

堤体の安定計算システム

Ver4.1

適用基準

- 土地改良事業設計指針「ため池整備」(H27/5)
- 土地改良施設 耐震設計の手引き (H16/3)
- 土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」(H15/4)
- 防災調節池等砂防基準(案) 解説と設計事例 (H19/9)

出力例

堤体形状 : 傾斜遮水ゾーン型

ドレーンタイプ : 法先積ブロック

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先 : 大阪事務所 (技術サービス)

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

<http://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

目 次

1	概 要	2
2	堤体寸法	3
	2.1 堤体外形寸法.....	3
	2.2 地表面座標（基礎地盤第1ブロック）.....	3
	2.3 旧堤体・基礎地盤等.....	3
3	ゾーン・特性値	4
	3.1 透水性ゾーン.....	4
	3.2 ドレーン寸法.....	4
	3.3 不透水性ゾーン.....	4
	3.4 ゾーン特性値.....	4
4	荷 重	5
	4.1 設計水平震度.....	5
	4.2 単位体積重量.....	5
5	浸潤線	6
	5.1 浸潤線計算用断面.....	6
	5.2 貯水位.....	6
6	すべり面	7
	6.1 中心点メッシュ.....	7
	6.2 上流側円弧半径.....	7
	6.3 下流側円弧半径.....	7
7	ネバーカットライン	7
8	所要安全率	7

1 概要

- (1) 表題
全重量データ
- (2) 準拠指針
土地改良事業設計指針「ため池整備」
平成27年5月，農林水産省農林振興局
- (3) 堤体・ドレーン
堤体工法：均一型
ドレーンタイプ：なし
- (4) 透水係数
遮水部： ---- $\times 10^{-7}$ (cm/sec)
ランダム部： ---- $\times 10^{-5}$ (cm/sec)
- (5) 引張亀裂
引張亀裂を考慮しない。
- (6) スライス幅の基本値： 0.500 (m)
- (7) 検討対象とする円弧の滑動力の最小値： 0.00 (m)

2 堤体寸法

2.1 堤体外形寸法

(1) 堤体前面寸法

No	B _f (m)	H _f (m)
1	6.000	5.000
2	1.000	0.000

No	B _f (m)	H _f (m)
3	6.000	5.000

(2) 堤体背面寸法

No	B _b (m)	H _b (m)
1	3.000	3.000
2	1.000	0.000

No	B _b (m)	H _b (m)
3	8.000	7.000

(3) 天端幅： 6.000 (m)

2.2 地表面座標（基礎地盤第1ブロック）

ブロック名： B-1

No	X (m)	Y (m)
1	-10.000	0.000
2	0.000	0.000

No	X (m)	Y (m)
3	31.000	0.000
4	41.000	0.000

2.3 旧堤体・基礎地盤等

(1) ブロック 1 名称： B-2

No	X (m)	Y (m)
1	-10.000	-5.000
2	41.000	-5.000

No	X (m)	Y (m)
3	41.000	-8.000
4	-10.000	-8.000

3 ゾーン・特性値

3.1 透水性ゾーン

T_{r1} (m)	0.000
n_1	-----
T_{r2} (m)	-----

T_{b1} (m)	0.000
n_2	-----
T_{b2} (m)	-----

3.2 ドレーン寸法

b_0 (m)	-----
b_1 (m)	-----
h (m)	-----
n_f	-----
n_b	-----

L_0 (m)	-----
t_0 (m)	-----
h_0 (m)	-----
t_1 (m)	-----
n_0	-----

3.3 不透水性ゾーン

B_{m1} (m)	-----
H_{m1} (m)	-----
T_{m1} (m)	-----
n_3	-----
n_4	-----
B_{m2} (m)	-----
T_{m2} (m)	-----

H_{m2} (m)	-----
n_5	-----
n_6	-----
T_{m3} (m)	-----
T_{m4} (m)	-----
T_{m5} (m)	-----
T_{m6} (m)	-----

3.4 ゾーン特性値

		堤体	B-1	B-2
湿潤重量	γ_t (kN/m ³)	18.00	20.00	16.00
飽和重量	γ_{sat} (kN/m ³)	20.00	19.00	18.00
粘着力 (有効応力)	C' (kN/m ²)	10.0	3.0	15.3
内部摩擦角 (有効応力)	ϕ' (度)	15.0	20.0	18.0
粘着力 (全応力)	C (kN/m ²)	20.0	4.0	15.3
内部摩擦角 (全応力)	ϕ (度)	15.0	18.0	18.0
間隙水圧の重量比	β (%)	0.0	0.0	0.0
過剰間隙水圧比	L_u	1.0	0.2	0.2
水平震度の考慮				

4 荷 重

4.1 設計水平震度

(1) 震度帯

強震帯

設計水平震度 0.15

(2) 地震荷重の載荷率

検討ケース	載荷率 (%)
完成直後	50
常時満水位	100
設計洪水位	0
水位急降下時	50
液状化時	100
サーチャージ水位	50
中間水位	100

4.2 単位体積重量

水の単位体積重量： 9.80 (kN/m³)

5 浸潤線

5.1 浸潤線計算用断面

(1) 浸潤面の端点の座標

X座標： 31.000 (m)

Y座標： 0.000 (m)

(2) 浸潤面上の点の座標

X座標： 29.400 (m)

Y座標： 1.300 (m)

5.2 貯水位

検討ケース	計算	貯水位 (m)
完成直後	--	-----
常時満水位	--	-----
設計洪水位	--	-----
水位急降下時	--	-----
液状化時	○	6.000
サーチャージ水位	--	-----
中間水位	--	-----

6 すべり面

6.1 中心点メッシュ

		上流側	下流側
左上座標	X座標 (m)	0.000	23.000
	Y座標 (m)	15.000	16.000
右下座標	X座標 (m)	8.000	32.000
	Y座標 (m)	8.000	8.000
X方向分割数		6	6
Y方向分割数		6	6

6.2 上流側円弧半径

最大半径： 13.000 (m)

最小半径： 14.000 (m)

変化幅： 0.500 (m)

6.3 下流側円弧半径

最大半径： 13.000 (m)

最小半径： 14.000 (m)

変化幅： 0.500 (m)

7 ネバーカットライン

計算除外要素なし

8 所要安全率

検討ケース	所要安全率
完成直後	-----
常時満水位	-----
設計洪水位	-----
水位急降下時	-----
液状化時	1.20
サーチャージ水位	-----
中間水位	-----

目 次

1	設計条件	2
1.1	堤体形状	2
1.2	堤体材料および基礎地盤	3
1.3	設計水平震度	3
1.4	検討ケース	3
2	浸潤線	4
2.1	計算方法	4
2.2	液状化時	5
3	安定照査式	7
3.1	基礎式	7
3.2	完成直後	7
3.3	貯水時	8
3.4	水位急低下時	8
3.5	液状化時	9
4	最少安全率一覧表	10
4.1	上流側	10
4.2	下流側	10
5	メッシュ最少安全率	11
5.1	上流側	12
5.1.1	液状化時	12
5.2	下流側	16
5.2.1	液状化時	16
6	全円弧安全率	20
6.1	上流側	20
6.1.1	液状化時	20
6.2	下流側	24
6.2.1	液状化時	24

1 設計条件

1.1 堤体形状

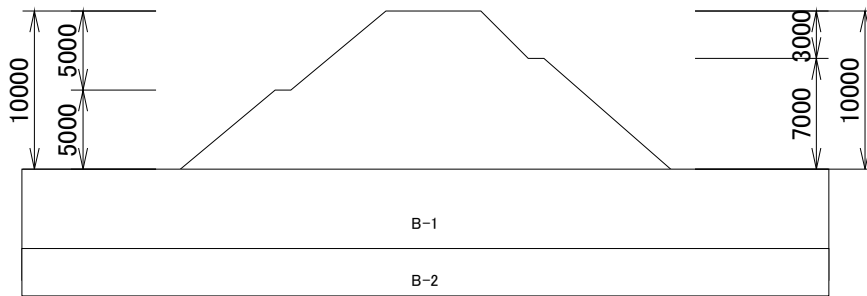
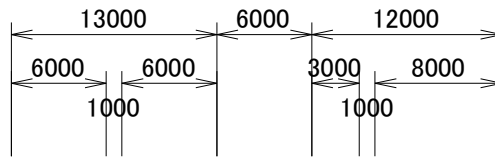


図-1 堤体形状

1.2 堤体材料および基礎地盤

		堤体	B-1	B-2
湿潤重量	γ_t (kN/m ³)	18.00	20.00	16.00
飽和重量	γ_{sat} (kN/m ³)	20.00	19.00	18.00
粘着力 (有効応力)	C' (kN/m ²)	10.0	3.0	15.3
内部摩擦角(有効応力)	ϕ' (度)	15.0	20.0	18.0
粘着力 (全応力)	C (kN/m ²)	20.0	4.0	15.3
内部摩擦角(全応力)	ϕ (度)	15.0	18.0	18.0
間隙水圧の重量比	β (%)	0.0	0.0	0.0
過剰間隙水圧比	L_u	1.0	0.2	0.2
水平震度の考慮				

1.3 設計水平震度

強震帯：設計水平震度 0.15

1.4 検討ケース

検討ケース	水位 (m)	地震荷重の 載荷率 (%)	安全率
液状化時	6.000	100	1.20

2 浸潤線

2.1 計算方法

A. Casagrandeの方法により浸潤線を求める。

図-2に示す通り、堤体下流斜面法先A点を焦点とし、A点から下流側へ $y_0/2$ だけ離れた点 A_0 と上流側水面上の B_1 点を通る放物線を基本放物線とする。浸潤線はこの基本放物線に水面および法面をすりつけて求める。

基本放物線は点Aを原点とした座標系のもとでは式(1), (3)で表される。

なお、堤体上流側B点においては浸潤線がのり面に直角に侵入するように基本放物線にすりつける。

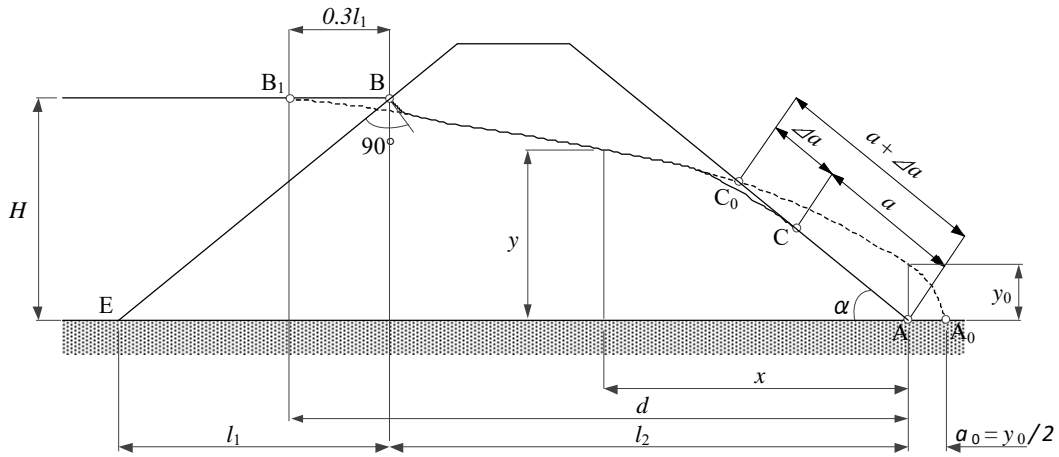


図-2 記号説明図

- (1) 基本放物線 ($\alpha \leq 30^\circ$ の場合)

$$y = \sqrt{2 \left(y_0 \cdot \tan \alpha \right) \cdot x - y_0^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$y_0 = a \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (2)$$

- (2) 基本放物線 ($\alpha > 30^\circ$ の場合)

$$y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad \dots\dots\dots (4)$$

- (3) 浸出点までの斜面長

$$a + \Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで、x : 堤体下流側斜面のり先(図-2のA点)を原点として、

- 上流側に入った水平座標 (m)
- y : 位置xにおける鉛直座標 (m)
- y₀ : x=0におけるy (m)
- α : 浸出面の勾配 (°)
- d : 点A~B₁間の水平距離 (m)
- $d = l_2 + 0.3l_1$

- l₁ : 上流側堤体のり先から堤体と貯水面の交点間の水平距離 (m)
- l₂ : 堤体と貯水面の交点と堤体下流側斜面のり先の水平距離 (m)
- H : 貯水深 (m)
- a : 点Aから浸出点Cまでの斜面長 (m)
- △a : 点C~C₀間の斜面長 (m)

a, △aは堤体下流側斜面の勾配(α)に応じて式(6)~(8)で求める。また、下記に示す以外の場合においては図-3により求める。

また、浸出面勾配とa, △aの関係は図-4のようにする。

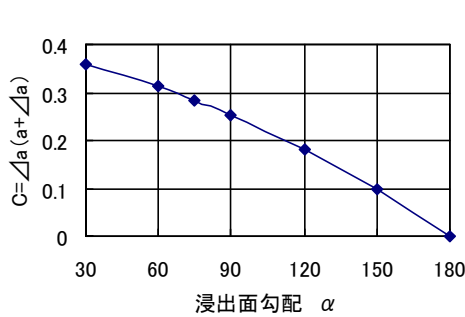


図-3 浸出面勾配とCの関係

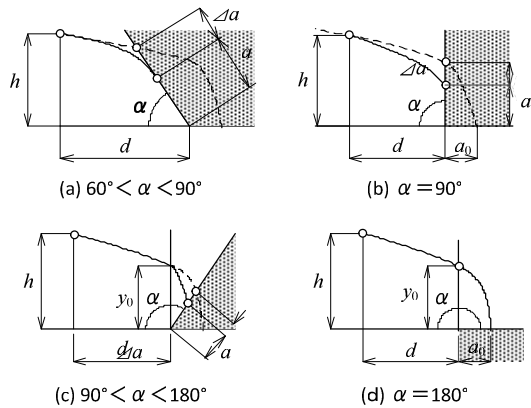


図-4 浸出面勾配のパターン

$$\alpha \leq 30^\circ \text{ の場合 : } a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{H}{\sin \alpha}\right)^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$\alpha = 90^\circ \text{ の場合 : } a = \frac{3}{4} \cdot y_0 = \frac{3}{4} \cdot \left(\sqrt{H^2 + d^2} - d\right) \dots\dots\dots (7)$$

$$\alpha = 180^\circ \text{ の場合 : } a = a_0 = \frac{1}{2} y_0 = \frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt{H^2 + d^2} - d\right) \dots\dots\dots (8)$$

2.2 液状化時

(1) 基本放物線

$$y_0 = \sqrt{H^2 + d^2} - d = \sqrt{6.000^2 + 25.260^2} - 25.260 = 0.703 \text{ (m)}$$

$$y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2} = \sqrt{2 \times 0.703 \times x + 0.703^2}$$

ここで、α : 浸出面の勾配 39.09 (°)

H : 貯水深 6.000 (m)

d : 点A~B₁間の水平距離

$$d = 22.800 + 0.3 \times 8.200 = 25.260 \text{ (m)}$$

l₁ : 上流側堤体のり先から堤体と貯水面の交点間の水平距離 8.200 (m)

l₂ : 堤体と貯水面の交点と堤体下流側斜面のり先の水平距離 22.800 (m)

(2) 点Aから浸出点Cまでの斜面長 a

浸出面の勾配 = 39.09° より図-3から、C = 0.35

$$a + \Delta_a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} = \frac{0.703}{1 - \cos 39.09} = 3.139 \text{ (m)}$$

$$\Delta_a = 3.139 - 2.050 = 1.089 \text{ (m)}$$

(3) 主要点の座標値

貯水面と堤体法面の交点 B (8.200, 6.000)

基本放物線と浸出面の交点 C₀ (28.564, 1.980)

浸出点 C (29.409, 1.293)

No	X (m)	Y (m)	備考	No	X (m)	Y (m)	備考
1	-10.000	6.000		18	19.000	4.167	
2	8.200	6.000	流入点	19	20.000	3.994	
3	8.337	5.839	補間点	20	21.000	3.814	
4	8.443	5.738	補間点	21	22.000	3.626	
5	8.550	5.680	補間点	22	23.000	3.426	
6	8.692	5.646	補間点	23	24.000	3.215	
7	8.903	5.617		24	25.000	2.988	
8	9.000	5.605		25	26.000	2.743	
9	10.000	5.478		26	27.000	2.473	
10	11.000	5.348		27	27.475	2.334	
11	12.000	5.215		28	28.013	2.156	補間点
12	13.000	5.079		29	28.383	2.012	補間点
13	14.000	4.939		30	28.677	1.854	補間点
14	15.000	4.794		31	28.988	1.631	補間点
15	16.000	4.645		32	29.409	1.293	浸出点
16	17.000	4.491		33	31.000	0.000	法尻
17	18.000	4.332		34	41.000	0.000	

3 安定照査式

3.1 基礎式

堤体および基礎の安定性の照査は円形すべり面を仮定してフェレニウス法により行う。安定照査式は式(9)のとおりである。

$$F_s = \frac{\sum \left\{ c \cdot l + (N - U - N_e) \cdot \tan \phi \right\}}{\sum (T + T_e)} \dots\dots\dots (9)$$

ここに、 F_s ： すべり破壊に対する安全率

- ϕ ： 細片のすべり面における土の内部摩擦角 (°)
- c ： 細片のすべり面における土の粘着力 (kN/m²)
- l ： 細片のすべり面の長さ (m)
- N ： 細片のすべり面上に働く荷重の垂直分力 (kN/m)
 $N = W \cdot \cos \alpha$
- T ： 細片のすべり面上に働く荷重の接線分力 (kN/m)
 $T = W \cdot \sin \alpha$
- U ： 細片のすべり面上に働く間げき水圧 (kN/m)
- N_e ： 細片のすべり面上に働く地震時慣性力の垂直分力 (kN/m)
 $N_e = W_e \cdot \sin \alpha$
- T_e ： 細片のすべり面上に働く地震時慣性力の接線分力 (kN/m)
 $T_e = W_e \cdot \cos \alpha$

以下の節で使用する記号の意味は次のとおりとする。

- γ_w ： 水の単位体積重量 (kN/m³)
- γ_t ： 土の湿潤単位体積重量 (kN/m³)
- γ_{sat} ： 土の飽和単位体積重量 (kN/m³)
- γ' ： 土の水中単位体積重量 (kN/m³)
- W ： 細片の全重量 (kN/m)
- W' ： 細片の有効重量 (kN/m)
 $W' = W - u \cdot b$
- k_h ： 堤体震度
- b ： 細片の幅 (m)
- u ： 間げき水圧 (kN/m²)
- Δu ： 過剰間げき水圧 (kN/m²)

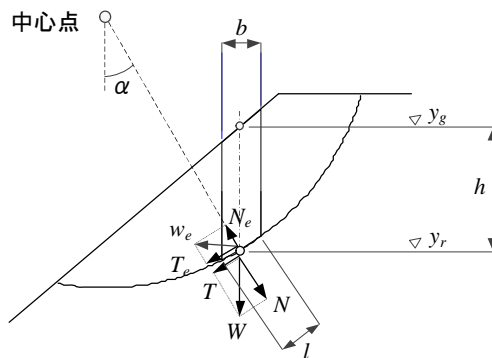


図-5 分割片に作用する力 (完成直後)

3.2 完成直後

築堤直後で貯水が行われていない場合の分割片の自重は式(10)～(12)で求める(図-5)。

$$N = \gamma_t \cdot h \cdot b \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$N_e = k_h \cdot \gamma_t \cdot h \cdot b \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$U = W \cdot \frac{\beta}{100} \quad \dots\dots\dots (12)$$

ここで、 γ_t : 土砂の単位体積重量 (kN/m³)
 k_h : 設計水平震度
 β : 過剰間げき水圧の分割片重量に対する比率 (%)

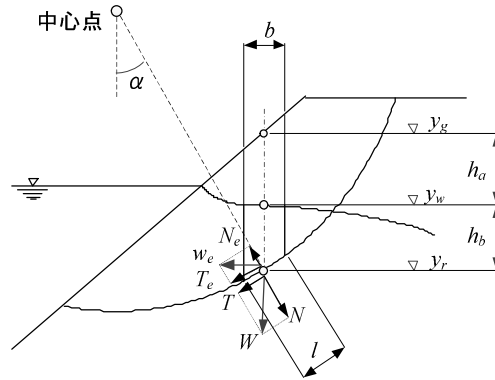


図-6 分割片に作用する力 (貯水時)

3.3 貯水時

経年後の貯水時で定常浸透状態の場合で浸潤面が通過している分割片(図-6参照)の自重は式(13), (14)で求める。

$$N-U = W' \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$N_e = k_h \cdot W' \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (14)$$

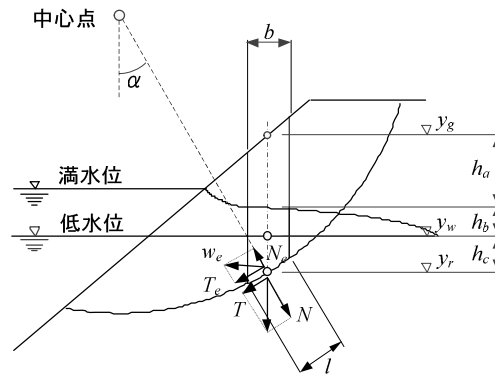


図-6 分割片に作用する力 (水位急低下時)

3.4 水位急低下時

常時満水位であった貯水位が低水位まで急低下した場合の堤体内の間げき水圧は常時満水位のものがそのまま残留しているものとする(図-7参照)。よって、常時満水位の浸潤線と低水位の間の土砂には飽和単位体積重量を、低水位以下の土砂には水中重量を用いて分割片の自重は式(15), (16)で求める。

$$N-U = \left(\gamma_t \cdot h_a + \gamma' \cdot h_b + \gamma' \cdot h_c \right) \cdot b \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$N_e = k_h \cdot \left(\gamma_t \cdot h_a + \gamma_{sat} \cdot h_b + \gamma_{sat} \cdot h_c \right) \cdot b \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (16)$$

3.5 液状化時

地震動によって発生する過剰間隙水圧を考慮し、式(17)～(20)で求める。

$$F_s = \frac{\sum \left\{ c \cdot l + (N-U-\Delta U-N_e) \cdot \tan \phi \right\}}{\sum (T+T_e)} \dots\dots\dots (17)$$

$$N-U = W' \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (18)$$

$$\Delta U = L_u \cdot W' \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (19)$$

$$N_e = k_h \cdot W' \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (20)$$

ここで、 L_u ： 過剰間隙水圧比

4 最少安全率一覧表

4.1 上流側

No	検討ケース		X (m)	Y (m)	半径 (m)	安全率		必要抑止 力 P (kN)
						F _s	F _a	
1	液状化時	F _{min}	2.667	13.833	14.000	0.383	< 1.200	439.40
		P _{max}	4.000	9.167			< 1.200	

4.2 下流側

No	検討ケース		X (m)	Y (m)	半径 (m)	安全率		必要抑止 力 P (kN)
						F _s	F _a	
1	液状化時	F _{min}	29.000	13.333	13.500	0.376	< 1.200	427.90
		P _{max}	27.500	9.333			< 1.200	

5 メッシュ最少安全率

5.1 上流側

5.1.1 液状化時

(1) 最小安全率

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
1	0.000	15.000	14.000	155.94	216.14	0.721	103.43
2	1.333	15.000	14.000	169.98	318.81	0.533	212.60
3	2.667	15.000	14.000	182.53	399.55	0.457	296.93
4	4.000	15.000	14.000	194.03	458.90	0.423	356.65
5	5.333	15.000	14.000	204.81	497.99	0.411	392.78
6	6.667	15.000	14.000	209.34	514.96	0.407	408.61
7	8.000	15.000	14.000	209.15	497.61	0.420	387.98
8	0.000	13.833	14.000	179.04	357.49	0.501	249.94
9	1.333	13.833	14.000	188.28	459.70	0.410	363.36
10	2.667	13.833	14.000	205.74	537.62	0.383	439.40
11	4.000	13.833	14.000	230.39	592.11	0.389	480.15
12	5.333	13.833	13.500	215.15	559.57	0.384	456.34
13	6.667	13.833	13.500	220.17	574.14	0.383	468.80
14	8.000	13.833	13.500	219.43	552.42	0.397	443.48
15	0.000	12.667	14.000	237.19	490.59	0.483	351.53
16	1.333	12.667	13.500	222.13	517.87	0.429	399.32
17	2.667	12.667	13.000	206.31	524.56	0.393	423.16
18	4.000	12.667	13.000	232.67	582.68	0.399	466.54
19	5.333	12.667	13.000	258.20	617.42	0.418	482.71
20	6.667	12.667	13.000	283.13	629.43	0.450	472.18
21	8.000	12.667	13.000	304.13	604.73	0.503	421.55
22	0.000	11.500	14.000	306.15	605.49	0.506	420.44
23	1.333	11.500	13.000	256.00	564.07	0.454	420.88
24	2.667	11.500	13.000	278.78	647.86	0.430	498.65
25	4.000	11.500	13.000	308.75	705.24	0.438	537.54
26	5.333	11.500	13.000	347.63	735.98	0.472	535.55
27	6.667	11.500	13.000	392.18	738.81	0.531	494.39
28	8.000	11.500	13.000	438.61	699.07	0.627	400.28
29	0.000	10.333	13.500	335.82	631.19	0.532	421.61
30	1.333	10.333	13.000	323.93	667.70	0.485	477.31
31	2.667	10.333	13.000	357.89	751.07	0.477	543.40
32	4.000	10.333	13.000	394.58	808.68	0.488	575.84
33	5.333	10.333	13.000	443.82	839.09	0.529	563.09
34	6.667	10.333	13.000	493.01	839.43	0.587	514.31
35	8.000	10.333	13.000	535.08	789.58	0.678	412.42
36	0.000	9.167	13.000	359.37	641.85	0.560	410.85
37	1.333	9.167	13.000	392.02	751.04	0.522	509.23
38	2.667	9.167	13.000	432.28	834.29	0.518	568.87
39	4.000	9.167	13.000	474.82	891.79	0.532	595.33
40	5.333	9.167	13.000	526.60	921.89	0.571	579.67
41	6.667	9.167	13.000	580.06	922.03	0.629	526.37
42	8.000	9.167	13.000	625.64	870.27	0.719	418.68
43	0.000	8.000	----	----	----	----	----
44	1.333	8.000	13.000	461.11	816.02	0.565	518.12

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
45	2.667	8.000	13.000	505.56	898.93	0.562	573.15
46	4.000	8.000	13.000	550.18	956.55	0.575	597.67
47	5.333	8.000	13.000	602.25	986.30	0.611	581.31
48	6.667	8.000	13.000	656.02	986.49	0.665	527.76
49	8.000	8.000	13.000	705.42	934.68	0.755	416.19

(2) 最大抑止力

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
1	0.000	15.000	14.000	155.94	216.14	0.721	103.43
2	1.333	15.000	14.000	169.98	318.81	0.533	212.60
3	2.667	15.000	14.000	182.53	399.55	0.457	296.93
4	4.000	15.000	14.000	194.03	458.90	0.423	356.65
5	5.333	15.000	14.000	204.81	497.99	0.411	392.78
6	6.667	15.000	14.000	209.34	514.96	0.407	408.61
7	8.000	15.000	14.000	209.15	497.61	0.420	387.98
8	0.000	13.833	14.000	179.04	357.49	0.501	249.94
9	1.333	13.833	14.000	188.28	459.70	0.410	363.36
10	2.667	13.833	14.000	205.74	537.62	0.383	439.40
11	4.000	13.833	14.000	230.39	592.11	0.389	480.15
12	5.333	13.833	14.000	252.26	624.84	0.404	497.54
13	6.667	13.833	14.000	264.46	629.35	0.420	490.76
14	8.000	13.833	13.500	219.43	552.42	0.397	443.48
15	0.000	12.667	14.000	237.19	490.59	0.483	351.53
16	1.333	12.667	14.000	256.28	592.82	0.432	455.11
17	2.667	12.667	14.000	278.73	670.32	0.416	525.65
18	4.000	12.667	14.000	309.04	723.32	0.427	558.95
19	5.333	12.667	14.000	346.19	751.96	0.460	556.16
20	6.667	12.667	14.000	385.57	742.98	0.519	506.00
21	8.000	12.667	13.000	304.13	604.73	0.503	421.55
22	0.000	11.500	14.000	306.15	605.49	0.506	420.44
23	1.333	11.500	14.000	332.20	707.14	0.470	516.36
24	2.667	11.500	14.000	365.33	784.65	0.466	576.25
25	4.000	11.500	14.000	405.51	837.50	0.484	599.49
26	5.333	11.500	14.000	452.80	865.20	0.523	585.45
27	6.667	11.500	14.000	493.46	850.57	0.580	527.23
28	8.000	11.500	14.000	535.36	788.88	0.679	411.30
29	0.000	10.333	14.000	377.72	702.08	0.538	464.77
30	1.333	10.333	14.000	411.98	803.25	0.513	551.93
31	2.667	10.333	14.000	453.86	880.33	0.516	602.53
32	4.000	10.333	14.000	498.03	933.47	0.534	622.14
33	5.333	10.333	14.000	549.43	960.29	0.572	602.92
34	6.667	10.333	14.000	592.44	942.14	0.629	538.12
35	8.000	10.333	13.500	584.41	834.51	0.700	417.01
36	0.000	9.167	13.500	402.53	711.46	0.566	451.22
37	1.333	9.167	14.000	487.88	880.59	0.554	568.83
38	2.667	9.167	14.000	534.71	957.36	0.559	614.12
39	4.000	9.167	14.000	580.21	1010.61	0.574	632.52
40	5.333	9.167	14.000	633.07	1037.15	0.610	611.51
41	6.667	9.167	14.000	684.50	1017.29	0.673	536.26
42	8.000	9.167	13.000	625.64	870.27	0.719	418.68
43	0.000	8.000	----	----	----	----	----
44	1.333	8.000	13.000	461.11	816.02	0.565	518.12
45	2.667	8.000	13.000	505.56	898.93	0.562	573.15

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F_s	必要抑止 力 P(kN)
46	4.000	8.000	13.000	550.18	956.55	0.575	597.67
47	5.333	8.000	13.000	602.25	986.30	0.611	581.31
48	6.667	8.000	13.000	656.02	986.49	0.665	527.76
49	8.000	8.000	13.000	705.42	934.68	0.755	416.19

5.2 下流側

5.2.1 液状化時

(1) 最小安全率

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
1	23.000	16.000	14.000	189.16	401.28	0.471	292.37
2	24.500	16.000	14.000	187.32	420.04	0.446	316.73
3	26.000	16.000	14.000	182.60	401.32	0.455	298.98
4	27.500	16.000	14.000	169.44	355.00	0.477	256.57
5	29.000	16.000	14.000	154.94	286.01	0.542	188.27
6	30.500	16.000	14.000	138.37	194.32	0.712	94.82
7	32.000	16.000	14.000	110.00	83.82	1.312	----
8	23.000	14.667	14.000	210.76	508.60	0.414	399.56
9	24.500	14.667	14.000	209.57	546.07	0.384	445.72
10	26.000	14.667	14.000	208.04	542.97	0.383	443.53
11	27.500	14.667	14.000	197.17	502.00	0.393	405.24
12	29.000	14.667	14.000	184.02	435.17	0.423	338.18
13	30.500	14.667	14.000	169.55	341.43	0.497	240.17
14	32.000	14.667	14.000	153.02	220.63	0.694	111.74
15	23.000	13.333	13.000	214.70	534.73	0.402	426.97
16	24.500	13.333	13.000	214.02	568.96	0.376	468.73
17	26.000	13.333	13.000	210.03	558.65	0.376	460.35
18	27.500	13.333	13.000	198.13	516.04	0.384	421.12
19	29.000	13.333	13.500	195.19	519.24	0.376	427.90
20	30.500	13.333	14.000	211.65	500.17	0.423	388.55
21	32.000	13.333	14.000	193.03	377.58	0.511	260.07
22	23.000	12.000	13.000	444.01	641.18	0.692	325.40
23	24.500	12.000	13.000	391.83	693.91	0.565	440.85
24	26.000	12.000	13.000	339.96	698.32	0.487	498.02
25	27.500	12.000	13.000	296.17	662.20	0.447	498.47
26	29.000	12.000	13.000	256.25	594.00	0.431	456.55
27	30.500	12.000	13.000	224.78	493.81	0.455	367.80
28	32.000	12.000	14.000	274.36	516.98	0.531	346.01
29	23.000	10.667	13.000	568.54	744.83	0.763	325.26
30	24.500	10.667	13.000	515.44	813.52	0.634	460.78
31	26.000	10.667	13.000	462.11	824.88	0.560	527.75
32	27.500	10.667	13.000	404.07	788.44	0.512	542.06
33	29.000	10.667	13.000	355.65	719.84	0.494	508.15
34	30.500	10.667	13.000	314.77	619.21	0.508	428.29
35	32.000	10.667	13.500	321.00	561.02	0.572	352.22
36	23.000	9.333	13.000	672.73	839.78	0.801	335.01
37	24.500	9.333	13.000	620.55	913.17	0.680	475.26
38	26.000	9.333	13.000	561.59	924.98	0.607	548.39
39	27.500	9.333	13.000	501.89	888.34	0.565	564.11
40	29.000	9.333	13.000	445.09	819.53	0.543	538.35
41	30.500	9.333	13.000	397.65	718.66	0.553	464.74
42	32.000	9.333	----	----	----	----	----
43	23.000	8.000	13.000	766.38	915.13	0.837	331.77

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
44	24.500	8.000	13.000	708.42	989.13	0.716	478.53
45	26.000	8.000	13.000	648.91	1000.75	0.648	551.99
46	27.500	8.000	13.000	589.64	963.90	0.612	567.05
47	29.000	8.000	13.000	531.67	894.88	0.594	542.18
48	30.500	8.000	13.000	478.58	793.79	0.603	473.97
49	32.000	8.000	----	----	----	----	----

(2) 最大抑止力

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
1	23.000	16.000	14.000	189.16	401.28	0.471	292.37
2	24.500	16.000	14.000	187.32	420.04	0.446	316.73
3	26.000	16.000	14.000	182.60	401.32	0.455	298.98
4	27.500	16.000	14.000	169.44	355.00	0.477	256.57
5	29.000	16.000	14.000	154.94	286.01	0.542	188.27
6	30.500	16.000	14.000	138.37	194.32	0.712	94.82
7	32.000	16.000	----	----	----	----	----
8	23.000	14.667	14.000	210.76	508.60	0.414	399.56
9	24.500	14.667	14.000	209.57	546.07	0.384	445.72
10	26.000	14.667	14.000	208.04	542.97	0.383	443.53
11	27.500	14.667	14.000	197.17	502.00	0.393	405.24
12	29.000	14.667	14.000	184.02	435.17	0.423	338.18
13	30.500	14.667	14.000	169.55	341.43	0.497	240.17
14	32.000	14.667	14.000	153.02	220.63	0.694	111.74
15	23.000	13.333	13.000	214.70	534.73	0.402	426.97
16	24.500	13.333	13.000	214.02	568.96	0.376	468.73
17	26.000	13.333	14.000	318.11	688.69	0.462	508.32
18	27.500	13.333	14.000	275.47	656.69	0.419	512.56
19	29.000	13.333	14.000	239.09	593.23	0.403	472.79
20	30.500	13.333	14.000	211.65	500.17	0.423	388.55
21	32.000	13.333	14.000	193.03	377.58	0.511	260.07
22	23.000	12.000	13.000	444.01	641.18	0.692	325.40
23	24.500	12.000	14.000	499.20	801.94	0.622	463.13
24	26.000	12.000	14.000	448.79	826.62	0.543	543.15
25	27.500	12.000	14.000	397.15	797.49	0.498	559.84
26	29.000	12.000	14.000	349.76	733.59	0.477	530.55
27	30.500	12.000	14.000	308.93	640.08	0.483	459.16
28	32.000	12.000	14.000	274.36	516.98	0.531	346.01
29	23.000	10.667	13.500	616.04	788.87	0.781	330.61
30	24.500	10.667	14.000	618.14	912.51	0.677	476.87
31	26.000	10.667	14.000	567.43	942.03	0.602	563.00
32	27.500	10.667	14.000	511.47	914.91	0.559	586.42
33	29.000	10.667	14.000	453.91	850.82	0.534	567.07
34	30.500	10.667	14.000	405.78	756.94	0.536	502.56
35	32.000	10.667	13.500	321.00	561.02	0.572	352.22
36	23.000	9.333	13.000	672.73	839.78	0.801	335.01
37	24.500	9.333	13.500	671.85	959.94	0.700	480.07
38	26.000	9.333	14.000	668.59	1035.17	0.646	573.62
39	27.500	9.333	14.000	609.03	1007.88	0.604	600.43
40	29.000	9.333	14.000	550.36	943.50	0.583	581.84
41	30.500	9.333	14.000	495.53	849.42	0.583	523.77
42	32.000	9.333	----	----	----	----	----
43	23.000	8.000	13.000	766.38	915.13	0.837	331.77
44	24.500	8.000	13.000	708.42	989.13	0.716	478.53
45	26.000	8.000	13.000	648.91	1000.75	0.648	551.99

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
46	27.500	8.000	13.000	589.64	963.90	0.612	567.05
47	29.000	8.000	13.000	531.67	894.88	0.594	542.18
48	30.500	8.000	13.000	478.58	793.79	0.603	473.97
49	32.000	8.000	----	----	----	----	----

6 全円弧安全率

6.1 上流側

6.1.1 液状化時

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F_s	必要抑止 力 P(kN)
1	0.000	15.000	13.000	109.41	79.87	1.370	----
2	0.000	15.000	13.500	134.48	142.81	0.942	36.89
3	0.000	15.000	14.000	155.94	216.14	0.721	103.43
4	1.333	15.000	13.000	141.51	176.47	0.802	70.25
5	1.333	15.000	13.500	155.95	246.20	0.633	139.48
6	1.333	15.000	14.000	169.98	318.81	0.533	212.60
7	2.667	15.000	13.000	155.41	264.10	0.588	161.51
8	2.667	15.000	13.500	169.09	330.58	0.512	227.60
9	2.667	15.000	14.000	182.53	399.55	0.457	296.93
10	4.000	15.000	13.000	167.75	331.02	0.507	229.47
11	4.000	15.000	13.500	180.96	393.79	0.460	291.58
12	4.000	15.000	14.000	194.03	458.90	0.423	356.65
13	5.333	15.000	13.000	179.10	377.70	0.474	274.14
14	5.333	15.000	13.500	192.00	436.68	0.440	332.01
15	5.333	15.000	14.000	204.81	497.99	0.411	392.78
16	6.667	15.000	13.000	189.69	405.57	0.468	297.00
17	6.667	15.000	13.500	200.81	460.52	0.436	351.81
18	6.667	15.000	14.000	209.34	514.96	0.407	408.61
19	8.000	15.000	13.000	192.20	410.74	0.468	300.69
20	8.000	15.000	13.500	200.68	454.61	0.441	344.84
21	8.000	15.000	14.000	209.15	497.61	0.420	387.98
22	0.000	13.833	13.000	147.55	197.31	0.748	89.22
23	0.000	13.833	13.500	168.22	274.71	0.612	161.42
24	0.000	13.833	14.000	179.04	357.49	0.501	249.94
25	1.333	13.833	13.000	168.38	304.78	0.552	197.35
26	1.333	13.833	13.500	181.96	381.15	0.477	275.42
27	1.333	13.833	14.000	188.28	459.70	0.410	363.36
28	2.667	13.833	13.000	180.65	391.60	0.461	289.27
29	2.667	13.833	13.500	193.78	463.56	0.418	362.49
30	2.667	13.833	14.000	205.74	537.62	0.383	439.40
31	4.000	13.833	13.000	191.92	455.07	0.422	354.16
32	4.000	13.833	13.500	204.74	522.55	0.392	422.32
33	4.000	13.833	14.000	230.39	592.11	0.389	480.15
34	5.333	13.833	13.000	202.52	496.42	0.408	393.19
35	5.333	13.833	13.500	215.15	559.57	0.384	456.34
36	5.333	13.833	14.000	252.26	624.84	0.404	497.54
37	6.667	13.833	13.000	211.79	517.58	0.409	409.30
38	6.667	13.833	13.500	220.17	574.14	0.383	468.80
39	6.667	13.833	14.000	264.46	629.35	0.420	490.76
40	8.000	13.833	13.000	211.06	508.07	0.415	398.62
41	8.000	13.833	13.500	219.43	552.42	0.397	443.48
42	8.000	13.833	14.000	278.96	595.86	0.468	436.08
43	0.000	12.667	13.000	176.05	330.98	0.532	221.12

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
44	0.000	12.667	13.500	205.18	411.72	0.498	288.89
45	0.000	12.667	14.000	237.19	490.59	0.483	351.53
46	1.333	12.667	13.000	190.35	440.78	0.432	338.59
47	1.333	12.667	13.500	222.13	517.87	0.429	399.32
48	1.333	12.667	14.000	256.28	592.82	0.432	455.11
49	2.667	12.667	13.000	206.31	524.56	0.393	423.16
50	2.667	12.667	13.500	241.56	598.40	0.404	476.52
51	2.667	12.667	14.000	278.73	670.32	0.416	525.65
52	4.000	12.667	13.000	232.67	582.68	0.399	466.54
53	4.000	12.667	13.500	264.54	653.61	0.405	519.79
54	4.000	12.667	14.000	309.04	723.32	0.427	558.95
55	5.333	12.667	13.000	258.20	617.42	0.418	482.71
56	5.333	12.667	13.500	299.30	683.99	0.438	521.49
57	5.333	12.667	14.000	346.19	751.96	0.460	556.16
58	6.667	12.667	13.000	283.13	629.43	0.450	472.18
59	6.667	12.667	13.500	335.87	686.89	0.489	488.40
60	6.667	12.667	14.000	385.57	742.98	0.519	506.00
61	8.000	12.667	13.000	304.13	604.73	0.503	421.55
62	8.000	12.667	13.500	372.63	649.58	0.574	406.87
63	8.000	12.667	14.000	431.86	693.45	0.623	400.29
64	0.000	11.500	13.000	235.55	454.25	0.519	309.56
65	0.000	11.500	13.500	269.96	530.98	0.508	367.22
66	0.000	11.500	14.000	306.15	605.49	0.506	420.44
67	1.333	11.500	13.000	256.00	564.07	0.454	420.88
68	1.333	11.500	13.500	291.82	636.52	0.458	472.01
69	1.333	11.500	14.000	332.20	707.14	0.470	516.36
70	2.667	11.500	13.000	278.78	647.86	0.430	498.65
71	2.667	11.500	13.500	320.08	717.06	0.446	540.39
72	2.667	11.500	14.000	365.33	784.65	0.466	576.25
73	4.000	11.500	13.000	308.75	705.24	0.438	537.54
74	4.000	11.500	13.500	355.46	772.15	0.460	571.11
75	4.000	11.500	14.000	405.51	837.50	0.484	599.49
76	5.333	11.500	13.000	347.63	735.98	0.472	535.55
77	5.333	11.500	13.500	399.92	801.58	0.499	561.97
78	5.333	11.500	14.000	452.80	865.20	0.523	585.45
79	6.667	11.500	13.000	392.18	738.81	0.531	494.39
80	6.667	11.500	13.500	441.42	796.87	0.554	514.82
81	6.667	11.500	14.000	493.46	850.57	0.580	527.23
82	8.000	11.500	13.000	438.61	699.07	0.627	400.28
83	8.000	11.500	13.500	488.15	744.56	0.656	405.33
84	8.000	11.500	14.000	535.36	788.88	0.679	411.30
85	0.000	10.333	13.000	297.70	558.31	0.533	372.27
86	0.000	10.333	13.500	335.82	631.19	0.532	421.61
87	0.000	10.333	14.000	377.72	702.08	0.538	464.77
88	1.333	10.333	13.000	323.93	667.70	0.485	477.31
89	1.333	10.333	13.500	366.30	736.21	0.498	517.16
90	1.333	10.333	14.000	411.98	803.25	0.513	551.93
91	2.667	10.333	13.000	357.89	751.07	0.477	543.40

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
92	2.667	10.333	13.500	404.35	816.41	0.495	575.35
93	2.667	10.333	14.000	453.86	880.33	0.516	602.53
94	4.000	10.333	13.000	394.58	808.68	0.488	575.84
95	4.000	10.333	13.500	445.08	871.74	0.511	601.01
96	4.000	10.333	14.000	498.03	933.47	0.534	622.14
97	5.333	10.333	13.000	443.82	839.09	0.529	563.09
98	5.333	10.333	13.500	496.81	900.74	0.552	584.08
99	5.333	10.333	14.000	549.43	960.29	0.572	602.92
100	6.667	10.333	13.000	493.01	839.43	0.587	514.31
101	6.667	10.333	13.500	542.57	893.23	0.607	529.30
102	6.667	10.333	14.000	592.44	942.14	0.629	538.12
103	8.000	10.333	13.000	535.08	789.58	0.678	412.42
104	8.000	10.333	13.500	584.41	834.51	0.700	417.01
105	8.000	10.333	14.000	634.96	875.12	0.726	415.19
106	0.000	9.167	13.000	359.37	641.85	0.560	410.85
107	0.000	9.167	13.500	402.53	711.46	0.566	451.22
108	1.333	9.167	13.000	392.02	751.04	0.522	509.23
109	1.333	9.167	13.500	438.52	816.55	0.537	541.34
110	1.333	9.167	14.000	487.88	880.59	0.554	568.83
111	2.667	9.167	13.000	432.28	834.29	0.518	568.87
112	2.667	9.167	13.500	482.18	896.41	0.538	593.52
113	2.667	9.167	14.000	534.71	957.36	0.559	614.12
114	4.000	9.167	13.000	474.82	891.79	0.532	595.33
115	4.000	9.167	13.500	526.87	951.60	0.554	615.05
116	4.000	9.167	14.000	580.21	1010.61	0.574	632.52
117	5.333	9.167	13.000	526.60	921.89	0.571	579.67
118	5.333	9.167	13.500	579.21	980.52	0.591	597.41
119	5.333	9.167	14.000	633.07	1037.15	0.610	611.51
120	6.667	9.167	13.000	580.06	922.03	0.629	526.37
121	6.667	9.167	13.500	632.63	972.18	0.651	533.99
122	6.667	9.167	14.000	684.50	1017.29	0.673	536.26
123	8.000	9.167	13.000	625.64	870.27	0.719	418.68
124	8.000	9.167	13.500	676.10	910.68	0.742	416.72
125	8.000	9.167	14.000	727.26	947.01	0.768	409.15
126	1.333	8.000	13.000	461.11	816.02	0.565	518.12
127	1.333	8.000	13.500	586.72	879.14	0.667	468.25
128	2.667	8.000	13.000	505.56	898.93	0.562	573.15
129	2.667	8.000	13.500	631.82	958.58	0.659	518.48
130	2.667	8.000	14.000	716.94	1017.25	0.705	503.76
131	4.000	8.000	13.000	550.18	956.55	0.575	597.67
132	4.000	8.000	13.500	674.91	1013.93	0.666	541.81
133	4.000	8.000	14.000	759.92	1070.48	0.710	524.65
134	5.333	8.000	13.000	602.25	986.30	0.611	581.31
135	5.333	8.000	13.500	725.26	1042.53	0.696	525.78
136	5.333	8.000	14.000	809.45	1096.88	0.738	506.81
137	6.667	8.000	13.000	656.02	986.49	0.665	527.76
138	6.667	8.000	13.500	776.80	1034.24	0.751	464.29
139	6.667	8.000	14.000	859.94	1077.09	0.798	432.56

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F_s	必要抑止 力 P(kN)
140	8.000	8.000	13.000	705.42	934.68	0.755	416.19
141	8.000	8.000	13.500	822.75	972.22	0.846	343.91
142	8.000	8.000	14.000	902.50	1005.15	0.898	303.69

6.2 下流側

6.2.1 液状化時

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F_s	必要抑止 力 P(kN)
1	23.000	16.000	13.000	171.33	323.55	0.530	216.92
2	23.000	16.000	13.500	180.26	362.39	0.497	254.61
3	23.000	16.000	14.000	189.16	401.28	0.471	292.37
4	24.500	16.000	13.000	169.14	322.23	0.525	217.54
5	24.500	16.000	13.500	178.26	371.17	0.480	267.14
6	24.500	16.000	14.000	187.32	420.04	0.446	316.73
7	26.000	16.000	13.000	156.55	291.57	0.537	193.32
8	26.000	16.000	13.500	169.65	344.90	0.492	244.24
9	26.000	16.000	14.000	182.60	401.32	0.455	298.98
10	27.500	16.000	13.000	142.48	240.33	0.593	145.92
11	27.500	16.000	13.500	156.08	295.81	0.528	198.90
12	27.500	16.000	14.000	169.44	355.00	0.477	256.57
13	29.000	16.000	13.000	126.41	167.48	0.755	74.56
14	29.000	16.000	13.500	140.90	224.85	0.627	128.92
15	29.000	16.000	14.000	154.94	286.01	0.542	188.27
16	30.500	16.000	13.000	106.68	74.06	1.441	----
17	30.500	16.000	13.500	123.04	132.22	0.931	35.62
18	30.500	16.000	14.000	138.37	194.32	0.712	94.82
19	32.000	16.000	13.000	39.33	9.45	4.163	----
20	32.000	16.000	13.500	68.93	36.09	1.910	----
21	32.000	16.000	14.000	110.00	83.82	1.312	----
22	23.000	14.667	13.000	193.18	427.98	0.451	320.39
23	23.000	14.667	13.500	201.98	468.37	0.431	360.07
24	23.000	14.667	14.000	210.76	508.60	0.414	399.56
25	24.500	14.667	13.000	191.79	443.97	0.432	340.97
26	24.500	14.667	13.500	200.70	495.17	0.405	393.50
27	24.500	14.667	14.000	209.57	546.07	0.384	445.72
28	26.000	14.667	13.000	184.12	420.96	0.437	321.02
29	26.000	14.667	13.500	196.80	480.81	0.409	380.17
30	26.000	14.667	14.000	208.04	542.97	0.383	443.53
31	27.500	14.667	13.000	171.34	372.22	0.460	275.33
32	27.500	14.667	13.500	184.32	435.77	0.423	338.61
33	27.500	14.667	14.000	197.17	502.00	0.393	405.24
34	29.000	14.667	13.000	157.29	298.23	0.527	200.59
35	29.000	14.667	13.500	170.76	365.24	0.468	267.53
36	29.000	14.667	14.000	184.02	435.17	0.423	338.18
37	30.500	14.667	13.000	141.26	198.46	0.712	96.88
38	30.500	14.667	13.500	155.62	268.24	0.580	166.27
39	30.500	14.667	14.000	169.55	341.43	0.497	240.17
40	32.000	14.667	13.000	103.77	85.71	1.211	----
41	32.000	14.667	13.500	131.96	146.74	0.899	44.14
42	32.000	14.667	14.000	153.02	220.63	0.694	111.74
43	23.000	13.333	13.000	214.70	534.73	0.402	426.97
44	23.000	13.333	13.500	308.40	576.32	0.535	383.18

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
45	23.000	13.333	14.000	408.45	617.86	0.661	332.98
46	24.500	13.333	13.000	214.02	568.96	0.376	468.73
47	24.500	13.333	13.500	288.26	622.04	0.463	458.18
48	24.500	13.333	14.000	361.74	674.63	0.536	447.81
49	26.000	13.333	13.000	210.03	558.65	0.376	460.35
50	26.000	13.333	13.500	263.06	623.53	0.422	485.18
51	26.000	13.333	14.000	318.11	688.69	0.462	508.32
52	27.500	13.333	13.000	198.13	516.04	0.384	421.12
53	27.500	13.333	13.500	227.94	585.39	0.389	474.53
54	27.500	13.333	14.000	275.47	656.69	0.419	512.56
55	29.000	13.333	13.000	185.36	445.34	0.416	349.05
56	29.000	13.333	13.500	195.19	519.24	0.376	427.90
57	29.000	13.333	14.000	239.09	593.23	0.403	472.79
58	30.500	13.333	13.000	171.34	344.85	0.497	242.48
59	30.500	13.333	13.500	180.04	423.02	0.426	327.59
60	30.500	13.333	14.000	211.65	500.17	0.423	388.55
61	32.000	13.333	13.000	149.09	216.17	0.690	110.32
62	32.000	13.333	13.500	172.45	296.23	0.582	183.03
63	32.000	13.333	14.000	193.03	377.58	0.511	260.07
64	23.000	12.000	13.000	444.01	641.18	0.692	325.40
65	23.000	12.000	13.500	502.26	684.01	0.734	318.55
66	23.000	12.000	14.000	553.94	726.71	0.762	318.12
67	24.500	12.000	13.000	391.83	693.91	0.565	440.85
68	24.500	12.000	13.500	445.34	748.68	0.595	453.08
69	24.500	12.000	14.000	499.20	801.94	0.622	463.13
70	26.000	12.000	13.000	339.96	698.32	0.487	498.02
71	26.000	12.000	13.500	393.88	764.71	0.515	523.77
72	26.000	12.000	14.000	448.79	826.62	0.543	543.15
73	27.500	12.000	13.000	296.17	662.20	0.447	498.47
74	27.500	12.000	13.500	345.25	730.51	0.473	531.36
75	27.500	12.000	14.000	397.15	797.49	0.498	559.84
76	29.000	12.000	13.000	256.25	594.00	0.431	456.55
77	29.000	12.000	13.500	302.83	664.58	0.456	494.66
78	29.000	12.000	14.000	349.76	733.59	0.477	530.55
79	30.500	12.000	13.000	224.78	493.81	0.455	367.80
80	30.500	12.000	13.500	264.86	567.87	0.466	416.59
81	30.500	12.000	14.000	308.93	640.08	0.483	459.16
82	32.000	12.000	13.000	200.53	362.11	0.554	234.00
83	32.000	12.000	13.500	235.81	440.48	0.535	292.77
84	32.000	12.000	14.000	274.36	516.98	0.531	346.01
85	23.000	10.667	13.000	568.54	744.83	0.763	325.26
86	23.000	10.667	13.500	616.04	788.87	0.781	330.61
87	23.000	10.667	14.000	667.00	830.05	0.804	329.06
88	24.500	10.667	13.000	515.44	813.52	0.634	460.78
89	24.500	10.667	13.500	566.90	864.96	0.655	471.05
90	24.500	10.667	14.000	618.14	912.51	0.677	476.87
91	26.000	10.667	13.000	462.11	824.88	0.560	527.75
92	26.000	10.667	13.500	515.11	885.60	0.582	547.60

No	X (m)	Y (m)	半径 (m)	抵抗力 (kN)	滑動力 (kN)	安全率 F _s	必要抑止 力 P(kN)
93	26.000	10.667	14.000	567.43	942.03	0.602	563.00
94	27.500	10.667	13.000	404.07	788.44	0.512	542.06
95	27.500	10.667	13.500	456.73	852.24	0.536	565.96
96	27.500	10.667	14.000	511.47	914.91	0.559	586.42
97	29.000	10.667	13.000	355.65	719.84	0.494	508.15
98	29.000	10.667	13.500	403.23	785.98	0.513	539.94
99	29.000	10.667	14.000	453.91	850.82	0.534	567.07
100	30.500	10.667	13.000	314.77	619.21	0.508	428.29
101	30.500	10.667	13.500	359.61	688.83	0.522	466.99
102	30.500	10.667	14.000	405.78	756.94	0.536	502.56
103	32.000	10.667	13.000	279.35	486.86	0.574	304.88
104	32.000	10.667	13.500	321.00	561.02	0.572	352.22
105	23.000	9.333	13.000	672.73	839.78	0.801	335.01
106	23.000	9.333	13.500	722.56	879.35	0.822	332.67
107	23.000	9.333	14.000	772.84	915.48	0.844	325.73
108	24.500	9.333	13.000	620.55	913.17	0.680	475.26
109	24.500	9.333	13.500	671.85	959.94	0.700	480.07
110	24.500	9.333	14.000	723.48	1002.88	0.721	479.97
111	26.000	9.333	13.000	561.59	924.98	0.607	548.39
112	26.000	9.333	13.500	614.66	982.27	0.626	564.06
113	26.000	9.333	14.000	668.59	1035.17	0.646	573.62
114	27.500	9.333	13.000	501.89	888.34	0.565	564.11
115	27.500	9.333	13.500	554.98	948.49	0.585	583.20
116	27.500	9.333	14.000	609.03	1007.88	0.604	600.43
117	29.000	9.333	13.000	445.09	819.53	0.543	538.35
118	29.000	9.333	13.500	496.53	882.03	0.563	561.90
119	29.000	9.333	14.000	550.36	943.50	0.583	581.84
120	30.500	9.333	13.000	397.65	718.66	0.553	464.74
121	30.500	9.333	13.500	445.15	784.68	0.567	496.46
122	30.500	9.333	14.000	495.53	849.42	0.583	523.77
123	23.000	8.000	13.000	766.38	915.13	0.837	331.77
124	23.000	8.000	13.500	875.68	951.07	0.921	265.60
125	23.000	8.000	14.000	951.58	983.52	0.968	228.64
126	24.500	8.000	13.000	708.42	989.13	0.716	478.53
127	24.500	8.000	13.500	824.35	1033.17	0.798	415.45
128	24.500	8.000	14.000	905.99	1073.39	0.844	382.08
129	26.000	8.000	13.000	648.91	1000.75	0.648	551.99
130	26.000	8.000	13.500	768.77	1055.21	0.729	497.47
131	26.000	8.000	14.000	852.23	1105.48	0.771	474.34
132	27.500	8.000	13.000	589.64	963.90	0.612	567.05
133	27.500	8.000	13.500	713.58	1021.36	0.699	512.06
134	27.500	8.000	14.000	797.73	1078.16	0.740	496.06
135	29.000	8.000	13.000	531.67	894.88	0.594	542.18
136	29.000	8.000	13.500	658.92	954.68	0.690	486.70
137	29.000	8.000	14.000	743.78	1013.66	0.734	472.62
138	30.500	8.000	13.000	478.58	793.79	0.603	473.97

目 次

1	設計条件.....	2
1.1	堤体形状.....	2
1.2	堤体材料および基礎地盤.....	3
1.3	設計水平震度.....	3
1.4	検討ケース.....	3
2	安定照査式.....	4
2.1	基礎式.....	4
2.2	完成直後.....	5
2.3	貯水時.....	6
2.4	水位急低下時.....	6
2.5	液状化時.....	7
3	液状化時(上流側).....	8

1 設計条件

1.1 堤体形状

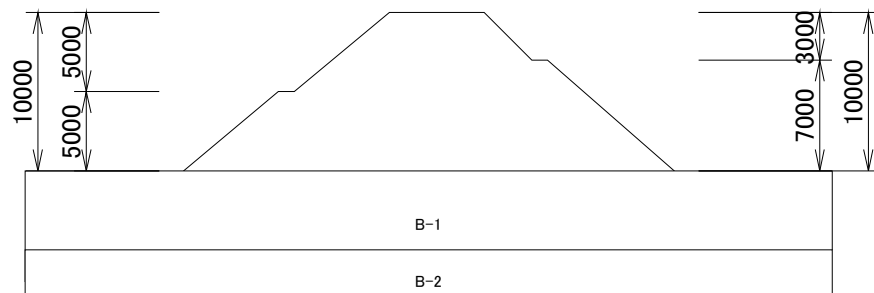
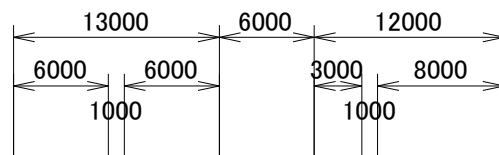


図-1 堤体形状

1.2 堤体材料および基礎地盤

		堤体	B-1	B-2			
湿潤重量	γ_t (kN/m ³)	18.00	20.00	16.00			
飽和重量	γ_{sat} (kN/m ³)	20.00	19.00	18.00			
粘着力 (有効応力)	C' (kN/m ²)	10.0	3.0	15.3			
内部摩擦角(有効応力)	ϕ' (度)	15.0	20.0	18.0			
粘着力 (全応力)	C (kN/m ²)	20.0	4.0	15.3			
内部摩擦角(全応力)	ϕ (度)	15.0	18.0	18.0			
間隙水圧の重量比	β (%)	0.0	0.0	0.0			
過剰間隙水圧比	Lu	1.0	0.2	0.2			
水平震度の考慮							

1.3 設計水平震度

強震帯： 設計水平震度 0.15

1.4 検討ケース

検討ケース	水位 (m)	地震荷重の 載荷率 (%)	安全率
液状化時	6.000	100	1.20

2 安定照査式

2.1 基礎式

堤体および基礎の安定性の照査は円形すべり面を仮定してフェレニウス法により行う。安定照査式は式(1)のとおりである。

$$F_s = \frac{\sum \left\{ c \cdot l + \left(N - U - N_e \right) \cdot \tan \phi \right\}}{\sum \left(T + T_e \right)} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 F_s : すべり破壊に対する安全率

- ϕ : 細片のすべり面における土の内部摩擦角 (°)
- c : 細片のすべり面における土の粘着力 (kN/m²)
- l : 細片のすべり面の長さ (m)
- N : 細片のすべり面上に働く荷重の垂直分力 (kN/m)
 $N = W \cdot \cos \alpha$
- T : 細片のすべり面上に働く荷重の接線分力 (kN/m)
 $T = W \cdot \sin \alpha$
- U : 細片のすべり面上に働く間げき水圧 (kN/m)
- N_e : 細片のすべり面上に働く地震時慣性力の垂直分力 (kN/m)
 $N_e = W_e \cdot \sin \alpha$
- T_e : 細片のすべり面上に働く地震時慣性力の接線分力 (kN/m)
 $T_e = W_e \cdot \cos \alpha$

以下の節で使用する記号の意味は次のとおりとする。

- γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m³)
- γ_t : 土の湿潤単位体積重量 (kN/m³)
- γ_{sat} : 土の飽和単位体積重量 (kN/m³)
- γ' : 土の水中単位体積重量 (kN/m³)
- W : 細片の全重量 (kN/m)
- W' : 細片の有効重量 (kN/m)
 $W' = W - u \cdot b$
- k_h : 堤体震度
- b : 細片の幅 (m)
- u : 間げき水圧 (kN/m²)
- $\triangle u$: 過剰間げき水圧 (kN/m²)

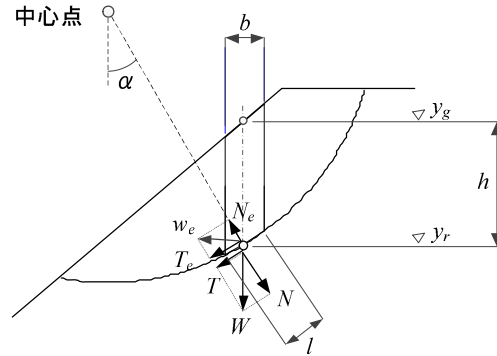


図-2 分割片に作用する力（完成直後）

2.2 完成直後

築堤直後で貯水が行われていない場合の分割片の自重は式(2)～(4)で求める(図-2)。

$$N = \gamma_t \cdot h \cdot b \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$N_e = k_h \cdot \gamma_t \cdot h \cdot b \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$U = W \cdot \frac{\beta}{100} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 γ_t : 土砂の単位体積重量 (kN/m³)

k_h : 設計水平震度

β : 過剰間げき水圧の分割片重量に対する比率 (%)

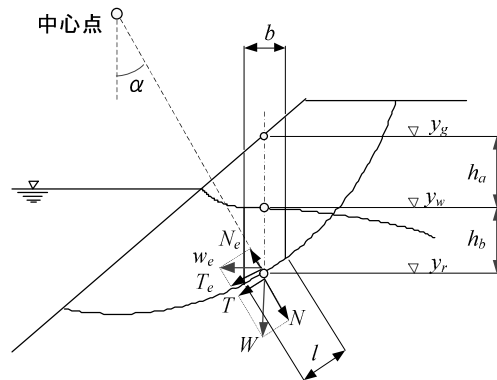


図-3 分割片に作用する力（貯水時）

2.3 貯水時

経年後の貯水時で定常浸透状態の場合で浸潤面が通過している分割片(図-3参照)の自重は式(5), (6)で求める。

$$N-U = W' \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$N_e = k_h \cdot W' \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (6)$$

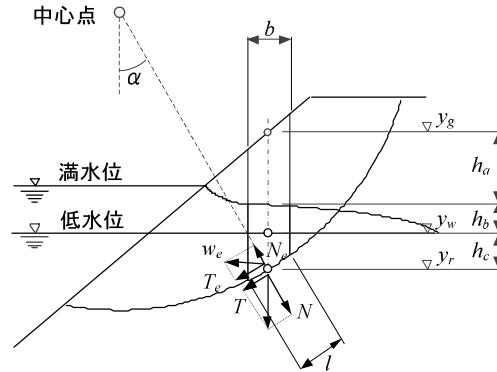


図-3 分割片に作用する力 (水位急低下時)

2.4 水位急低下時

常時満水位であった貯水水位が低水位まで急低下した場合の堤体内の間げき水圧は常時満水位のものがそのまま残留しているものとする(図-4参照)。よって、常時満水位の浸潤線と低水位の間の土砂には飽和単位体積重量を、低水位以下の土砂には水中重量を用いて分割片の自重は式(7), (8)で求める。

$$N-U = \left(\gamma_t \cdot h_a + \gamma' \cdot h_b + \gamma' \cdot h_c \right) \cdot b \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$N_e = k_h \cdot \left(\gamma_t \cdot h_a + \gamma_{sat} \cdot h_b + \gamma_{sat} \cdot h_c \right) \cdot b \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (8)$$

2.5 液状化時

地震動によって発生する過剰間隙水圧を考慮し、式(9)～(12)で求める。

$$F_s = \frac{\sum \left\{ c \cdot l + \left(N-U - \Delta U - N_e \right) \cdot \tan \phi \right\}}{\sum \left(T + T_e \right)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$N-U = W' \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\Delta U = L_u \cdot W' \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$N_e = k_h \cdot W' \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (12)$$

ここで、 L_u : 過剰間隙水圧比

3 液状化時(上流側)

中心点座標 $X = 2.667$ (m) , $Y = 13.833$ (m) 円弧の半径 $R = 14.000$ (m)

安全率 $F_s = 0.383$

ΔU :地震動によって発生する過剰間隙水圧

No	X (m)	円弧底面	地表面	水 位	C (kN/m ²)	W (kN)	C1 (kN)	(N-U- ΔU)	$N_e \tan \phi$ (kN)	抵抗力 (kN)
		Y_R (m)	Y_G (m)	Y_w (m)				$\cdot \tan \phi$ (kN)		
		底面傾斜角 α (°)	分割幅 b (m)	底面長 l (m)	ϕ (°)	W' (kN)	W_e (kN)	T (kN)	T_e (kN)	滑動力 (kN)
1	0.294	0.036	0.245	6.000	10.00	1.72	4.19	0.00	0.00	4.19
		-9.758	0.412	0.419	15.00	0.88	0.00	-0.29	0.00	-0.29
2	0.506	0.001	0.422	6.000	10.00	0.11	0.13	0.00	0.00	0.13
		-8.876	0.013	0.013	15.00	0.06	0.00	-0.02	0.00	-0.02
3	0.756	-0.036	0.630	6.000	3.00	6.47	1.48	0.94	0.00	2.41
		-7.842	0.487	0.492	20.00	3.29	0.00	-0.88	0.00	-0.88
4	1.250	-0.095	1.042	6.000	3.00	11.32	1.51	1.64	0.00	3.15
		-5.808	0.500	0.503	20.00	5.75	0.00	-1.15	0.00	-1.15
5	1.750	-0.137	1.458	6.000	3.00	15.88	1.50	2.31	0.00	3.82
		-3.754	0.500	0.501	20.00	8.07	0.00	-1.04	0.00	-1.04
6	2.250	-0.160	1.875	6.000	3.00	20.27	1.50	2.96	0.00	4.46
		-1.705	0.500	0.500	20.00	10.30	0.00	-0.60	0.00	-0.60
7	2.750	-0.166	2.292	6.000	3.00	24.50	1.50	3.58	0.00	5.08
		0.341	0.500	0.500	20.00	12.45	0.00	0.15	0.00	0.15
8	3.250	-0.155	2.708	6.000	3.00	28.55	1.50	4.17	0.00	5.67
		2.388	0.500	0.500	20.00	14.52	0.00	1.19	0.00	1.19
9	3.750	-0.125	3.125	6.000	3.00	32.43	1.50	4.73	0.00	6.24
		4.438	0.500	0.502	20.00	16.51	0.00	2.51	0.00	2.51

ΔU:地震動によって発生する過剰間隙水圧

No	X (m)	円弧底面	地表面	水位	C (kN/m ²)	W (kN)	C1 (kN)	(N-U-ΔU)	N _e tan φ	抵抗力
		Y _R (m)	Y _G (m)	Y _w (m)				• tan φ (kN)		
		底面傾斜角	分割幅 b	底面長 l	φ (°)	W' (kN)	W _e (kN)	T (kN)	T _e (kN)	滑動力
		α (°)	(m)	(m)						(kN)
10	4.250	-0.077	3.542	6.000	3.00	36.15	1.51	5.26	0.00	6.77
		6.494	0.500	0.503	20.00	18.42	0.00	4.09	0.00	4.09
11	4.660	-0.024	3.884	6.000	3.00	25.04	0.97	3.63	0.00	4.60
		8.187	0.320	0.324	20.00	12.77	0.00	3.57	0.00	3.57
12	4.910	0.014	4.092	6.000	10.00	14.64	1.82	0.00	0.00	1.82
		9.222	0.180	0.182	15.00	7.47	0.00	2.35	0.00	2.35
13	5.250	0.074	4.375	6.000	10.00	43.01	5.09	0.00	0.00	5.09
		10.633	0.500	0.509	15.00	21.94	0.00	7.94	0.00	7.94
14	5.750	0.177	4.792	6.000	10.00	46.15	5.13	0.00	0.00	5.13
		12.723	0.500	0.513	15.00	23.53	0.00	10.16	0.00	10.16
15	6.250	0.300	5.000	6.000	10.00	47.00	5.17	0.00	0.00	5.17
		14.830	0.500	0.517	15.00	23.97	0.00	12.03	0.00	12.03
16	6.750	0.442	5.000	6.000	10.00	45.58	5.23	0.00	0.00	5.23
		16.958	0.500	0.523	15.00	23.25	0.00	13.29	0.00	13.29
17	7.250	0.605	5.208	6.000	10.00	46.03	5.29	0.00	0.00	5.29
		19.110	0.500	0.529	15.00	23.48	0.00	15.07	0.00	15.07
18	7.750	0.789	5.625	6.000	10.00	48.36	5.37	0.00	0.00	5.37
		21.290	0.500	0.537	15.00	24.66	0.00	17.56	0.00	17.56
19	8.250	0.995	6.042	5.941	10.00	50.37	5.45	0.00	0.00	5.45
		23.504	0.500	0.545	15.00	26.13	0.00	20.09	0.00	20.09
20	8.750	1.224	6.458	5.638	10.00	51.52	5.55	0.00	0.00	5.55
		25.755	0.500	0.555	15.00	29.89	0.00	22.39	0.00	22.39

ΔU:地震動によって発生する過剰間隙水圧

No	X (m)	円弧底面	地表面	水 位	C (kN/m ²)	W (kN)	C1 (kN)	(N-U-ΔU)	N _e tan φ	抵抗力
		Y _R (m)	Y _G (m)	Y _W (m)				・ tan φ (kN)		
		底面傾斜角	分割幅 b	底面長 l	φ (°)	W' (kN)	W _e (kN)	T (kN)	T _e (kN)	滑動力
		α (°)	(m)	(m)						(kN)
21	9.250	1.478	6.875	5.573	10.00	52.67	5.67	0.00	0.00	5.67
		28.050	0.500	0.567	15.00	32.60	0.00	24.77	0.00	24.77
22	9.750	1.757	7.292	5.510	10.00	53.56	5.80	0.00	0.00	5.80
		30.395	0.500	0.580	15.00	35.17	0.00	27.10	0.00	27.10
23	10.250	2.065	7.708	5.446	10.00	54.17	5.95	0.00	0.00	5.95
		32.797	0.500	0.595	15.00	37.60	0.00	29.34	0.00	29.34
24	10.750	2.403	8.125	5.381	10.00	54.48	6.12	0.00	0.00	6.12
		35.267	0.500	0.612	15.00	39.89	0.00	31.46	0.00	31.46
25	11.250	2.773	8.542	5.315	10.00	54.46	6.33	0.00	0.00	6.33
		37.814	0.500	0.633	15.00	42.00	0.00	33.39	0.00	33.39
26	11.750	3.180	8.958	5.249	10.00	54.07	6.57	0.00	0.00	6.57
		40.452	0.500	0.657	15.00	43.94	0.00	35.08	0.00	35.08
27	12.250	3.627	9.375	5.181	10.00	53.28	6.86	0.00	0.00	6.86
		43.198	0.500	0.686	15.00	45.67	0.00	36.47	0.00	36.47
28	12.750	4.121	9.792	5.113	10.00	52.03	7.21	0.00	0.00	7.21
		46.074	0.500	0.721	15.00	47.17	0.00	37.47	0.00	37.47
29	13.250	4.669	10.000	5.044	10.00	48.36	7.64	0.00	0.00	7.64
		49.109	0.500	0.764	15.00	46.52	0.00	36.56	0.00	36.56
30	13.750	5.280	10.000	5.280	10.00	42.48	8.18	0.00	0.00	8.18
		52.342	0.500	0.818	15.00	42.48	0.00	33.63	0.00	33.63
31	14.250	5.970	10.000	5.970	10.00	36.27	8.90	0.00	0.00	8.90
		55.831	0.500	0.890	15.00	36.27	0.00	30.01	0.00	30.01

ΔU:地震動によって発生する過剰間隙水圧

No	X (m)	円弧底面 Y _R (m)	地表面 Y _G (m)	水 位 Y _w (m)	C (kN/m ²)	W (kN)	C1 (kN)	(N-U-ΔU) ・ tan φ (kN)	N _e tan φ (kN)	抵抗力 (kN)
		底面傾斜角 α (°)	分割幅 b (m)	底面長 l (m)	φ (°)	W' (kN)	W _e (kN)	T (kN)	T _e (kN)	滑動力 (kN)
32	14.750	6.763	10.000	6.763	10.00	29.14	9.90	0.00	0.00	9.90
		59.666	0.500	0.990	15.00	29.14	0.00	25.15	0.00	25.15
33	15.250	7.697	10.000	7.697	10.00	20.73	11.41	0.00	0.00	11.41
		64.002	0.500	1.141	15.00	20.73	0.00	18.63	0.00	18.63
34	15.750	8.851	10.000	8.851	10.00	10.34	14.05	0.00	0.00	14.05
		69.151	0.500	1.405	15.00	10.34	0.00	9.67	0.00	9.67
35	16.066	9.776	10.000	9.776	10.00	0.53	4.54	0.00	0.00	4.54
		73.153	0.132	0.454	15.00	0.53	0.00	0.51	0.00	0.51
合 計							176.50	29.24	0.00	205.74
								537.62	0.00	537.62

目 次

1 液状化時(上流側)..... 2

1 液状化時(上流側)

中心点 (2.667, 13.833), R= 14.000 (m)

安全率 $F_s = 0.383$

