4.2 ロック敷き基礎地盤安定検討

本節では、ロック敷き基礎岩盤の分布状況を踏まえ、断層分布を考慮した基礎岩盤面の安定検討を行うことで、高角度の断層が帯状に分布していても、堤体安定性に影響を与えないことを確認した。

4.2.1 基礎条件と基礎岩盤分布状況

(1) 安威川ダムにおけるロック敷き基礎条件

フィルダムのロック敷基礎は、**ロック材と同程度以上の強度を有し**、堤体の沈下やすべり等に対して安全な岩盤を基礎とする必要があり、安威川ダムでは、地質評価及び原位置試験結果より、ロック敷（外部・内部ロック、トランジション部含む）は CLl 級岩盤以上に着岩させることを基本としている。

(2) 施工時におけるロック敷き基礎岩盤状況

次頁に施工時における掘削平面図（岩級区分）を示す。ロック敷基礎は、CLl 級岩盤を基本となるように表層の D 級岩盤以下の岩盤を掘削除去して施工しており、大部分が CLl 級以上の岩盤となっている。

また、一部に高角度の断層が帯状に分布している状態である。

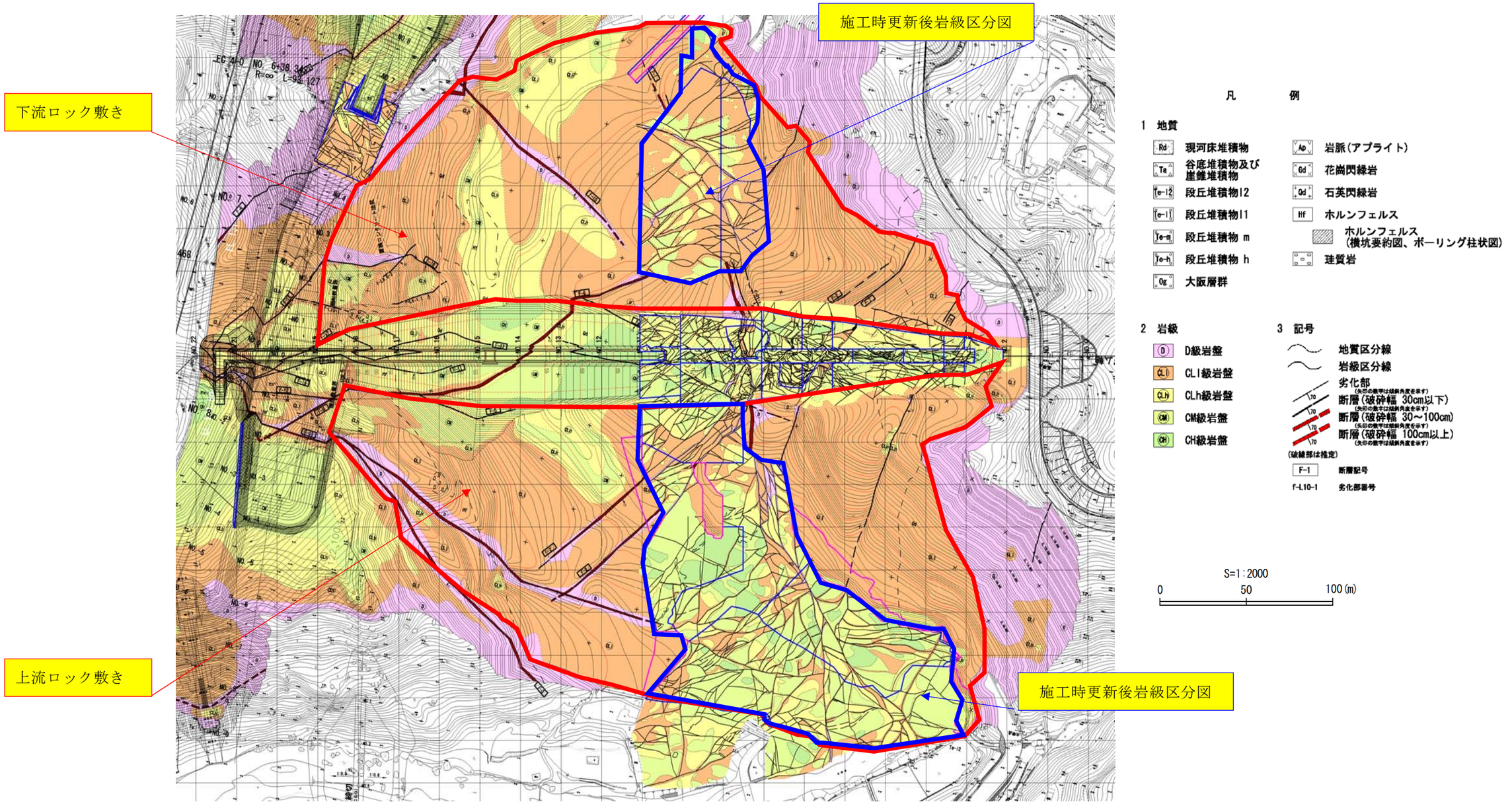


図- 4.2.1　掘削平面図（岩級区分図、施工時(H.28.12 時点)）

4.2.2　D級岩盤の分布に対する基礎地盤の安定検討

安威川ダムでは、ロック敷き基礎条件として CL1 級岩盤としており、CL1 級岩盤以上の基礎岩盤としておればロック材強度よりも CL1 級岩盤強度の方が高く、基礎岩盤を通るすべりは発生しない。

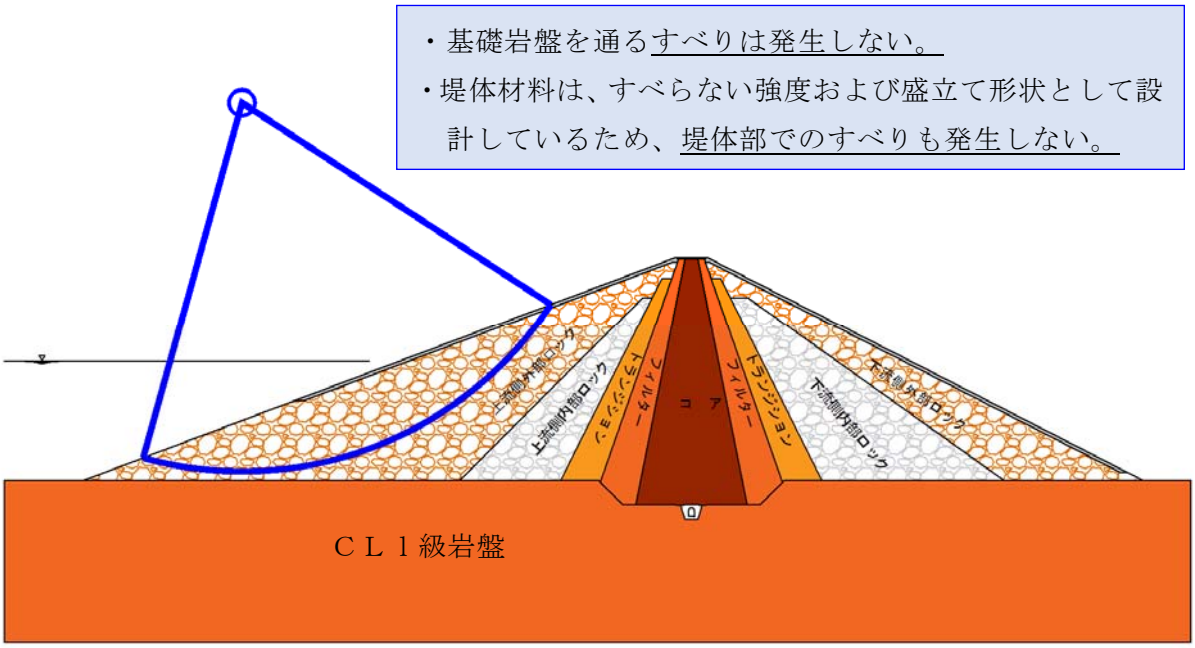


図- 4.2.2　CL1 級岩盤を基礎とした場合の堤体安定性概念図

一方、D 級岩盤のような強度の低い基礎岩盤とした場合、基礎岩盤を通るすべりが必要安全率(Fs=1.2)を下回ることが懸念される。

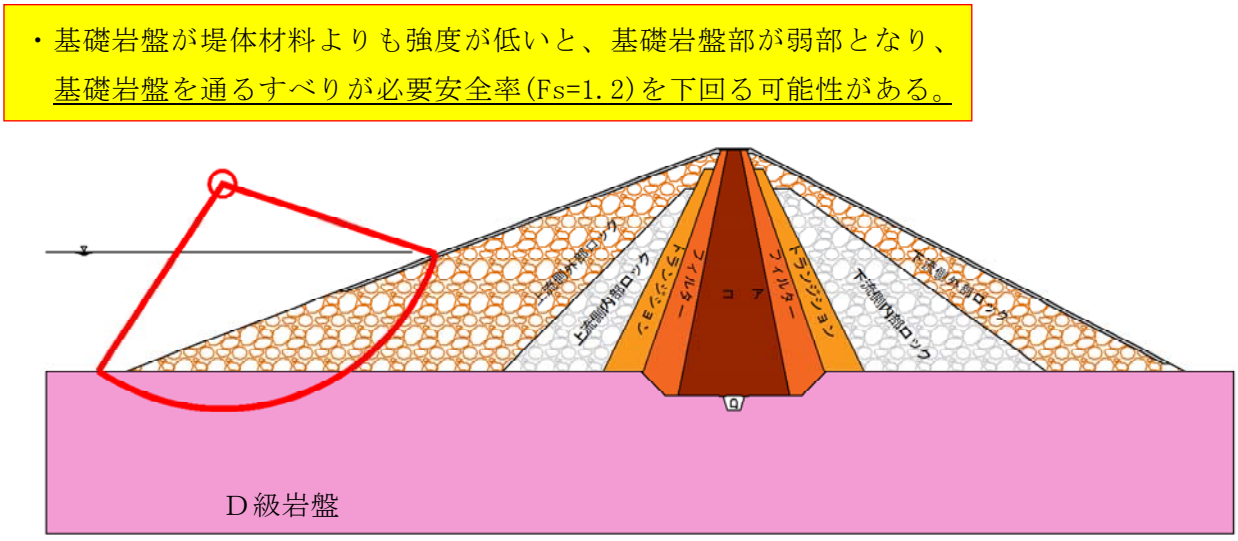


図- 4.2.3　D 級岩盤を基礎とした場合の堤体安定性概念図

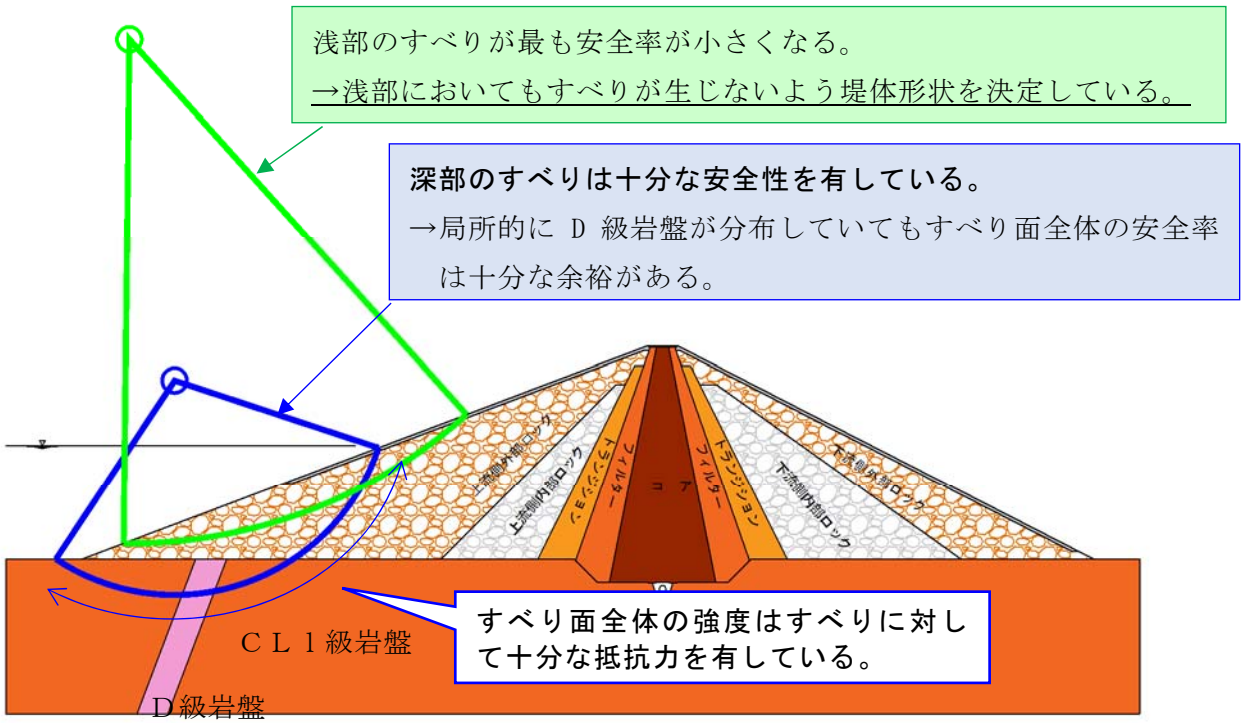
また前述のとおり実施工時においては、ロック敷きでは、D 級岩盤以下は掘削除去を基本としているが、高角度に分布する断層等は掘削除去ができないため、一部帯状に D 級岩盤が残る可能性がある。

ただし、基礎岩盤も含めた堤体の安定性は、以下のように設計している。

・堤体材料は設計上、粘着力を考慮しない（c=0.0kN/m^2 として設計する）
・そのため、堤体のすべりは浅部のすべりで安全率が小さくなるが、堤体形状は浅部で生じるすべりに対して最小安全率が Fs=1.2 以上確保されるよう決定している（深部のすべりは安全率に余裕がある）。
・基礎岩盤はロック材相当の強度を有した岩盤を基本とし、基礎岩盤を通るすべりに対しては十分な安全率を有した状態となるよう設計している（基礎岩盤は粘着力(初期せん断強度)を期待できること、基礎岩盤をとおるすべりは深部であることから、基礎岩盤を通るすべりの安全率は浅部のすべりに対して大きくなる)。
・堤体がすべる場合、実際のすべり形態としてはある程度の幅（奥行き）をもったすべり面が形成されることとなるが、設計上は２次元断面での安定検討を行っている。

以上の方針で設計していることから､基礎岩盤に局所的な D 級岩盤が残っていても、深部のすべりに対する安全率の余裕や３次元的なすべり面全体の安全率を考慮すると堤体の安定性に問題は生じない。

ただし、局所的に D 級岩盤を残すのは高角度の断層等に限定しており、掘削除去が可能な D 級岩盤は全て掘削除去する。



・基礎岩盤の一部の強度が低くても、局所的であればすべり面全体の抵抗力は十分有していることから、基礎岩盤を通るすべりは発生しない。
（全体的に弱部が分布する場合は掘削除去を行う）

図- 4.2.4　帯状に D 級岩盤が残った場合の堤体安定性概念図

以上を踏まえて、基礎岩盤にD級岩盤が帯状に分布しても堤体安定性に問題がないことを、安定計算を行い確認した。

（計算条件）

・水位：NWL99.4m(設計時に最小安全率となった水位条件)

・震度法

・水平震度：kh=0.150

・材料強度

材料	湿潤重量 (kN/m^3)	飽和重量 (kN/m^3)	粘着力 C (kN/m^2)	内部摩擦角φ (°)
ロック材	20.83	22.80	0.0	41.0
内部ロック材 トランジション材	20.17	22.23	0.0	39.0
フィルター材	19.37	21.62	0.0	35.0
コア材	20.30	21.09	0.0	32.0
CL1 級岩盤	20.0	21.0	392	35.0
D 級岩盤以下	19.0	20.0	0.0	0.0

※石英閃緑岩については D 級岩盤で三軸圧縮試験を実施しており、φ=34.1°、$c=96kN/m^2$の強度を有していることが確認されているが､本検討では安全側の設定として、D 級岩盤の強度は見込まないこととした。

計算の結果、**基礎岩盤をとおるすべりについては、十分な安全率を有しており、D級岩盤が帯状に分布していても堤体安定性には影響を及ぼさないことを確認した。**

①基礎岩盤を通らないすべり面

浅いすべりで最も安全率が小さくなる。

堤体形状は、この浅いすべりにおいても安全率 Fs=1.2 以上が確保されるよう設計している。

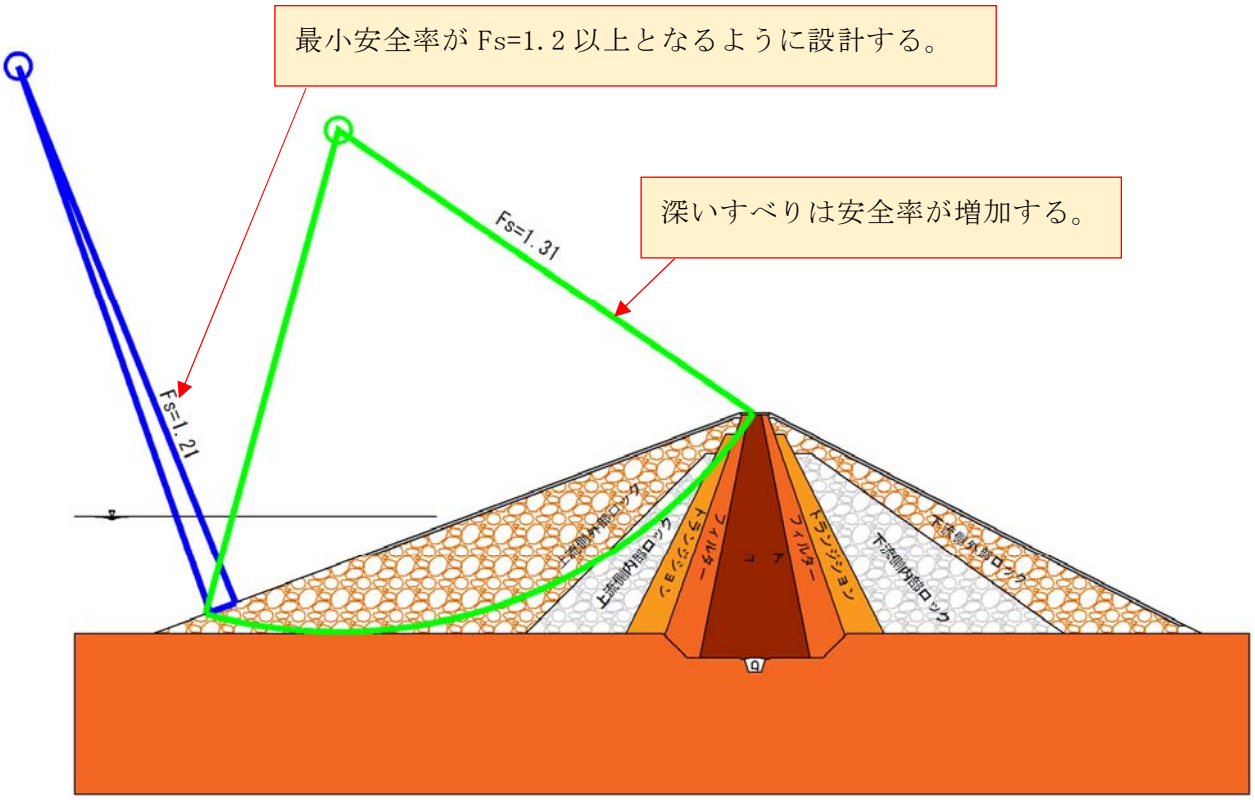


図- 4.2.5　基礎岩盤を通らないすべり面の安定計算結果

②基礎岩盤を通るすべり面（CLⅠ級岩盤）

基礎岩盤をとおるすべりについては小さいすべり、大きいすべりともに十分な安全率を有している。

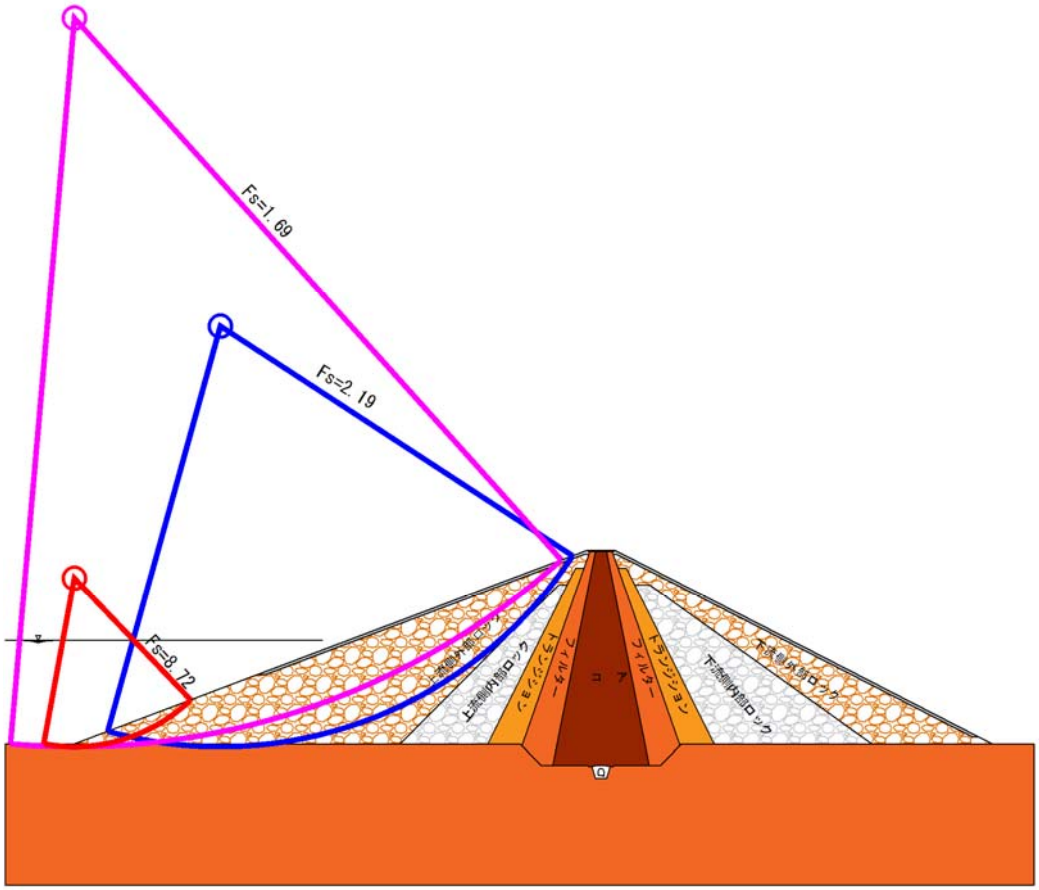
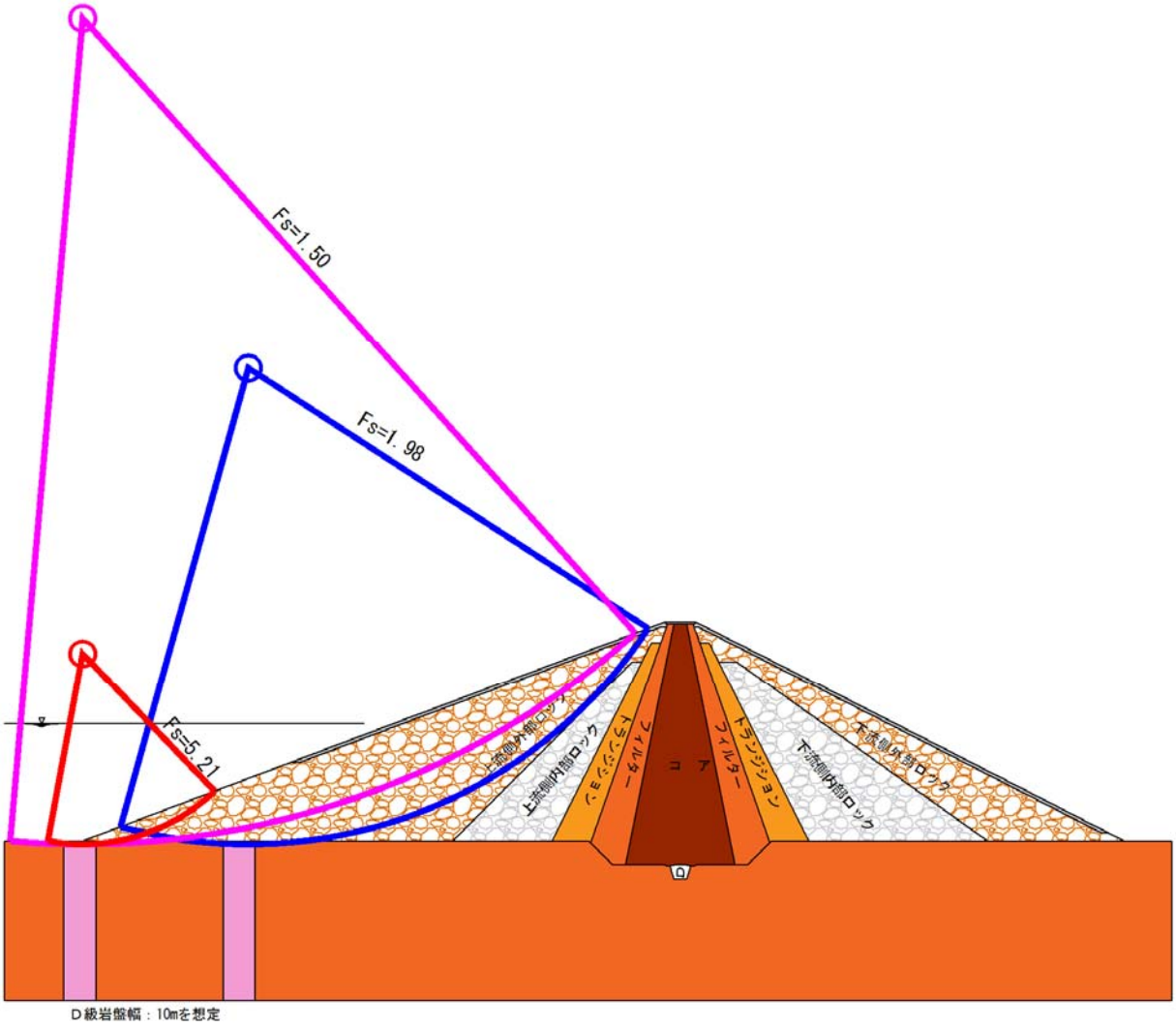


図- 4.2.6　CLⅠ級岩盤の基礎岩盤を通るすべり面の安定計算結果

③基礎岩盤を通るすべり面（帯状のＤ級岩盤が分布する場合）

基礎岩盤部に帯状のＤ級岩盤が分布しており、Ｄ級岩盤をとおるすべり面についても帯状であれば、計画安全率（Fs=1.2）を下回るようなすべりは生じない。

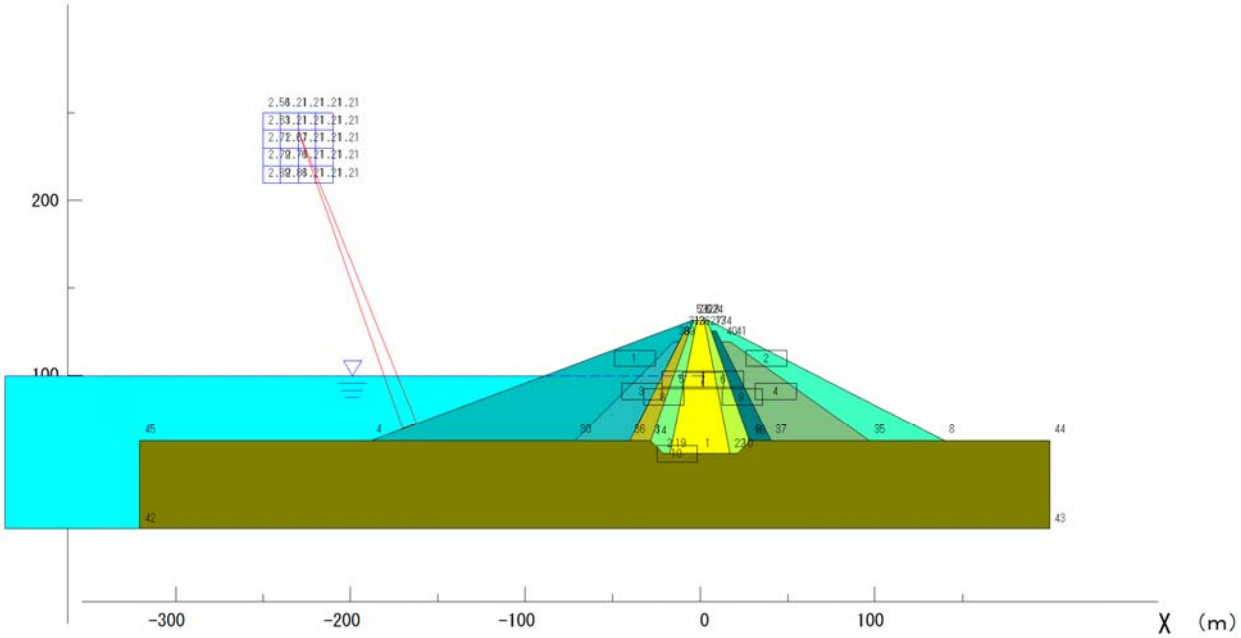


Ｄ級岩盤が帯状に分布している場合、ＣＬ１級岩盤時からは安全率は低下するが、計画安全率（Fs=1.2）に対して、十分な安全率を有している。

図- 4.2.7　帯状のＤ級岩盤が分布する場合の安定計算結果

（参考資料）堤体安定計算結果

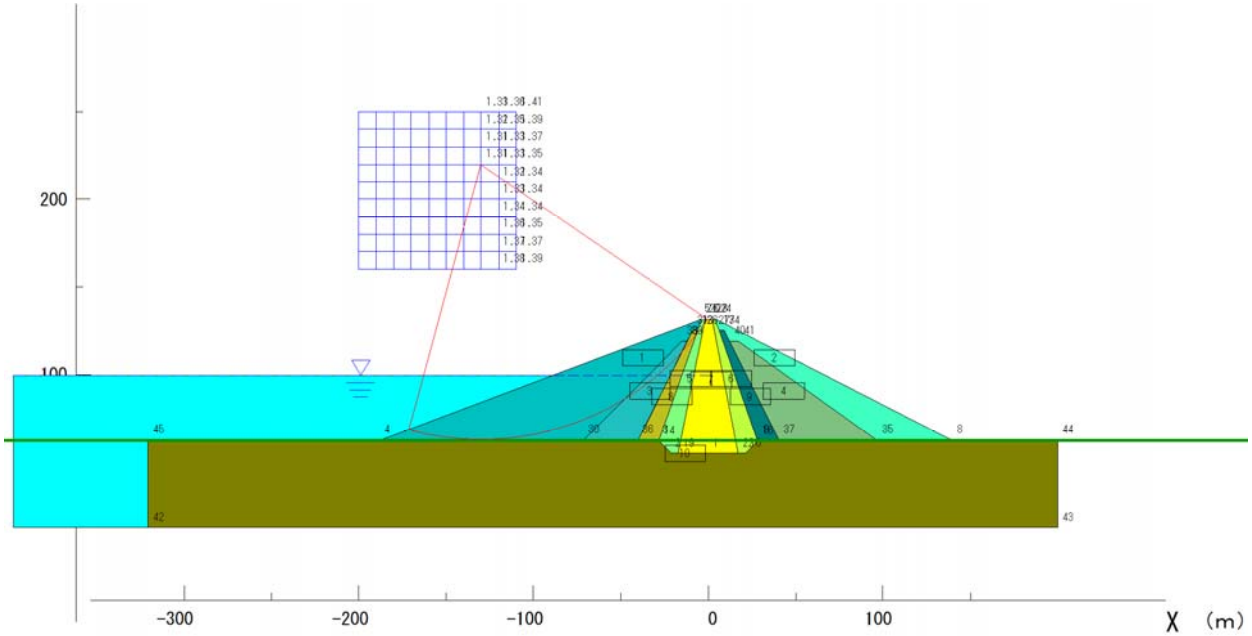
①基礎岩盤を通らないすべり面



最小安全率	$F_{S\,MIN}$	=	1.211	
円弧の中心	X	=	-230.00	(m)
	Y	=	240.00	(m)
半径	R	=	181.00	(m)
抵抗モーメント	M_R	=	457.3	(kN・m)
起動モーメント	M_D	=	377.6	(kN・m)

層番号	飽和重量 (kN／m^3)	湿潤重量 (kN／m^3)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN／m^2)	粘着力の一次係数	水平震度	鉛直震度
1	22.80	20.83	41.00	0.00	0.00	0.150	0.000
2	22.80	20.83	41.00	0.00	0.00	0.150	0.000
3	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
4	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
5	21.62	19.37	35.00	0.00	0.00	0.150	0.000
6	21.62	19.37	35.00	0.00	0.00	0.150	0.000
7	21.09	20.30	32.00	0.00	0.00	0.150	0.000
8	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
9	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
10	21.00	20.00	34.10	392.00	0.00	0.150	0.000

水の単位体積重量 = 10.00 (kN／m^3)

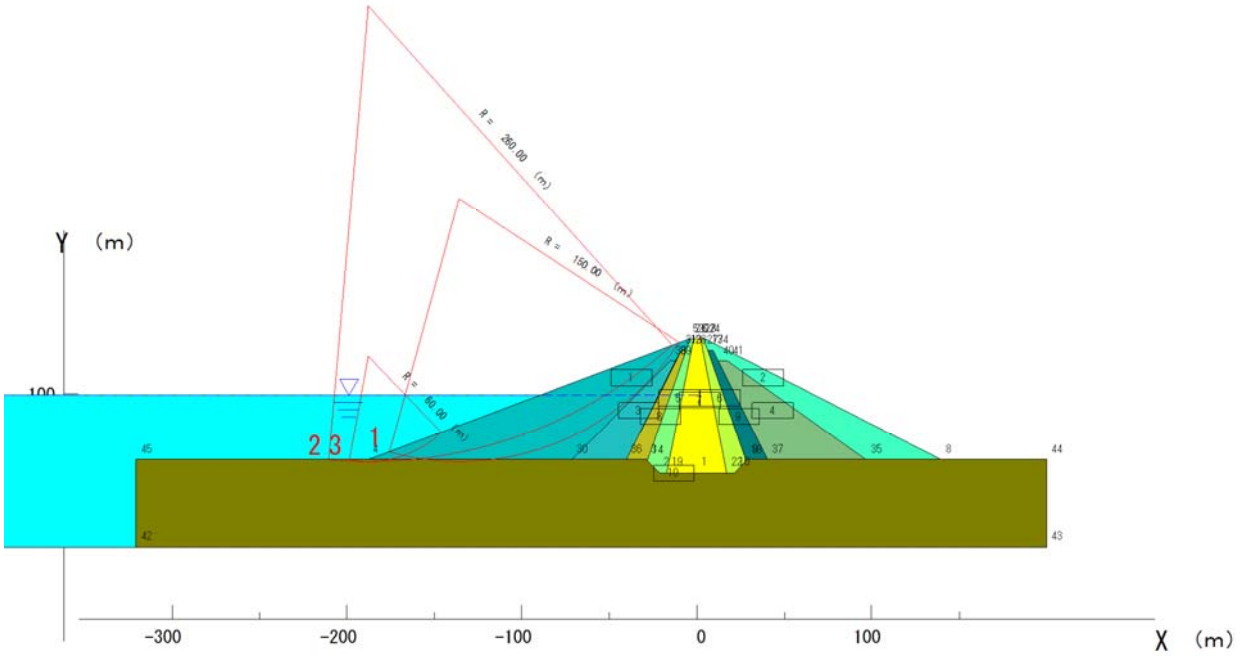


最小安全率	F S MIN	=	1.317	
円弧の中心	X	=	-130.00	(m)
	Y	=	220.00	(m)
半径	R	=	156.93	(m)
抵抗モーメント	M R	=	6298927.0	(kN・m)
起動モーメント	M D	=	4781977.5	(kN・m)

層番号	飽和重量 (kN/m^3)	湿潤重量 (kN/m^3)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	粘着力の一次係数	水平震度	鉛直震度
1	22.80	20.83	41.00	0.00	0.00	0.150	0.000
2	22.80	20.83	41.00	0.00	0.00	0.150	0.000
3	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
4	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
5	21.62	19.37	35.00	0.00	0.00	0.150	0.000
6	21.62	19.37	35.00	0.00	0.00	0.150	0.000
7	21.09	20.30	32.00	0.00	0.00	0.150	0.000
8	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
9	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
10	21.00	20.00	34.10	392.00	0.00	0.150	0.000

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m^3)

②基礎岩盤を通るすべり面（CLⅠ級岩盤）

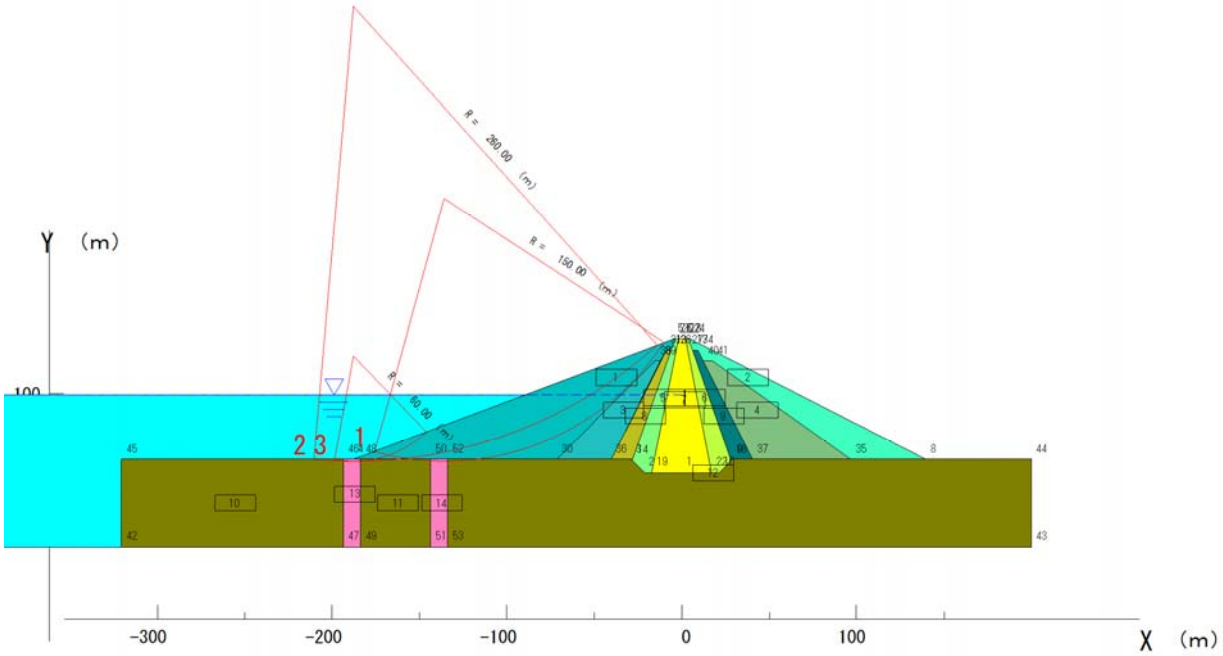


すべり面番号	安全率	抵抗力 (kN/m)	起動力 (kN/m)
1	1.699	48995.1	28831.5
2	2.196	41910.5	19083.7
3	8.729	9973.5	1142.6

層番号	飽和重量 (kN/m^3)	湿潤重量 (kN/m^3)	水平震度	鉛直震度	粘着力 (kN/m^2)	粘着力係数	内部摩擦角 (度)
1	22.80	20.83	0.150	0.000	0.00	0.00	41.00
2	22.80	20.83	0.150	0.000	0.00	0.00	41.00
3	22.23	20.17	0.150	0.000	0.00	0.00	39.00
4	22.23	20.17	0.150	0.000	0.00	0.00	39.00
5	21.62	19.37	0.150	0.000	0.00	0.00	35.00
6	21.62	19.37	0.150	0.000	0.00	0.00	35.00
7	21.09	20.30	0.150	0.000	0.00	0.00	32.00
8	22.23	20.17	0.150	0.000	0.00	0.00	39.00
9	22.23	20.17	0.150	0.000	0.00	0.00	39.00
10	21.00	20.00	0.150	0.000	392.00	0.00	35.00

水の単位体積重量　＝　10.00　(kN/m^3)

③基礎岩盤を通るすべり面（帯状のＤ級岩盤が分布する場合）



すべり面番号	安全率	抵抗力（ｋＮ／m）	起動力（ｋＮ／m）
1	1.503	43330.9	28830.2
2	1.985	37886.1	19082.3
3	5.212	5948.6	1141.3

層番号	飽和重量（ｋＮ／m^3）	湿潤重量（ｋＮ／m^3）	水平震度	鉛直震度	粘着力（ｋＮ／m^2）	粘着力係数	内部摩擦角（度）
1	22.80	20.83	0.150	0.000	0.00	0.00	41.00
2	22.80	20.83	0.150	0.000	0.00	0.00	41.00
3	22.23	20.17	0.150	0.000	0.00	0.00	39.00
4	22.23	20.17	0.150	0.000	0.00	0.00	39.00
5	21.62	19.37	0.150	0.000	0.00	0.00	35.00
6	21.62	19.37	0.150	0.000	0.00	0.00	35.00
7	21.09	20.30	0.150	0.000	0.00	0.00	32.00
8	22.23	20.17	0.150	0.000	0.00	0.00	39.00
9	22.23	20.17	0.150	0.000	0.00	0.00	39.00
10	21.00	20.00	0.150	0.000	392.00	0.00	35.00
11	21.00	20.00	0.150	0.000	392.00	0.00	35.00
12	21.00	20.00	0.150	0.000	392.00	0.00	35.00
13	20.00	19.00	0.150	0.000	0.00	0.00	0.00
14	20.00	19.00	0.150	0.000	0.00	0.00	0.00

水の単位体積重量　＝　10.00　（ｋＮ／m^3）

4.2.3 施工時岩盤分布での安定性検証

実施工時においてロック敷き基礎岩盤でにD級岩盤が比較的広く確認された箇所で実際の岩級分布を考慮して安定計算を実施し、堤体の安定性について確認した。なお検討は前節と同様に、設計時に最も安全率が小さくなった震度法による常時満水位時の検討ケースで安定計算を行った。

また、外部ロック敷きで最もD級岩盤が広く分布している箇所は右岸上流部で、F-1断層周辺に最大幅 5m 程度の D 級岩盤が 30m 程度の延長で帯状に分布している。本検討では、当該箇所における安定性を検証した。

（実際には、D 級岩盤の間に CL1 級岩盤が分布しているが、検討は全面的に D 級岩盤が分布しているものとして計算した）。

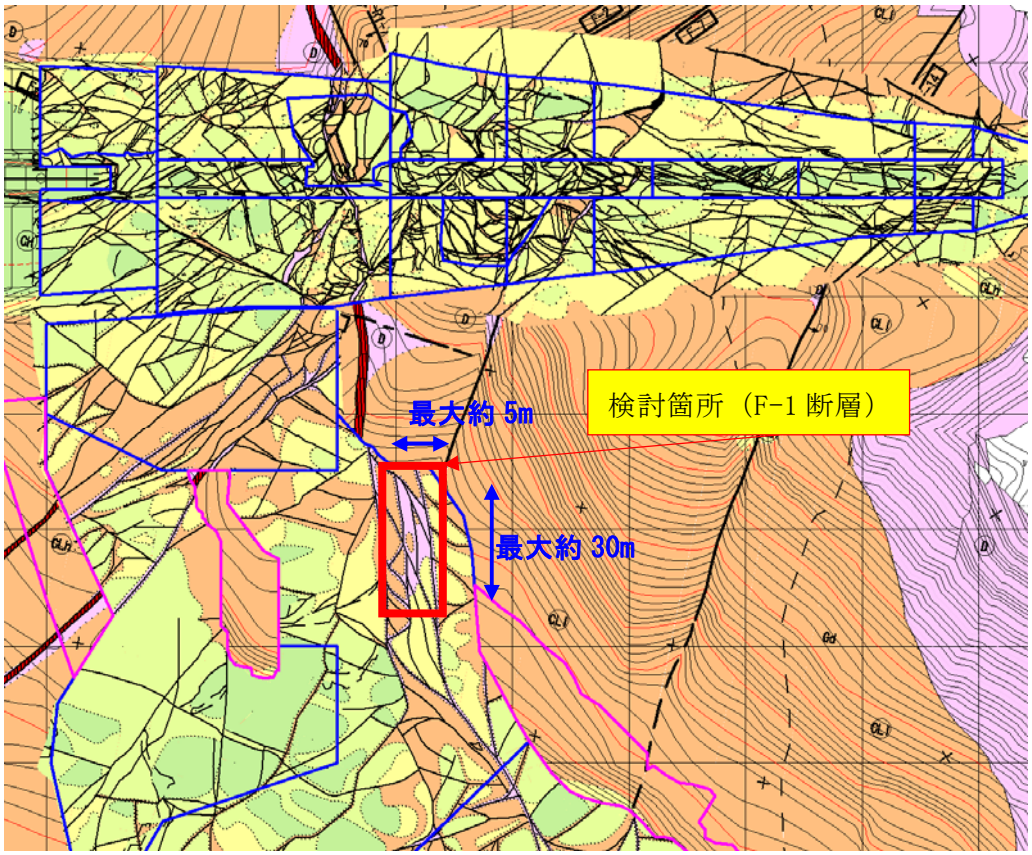


図- 4.2.8 施工時岩盤分布を考慮した堤体安定計算実施箇所

計算モデルは、下図に示す通り実施工時の岩盤分布および掘削形状を基本にし、D級岩盤以外は全てCL1級岩盤として作成した。

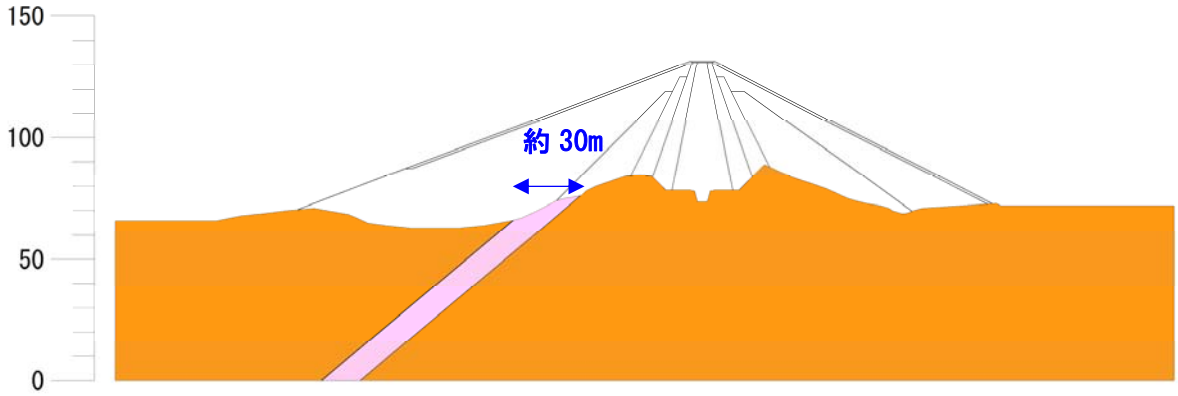


図- 4.2.9　計算モデル図

計算の結果、最小安全率は堤体浅部で発生しておりFs=1.2以上を確保している。また、D級岩盤をとおるすべり線については、Fs=1.8以上確保していることを確認した。

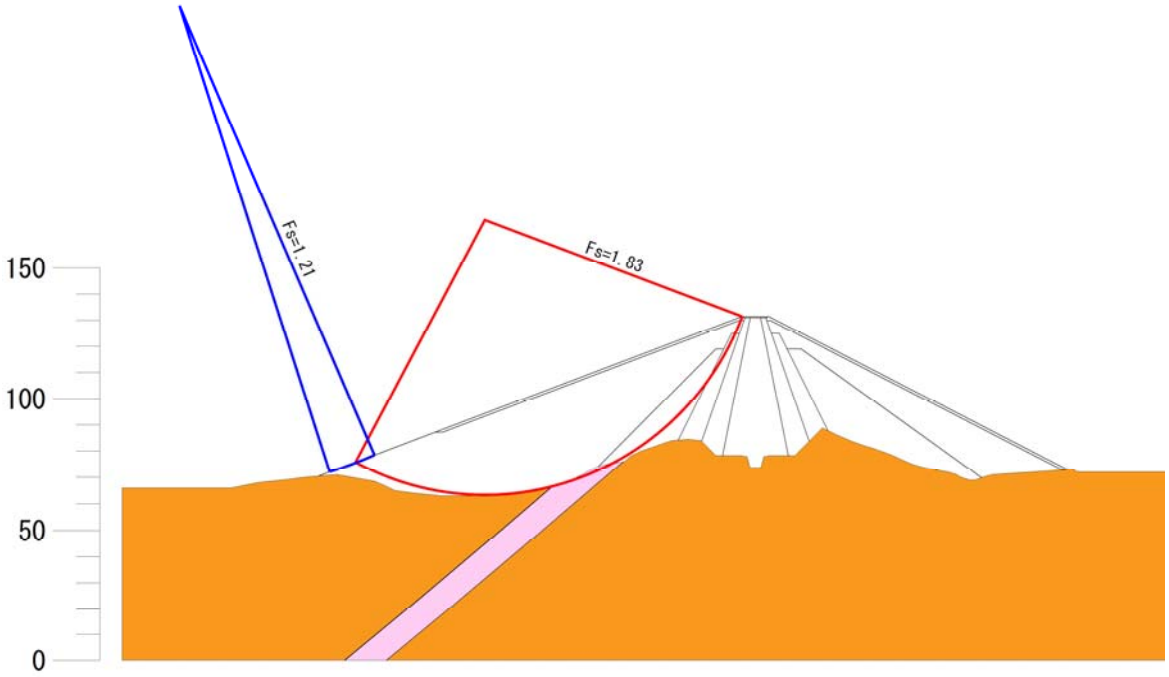
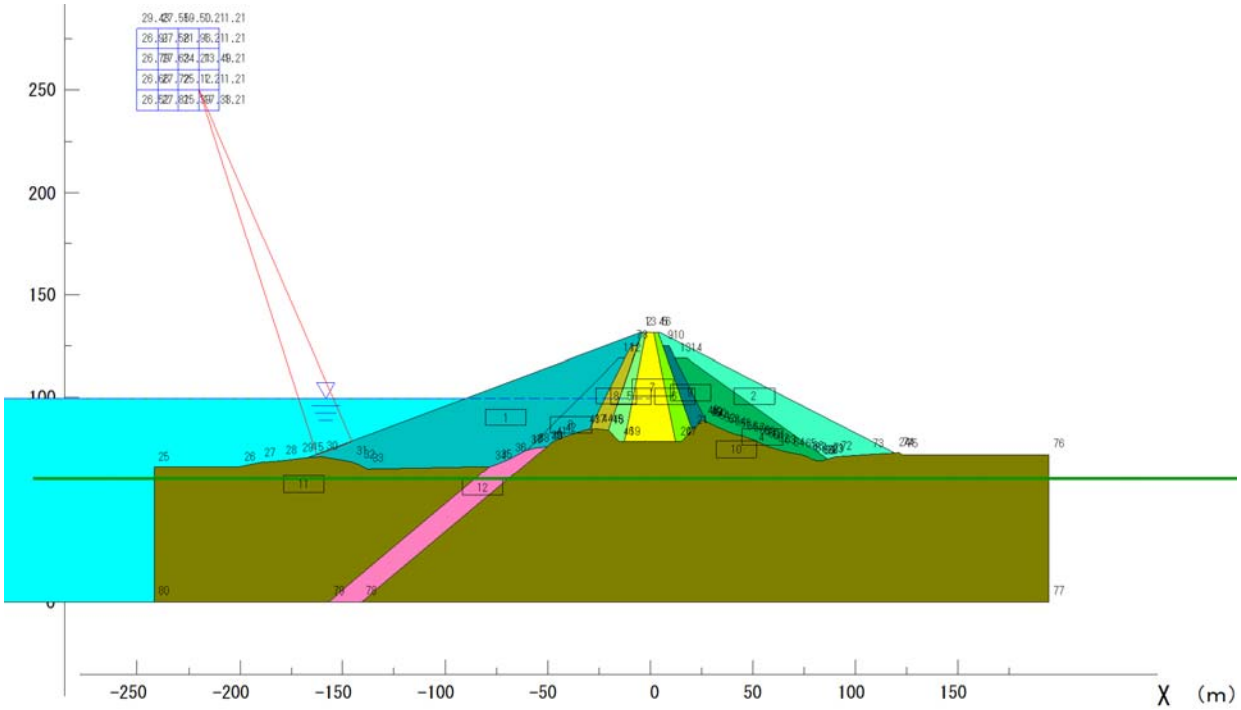


図- 4.2.10　計算結果

①最小安全率



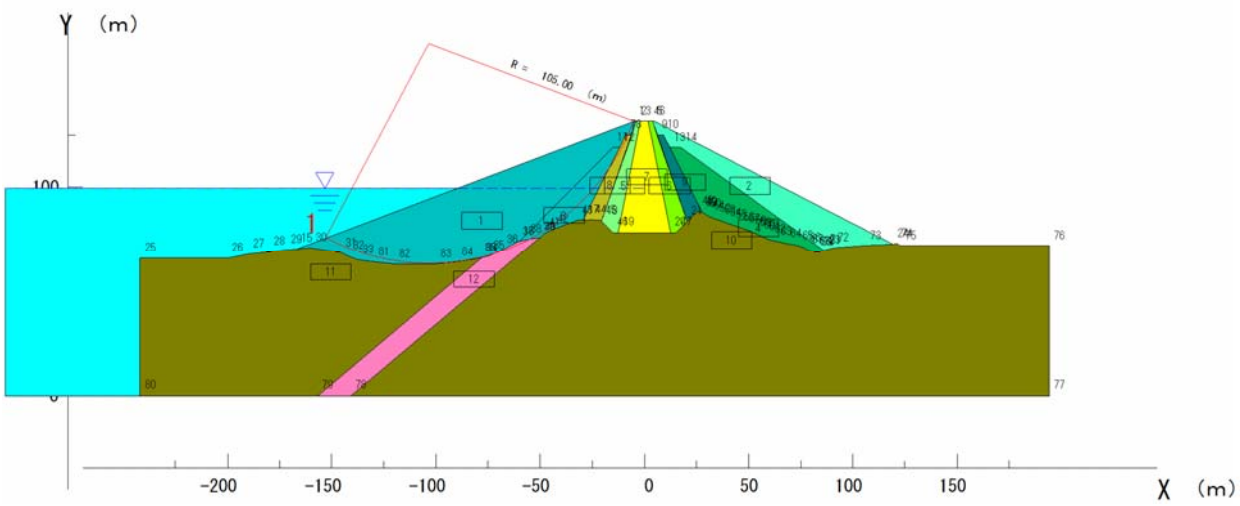
最小安全率	F S MIN	=	1.213	
円弧の中心	X	=	-220.00	(m)
	Y	=	250.00	(m)
半径	R	=	187.00	(m)
抵抗モーメント	M R	=	4831.9	(kN・m)
起動モーメント	M D	=	3984.0	(kN・m)

層番号	飽和重量 (kN/m^3)	湿潤重量 (kN/m^3)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	粘着力の一次係数	水平震度	鉛直震度
1	22.80	20.83	41.00	0.00	0.00	0.150	0.000
2	22.80	20.83	41.00	0.00	0.00	0.150	0.000
3	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
4	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
5	21.62	19.37	35.00	0.00	0.00	0.150	0.000
6	21.62	19.37	35.00	0.00	0.00	0.150	0.000
7	21.09	20.30	32.00	0.00	0.00	0.150	0.000
8	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
9	22.23	20.17	39.00	0.00	0.00	0.150	0.000
10	21.00	20.00	34.10	392.00	0.00	0.150	0.000
11	21.00	20.00	34.10	392.00	0.00	0.150	0.000
12	20.00	19.00				0.150	0.000

層番号	A	b	ϕ_{MAX} (度)	a	$\overline{\sigma}_0$ (kN/m^2)
12			0.00	0.000	0.0

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m^3)

②D 級岩盤部基礎岩盤を通るすべり面（CL I 級岩盤）



スベリ面番号	安全率	抵抗力 (kN/m)	起動力 (kN/m)
1	1.831	35476.5	19375.0

層番号	飽和重量 (kN/m^3)	湿潤重量 (kN/m^3)	水平震度	鉛直震度	粘着力 (kN/m^2)	粘着力係数	内部摩擦角 (度)
1	22.80	20.83	0.000	0.000	0.00	0.00	41.00
2	22.80	20.83	0.000	0.000	0.00	0.00	41.00
3	22.23	20.17	0.000	0.000	0.00	0.00	39.00
4	22.23	20.17	0.000	0.000	0.00	0.00	39.00
5	21.62	19.37	0.000	0.000	0.00	0.00	35.00
6	21.62	19.37	0.000	0.000	0.00	0.00	35.00
7	21.09	20.30	0.000	0.000	0.00	0.00	32.00
8	22.23	20.17	0.000	0.000	0.00	0.00	39.00
9	22.23	20.17	0.000	0.000	0.00	0.00	39.00
10	21.00	20.00	0.000	0.000	392.00	0.00	34.10
11	21.00	20.00	0.000	0.000	392.00	0.00	34.10
12	20.00	19.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m^3)