

(2) 地すべり防止対策工検討書

3. 安定解析計算書

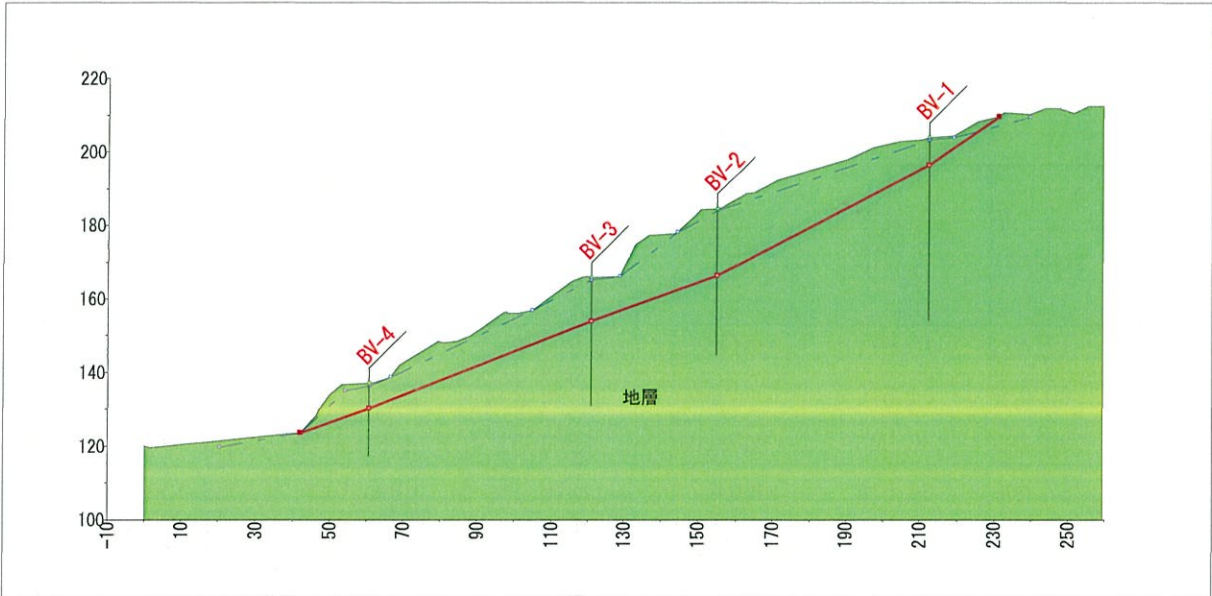
安定解析計算書
Fellenius法
現 況

現場名 三嶽鉦山地すべり

測線名 主測線 (E-4)

備考

現 場 名	三嶽鉦山地すべり
測 線 名	主測線 (E-4)
備 考	



断面図

種別	記号	単位	条件と結果
計算式	-	-	Fellenius法
安全率	Fs	-	1.000
計画安全率	p. Fs	-	1.200
抑止力	Pr	kN/m	3063.8
すべり面長	L	m	208.242
面積	A	m ²	2106.52
法線力	N	kN/m	34590.9
間隙水圧	U	kN/m	19454.8
地すべり抵抗力	S	kN/m	15318.951
地すべり力	T	kN/m	15318.947

すべり面強度									
すべり 面区間	始点座標		終点座標		すべり面 形状	すべり面 強度	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)				ϕ (°)	$\tan \phi$
1	42.225	123.598	60.633	130.360	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
2	60.633	130.360	120.719	153.863	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
3	120.719	153.863	155.006	166.508	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
4	155.006	166.508	212.094	196.560	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
5	212.094	196.560	231.103	209.607	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679

集 計							
すべり 面区間	区間幅 d (m)	すべり面 長 l (m)	スライス 重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり力 T (kN/m)
1	18.408	19.611	2018.5	1894.6	892.1	1079.488	696.003
2	60.086	64.516	10649.9	9918.2	5280.1	4701.993	3879.540
3	34.287	36.543	9448.0	8864.5	4884.7	3824.826	3269.171
4	57.088	64.516	14664.7	12976.5	7895.7	5082.130	6831.043
5	19.009	23.056	1136.6	937.1	502.2	630.514	643.190
合計	188.878	208.242	37917.7	34590.9	19454.8	15318.951	15318.947

計算条件

1. 地質定数

(1) 単位体積重量 γ

通常、斜面の解析を行う場合には、ほとんどの場合 $\gamma = 18.0 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ を使用しているのが現状(建設省河川砂防技術基準(案)同解説・計画編)であり、今回の検討でも $\gamma = 18.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ とする。

なお、水の単位体積重量は $\gamma_w = 10.000 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ とする。

(2) 粘着力 C

すべり面強度を決定する方法としては、「逆算法」と「土質試験による方法」がある。しかし、斜面安定計算におけるすべり面の強度定数は平均的な定数を用いることが必要であり、後者の場合は試料採取位置や数量さらに試験方法まで慎重に考慮した上、実施・採用を行う必要がある。このため通常は前者を取る場合が圧倒的に多い。逆算法を用いる場合の C 値は、経験値から下表の値が採用され、今回もこれを使用する。

地すべり垂直層厚 (m)	粘着力 $C \text{ (kN/m}^2\text{)}$
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

(3) 内部摩擦角 ϕ

安定度のバランスから逆算する。

2. 安定計算式

安定計算式はFellenius法を用いる。

$$F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

ここで、

F_s	: 安全率	
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

3. 安全率の考え方

(1) 逆算地形の安全率

当該斜面の安全率は $F_s = 1.000$ に設定する。

(2) 計画安全率

当該斜面の常時の計画安全率は $p.F_s = 1.200$ とする。

C、 ϕ 逆計算

C- $\tan \phi$ の関係式は次のとおりである。

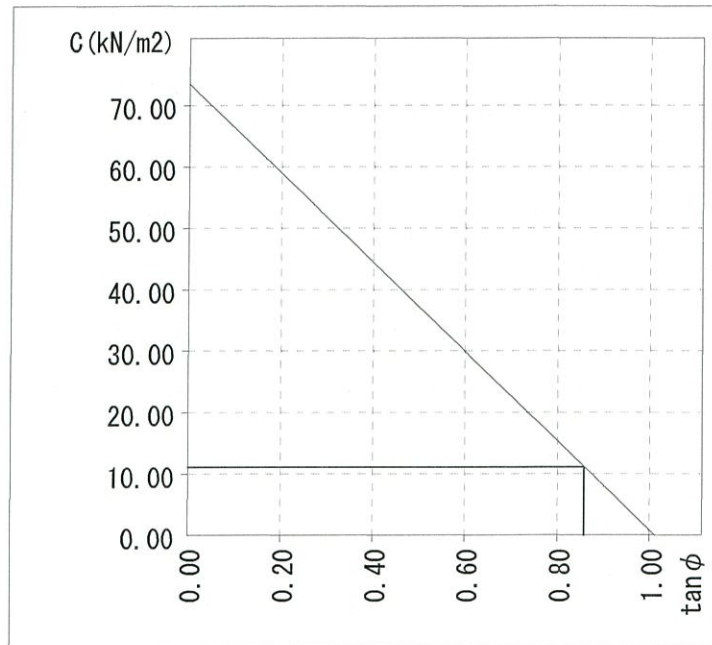
$$C \cdot \Sigma l + \tan \phi \cdot \Sigma (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) = F_s \cdot \Sigma W \cdot \sin \alpha$$

仮定安全率を $F_s = 1.000$ 、 $C = 11.15$ (kN/m²) とした場合、 $\tan \phi$ は次のように求められる。

$$\begin{aligned} \tan \phi &= \frac{F_s \cdot \Sigma W \cdot \sin \alpha - C \cdot \Sigma l}{\Sigma (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l)} \\ &= \frac{1.000 \times 15318.947 - 11.15 \times 208.242}{15136.100} \\ &= 0.858679 \end{aligned}$$

ここで、

F_s	: 仮定安全率	
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)



C-tan φ 関係図

以上から、次のC、φを採用する。

$$C = 11.15 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\tan \phi = 0.858679 \quad (\phi = 40.6520 (^{\circ}))$$

採用したC、φに基づいて、安全率を照査する。

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \\
 &= \frac{C \cdot \sum l + \sum (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi}{\sum W \cdot \sin \alpha} \\
 &= \frac{11.15 \times 208.242 + (34590.9 - 19454.8) \times 0.858679}{15318.947} \\
 &= 1.000
 \end{aligned}$$

安全率計算

指定されたケースの安定度を照査する。各安定計算因子は以下のとおりである。

スライス要素の集計表		粘着力 C (kN/m ²)	すべり面 長さ L (m)	法線力 N (kN/m)	間隙水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗 力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)
内部摩擦角 ϕ (°)	$\tan \phi$						
40.6520	0.858679	11.15	208.242	34590.9	19454.8	15318.951	15318.947

安全率は次式で計算できる。

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \\
 &= \frac{C \cdot L + (N - U) \cdot \tan \phi}{T} \\
 &= \frac{11.15 \times 208.242 + (34590.9 - 19454.8) \times 0.858679}{15318.947} \\
 &= 1.000
 \end{aligned}$$

ここで、

F_s	: 安全率	
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

必要抑止力計算

計画安全率 $p.F_s = 1.200$ を満足する必要抑止力を計算する。

$$\begin{aligned} P_r &= p.F_s \times \Sigma T - \Sigma S \\ &= 1.200 \times 15318.947 - 15318.951 \\ &= 3063.8 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

ここで、

P_r	: 必要抑止力	(kN/m)
$p.F_s$	: 計画安全率	
S	: 地すべり抵抗力	(kN/m)
$S = C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - U) \cdot \tan \phi$		
T	: 地すべり力	(kN/m)
$T = W \cdot \sin \alpha$		
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)
U	: 間隙水圧	(kN/m)

有効抵抗力計算式

地すべりは有効抵抗力を次式で計算できる。

$$R_u = \Sigma S - \Sigma T$$

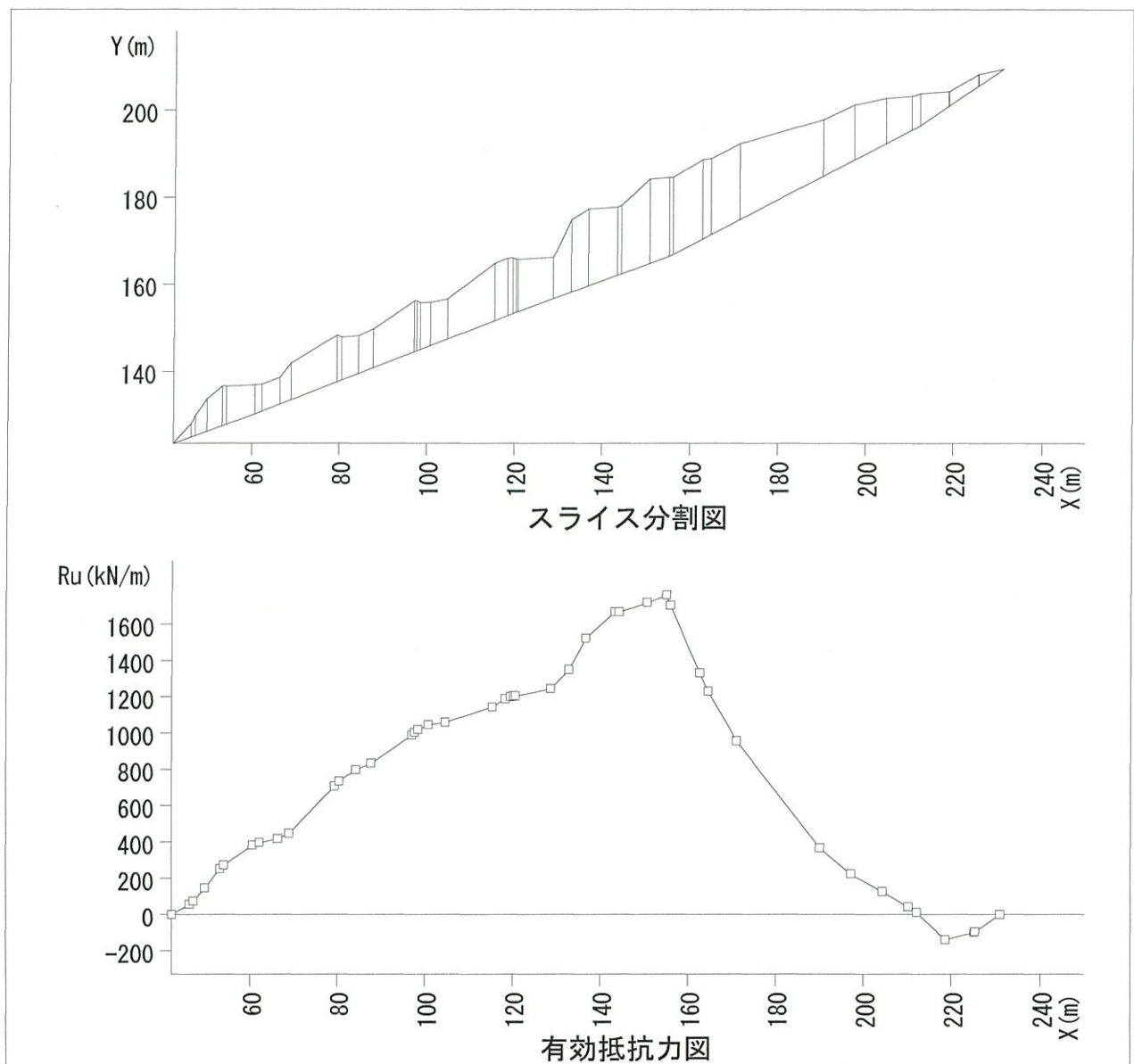
$$T = W \cdot \sin \alpha$$

$$S = C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi$$

ここで、

R_u	: 有効抵抗力	(kN/m)
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

スライス分割図と有効抵抗力図



座標の入力データ						
No.	距離 X(m)	地形 1 標高 Yt(m)	現況水位 標高 Yw(m)	すべり面 標高 Ys(m)	すべり面 形状	すべり面 強度
1	0.000	120.003				
2	1.692	119.500				
3	20.366		119.780			
4	42.225	123.598	123.598	123.598	直線	逆算
5	46.247	128.176				
6	47.174	130.062				
7	49.749	133.785				
8	53.296	136.681				
9	54.174		135.053			
10	60.633	137.052	136.152	130.360	直線	逆算
11	62.262	137.164				
12	66.470	138.720	138.720			
13	68.957	141.989				
14	79.478	148.406				
15	80.547	147.949				
16	84.373	148.384				
17	87.808	149.862				
18	97.056	156.245				
19	97.633	156.308				
20	98.438	155.908				
21	100.761	155.912				
22	104.627	156.748	156.748			
23	115.332	164.928				
24	118.358	166.130				
25	119.525	166.184				
26	120.249	165.864				
27	120.719	165.864	165.323	153.863	直線	逆算
28	128.776	166.297	166.297			
29	132.867	174.979				
30	136.700	177.468				
31	143.370	177.850				
32	144.249	178.237	178.237			
33	150.633	184.316				
34	155.006	184.658	184.158	166.508	直線	逆算
35	155.904	184.719				
36	162.611	188.740				

座標の入力データ						
No.	距離 X(m)	地形 1 標高 Yt(m)	現況水位 標高 Yw(m)	すべり面 標高 Ys(m)	すべり面 形状	すべり面 強度
37	164.670	189.001				
38	171.098	192.455				
39	190.026	197.899				
40	197.240	201.320				
41	204.351	202.880				
42	210.183	203.303				
43	212.094	203.957	203.387	196.560	直線	逆算
44	218.713	204.437				
45	218.724		203.922			
46	225.366	208.340				
47	231.103	209.607		209.607		逆算
48	232.142	210.840				
49	239.271	210.387				
50	239.292		209.450			
51	243.271	211.687				
52	247.271	211.687				
53	251.271	210.587				
54	255.271	212.287				
55	259.271	212.287				

ボーリングデータ					
孔番号	孔口距離 X (m)	孔口標高 Y (m)	掘削深度 (m)	深度 (m)	属性
BV-1	212.094	203.960	50.000	0.570	水位
				7.400	すべり面
BV-2	155.006	184.658	40.000	18.150	すべり面
BV-3	120.719	165.863	35.000	0.540	水位
				12.000	すべり面
BV-4	60.633	137.060	20.000	6.700	すべり面

土質定数							
No.	地層	地質	湿潤重量	飽和重量	粘着力	内部摩擦角	
			γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)		ϕ (°)	$\tan \phi$
1	地層		18.00	18.00	0.00	0.0000	0.000000

※ 水の単位体積重量 γ_w : 10.000 (kN/m³)

スライス集計表

区間 1 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.367$ $b = 108.087$ (m)

X	始点座標 (m)		終点座標 (m)		内部摩擦角	
	Y	X	Y	X	ϕ (°)	$\tan \phi$
42.225	123.598	60.633	130.360	11.15	40.6520	0.858679

スライス番号	すべり面深さ h (m)		スライス幅 d (m)	すべり面長さ l (m)	すべり面傾斜角 α (°)	水位からすべり面深さ h_w (m)	スライスの重量 W (kN/m)	すべり面法線分力 N (kN/m)	間隙水圧 U (kN/m)	地すべり抵抗 S (kN/m)	地すべり力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
1	0.000	3.100	4.022	4.285	20.170	1.188	112.1	105.2	50.9	94.404	38.653	0.0	55.8
2	3.100	4.646	0.927	0.988	20.170	2.654	64.6	60.6	26.2	40.555	22.275	55.8	74.0
3	4.646	7.423	2.575	2.743	20.170	3.689	279.7	262.5	101.2	169.089	96.444	74.0	146.7
4	7.423	9.016	3.547	3.779	20.170	5.498	524.7	492.5	207.8	286.602	180.923	146.7	252.4
5	9.016	8.738	0.878	0.935	20.170	6.811	140.4	131.8	63.7	68.901	48.412	252.4	272.8
6	8.738	6.692	6.459	6.881	20.170	6.428	897.0	842.0	442.3	419.937	309.296	272.8	383.5
小計	-	-	18.408	19.611	-	-	2018.5	1894.6	892.1	1079.488	696.003	-	-

区間 2 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.391$ $b = 106.643$ (m)

始点座標 (m)		終点座標 (m)		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	ϕ (°)	$\tan \phi$
60.633	130.360	120.719	153.863	40.6520	0.858679

スライス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス幅 d (m)	すべり面長さ l (m)	すべり面傾斜角 α (°)	水位からすべり面深さ h_v (m)	スライスの重量 W (kN/m)	すべり面法線分力 N (kN/m)	間隙水圧 U (kN/m)	地すべり抵抗 S (kN/m)	地すべり力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
7	6.692	6.166	1.629	1.749	21.363	5.832	188.5	175.5	102.0	82.614	68.667	383.5	397.4
8	6.166	6.077	4.208	4.518	21.363	5.974	463.7	431.8	269.9	189.396	168.916	397.4	417.9
9	6.077	8.373	2.487	2.670	21.363	6.176	323.3	301.1	164.9	146.723	117.772	417.9	446.9
10	8.373	10.675	10.521	11.297	21.363	6.707	1803.6	1679.7	757.7	917.664	657.015	446.9	707.5
11	10.675	9.799	1.069	1.148	21.363	7.175	197.0	183.5	82.4	99.613	71.763	707.5	735.4
12	9.799	8.738	3.826	4.108	21.363	7.376	638.3	594.4	303.0	296.023	232.520	735.4	798.9
13	8.738	8.872	3.435	3.688	21.363	7.671	544.5	507.1	282.9	233.637	198.350	798.9	834.2
14	8.872	11.638	9.248	9.930	21.363	8.188	1707.2	1589.9	813.1	777.741	621.898	834.2	990.0
15	11.638	11.475	0.577	0.620	21.363	8.579	119.9	111.7	53.2	57.146	43.677	990.0	1003.5
16	11.475	10.760	0.805	0.864	21.363	8.646	161.1	150.0	74.7	74.292	58.685	1003.5	1019.1
17	10.760	9.856	2.323	2.494	21.363	8.769	431.0	401.4	218.7	184.689	157.004	1019.1	1046.8
18	9.856	9.179	3.866	4.151	21.363	9.022	662.4	616.9	374.5	254.427	241.299	1046.8	1059.9
19	9.179	13.173	10.705	11.495	21.363	9.938	2153.5	2005.5	1142.4	869.295	784.476	1059.9	1144.7
20	13.173	13.190	3.026	3.249	21.363	10.912	718.1	668.8	354.5	306.109	261.589	1144.7	1189.2
21	13.190	12.788	1.167	1.253	21.363	11.208	272.8	254.1	140.4	111.603	99.375	1189.2	1201.5

スライ ス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	すべり面 長 l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗 力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗 力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
22	12.788	12.184	0.724	0.777	21.363	11.340	162.7	151.5	88.1	63.104	59.268	1201.5	1205.3
23	12.184	12.001	0.470	0.505	21.363	11.426	102.3	95.3	57.7	37.917	37.266	1205.3	1205.9
小計	-	-	60.086	64.516	-	-	10649.9	9918.2	5280.1	4701.993	3879.540	-	-

区間 3 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.368$ $b = 109.341$ (m)

始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	C (kN/m ²)	ϕ (°)	$\tan \phi$	
120.719	153.863	155.006	166.508	11.15	40.6520	0.858679	

スライス 番号	すべり面深さ h (m)		スライスすべり面 幅 d (m)		すべり面 傾斜角 α (°)		水位から すべり面 深さ h_w (m)		スライスの重量 W (kN/m)		すべり面 法線分力 N (kN/m)		間隙 水圧 U (kN/m)		地すべり 抵抗力 S (kN/m)		地すべり 力 T (kN/m)		有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側
24	12.001	9.463	8.057	8.587	20.244	20.244	10.462	10.462	1556.4	1556.4	1460.3	1460.3	898.4	898.4	578.237	578.237	538.541	538.541	1205.9	1245.6
25	9.463	16.636	4.091	4.360	20.244	20.244	10.286	10.286	960.8	960.8	901.4	901.4	448.5	448.5	437.510	437.510	332.453	332.453	1245.6	1350.7
26	16.636	17.711	3.833	4.085	20.244	20.244	11.884	11.884	1184.9	1184.9	1111.7	1111.7	485.5	485.5	583.253	583.253	409.996	409.996	1350.7	1523.9
27	17.711	15.633	6.670	7.109	20.244	20.244	13.999	13.999	2001.6	2001.6	1878.0	1878.0	995.2	995.2	837.307	837.307	692.588	692.588	1523.9	1668.7
28	15.633	15.696	0.879	0.937	20.244	20.244	15.518	15.518	247.8	247.8	232.5	232.5	145.4	145.4	85.238	85.238	85.743	85.743	1668.7	1668.2
29	15.696	19.421	6.384	6.804	20.244	20.244	16.277	16.277	2017.8	2017.8	1893.2	1893.2	1107.5	1107.5	750.529	750.529	698.194	698.194	1668.2	1720.5
30	19.421	18.150	4.373	4.661	20.244	20.244	17.254	17.254	1478.7	1478.7	1387.4	1387.4	804.2	804.2	552.752	552.752	511.656	511.656	1720.5	1761.6
小計	-	-	34.287	36.543	-	-	-	-	9448.0	9448.0	8864.5	8864.5	4884.7	4884.7	3824.826	3824.826	3269.171	3269.171	-	-

区間 4 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.526$ $b = 84.910$ (m)

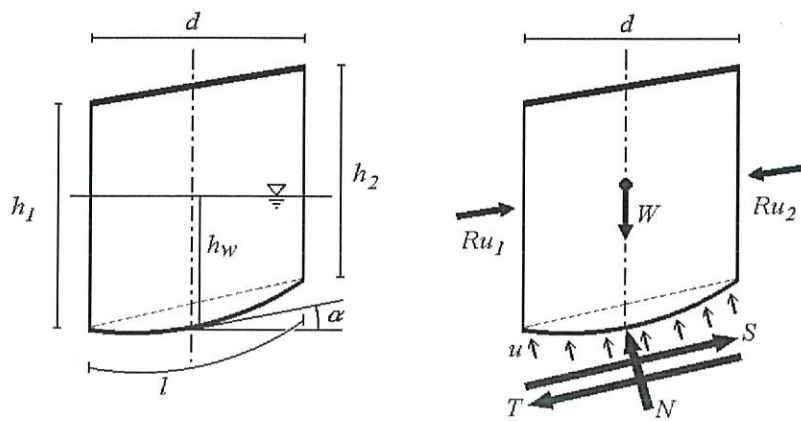
始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力 C (kN/m ²)		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	ϕ (°)		$\tan \phi$	
155.006	166.508	212.094	196.560	11.15		40.6520	
				0.858679			

スライス 番号	すべり面深さ h(m)		スライス 幅 d(m)	すべり面 長 l(m)	すべり面 傾斜角 α(°)	水位から すべり面 深さh _w (m)	スライス の重量 W(kN/m)	すべり面 法線分力 N(kN/m)	間隙 水圧 U(kN/m)	地すべり 抵抗分力 S(kN/m)	地すべり 力 T(kN/m)	有効抵抗分力 Ru(kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
31	18.150	17.739	0.898	1.015	27.763	17.561	290.0	256.6	178.2	78.638	135.086	1761.6	1705.1
32	17.739	18.228	6.707	7.580	27.763	16.844	2171.0	1921.1	1276.8	637.764	1011.285	1705.1	1331.6
33	18.228	17.406	2.059	2.327	27.763	16.013	660.3	584.3	372.6	207.728	307.578	1331.6	1231.8
34	17.406	17.476	6.428	7.264	27.763	15.208	2018.0	1785.7	1104.7	665.754	940.016	1231.8	957.5
35	17.476	12.956	18.928	21.390	27.763	12.805	5184.2	4587.4	2739.0	1825.681	2414.880	957.5	368.3
36	12.956	12.579	7.214	8.153	27.763	10.327	1658.0	1467.1	842.0	627.666	772.322	368.3	223.7
37	12.579	10.396	7.111	8.036	27.763	8.969	1470.4	1301.1	720.7	587.979	684.935	223.7	126.7
38	10.396	7.749	5.832	6.591	27.763	7.742	952.4	842.8	510.3	359.000	443.643	126.7	42.1
39	7.749	7.397	1.911	2.160	27.763	7.007	260.4	230.4	151.4	91.920	121.298	42.1	12.7
小計	-	-	57.088	64.516	-	-	14664.7	12976.5	7895.7	5082.130	6831.043	-	-

区間 5 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.686$ $b = 50.987$ (m)

始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	C (kN/m ²)		ϕ (°)	$\tan \phi$
212.094	196.560	231.103	209.607	11.15		40.6520	0.858679

スライス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	すべり面 長 l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_v (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
40	7.397	3.334	6.619	8.028	34.464	4.822	639.2	527.0	387.1	209.641	361.717	12.7	-139.4
41	3.334	3.332	0.011	0.013	34.464	2.727	0.7	0.6	0.4	0.317	0.396	-139.4	-139.5
42	3.332	2.671	6.642	8.056	34.464	1.424	358.8	295.8	114.7	245.331	203.041	-139.5	-97.2
43	2.671	2.629	0.091	0.110	34.464	0.000	4.3	3.5	0.0	4.232	2.433	-97.2	-95.4
44	2.629	0.000	5.646	6.849	34.464	-	133.6	110.2	0.0	170.993	75.603	-95.4	0.0
小計	-	-	19.009	23.056	-	-	1136.6	937.1	502.2	630.514	643.190	-	-



スライスの各部分の名称

h_1, h_2	: すべり面深さ	(m)
d	: スライス幅	(m)
l	: すべり面長	(m)
α	: すべり面傾斜角	($^{\circ}$)
h_w	: 水位からすべり面の深さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
u	: 単位間隙水圧	(kN/m ²)
S	: 地すべり抵抗	(kN/m)
T	: 地すべり力	(kN/m)
N	: 法線力	(kN/m)
Ru_1, Ru_2	: 有効抵抗	(kN/m)

安定解析計算書
Fellenius法
水位低下後

現場名 三嶽鉦山地すべり

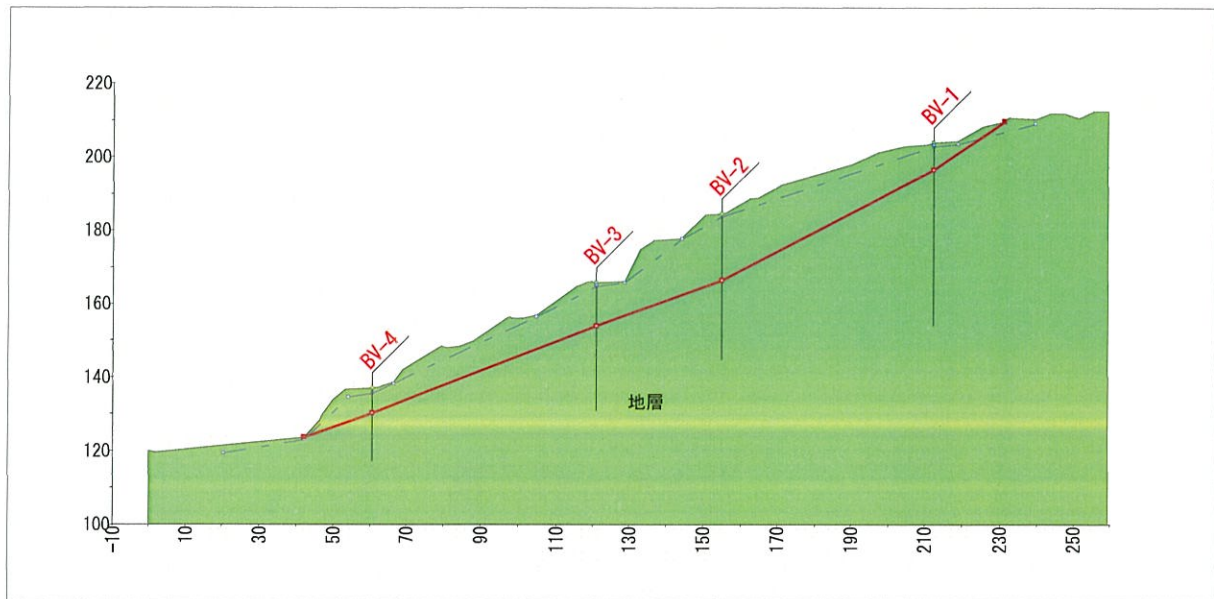
測線名 主測線 (E-4)

備考

現 場 名 三嶽鉦山地すべり

測 線 名 主測線 (E-4)

備 考



断面図

種別	記号	単位	条件と結果
計算式	-	-	Fellenius法
安全率	Fs	-	1.050
計画安全率	p. Fs	-	1.200
抑止力	Pr	kN/m	2289.6
すべり面長	L	m	208.241
面積	A	m ²	2106.49
法線力	N	kN/m	34590.4
間隙水圧	U	kN/m	18553.1
地すべり抵抗力	S	kN/m	16092.782
地すべり力	T	kN/m	15318.637

すべり面強度									
すべり 面区間	始点座標		終点座標		すべり面 形状	すべり面 強度	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)				ϕ (°)	$\tan \phi$
1	42.225	123.598	60.633	130.360	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
2	60.633	130.360	120.719	153.863	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
3	120.719	153.863	155.006	166.508	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
4	155.006	166.508	212.094	196.560	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
5	212.094	196.560	231.103	209.607	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679

集 計							
すべり 面区間	区間幅 d(m)	すべり面 長 l (m)	スライス 重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり力 T (kN/m)
1	18.408	19.611	2018.4	1894.6	805.5	1153.850	695.969
2	60.086	64.516	10649.9	9918.2	4990.0	4951.095	3879.542
3	34.287	36.543	9447.9	8864.4	4719.8	3966.335	3269.136
4	57.088	64.516	14664.3	12976.2	7605.4	5331.148	6830.856
5	19.009	23.055	1136.5	937.0	432.4	690.354	643.134
合計	188.878	208.241	37917.0	34590.4	18553.1	16092.782	15318.637

計算条件

1. 地質定数

(1) 単位体積重量 γ

通常、斜面の解析を行う場合には、ほとんどの場合 $\gamma=18.0$ (kN/m³) を使用しているのが現状(建設省河川砂防技術基準(案)同解説・計画編)であり、今回の検討でも $\gamma=18.00$ (kN/m³) とする。

なお、水の単位体積重量は $\gamma_w = 10.000$ (kN/m³) とする。

(2) 粘着力C

すべり面強度を決定する方法としては、「逆算法」と「土質試験による方法」がある。しかし、斜面安定計算におけるすべり面の強度定数は平均的な定数を用いることが必要であり、後者の場合は試料採取位置や数量さらに試験方法まで慎重に考慮した上、実施・採用を行う必要がある。このため通常は前者を取る場合が圧倒的に多い。逆算法を用いる場合のC値は、経験値から下表の値が採用され、今回もこれを使用する。

地すべり垂直層厚 (m)	粘着力 C (kN/m ²)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

(3) 内部摩擦角 ϕ

安定度のバランスから逆算する。

2. 安定計算式

安定計算式はFellenius法を用いる。

$$F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

ここで、

F_s	: 安全率	
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

3. 安全率の考え方

(1) 逆算地形の安全率

当該斜面の安全率は $F_s = 1.000$ に設定する。

(2) 計画安全率

当該斜面の常時の計画安全率は $p.F_s = 1.200$ とする。

安全率計算

指定されたケースの安定度を照査する。各安定計算因子は以下のとおりである。

スライス要素の集計表							
内部摩擦角		粘着力	すべり面長さ	法線力	間隙水圧	地すべり抵抗力	地すべり力
ϕ (°)	$\tan \phi$	C (kN/m ²)	L (m)	N (kN/m)	U (kN/m)	S (kN/m)	T (kN/m)
40.6520	0.858679	11.15	208.241	34590.4	18553.1	16092.782	15318.637

安全率は次式で計算できる。

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \\
 &= \frac{C \cdot L + (N - U) \cdot \tan \phi}{T} \\
 &= \frac{11.15 \times 208.241 + (34590.4 - 18553.1) \times 0.858679}{15318.637} \\
 &= 1.050
 \end{aligned}$$

ここで、

F_s	: 安全率	
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

必要抑止力計算

計画安全率 $p.F_s = 1.200$ を満足する必要抑止力を計算する。

$$\begin{aligned} P_r &= p.F_s \times \Sigma T - \Sigma S \\ &= 1.200 \times 15318.637 - 16092.782 \\ &= 2289.6 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

ここで、

P_r	: 必要抑止力	(kN/m)
$p.F_s$	: 計画安全率	
S	: 地すべり抵抗	(kN/m)
$S = C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - U) \cdot \tan \phi$		
T	: 地すべり力	(kN/m)
$T = W \cdot \sin \alpha$		
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)
U	: 間隙水圧	(kN/m)

有効抵抗力計算式

地すべりは有効抵抗力を次式で計算できる。

$$R_u = \Sigma S - \Sigma T$$

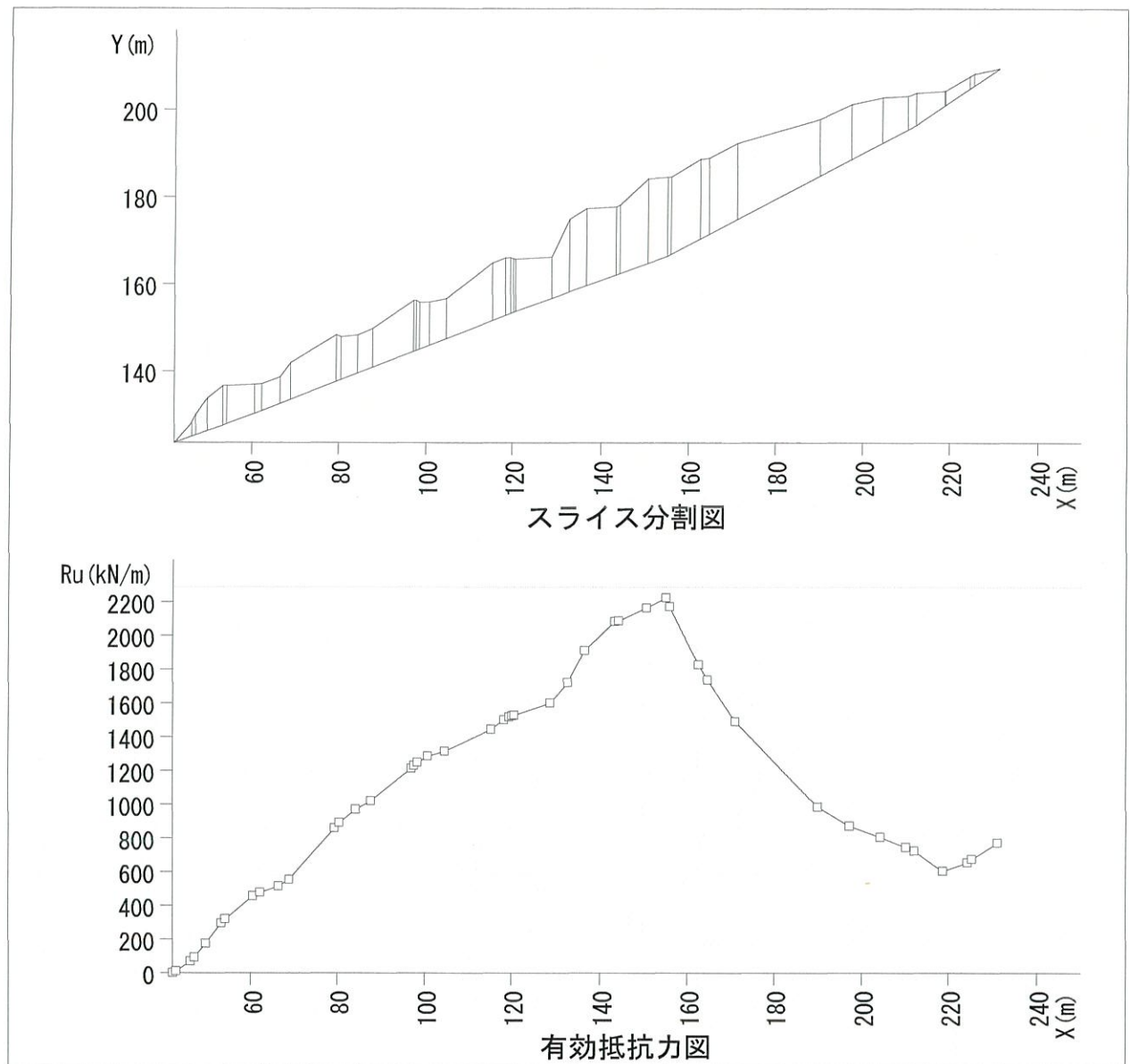
$$T = W \cdot \sin \alpha$$

$$S = C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi$$

ここで、

R_u	: 有効抵抗力	(kN/m)
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

スライス分割図と有効抵抗力図



座標の入力データ						
No.	距離 X(m)	地形 1 標高 Yt(m)	水位-0.45m 標高 Yw(m)	すべり面 標高 Ys(m)	すべり面 形状	すべり面 強度
1	0.000	120.003				
2	1.692	119.500				
3	20.366		119.330			
4	42.225	123.598	123.148	123.598	直線	逆算
5	46.247	128.176				
6	47.174	130.062				
7	49.749	133.785				
8	53.296	136.681				
9	54.174		134.603			
10	60.633	137.052	135.702	130.360	直線	逆算
11	62.262	137.164				
12	66.470	138.720	138.270			
13	68.957	141.989				
14	79.478	148.406				
15	80.547	147.949				
16	84.373	148.384				
17	87.808	149.862				
18	97.056	156.245				
19	97.633	156.308				
20	98.438	155.908				
21	100.761	155.912				
22	104.627	156.748	156.298			
23	115.332	164.928				
24	118.358	166.130				
25	119.525	166.184				
26	120.249	165.864				
27	120.719	165.864	164.873	153.863	直線	逆算
28	128.776	166.297	165.847			
29	132.867	174.979				
30	136.700	177.468				
31	143.370	177.850				
32	144.249	178.237	177.787			
33	150.633	184.316				
34	155.006	184.658	183.708	166.508	直線	逆算
35	155.904	184.719				
36	162.611	188.740				

座標の入力データ						
No.	距離 X(m)	地形 1 標高 Yt(m)	水位-0.45m 標高 Yw(m)	すべり面 標高 Ys(m)	すべり面 形状	すべり面 強度
37	164.670	189.001				
38	171.098	192.455				
39	190.026	197.899				
40	197.240	201.320				
41	204.351	202.880				
42	210.183	203.303				
43	212.094	203.957	202.937	196.560	直線	逆算
44	218.713	204.437				
45	218.724		203.472			
46	225.366	208.340				
47	231.103	209.607		209.607		逆算
48	232.142	210.840				
49	239.271	210.387				
50	239.292		209.000			
51	243.271	211.687				
52	247.271	211.687				
53	251.271	210.587				
54	255.271	212.287				
55	259.271	212.287				

ボーリングデータ					
孔番号	孔口距離 X (m)	孔口標高 Y (m)	掘削深度 (m)	深度 (m)	属性
BV-1	212.094	203.960	50.000	0.570 7.400	水位 すべり面
BV-2	155.006	184.658	40.000	18.150	すべり面
BV-3	120.719	165.863	35.000	0.540 12.000	水位 すべり面
BV-4	60.633	137.060	20.000	6.700	すべり面

土質定数							
No.	地層	地質	湿潤重量 γ_t (kN/m ³)	飽和重量 γ_{sat} (kN/m ³)	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
						ϕ (°)	$\tan \phi$
1	地層		18.00	18.00	0.00	0.0000	0.000000

※ 水の単位体積重量 γ_w : 10.000 (kN/m³)

スライスイ集計表

区間 1 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.367$ $b = 108.087$ (m)

X	始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
	Y	X	Y	X		ϕ (°)	$\tan \phi$
42.225	123.598	60.633	130.360		11.15	40.6520	0.858679

スライスイ 番号	すべり面深さ h (m)		スライスイ幅 d (m)	すべり面長 l (m)	すべり面傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライスイの重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
1	0.000	0.587	0.761	0.811	20.170	-	4.0	3.8	0.0	12.306	1.379	0.0	10.9
2	0.587	3.100	3.261	3.474	20.170	0.963	108.2	101.6	33.5	97.211	37.309	10.9	70.8
3	3.100	4.646	0.927	0.988	20.170	2.201	64.6	60.6	21.7	44.419	22.275	70.8	93.0
4	4.646	7.423	2.575	2.743	20.170	3.239	279.7	262.5	88.8	179.737	96.444	93.0	176.3
5	7.423	9.016	3.547	3.779	20.170	5.047	524.7	492.5	190.7	301.285	180.923	176.3	296.6
6	9.016	8.738	0.878	0.935	20.170	6.355	140.2	131.6	59.4	72.422	48.343	296.6	320.7
7	8.738	6.692	6.459	6.881	20.170	5.979	897.0	842.0	411.4	446.470	309.296	320.7	457.9
小計	-	-	18.408	19.611	-	-	2018.4	1894.6	805.5	1153.850	695.969	-	-

区間 2 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.391$ $b = 106.643$ (m)

始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力 C (kN/m ²)		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	ϕ (°)		$\tan \phi$	
60.633	130.360	120.719	153.863	11.15		40.6520	
				0.858679			

スライス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	すべり面 長さ l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さh _v (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗分力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
8	6.692	6.166	1.629	1.749	21.363	5.384	188.7	175.7	94.2	89.484	68.740	457.9	478.6
9	6.166	6.077	4.208	4.518	21.363	5.525	463.5	431.7	249.6	206.741	168.844	478.6	516.5
10	6.077	8.373	2.487	2.670	21.363	5.730	323.5	301.3	153.0	157.113	117.844	516.5	555.8
11	8.373	10.675	10.521	11.297	21.363	6.257	1803.6	1679.7	706.9	961.284	657.015	555.8	860.1
12	10.675	9.799	1.069	1.148	21.363	6.726	196.9	183.4	77.2	103.992	71.727	860.1	892.3
13	9.799	8.738	3.826	4.108	21.363	6.926	638.3	594.4	284.5	311.909	232.520	892.3	971.7
14	8.738	8.872	3.435	3.688	21.363	7.223	544.5	507.1	266.4	247.805	198.350	971.7	1021.2
15	8.872	11.638	9.248	9.930	21.363	7.738	1707.1	1589.8	768.4	816.038	621.862	1021.2	1215.3
16	11.638	11.475	0.577	0.620	21.363	8.146	120.1	111.8	50.5	59.550	43.750	1215.3	1231.1
17	11.475	10.760	0.805	0.864	21.363	8.199	161.1	150.0	70.8	77.641	58.685	1231.1	1250.1
18	10.760	9.856	2.323	2.494	21.363	8.321	431.1	401.5	207.5	194.392	157.041	1250.1	1287.5
19	9.856	9.179	3.866	4.151	21.363	8.572	662.4	616.9	355.8	270.485	241.299	1287.5	1316.6
20	9.179	13.173	10.705	11.495	21.363	9.488	2153.6	2005.6	1090.6	913.861	784.512	1316.6	1446.0
21	13.173	13.190	3.026	3.249	21.363	10.459	717.8	668.5	339.8	318.474	261.480	1446.0	1503.0
22	13.190	12.788	1.167	1.253	21.363	10.754	272.7	254.0	134.7	116.411	99.339	1503.0	1520.1

スライ イス 番号	すべり面深さ h(m)		スライス 幅 d(m)	すべり面 長 l(m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライス の重量 W(kN/m)	すべり面 法線分力 N(kN/m)	間隙 水圧 U(kN/m)	地すべり 抵抗 力 S(kN/m)	地すべり 力 T(kN/m)	有効抵抗 力 Ru(kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
23	12.788	12.184	0.724	0.777	21.363	10.898	162.7	151.5	84.7	66.023	59.268	1520.1	1526.8
24	12.184	12.001	0.470	0.505	21.363	10.979	102.3	95.3	55.4	39.892	37.266	1526.8	1529.4
小計	-	-	60.086	64.516	-	-	10649.9	9918.2	4990.0	4951.095	3879.542	-	-

区間 3 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.368$ $b = 109.341$ (m)

始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	C (kN/m ²)		ϕ (°)	$\tan \phi$
120.719	153.863	155.006	166.508	11.15		40.6520	0.858679

スライス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	すべり面 長さ l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
25	12.001	9.463	8.057	8.587	20.244	10.011	1556.5	1460.4	859.6	611.639	538.576	1529.4	1602.5
26	9.463	16.636	4.091	4.360	20.244	9.836	960.8	901.4	428.8	454.426	332.453	1602.5	1724.5
27	16.636	17.711	3.833	4.085	20.244	11.432	1184.8	1111.6	467.0	599.052	409.961	1724.5	1913.6
28	17.711	15.633	6.670	7.109	20.244	13.549	2001.6	1878.0	963.2	864.785	692.588	1913.6	2085.8
29	15.633	15.696	0.879	0.937	20.244	15.074	247.9	232.6	141.2	88.931	85.778	2085.8	2088.9
30	15.696	19.421	6.384	6.804	20.244	15.826	2017.6	1893.0	1076.8	776.718	698.124	2088.9	2167.5
31	19.421	18.150	4.373	4.661	20.244	16.803	1478.7	1387.4	783.2	570.784	511.656	2167.5	2226.6
小計	-	-	34.287	36.543	-	-	9447.9	8864.4	4719.8	3966.335	3269.136	-	-

区間 4 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.526$ $b = 84.910$ (m)

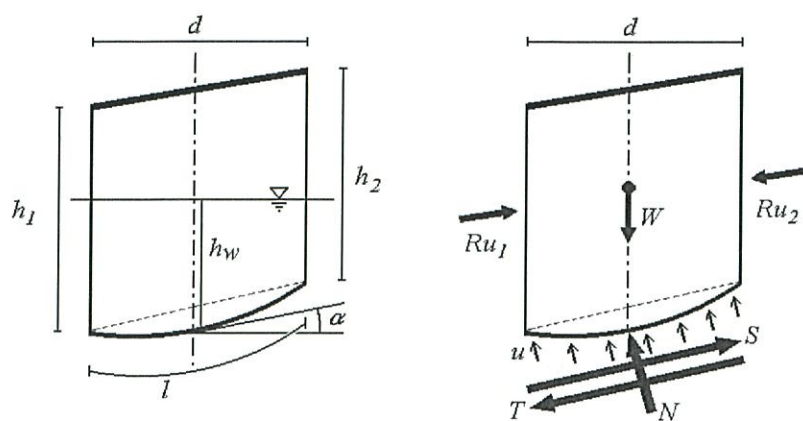
始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	C (kN/m ²)		ϕ (°)	$\tan \phi$
155.006	166.508	212.094	196.560	11.15		40.6520	0.858679

スライ ス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	すべり面 長さ l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗 力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗 力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
32	18.150	17.739	0.898	1.015	27.763	17.116	290.0	256.6	173.7	82.502	135.086	2226.6	2174.0
33	17.739	18.228	6.707	7.580	27.763	16.393	2171.0	1921.1	1242.6	667.131	1011.285	2174.0	1829.9
34	18.228	17.406	2.059	2.327	27.763	15.561	660.2	584.2	362.1	216.659	307.531	1829.9	1739.0
35	17.406	17.476	6.428	7.264	27.763	14.759	2018.0	1785.7	1072.1	693.747	940.016	1739.0	1492.8
36	17.476	12.956	18.928	21.390	27.763	12.355	5184.2	4587.4	2642.7	1908.372	2414.880	1492.8	986.2
37	12.956	12.579	7.214	8.153	27.763	9.877	1657.8	1467.0	805.3	659.094	772.229	986.2	873.1
38	12.579	10.396	7.111	8.036	27.763	8.519	1470.4	1301.1	684.6	618.977	684.935	873.1	807.2
39	10.396	7.749	5.832	6.591	27.763	7.293	952.3	842.7	480.7	384.331	443.596	807.2	747.9
40	7.749	7.397	1.911	2.160	27.763	6.557	260.4	230.4	141.6	100.335	121.298	747.9	726.9
小計	-	-	57.088	64.516	-	-	14664.3	12976.2	7605.4	5331.148	6830.856	-	-

区間 5 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.686$ $b = 50.987$ (m)

始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	C (kN/m ²)		ϕ (°)	$\tan \phi$
212.094	196.560	231.103	209.607	11.15		40.6520	0.858679

スライス 番号	すべり面深さ		スライス 幅 d (m)	スライス すべり面 長さ l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライスの 重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 R_u (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
41	7.397	3.334	6.619	8.028	34.464	4.372	639.2	527.0	351.0	240.640	361.717	726.9	605.8
42	3.334	3.332	0.011	0.013	34.464	2.727	0.7	0.6	0.4	0.317	0.396	605.8	605.8
43	3.332	2.769	5.655	6.859	34.464	1.181	310.5	256.0	81.0	226.747	175.709	605.8	656.8
44	2.769	2.671	0.987	1.197	34.464	-	48.2	39.7	0.0	47.436	27.276	656.8	677.0
45	2.671	0.000	5.737	6.958	34.464	-	137.9	113.7	0.0	175.214	78.036	677.0	774.1
小計	-	-	19.009	23.055	-	-	1136.5	937.0	432.4	690.354	643.134	-	-



スライスの各部分の名称

h_1, h_2	: すべり面深さ	(m)
d	: スライス幅	(m)
l	: すべり面長	(m)
α	: すべり面傾斜角	($^{\circ}$)
h_w	: 水位からすべり面の深さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
u	: 単位間隙水圧	(kN/m ²)
S	: 地すべり抵抗力	(kN/m)
T	: 地すべり力	(kN/m)
N	: 法線力	(kN/m)
Ru_1, Ru_2	: 有効抵抗力	(kN/m)

地下水位変化計算

入力条件

計画安全率
1.200

平行水位変化		
現水位より (m)		
上へ	下へ	ピッチ
0.000	1.000	0.050

計算結果

No.	変化量 (m)	安全率	抑止力 (kN/m)
1	-1.000	1.111	1354.8
2	-0.950	1.106	1439.1
3	-0.900	1.100	1523.9
4	-0.850	1.094	1608.7
5	-0.800	1.089	1692.6
6	-0.750	1.083	1778.2
7	-0.700	1.078	1863.0
8	-0.650	1.072	1948.5
9	-0.600	1.067	2033.5
10	-0.550	1.061	2118.8
11	-0.500	1.056	2204.5
12	-0.450	1.050	2289.6
13	-0.400	1.044	2375.3
14	-0.350	1.039	2460.6
15	-0.300	1.033	2547.0
16	-0.250	1.028	2632.9
17	-0.200	1.022	2719.1
18	-0.150	1.016	2804.5
19	-0.100	1.011	2891.1
20	-0.050	1.005	2977.5
21	0.000	1.000	3063.8

安定解析計算書
Fellenius法
押え盛土後

現場名 三嶽鉦山地すべり

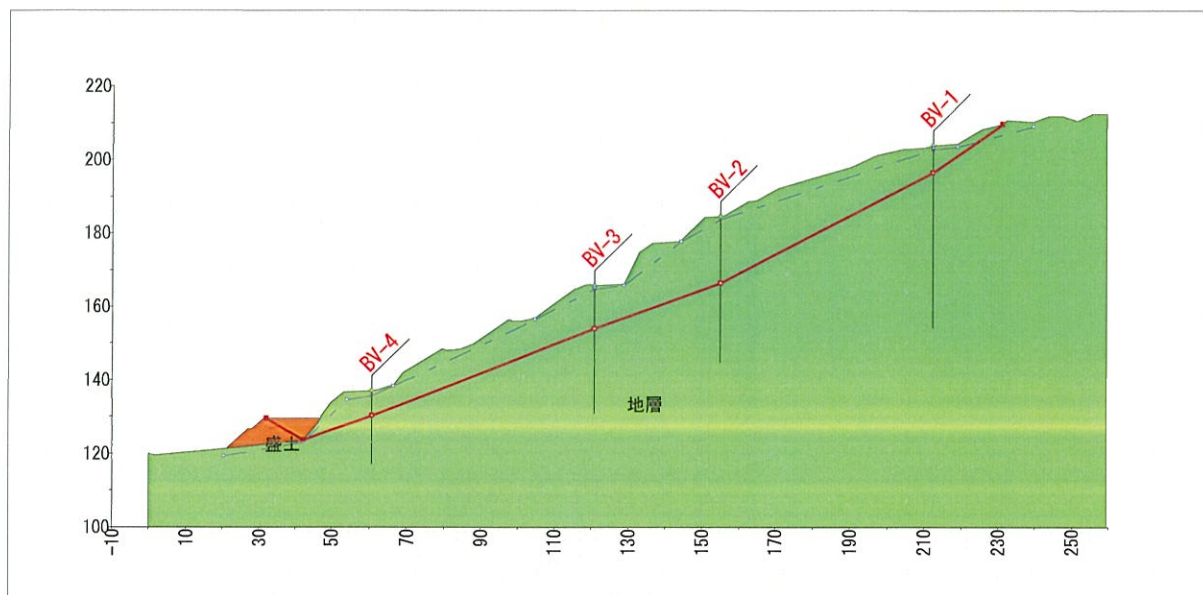
測線名 主測線 (E-4)

備考

現 場 名 三嶽鉾山地すべり

測 線 名 主測線 (E-4)

備 考



断面図

種別	記号	単位	条件と結果
計算式	-	-	Fellenius法
安全率	F_s	-	1.097
計画安全率	$p.F_s$	-	1.200
抑止力	P_r	kN/m	1547.6
すべり面長	L	m	220.044
面積	A	m ²	2151.62
法線力	N	kN/m	35353.6
間隙水圧	U	kN/m	18553.1
地すべり抵抗力	S	kN/m	16608.463
地すべり力	T	kN/m	15130.032

すべり面強度									
すべり 面区間	始点座標		終点座標		すべり面 形状	すべり面 強度	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)				ϕ (°)	$\tan \phi$
1	32.002	129.500	42.225	123.598	直線	地層値	0.00	30.0000	0.577350
2	42.225	123.598	60.633	130.360	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
3	60.633	130.360	120.719	153.863	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
4	120.719	153.863	155.006	166.508	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
5	155.006	166.508	212.094	196.560	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679
6	212.094	196.560	231.103	209.607	直線	逆算	11.15	40.6520	0.858679

集 計							
すべり 面区間	区間幅 d (m)	すべり面 長 l (m)	スライス 重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり力 T (kN/m)
1	10.223	11.804	573.2	496.4	0.0	286.597	-286.600
2	18.408	19.610	2302.6	2161.4	805.5	1382.934	793.964
3	60.086	64.516	10649.9	9918.2	4990.0	4951.095	3879.542
4	34.287	36.543	9447.9	8864.4	4719.8	3966.335	3269.136
5	57.088	64.516	14664.3	12976.2	7605.4	5331.148	6830.856
6	19.009	23.055	1136.5	937.0	432.4	690.354	643.134
合計	199.101	220.044	38774.4	35353.6	18553.1	16608.463	15130.032

計算条件

1. 地質定数

(1) 単位体積重量 γ

当該斜面は複数地層での解析を行っている。各々の単位体積重量は以下のとおりである。

地層	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)
盛土	19.00
地層	18.00

※ 水の単位体積重量 γ_w : 10.000 (kN/m³)

(2) 粘着力C

すべり面強度を決定する方法としては、「逆算法」と「土質試験による方法」がある。しかし、斜面安定計算におけるすべり面の強度定数は平均的な定数を用いることが必要であり、後者の場合は試料採取位置や数量さらに試験方法まで慎重に考慮した上、実施・採用を行う必要がある。このため通常は前者を取る場合が圧倒的に多い。逆算法を用いる場合のC値は、経験値から下表の値が採用され、今回もこれを使用する。

地すべり垂直層厚 (m)	粘着力 C (kN/m ²)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

(3) 内部摩擦角 ϕ

安定度のバランスから逆算する。

(4) すべり面の既知定数

この他、当該地すべりには既知のすべり面強度が存在する。

強度種別	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
		ϕ (°)	$\tan \phi$
盛土	0.00	30.0000	0.577350

2. 安定計算式

安定計算式はFellenius法を用いる。

$$F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

ここで、

F_s	: 安全率	
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

3. 安全率の考え方

(1) 逆算地形の安全率

当該斜面の安全率は $F_s = 1.000$ に設定する。

(2) 計画安全率

当該斜面の常時の計画安全率は $p.F_s = 1.200$ とする。

安全率計算

指定されたケースの安定度を照査する。各安定計算因子は以下のとおりである。

すべり面強度によるスライス要素の集計表								
No.	内部摩擦角		粘着力 C (kN/m ²)	すべり面 長さ L (m)	法線力 N (kN/m)	間隙水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)
	ϕ_n (°)	$\tan \phi_n$						
1	30.0000	0.577350	0.00	11.804	496.4	0.0	286.597	-286.600
2	40.6520	0.858679	11.15	208.240	34857.2	18553.1	16321.866	15416.632

安全率は次式で計算できる。

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \\
 &= \frac{\sum_{j=1}^n \{C_j L_j + (N_j - U_j) \cdot \tan \phi_j\}}{\sum_j T_j} \\
 &= 1.097
 \end{aligned}$$

ここで、

F_s	: 安全率	
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

必要抑止力計算

計画安全率 $p.F_s = 1.200$ を満足する必要抑止力を計算する。

$$\begin{aligned} Pr &= p.F_s \times \Sigma T - \Sigma S \\ &= 1.200 \times 15130.032 - 16608.463 \\ &= 1547.6 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

ここで、

Pr	: 必要抑止力	(kN/m)
$p.F_s$	: 計画安全率	
S	: 地すべり抵抗力	(kN/m)
$S = C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - U) \cdot \tan \phi$		
T	: 地すべり力	(kN/m)
$T = W \cdot \sin \alpha$		
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)
U	: 間隙水圧	(kN/m)

有効抵抗力計算式

地すべりは有効抵抗力を次式で計算できる。

$$R_u = \Sigma S - \Sigma T$$

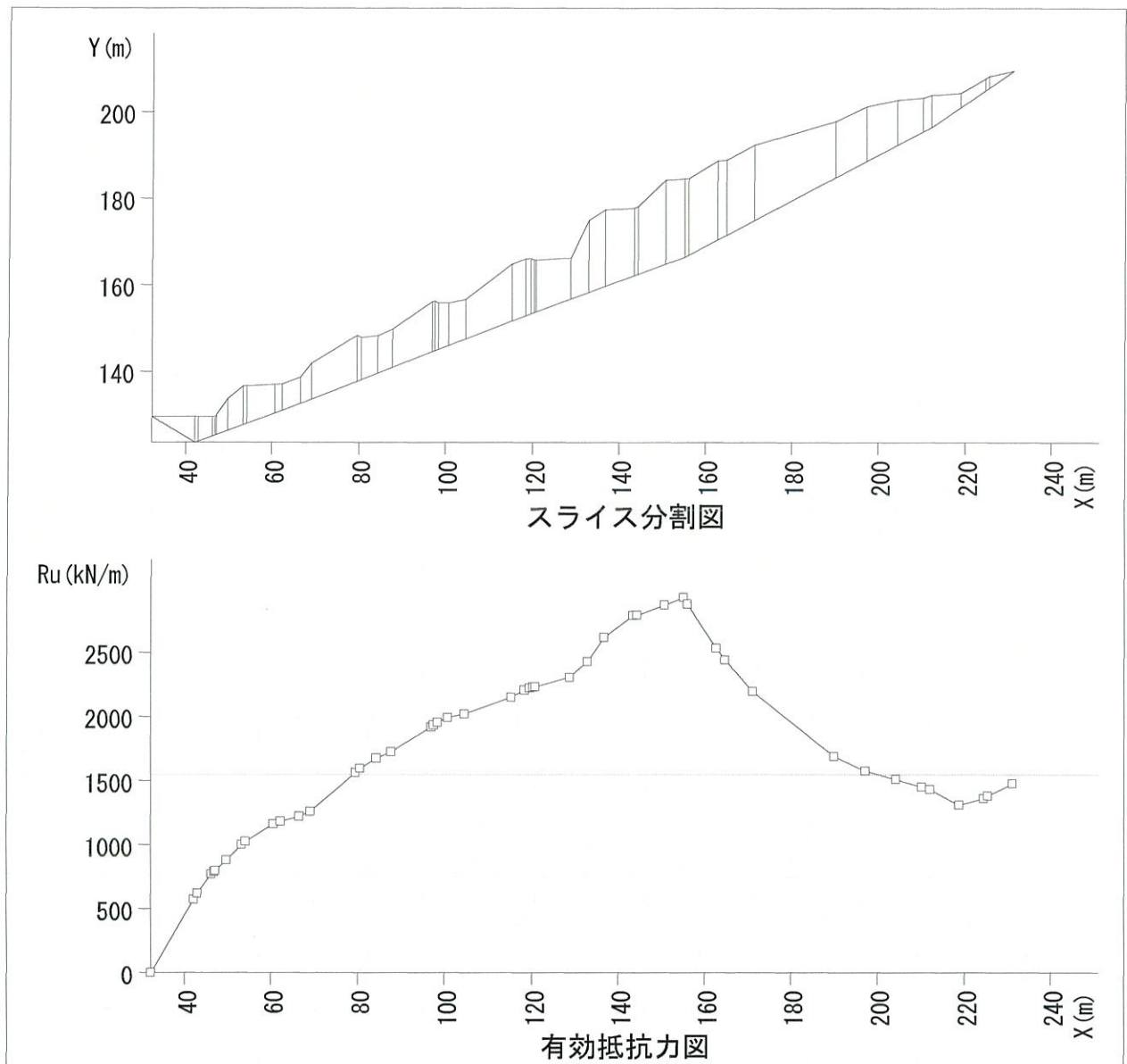
$$T = W \cdot \sin \alpha$$

$$S = C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi$$

ここで、

R_u	: 有効抵抗力	(kN/m)
C	: 粘着力	(kN/m ²)
l	: スライスのすべり面長さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
α	: すべり面傾斜角度	(°)
u	: 単位間隙水圧 ($u = h_w \cdot \gamma_w$)	(kN/m ²)
h_w	: 水位からすべり面の平均深さ	(m)
γ_w	: 水の単位体積重量	(kN/m ³)
ϕ	: 内部摩擦角	(°)

スライス分割図と有効抵抗力図



座標の入力データ						
No.	距離 X(m)	地形 1(2) 標高 Yt(m)	水位-0.45m 標高 Yw(m)	すべり面 (2) 標高 Ys(m)	すべり面 形状	すべり面 強度
1	0.000	120.003				
2	1.692	119.500				
3	20.366		119.330			
4	21.000	121.452				
5	26.720	126.452				
6	27.720	126.452				
7	31.207	129.500				
8	32.002			129.500	直線	地層値
9	42.225		123.148	123.598	直線	逆算
10	46.898	129.500				
11	47.174	130.062				
12	49.749	133.785				
13	53.296	136.681				
14	54.174		134.603			
15	60.633	137.052	135.702	130.360	直線	逆算
16	62.262	137.164				
17	66.470	138.720	138.270			
18	68.957	141.989				
19	79.478	148.406				
20	80.547	147.949				
21	84.373	148.384				
22	87.808	149.862				
23	97.056	156.245				
24	97.633	156.308				
25	98.438	155.908				
26	100.761	155.912				
27	104.627	156.748	156.298			
28	115.332	164.928				
29	118.358	166.130				
30	119.525	166.184				
31	120.249	165.864				
32	120.719	165.864	164.873	153.863	直線	逆算
33	128.776	166.297	165.847			
34	132.867	174.979				
35	136.700	177.468				
36	143.370	177.850				

座標の入力データ						
No.	距離 X(m)	地形 1(2) 標高 Yt(m)	水位-0.45m 標高 Yw(m)	すべり面 (2) 標高 Ys(m)	すべり面 形状	すべり面 強度
37	144.249	178.237	177.787			
38	150.633	184.316				
39	155.006	184.658	183.708	166.508	直線	逆算
40	155.904	184.719				
41	162.611	188.740				
42	164.670	189.001				
43	171.098	192.455				
44	190.026	197.899				
45	197.240	201.320				
46	204.351	202.880				
47	210.183	203.303				
48	212.094	203.957	202.937	196.560	直線	逆算
49	218.713	204.437				
50	218.724		203.472			
51	225.366	208.340				
52	231.103	209.607		209.607		逆算
53	232.142	210.840				
54	239.271	210.387				
55	239.292		209.000			
56	243.271	211.687				
57	247.271	211.687				
58	251.271	210.587				
59	255.271	212.287				
60	259.271	212.287				

ボーリングデータ					
孔番号	孔口距離 X (m)	孔口標高 Y (m)	掘削深度 (m)	深度 (m)	属性
BV-1	212.094	203.960	50.000	0.570	水位
				7.400	すべり面
BV-2	155.006	184.658	40.000	18.150	すべり面
BV-3	120.719	165.863	35.000	0.540	水位
				12.000	すべり面
BV-4	60.633	137.060	20.000	6.700	すべり面

土質定数							
No.	地層	地質	湿潤重量 γ_t (kN/m ³)	飽和重量 γ_{sat} (kN/m ³)	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
						ϕ (°)	$\tan \phi$
1	盛土		19.00	19.00	0.00	30.0000	0.577350
2	地層		18.00	18.00	0.00	0.0000	0.000000

※ 水の単位体積重量 γ_w : 10.000 (kN/m³)

スライス集計表

区間 1 直線 $Y = aX + b$ $a = -0.577$ $b = 147.976$ (m)

X	始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
	Y	X	Y	X		ϕ (°)	$\tan \phi$
32.002	129.500	42.225	123.598		0.00	30.0000	0.577350

スライス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	スライス すべり面 長さ l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
1	0.000	5.902	10.223	11.804	-30.000	-	573.2	496.4	0.0	286.597	-286.600	0.0	573.2
小計	-	-	10.223	11.804	-	-	573.2	496.4	0.0	286.597	-286.600	-	-

区間 2 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.367$ $b = 108.087$ (m)

始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力		内部摩擦角	
X	Y	X	Y	C (kN/m ²)	ϕ (°)	$\tan \phi$	
42.225	123.598	60.633	130.360	11.15	40.6520	0.858679	

スライス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	すべり面 長さ l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
2	5.902	5.623	0.761	0.811	20.170	-	83.0	77.9	0.0	75.934	28.619	573.2	620.5
3	5.623	4.424	3.261	3.474	20.170	0.963	305.2	286.5	33.5	255.981	105.237	620.5	771.3
4	4.424	4.185	0.651	0.693	20.170	2.121	50.8	47.7	14.7	36.063	17.516	771.3	789.8
5	4.185	4.646	0.276	0.294	20.170	2.389	22.0	20.7	7.0	15.042	7.586	789.8	797.3
6	4.646	7.423	2.575	2.743	20.170	3.239	279.7	262.5	88.8	179.737	96.444	797.3	880.6
7	7.423	9.016	3.547	3.779	20.170	5.047	524.7	492.5	190.7	301.285	180.923	880.6	1000.9
8	9.016	8.738	0.878	0.935	20.170	6.355	140.2	131.6	59.4	72.422	48.343	1000.9	1025.0
9	8.738	6.692	6.459	6.881	20.170	5.979	897.0	842.0	411.4	446.470	309.296	1025.0	1162.2
小計	-	-	18.408	19.610	-	-	2302.6	2161.4	805.5	1382.934	793.964	-	-

区間 3 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.391$ $b = 106.643$ (m)

始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力	内部摩擦角	
X	Y	X	Y	C (kN/m ²)	φ (°)	tan φ
60.633	130.360	120.719	153.863	11.15	40.6520	0.858679

スライ ス 番号	すべり面深さ		スライスすべり面		水位から		スライスの重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	h (m)	幅 d (m)	長さ l (m)	傾斜角 α (°)	すべり面 深さ h_w (m)	すべり面 深さ h_w (m)						左側	右側
10	6.692	6.166	1.749	21.363	5.384	5.384	188.7	175.7	94.2	89.484	68.740	1162.2	1182.9
11	6.166	6.077	4.518	21.363	5.525	5.525	463.5	431.7	249.6	206.741	168.844	1182.9	1220.8
12	6.077	8.373	2.670	21.363	5.730	5.730	323.5	301.3	153.0	157.113	117.844	1220.8	1260.1
13	8.373	10.675	11.297	21.363	6.257	6.257	1803.6	1679.7	706.9	961.284	657.015	1260.1	1564.3
14	10.675	9.799	1.148	21.363	6.726	6.726	196.9	183.4	77.2	103.992	71.727	1564.3	1596.6
15	9.799	8.738	4.108	21.363	6.926	6.926	638.3	594.4	284.5	311.909	232.520	1596.6	1676.0
16	8.738	8.872	3.688	21.363	7.223	7.223	544.5	507.1	266.4	247.805	198.350	1676.0	1725.5
17	8.872	11.638	9.930	21.363	7.738	7.738	1707.1	1589.8	768.4	816.038	621.862	1725.5	1919.6
18	11.638	11.475	0.620	21.363	8.146	8.146	120.1	111.8	50.5	59.550	43.750	1919.6	1935.4
19	11.475	10.760	0.864	21.363	8.199	8.199	161.1	150.0	70.8	77.641	58.685	1935.4	1954.4
20	10.760	9.856	2.494	21.363	8.321	8.321	431.1	401.5	207.5	194.392	157.041	1954.4	1991.7
21	9.856	9.179	3.866	21.363	8.572	8.572	662.4	616.9	355.8	270.485	241.299	1991.7	2020.9
22	9.179	13.173	11.495	21.363	9.488	9.488	2153.6	2005.6	1090.6	913.861	784.512	2020.9	2150.3
23	13.173	13.190	3.026	21.363	10.459	10.459	717.8	668.5	339.8	318.474	261.480	2150.3	2207.3
24	13.190	12.788	1.167	21.363	10.754	10.754	272.7	254.0	134.7	116.411	99.339	2207.3	2224.3

スライ ス 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	すべり面 長 l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_v (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
25	12.788	12.184	0.724	0.777	21.363	10.898	162.7	151.5	84.7	66.023	59.268	2224.3	2231.1
26	12.184	12.001	0.470	0.505	21.363	10.979	102.3	95.3	55.4	39.892	37.266	2231.1	2233.7
小計	-	-	60.086	64.516	-	-	10649.9	9918.2	4990.0	4951.095	3879.542	-	-

区間 4 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.368$ $b = 109.341$ (m)

X	始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
	Y		X	Y		ϕ (°)	$\tan \phi$
120.719	153.863		155.006	166.508	11.15	40.6520	0.858679

スライスイ 番号	すべり面深さ h (m)		スライス 幅 d (m)	スライス すべり面 長さ l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライスの 重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
27	12.001	9.463	8.057	8.587	20.244	10.011	1556.5	1460.4	859.6	611.639	538.576	2233.7	2306.8
28	9.463	16.636	4.091	4.360	20.244	9.836	960.8	901.4	428.8	454.426	332.453	2306.8	2428.8
29	16.636	17.711	3.833	4.085	20.244	11.432	1184.8	1111.6	467.0	599.052	409.961	2428.8	2617.8
30	17.711	15.633	6.670	7.109	20.244	13.549	2001.6	1878.0	963.2	864.785	692.588	2617.8	2790.0
31	15.633	15.696	0.879	0.937	20.244	15.074	247.9	232.6	141.2	88.931	85.778	2790.0	2793.2
32	15.696	19.421	6.384	6.804	20.244	15.826	2017.6	1893.0	1076.8	776.718	698.124	2793.2	2871.8
33	19.421	18.150	4.373	4.661	20.244	16.803	1478.7	1387.4	783.2	570.784	511.656	2871.8	2930.9
小計	-	-	34.287	36.543	-	-	9447.9	8864.4	4719.8	3966.335	3269.136	-	-

区間 5 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.526$ $b = 84.910$ (m)

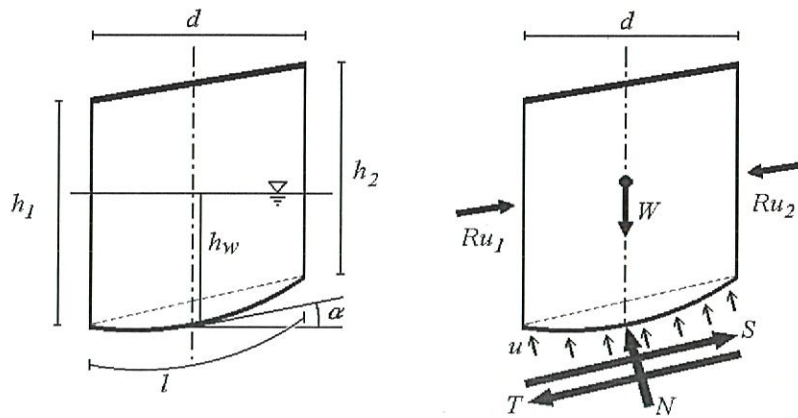
始点座標 (m)		終点座標 (m)		粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
X	Y	X	Y		ϕ (°)	$\tan \phi$
155.006	166.508	212.094	196.560	11.15	40.6520	0.858679

スライ ス 番号	すべり面深さ h (m)		スライ ス幅 d (m)	すべり面 長さ l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_v (m)	スライ スの重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 Ru (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
34	18.150	17.739	0.898	1.015	27.763	17.116	290.0	256.6	173.7	82.502	135.086	2930.9	2878.3
35	17.739	18.228	6.707	7.580	27.763	16.393	2171.0	1921.1	1242.6	667.131	1011.285	2878.3	2534.2
36	18.228	17.406	2.059	2.327	27.763	15.561	660.2	584.2	362.1	216.659	307.531	2534.2	2443.3
37	17.406	17.476	6.428	7.264	27.763	14.759	2018.0	1785.7	1072.1	693.747	940.016	2443.3	2197.0
38	17.476	12.956	18.928	21.390	27.763	12.355	5184.2	4587.4	2642.7	1908.372	2414.880	2197.0	1690.5
39	12.956	12.579	7.214	8.153	27.763	9.877	1657.8	1467.0	805.3	659.094	772.229	1690.5	1577.4
40	12.579	10.396	7.111	8.036	27.763	8.519	1470.4	1301.1	684.6	618.977	684.935	1577.4	1511.4
41	10.396	7.749	5.832	6.591	27.763	7.293	952.3	842.7	480.7	384.331	443.596	1511.4	1452.2
42	7.749	7.397	1.911	2.160	27.763	6.557	260.4	230.4	141.6	100.335	121.298	1452.2	1431.2
小計	-	-	57.088	64.516	-	-	14664.3	12976.2	7605.4	5331.148	6830.856	-	-

区間 6 直線 $Y = aX + b$ $a = 0.686$ $b = 50.987$ (m)

始点座標 (m)	終点座標 (m)		粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角	
	X	Y		ϕ (°)	$\tan \phi$
212.094	196.560	231.103	11.15	40.6520	0.858679

スライ ス 番号	すべり面深さ		スライス 幅 d (m)	スライス すべり面 長 l (m)	すべり面 傾斜角 α (°)	水位から すべり面 深さ h_w (m)	スライス の重量 W (kN/m)	すべり面 法線分力 N (kN/m)	間隙 水圧 U (kN/m)	地すべり 抵抗力 S (kN/m)	地すべり 力 T (kN/m)	有効抵抗力 R_u (kN/m)	
	左側	右側										左側	右側
43	7.397	3.334	6.619	8.028	34.464	4.372	639.2	527.0	351.0	240.640	361.717	1431.2	1310.1
44	3.334	3.332	0.011	0.013	34.464	2.727	0.7	0.6	0.4	0.317	0.396	1310.1	1310.1
45	3.332	2.769	5.655	6.859	34.464	1.181	310.5	256.0	81.0	226.747	175.709	1310.1	1361.1
46	2.769	2.671	0.987	1.197	34.464	-	48.2	39.7	0.0	47.436	27.276	1361.1	1381.3
47	2.671	0.000	5.737	6.958	34.464	-	137.9	113.7	0.0	175.214	78.036	1381.3	1478.4
小計	-	-	19.009	23.055	-	-	1136.5	937.0	432.4	690.354	643.134	-	-



スライスの各部分の名称

h_1, h_2	: すべり面深さ	(m)
d	: スライス幅	(m)
l	: すべり面長	(m)
α	: すべり面傾斜角	($^{\circ}$)
h_w	: 水位からすべり面の深さ	(m)
W	: スライス重量	(kN/m)
u	: 単位間隙水圧	(kN/m ²)
S	: 地すべり抵抗力	(kN/m)
T	: 地すべり力	(kN/m)
N	: 法線力	(kN/m)
Ru_1, Ru_2	: 有効抵抗力	(kN/m)

アンカー工設計計算書

アンカーの設計計算報告書

地 区 名	
測 線 名	
備 考	

項 目		記 号	単 位	数 値
外 力	必要抑止力	Pr	kN/m	1547.6
	すべり面	平均角度	°	21.36
		$\tan \phi$	—	0.85868 ($\phi=40.652^\circ$)
配 置 計 画	水平間隔	a	m	4.00
	施工段数	m	段	8
	アンカー傾角	α	°	35.0
	アンカー効果	締め付け+引き止め効果		
鋼 材	アンカー種別	PC 鋼線より線 (KTB・引張型 SC アンカー) K5		
	アンカーランク	ランク A (常時)		
定 着	テンドンとグラウトの許容付着応力度	τ_b	N/mm ²	0.80
	アンカー体の周面摩擦抵抗	τ	N/mm ²	0.60
	設計安全率	Fs	—	2.5

計 算 結 果		テンドン規格	見かけ周長 U (mm)	削孔径 d _A (mm)	アンカー体長 (m)		
アンカー傾角 α (°)	設計アンカー力 Td (kN/本)				l _{sa}	l _a	L _a
35.0	609.9	K5-6H	159.9	115	4.77	7.04	7.5

1 アンカーの設計計算

1. 1 設計条件

1. 1. 1 すべり面

(1) 必要抑止力 $Pr = 1547.6$ (kN/m)

(2) すべり面勾配 $\theta = 21.36$ (°)

1. 1. 2 アンカーの配置・機能

(1) アンカー水平間隔 $a = 4.00$ (m)

(2) 施工段数 $m = 8$ (段)

(3) 傾角 $\alpha = 35.0$ (°)

(4) アンカーとすべり面のなす角度 $\beta = \alpha + \theta = 56.36$ (°)

(5) アンカーの抑止機能 締め付け+引き止め効果

(6) すべり面の内部摩擦角 $\tan \phi = 0.85868$ ($\phi = 40.652^\circ$)

1. 1. 3 アンカー体

(1) 適用基準 地盤工学会

(2) アンカーの支持方式 摩擦引張型

(3) アンカーの種別 PC 鋼線より線 (KTB・引張型 SC アンカー) K5
ランク A (常時)

(4) テンドンとグラウトの許容付着応力度 $\tau_b = 0.80$ (N/mm²)

			許容付着応力度 (N/mm ²)			
			グラウトの設計基準強度			
引張材の種類	ランク B	PC 鋼より線	18	24	30	40 以上
		多重 PC //	1.00	1.20	1.35	1.50
	ランク A	異形 PC 鋼棒	1.40	1.60	1.80	2.00
		PC 鋼より線		0.80	0.90	1.00
		多重 PC //		1.60	1.80	2.00

仮設の許容付着応力度は、PC 鋼より線・多重 PC より線は永久の 1.5 倍、異形の PC 鋼棒は、永久と同じとした

出典: グラウンドアンカー設計・施工基準 同解説 P. 76
(平成 24 年 5 月 31 日版 地盤工学会)

(5) アンカー体の周面摩擦抵抗 $\tau = 0.60$ (N/mm²)

アンカーの周面摩擦抵抗		
地盤の種類		摩擦抵抗 (N/mm ²)
岩盤	硬 岩	1.50 ～ 2.50
	軟 岩	1.00 ～ 1.50
	風化岩	0.60 ～ 1.00
	土 丹	0.60 ～ 1.20
砂礫	N 値	10 0.10 ～ 0.20
		20 0.17 ～ 0.25
		30 0.25 ～ 0.35
		40 0.35 ～ 0.45
		50 0.45 ～ 0.70
砂	N 値	10 0.10 ～ 0.14
		20 0.18 ～ 0.22
		30 0.23 ～ 0.27
		40 0.29 ～ 0.35
		50 0.30 ～ 0.40
粘性土		1.0c (c は粘着力)

出典:グラウンドアンカー設計・施工基準 同解説 P.78(平成 24 年 5 月 31 日版 地盤工学会)

(6) 設 計 安 全 率 $F_s = 2.5$

極限引抜き力に対する安全率		
		安全率
ランク B		1.5
ランク A	(常 時)	2.5
	(地震時)	1.5 ～ 2.0

出典:グラウンドアンカー設計・施工基準 同解説 P.77(平成 24 年 5 月 31 日版 地盤工学会)

(7) 削 孔 径 (ア ン カ ー 体 径) $d_a = 115$ (mm)

1. 2 設計アンカー力の算出

1. 2. 1 必要アンカー力の算出

対策工施工後の斜面の計画安全率(PFs)と必要抑止力(Pr)の関係は以下の通りである。

$$PFs = \frac{[\text{すべりに抵抗する力}] + Pr}{[\text{すべろうとする力}]}$$

$$Pr = PFs \cdot [\text{すべろうとする力}] - [\text{すべりに抵抗する力}]$$

アンカーによってすべり面を押しつける締め付け力と、すべり面沿いに引き上げる引き止め力の両方を「すべりに抵抗する力」とみなす算式は、必要アンカー力をPoとすると、

$$PFs = \frac{[\text{すべりに抵抗する力}] + Po \cdot \sin \beta \cdot \tan \phi + Po \cdot \cos \beta}{[\text{すべろうとする力}]}$$

$$\therefore Po = \frac{PFs \cdot [\text{すべろうとする力}] - [\text{すべりに抵抗する力}]}{\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \phi}$$

となる。

したがって、締め付け+引き止め効果の場合は、必要アンカー力を以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} Po &= \frac{Pr}{\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \phi} \\ &= \frac{1547.6}{\cos(56.36) + \sin(56.36) \times 0.85868} = 1219.7 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

1. 2. 2 設計アンカー力の算出

設計アンカー力(Td)は、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} Td &= \frac{Po \cdot a}{m} \\ &= \frac{1219.7 \times 4.00}{8} = 609.9 \quad (\text{kN/本}) \end{aligned}$$

以上より、1本当たりの設計アンカー力(Td)は、609.9 kN/本 となる。

1. 3 テンドン規格の決定

アンカー種別 PC 鋼線より線(KTB・引張型 SC アンカー) K5

テンドン規格 K5-6H

上の場合の許容引張力は、引張強度 (Tus)、降伏強度 (Tys) に対してそれぞれ以下のように計算できる。

$$0.60 \cdot (Tus \cdot N) = 0.60 \times 1098.000 = 658.800 \text{ (kN)} \geq 609.9 \text{ (kN/本)} \dots \text{OK}$$

$$0.75 \cdot (Tys \cdot N) = 0.75 \times 936.000 = 702.000 \text{ (kN)} \geq 609.9 \text{ (kN/本)} \dots \text{OK}$$

N : PC 鋼より線本数 (6 本)

Tus:引張強度 (より線 1 本あたり 183.000 kN)

Tys:降伏強度 (より線 1 本あたり 156.000 kN)

以上より、K5-6H は、設計アンカー力に対して安全である。

1. 4 アンカー体長の算出

1. 4. 1 算出条件

テンドンとグラウトの許容付着応力度	τ_b	=	0.80	(N/mm ²)
アンカー体の周面摩擦抵抗	τ	=	0.60	(N/mm ²)
設計安全率	F_s	=	2.5	
テンドンの周長	U	=	159.9	(mm)
削孔径(アンカー体径)	d_A	=	115	(mm)

1. 4. 2 計算結果

(1) テンドン拘束長

グラウトとアンカーテンドンとの付着から求まるテンドン拘束長

$$\begin{aligned} l_{sa} &= \frac{T_d}{U \cdot \tau_b} \\ &= \frac{609.9 \times 10^3}{159.9 \times 0.80} = 4768 \text{ (mm)} = 4.77 \text{ (m)} \end{aligned}$$

(2) アンカー体長の算出

グラウトと地盤の摩擦から求まるアンカー体長

$$\begin{aligned} l_a &= \frac{T_d \cdot F_s}{\pi \cdot d_A \cdot \tau} \\ &= \frac{609.9 \times 10^3 \times 2.5}{\pi \times 115 \times 0.60} = 7034 \text{ (mm)} = 7.04 \text{ (m)} \end{aligned}$$

(3) アンカー体長の決定

$$l_{sa} = 4.77 \text{ (m)} < l_a = 7.04 \text{ (m)} \text{ より}$$

アンカー体長(L_a)は $L_a = 7.04 \text{ m}$ となるが、0.5 m 単位で切り上げ 7.5 m とする。

PC フレームの設計計算報告書

地区名	
測線名	
備考	

計 算 条 件			
項 目	記 号	単 位	数 値
設計アンカー力	Td	kN/本	609.9
地盤の許容支持力	q _a	kN/m ²	300

計 算 結 果			
項 目	記 号	単 位	数 値
タイプ	—	—	クロス
規格	—	—	HC250-45
許容アンカー力	Ta	kN/本	708.0
受圧面積	A	m ²	2.168
単体質量	W	kg	2100.0
標準寸法(縦×横×厚さ)	—	m	2.40 × 2.40 × 0.45

設計アンカー力の照査

$$Td = 609.9 \text{ (kN/本)} \leq Ta = 708.0 \text{ (kN/本)} \cdots \text{OK}$$

地盤支持力の照査

$$q = \frac{Td}{A} = \frac{609.9}{2.168} = 282 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 300 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots \text{OK}$$

したがって、PC フレーム クロス HC250-45 を採用する。