幅 B1	0.50	0.50	0.50	
	底板幅 B2	1.30	1.30	1.30	
	前面勾配 1:n	0.5	0.5	0.5	
形状	背面勾配 1:m	0.3	0.3	0.3	
	無筋コンクリート $\gamma_c$	22.56	22.56	22.56	
土質条件	前面土砂 $\gamma$	20.0	19.0	18.0	
	背面土砂 $\gamma$	20.0	19.0	18.0	
	内部摩擦角 $\phi$	35	30	25	
	摩擦係数 $\mu$	0.6	0.6	0.5	
作用力	すべり角 $\omega$	52.0	49.0	47.0	
	土圧力 P	22.888	29.264	36.808	
	躯体鉛直力	81.216	81.216	81.216	
	土圧鉛直力	2.644	1.685	-0.021	
	合計 N1	83.860	82.901	81.195	
	躯体水平力	0	0	0	
	土圧水平力	22.735	29.215	36.808	
	合計 H1	22.735	29.215	36.808	
	鉛直モーメント $\Sigma Mr$	112.629	110.999	108.099	
	水平モーメント $\Sigma Mt$	30.306	38.944	49.065	
安定計算	合力の作用位置 d	計算値 0.982	許容値 —	計算値 0.727	許容値 —
	転倒偏心距離 e	-0.332 $\leq$ 0.217 O.K	-0.219 $\leq$ 0.217 O.K	-0.077 $\leq$ 0.217 O.K	0.217 O.K
	滑動 Fs	2.213 $>$ 1.5 O.K	1.703 $>$ 1.5 O.K	1.103 $\leq$ 1.5 OUT	1.5 O.K
	地盤反力形状	三角形	三角形	三角形	台形
	地盤反力max	175.807 $\leq$ 300 O.K	128.230 $\leq$ 300 O.K	84.672 $\leq$ 300 O.K	200 O.K
	地盤反力min	0 $\leq$ 300 O.K	0 $\leq$ 300 O.K	40.243 $\leq$ 300 O.K	200 O.K

標準形状

		側壁 5.0m			
		礫質土 $\phi=35^\circ \quad \gamma=20\text{kN/m}^3$	砂質土 $\phi=30^\circ \quad \gamma=19\text{kN/m}^3$	粘性土 $\phi=25^\circ \quad \gamma=18\text{kN/m}^3$	モデル図
躯体形状	擁壁高 H	5.00	5.00	5.00	
	天端幅 B1	0.50	0.50	0.50	
	底版幅 B2	1.50	1.50	1.50	
	前面勾配 1:n	0.5	0.5	0.5	
	背面勾配 1:m	0.3	0.3	0.3	
	無筋コンクリート $\gamma_c$	22.56	22.56	22.56	
土質条件	前面土砂 $\gamma$	20.0	19.0	18.0	
	背面土砂 $\gamma$	20.0	19.0	18.0	
	内部摩擦角 $\phi$	35	30	25	
	摩擦係数 $\mu$	0.6	0.6	0.5	
	すべり角 $\omega$	52.0	49.0	47.0	
作用力	土圧力 P	35.763	45.725	57.513	
	躯体鉛直力	112.800	112.800	112.800	
	土圧鉛直力	4.132	2.633	-0.032	
	合計 N1	116.932	115.433	112.768	
	躯体水平力	0	0	0	
	土圧水平力	35.524	45.649	57.513	
	合計 H1	35.524	45.649	57.513	
	鉛直モーメント $\sum Mr$	186.869	183.871	178.541	
	水平モーメント $\sum Mt$	59.219	76.097	95.874	
安定計算	合力の作用位置 d	計算値 1.092	許容値 —	計算値 0.733	許容値 —
	転倒偏心距離 e	-0.342 $\leq$ 0.250 O.K	0.934	-0.184 $\leq$ 0.250 O.K	0.017 $\leq$ 0.250 O.K
	滑動 Fs	1.975 $>$ 1.5 O.K	1.517 $>$ 1.5 O.K	1.517 $>$ 1.5 O.K	0.980 $\leq$ 1.5 OUT
	地盤反力形状	三角形	台形	台形	台形
	地盤反力max	191.065 $\leq$ 300 O.K	133.486 $\leq$ 300 O.K	80.271 $\leq$ 300 O.K	200 O.K
	地盤反力min	0 $\leq$ 300 O.K	20.424 $\leq$ 300 O.K	70.087 $\leq$ 300 O.K	200 O.K

標準形状		側壁 6.0m									
		礫質土 $\phi=35^\circ \quad \gamma=20\text{kN/m}^3$			砂質土 $\phi=30^\circ \quad \gamma=19\text{kN/m}^3$			粘性土 $\phi=25^\circ \quad \gamma=18\text{kN/m}^3$			モデル図
躯体形状	擁壁高 H	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
	天端幅 B1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
	底板幅 B2	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	
	前面勾配 1:n	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	背面勾配 1:m	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
土質条件	無筋コンクリート $\gamma_c$	22.56	22.56	22.56	22.56	22.56	22.56	22.56	22.56	22.56	
	前面土砂 $\gamma$	20.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
	背面土砂 $\gamma$	20.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
	内部摩擦角 $\phi$	35	30	30	30	30	25	25	25	25	
	摩擦係数 $\mu$	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	
作用力	すべり角 $\omega$	52.0	49.0	49.0	49.0	49.0	47.0	47.0	47.0	47.0	
	土圧力 P	51.498	65.844	65.844	65.844	65.844	82.818	82.818	82.818	82.818	
	躯体鉛直力	148.896	148.896	148.896	148.896	148.896	148.896	148.896	148.896	148.896	
	土圧鉛直力	5.950	3.791	3.791	3.791	3.791	-0.047	-0.047	-0.047	-0.047	
	合計 N1	154.846	152.687	152.687	152.687	152.687	148.849	148.849	148.849	148.849	
	躯体水平力	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	土圧水平力	51.153	65.735	65.735	65.735	65.735	82.818	82.818	82.818	82.818	
	合計 H1	51.153	65.735	65.735	65.735	65.735	82.818	82.818	82.818	82.818	
	鉛直モーメント $\Sigma Mr$	286.436	281.470	281.470	281.470	281.470	272.642	272.642	272.642	272.642	
	水平モーメント $\Sigma Mt$	102.306	131.470	131.470	131.470	131.470	165.636	165.636	165.636	165.636	
安定計算	計算値	許容値	計算値	許容値	計算値	許容値	計算値	許容値	計算値	許容値	
	合力の作用位置 d	1.189	—	0.982	—	0.719	—	—	—	—	
	転倒偏心距離 e	-0.339	$\leq 0.283$ O.K	-0.132	$\leq 0.283$ O.K	0.131	$\leq 0.283$ O.K	0.131	$\leq 0.283$ O.K	0.131	$\leq 0.283$ O.K
	滑動 Fs	1.816	$> 1.5$ O.K	1.394	$\leq 1.5$ OUT	0.899	$\leq 1.5$ OUT	0.899	$\leq 1.5$ OUT	0.899	$\leq 1.5$ OUT
	地盤反力形状	三角形	三角形	三角形	三角形	三角形	三角形	三角形	三角形	三角形	
地盤反力max	202.017	$\leq 300$ O.K	131.786	$\leq 300$ O.K	128.075	$\leq 300$ O.K	128.075	$\leq 300$ O.K	128.075	$\leq 300$ O.K	
地盤反力min	0	$\geq 300$ O.K	47.845	$\geq 300$ O.K	47.042	$\geq 300$ O.K	47.042	$\geq 300$ O.K	47.042	$\geq 300$ O.K	

