3.2 非常用洪水吐き流入部仮設法面ロックボルト工の検討

3.2.1 施工状況の整理

(1) 掘削形状の見直し

非常用洪水吐き流入部は、山側をもたれ擁壁構造としており、背面勾配を1:0.3として設計している。

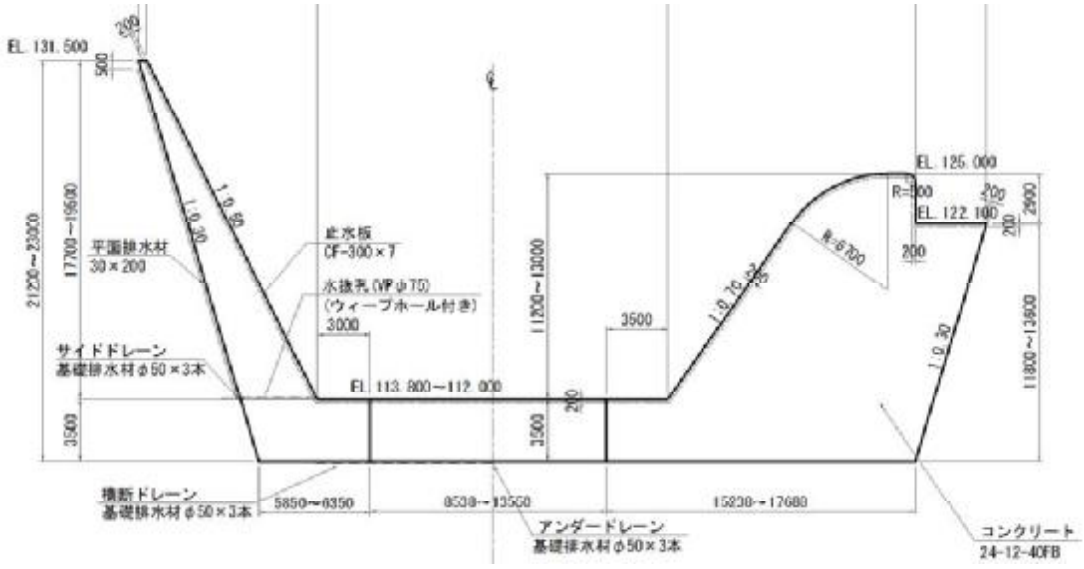


図- 3.2.1 非常用洪水吐き流入部構造図

しかしながら、当該箇所の岩盤は、高角度の亀裂が卓越しており、実施工時において、設計勾配とおり掘削した際に、亀裂沿いに表層の岩盤が一部崩落した。また、発注者との協議の結果、監査廊線形についても流入部もたれ擁壁背面に配置することで、管理所と監査廊を直接接続することとなった。

上記状況に伴い、非常用洪水吐き流入部では、図-3.2.2に示すとおり、掘削形状を1:0.6勾配で且つ、中間標高(EL.120.0m)に1箇所1.5mの小段を設けることとなった。

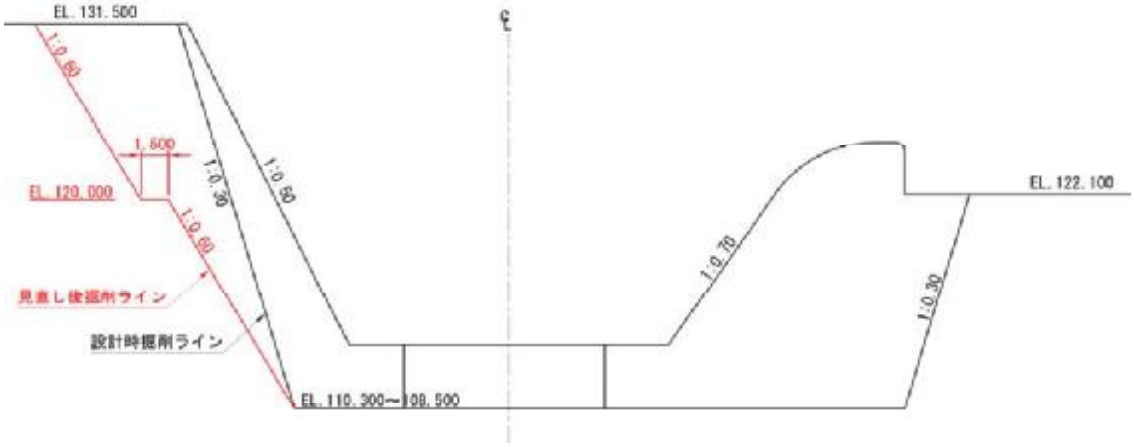


図- 3.2.2 非常用洪水吐き流入部の掘削形状見直し

(2)　掘削面状況

当該箇所のスケッチ正面図を図- 3.2.3～図- 3.2.4に示す。当初形状と見直し後の形状では、CLh級岩盤～CM級岩盤を主体としており、岩級状況に大きな変化は認められない。また、割れ目の方向性についても、法面と平行な高角度割れ目と交差する方向の高角度割れ目が発達しており、大きな変化は認められない。

当初形状では、複数箇所で高角度割れ目の組合せによる「くさび状崩落」が発生しており、見直し後の形状においても割れ目の組合せにより、崩落寸前の岩塊が確認され、下位を掘削した場合にくさび状の崩落が発生する可能性が高い。

以上の状況を踏まえ、施工時の安全性を確保することを目的として、非常用洪水吐き流入部の掘削法面は法面対策工を行うこととした。

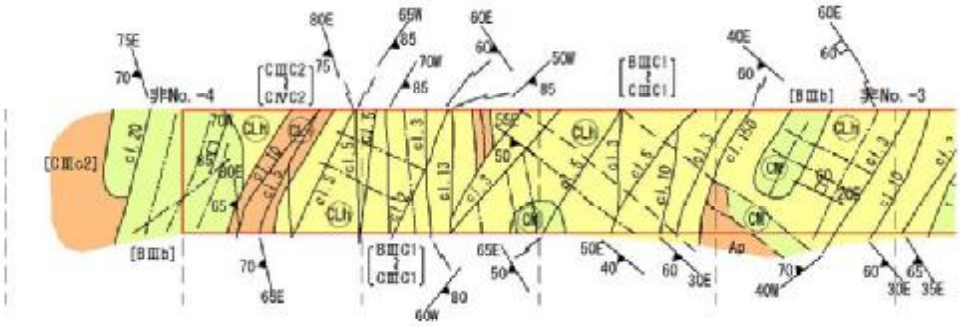


図- 3.2.3　掘削形状（当初）のスケッチ正面図

図- 3.2.4　掘削形状見直し後のスケッチ正面図

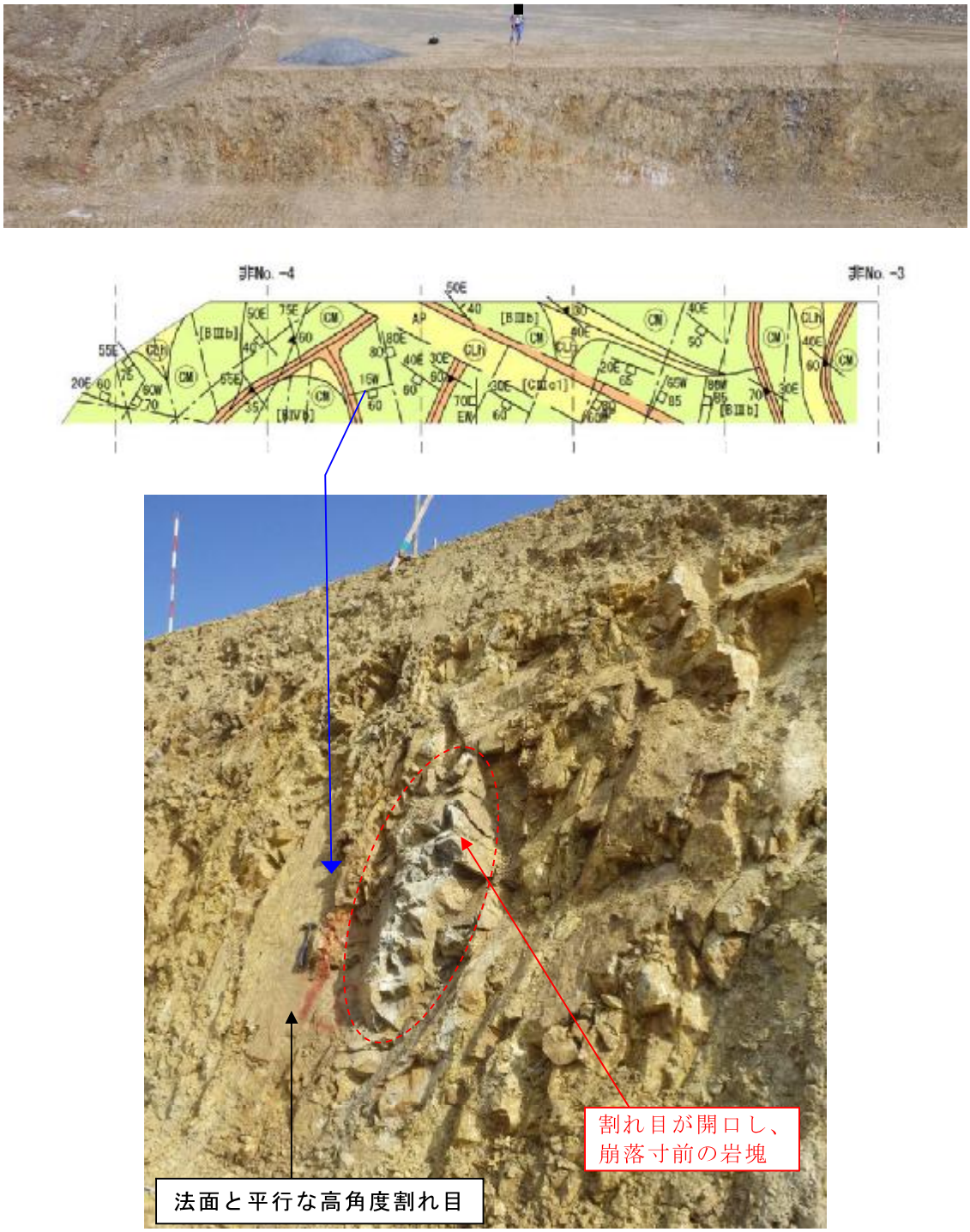


写真- 3.2.1　法面と平行な高角度割れ目

3.2.2 対策工設計

想定すべりブロックに対する強度は、「切土補強土工法設計・施工要領、平成 19 年 1 月、NEXCO」に基づき、設計することとした。

(1) 単位体積重量

当該箇所は CL 級岩盤以上が分布している斜面である。

CLh 級岩盤以上の単位体積重量は、これまで設定されていないが、本検討では安全側の設定として、CL1 級岩盤の湿潤重量より大きい、γ_t=21.0kN/m^3 とした。

表- 3.2.1 各岩級の物性値

	崖錐	D 級岩盤	CL1 級岩盤	本検討すべりブロック
湿潤重量 (KN/m^3)	18.0	19.0	20.0	21.0
飽和重量 (KN/m^3)	19.0	20.0	21.0	22.0
粘着力 c (KN/m^2)	10	50	500	0.0
内部摩擦角 φ(°)	30	34	40	30
出典	H21 転流工積算	H18 実施設計 (H8 試験値)	H18 実施設計 (H9 試験値)	本検討で設定

(2) 粘着力

当該箇所は岩盤であり、高角度の亀裂沿いにブロックが崩落してくることが考えられる。

そこで本検討では粘着力 c は見込まないこととした。

(3) 内部摩擦角

内部摩擦角 φ は、D 級岩盤の設計値が 34° であるが、亀裂面に粘土が挟在しており、これらの亀裂が連続した際に直線的な面上に変状が発生していることから、D 級岩盤よりやや弱い φ=30° として設計することとした。

(4)　必要抑止力の算出

1)　計画安全率

計画安全率は仮設法面ではあるが、存置期間が長いことから下表より、Fs=1.2 とする。

表- 3.2.2　対策工の計画安全率と保全対象の重要度一覧

項　　目	計画安全率
永久（長期）	F_{sp}※1 ≧1.20
仮設（短期）	F_{sp}※2 ≧1.05、1.10

※1)永久の計画安全率F_{sp}≧1.20は、本線等の永久のり面、埋戻し後地表に残る永久のり面、存置期間が２年以上の仮設のり面などに適用する。

※2)仮設の計画安全率は、①掘削開始から最下段の補強材設置前までの施工時の計画安全率をF_{sp}≧1.05とし、②最下段の補強材設置後から埋戻し前までの存置期間の計画安全率をF_{sp}≧1.10とする。

出典：切土補強土工法設計・施工要領、平成 19 年 1 月、NEXCO

2)　検討対象ブロック

本検討における対象ブロックとしては、当該箇所で卓越している高角度の亀裂が表層部でそれぞれ連続した場合を想定するものとして、下図に示す形状のすべりブロックを検討対象とした。

また、対策工の検討は、小段上段と下段の２段階で行うこととした。

①上段すべりブロック（下図青線）

②下段すべりブロック（下図赤線）

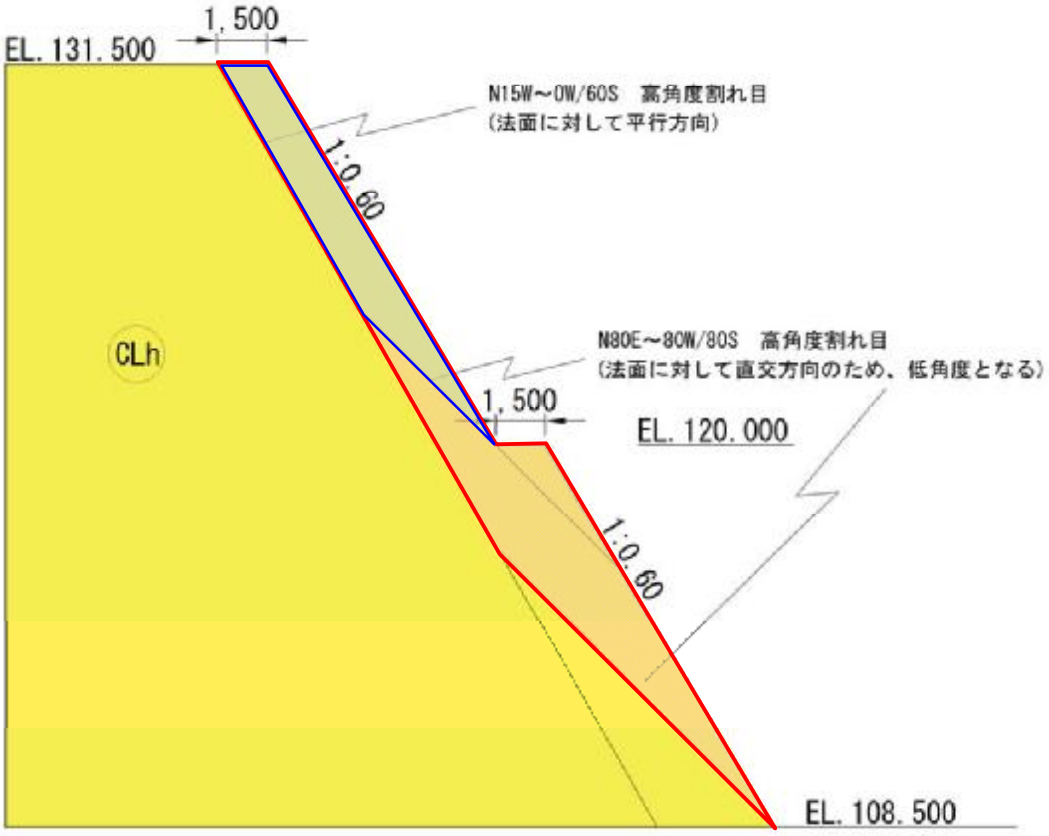


図- 3.2.5　検討断面図及び対象すべりブロック

3) 必要抑止力

前述の計算条件に基づき、対象すべりブロックを計画安全率以上としようとした場合、必要抑止力は以下のとおりとなる。

【計算結果(①上段すべりブロック)】

起動力：254.2kN/m

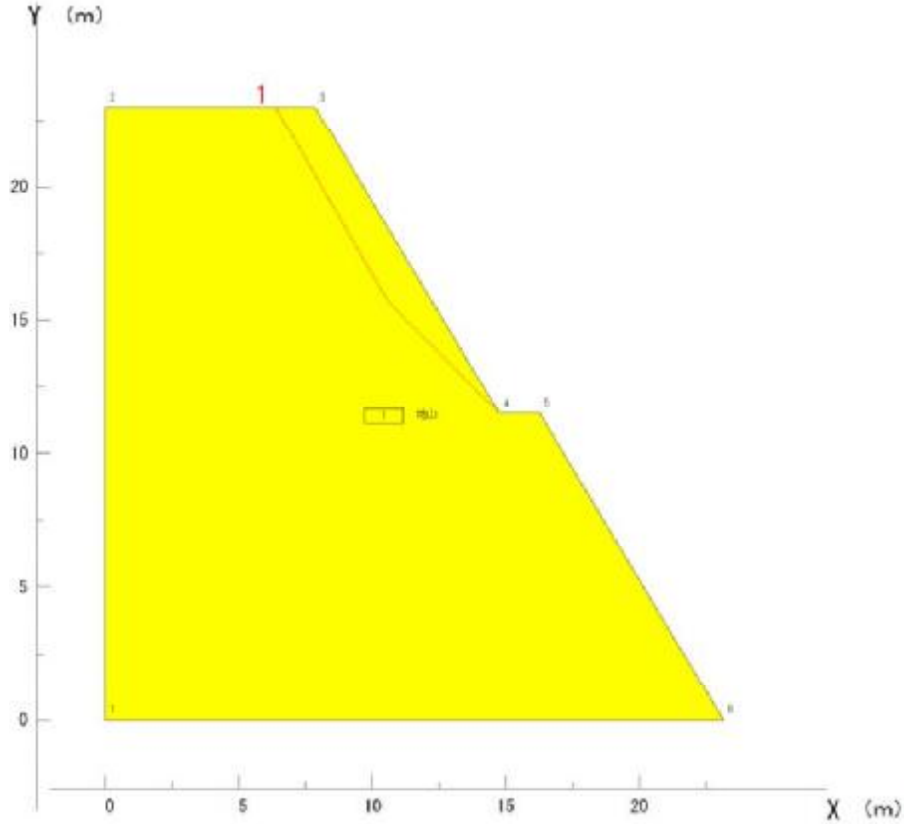
抵抗力：105.6kN/m

となった。

以上より、計画安全率 Fs=1.2 に対する必要抑止力は、

(必要抑止力) = 1.2×254.2 − 105.6 = 199.44 kN/m

となる。



すべり面番号	安全率	抵抗力 (kN/m)	起動力 (kN/m)
1	0.504	105.6	254.2

層番号	飽和重量 (kN/m³)	湿潤重量 (kN/m³)	水平震度	鉛直震度	粘着力 (kN/m²)	粘着力係数	内部摩擦角 (度)
1	22.00	21.00	0.000	0.000	0.00	0.00	35.00

図- 3.2.6　不足力の算出(①上段すべりブロック)

【計算結果(②下段すべりブロック】

起動力：711.8kN/m

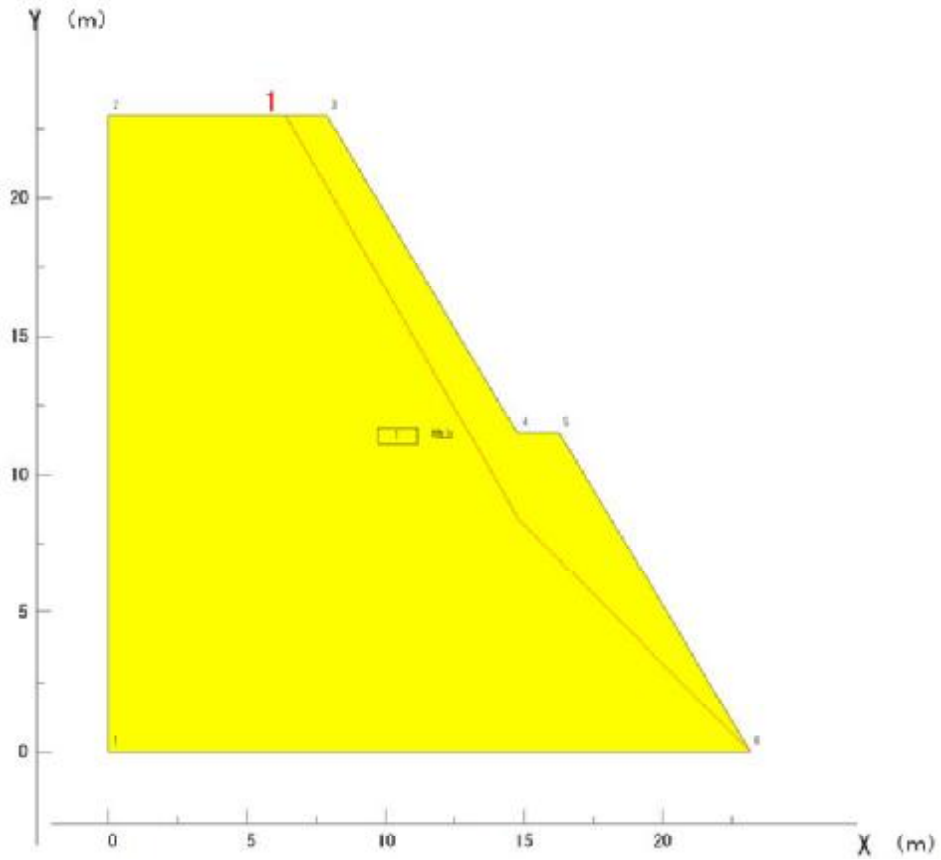
抵抗力：314.9kN/m

となった。

以上より、計画安全率 Fs=1.2 に対する必要抑止力は、

(必要抑止力) = 1.2×711.8 − 314.9 = 539.26 kN/m

となる。



すべり面番号	安全率	抵抗力 (kN/m)	起動力 (kN/m)
1	0.397	301.9	711.8

層番号	飽和重量 (kN/m³)	湿潤重量 (kN/m³)	水平震度	鉛直震度	粘着力 (kN/m²)	粘着力係数	内部摩擦角 (度)
1	22.00	21.00	0.000	0.000	0.00	0.00	35.00

図- 3.2.7　不足力の算出(②下段すべりブロック)

(5)　対策工設計

1)　対策工法

前頁の計算結果より、対策工による必要抑止力は 539.26kN/m と大きくないこと、すべり面が浅いこと、および仮設法面であることから、グラウンドアンカー工までは不要と判断し、対策工としてはロックボルト工を採用する。

また、当該箇所は存置期間が長く、表層の浸食等を防ぐことを目的としてモルタル吹付（t=5cm）を併用することとした。

2)　設計定数

ロックボルトの設計は、「切土補強土工法設計・施工要領、平成 19 年 1 月、NEXCO」に基づいて行った。以下にそれぞれの設計定数を示す。

a)　補強材の許容引張応力度

表 4.4.2 補強材の許容引張応力度(N/mm²)

補強材の種類	SD345
許容引張応力度	200

b)　極限周辺摩擦抵抗の計画安全率

表 4.4.3　極限周面摩擦抵抗の安全率

項　　目	安全率
永久（長期）	Fsa＝2.0
仮設（短期）	Fsa＝1.5

c)　補強材と注入材の間の許容付着応力

表 4.4.4　異形鉄筋と注入材の許容付着応力（N/mm²）

注入材の設計基準強度	24	27	30
許容付着応力	1.6	1.7	1.8

d) 極限周辺摩擦抵抗の推定値

表 4.4.5 極限周面摩擦抵抗の推定値

地盤の種類			極限周面摩擦抵抗(N/mm²)
岩盤	硬岩		1.20
	軟岩		0.80
	風化岩		0.48
	土丹		0.45
砂礫	N値	10	0.08
		20	0.14
		30	0.20
		40	0.28
		50	0.36
砂	N値	10	0.08
		20	0.14
		30	0.18
		40	0.23
		50	0.34
粘性土			0.8×c

c：粘着力

e) のり面工タイプによる低減係数

表 4.10.1 のり面工タイプと低減係数μの目安

のり面保護工タイプ	μ	備考
植生工のり面	0	
コンクリート吹付工	0.2～0.6	
のり枠工	0.7～1.0	
擁壁類	1.0	連続した板タイプのり面工

3) ロックボルト検討結果

次頁以降にロックボルト計算結果を示す。計算の結果、以下の仕様でロックボルトを配置することで斜面の安定性を確保できることを確認した。

- 材質：SD345
- 鉄筋径：D25
- 有効長：2.0～5.0m
- 水平方向打設間隔：上段：1.5m、下段 1.2m
- 鉛直方向打設間隔：1.03m（ロックボルト直交方向間隔 1.2m）
- 打設角：水平下向き 31°

また、施工中の浸食等を防止することを目的として仮設用モルタル吹付を配置することとした。

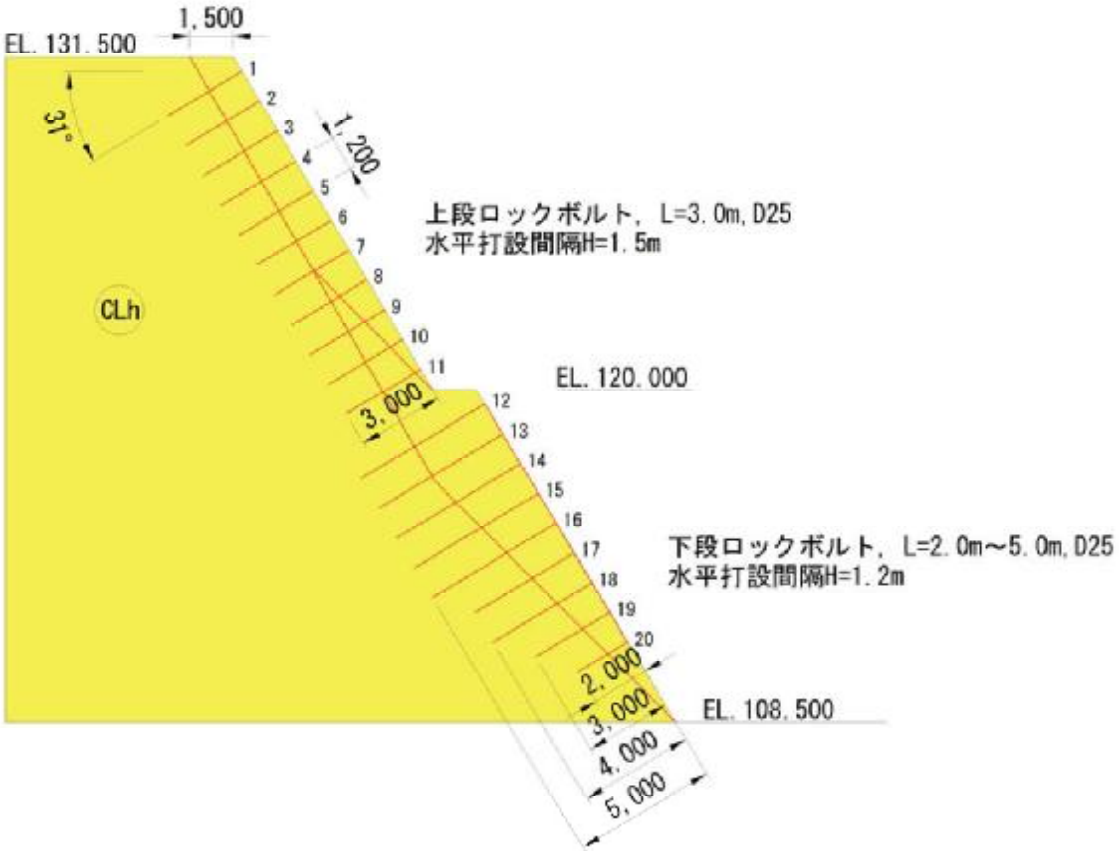


図- 3.2.8　本検討対象すべりブロックに対するロックボルト配置

①上段すべりブロックのロックボルト計算書

岩塊

岩級区分				
単位体積重量	γ＝	21	kN/m³	
内部摩擦角	φ＝	30.00	°	
粘着力	c＝	0	kN/m²	
摩擦係数	f＝	0.58		
ロックボルトと滑り面のなす角	β1＝	1.6	rad	90° 1～6段目
	β2＝	1.3	rad	75° 7～11段目

計画安全率	Fs=	1.2	
必要抑止力(安定計算結果より)	P_R=	199.44	kN/m
ロックボルト水平方向打設間隔	H=	1.5	m

材質	SD345		
径	D	25	
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
打設角度	水平下向き31°		

段数	引止力	締付力	計
1	0.0	31.5	31.49 kN
2	0.0	31.5	31.49 kN
3	0.0	31.5	31.49 kN
4	0.0	31.5	31.49 kN
5	0.0	31.5	31.49 kN
6	0.0	31.5	31.49 kN
7	14.2	30.6	44.76 kN
8	12.2	26.4	38.58 kN
9	8.9	19.2	28.08 kN
10	5.6	12.0	17.58 kN
11	2.2	4.8	7.07 kN
	合計		325.03 kN

打設間隔を考慮した必要抑止力

199.44 × 1.5 ＝ 299.16 ＜ 325.03 ・・・OK

ロックボルト（１段目）

材質	SD345	
径	D	25　（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067 cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200 N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200 N/mm²
許容応力度の割増し		1.0（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50 m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03 m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0 m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11　本
削孔径	Da＝	65　mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0　m
定着長	L2＝	1.6 m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.4 m
注入材　設計基準強度		24　N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6 N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48 N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.0 （長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49 kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126 kN/m
許容付着力	ta＝	49 kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	78 kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101 kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	86
許容補強材力	Tpa＝	78 kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70
補強材に発生する引張力	Td＝	55 kN/本

安定計算（引張補強）

補強材	引止力	S2＝	0.0 kN
	締付力	S3＝	31.5 kN

ロックボルト（２段目）

材質		SD345	
径		D	25　（標準：D19～D25）
公称断面積		Sa＝	5.067 cm²/本
許容引張応力度		σsa＝	200 N/mm²
許容せん断応力度		τsa＝	200 N/mm²
許容応力度の割増し			1.0（本設、永久）
水平方向間隔		Lh＝	1.50 m
鉛直方向間隔		Lv＝	1.03 m
打設最上段の高さ		Hs＝	11.0 m
鉛直方向打設本数		Ns＝	11　本
削孔径		Da＝	65　mm（標準）
ロックボルト有孔長		L=	3.0　m
定着長		L2＝	1.6 m
移動土塊の有効定着長		L1=	1.4 m
注入材	設計基準強度		24　N/mm²
	許容付着応力	τc＝	1.6 N/mm²
極限周面摩擦抵抗		τp＝	0.48　N/mm²
同 計画安全率		Fsa＝	2.00　（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力		tpa＝	49 kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力		tca＝	126 kN/m
許容付着力		ta＝	49 kN/m
のり面工低減係数		μ=	0.2（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力		T2pa＝	78 kN/本
鉄筋の許容引張力		Tsa＝	101 kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力		T1pa=	86
許容補強材力		Tpa＝	78 kN/本
引張力低減係数		λ＝	0.70
補強材に発生する引張力		Td＝	55 kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材	引止力	S2＝	0.0 kN
	締付力	S3＝	31.5 kN

ロックボルト（３段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	1.6	m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.4	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	78	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	86	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	78	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	55	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	0.0	kN
締付力	S3＝	31.5	kN

ロックボルト（４段目）

材質		SD345	
径		D	25　（標準：D19～D25）
公称断面積		Sa＝	5.067 cm²/本
許容引張応力度		σsa＝	200 N/mm²
許容せん断応力度		τsa＝	200 N/mm²
許容応力度の割増し			1.0（本設、永久）
水平方向間隔		Lh＝	1.50 m
鉛直方向間隔		Lv＝	1.03 m
打設最上段の高さ		Hs＝	11.0 m
鉛直方向打設本数		Ns＝	11　本
削孔径		Da＝	65　mm（標準）
ロックボルト有孔長		L=	3.0　m
定着長		L2＝	1.6 m
移動土塊の有効定着長		L1=	1.4 m
注入材	設計基準強度		24　N/mm²
	許容付着応力	τc＝	1.6 N/mm²
極限周面摩擦抵抗		τp＝	0.48　N/mm²
同 計画安全率		Fsa＝	2.00　（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力		tpa＝	49 kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力		tca＝	126 kN/m
許容付着力		ta＝	49 kN/m
のり面工低減係数		μ=	0.2（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力		T2pa＝	78 kN/本
鉄筋の許容引張力		Tsa＝	101 kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力		T1pa=	86
許容補強材力		Tpa＝	78 kN/本
引張力低減係数		λ＝	0.70
補強材に発生する引張力		Td＝	55 kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材	引止力	S2＝	0.0 kN
	締付力	S3＝	31.5 kN

ロックボルト（５段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	1.6	m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.4	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	78	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	86	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	78	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	55	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	0.0	kN
締付力	S3＝	31.5	kN

ロックボルト（６段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	1.6	m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.4	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	78	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	86	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	78	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	55	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	0.0	kN
締付力	S3＝	31.5	kN

ロックボルト（７段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	1.6	m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.4	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	78	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	86	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	78	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	55	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	14.2	kN
締付力	S3＝	30.6	kN

ロックボルト（８段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	1.9	m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.1	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	93	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	68	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	68	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	47	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材	引止力	S2＝	12.2 kN
	締付力	S3＝	26.4 kN

ロックボルト（９段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	2.2	m
移動土塊の有効定着長	L1=	0.8	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	108	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	49	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	49	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	34	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	8.9	kN
締付力	S3＝	19.2	kN

ロックボルト（１０段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	2.5	m
移動土塊の有効定着長	L1=	0.5	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	122	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	31	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	31	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	22	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	5.6	kN
締付力	S3＝	12.0	kN

ロックボルト（１１段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.50	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	11.0	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	11	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	2.8	m
移動土塊の有効定着長	L1=	0.2	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	137	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	12	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	12	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	9	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材	引止力	S2＝	2.2 kN
	締付力	S3＝	4.8 kN

②下段すべりブロックのロックボルト計算書

岩塊

岩級区分

単位体積重量	γ =	21	kN/m^3	
内部摩擦角	ϕ =	30.00	°	
粘着力	c =	0	kN/m^2	
摩擦係数	f =	0.58		
ロックボルトと滑り面のなす角	β1=	1.6	rad	90° 1～13段目
	β2=	1.3	rad	75° 14～20段目

計画安全率　Fs= 1.2

必要抑止力(安定計算結果より)　P_R= 539.26 kN/m

ロックボルト水平方向打設間隔　H= 1.2 m

材質　SD345

径　D 25

ロックボルト有孔長　L= 2.0～5.0 m

打設角度　水平下向き31°

段数	引止力	締付力	計
1	0.0	31.5	25.19 kN
2	0.0	31.5	25.19 kN
3	0.0	31.5	25.19 kN
4	0.0	31.5	25.19 kN
5	0.0	31.5	25.19 kN
6	0.0	31.5	25.19 kN
7	0.0	31.5	25.19 kN
8	0.0	31.5	25.19 kN
9	0.0	31.5	25.19 kN
10	0.0	31.5	25.19 kN
11	0.0	31.5	25.19 kN
12	0.0	41.0	40.96 kN
13	0.0	41.0	40.96 kN
14	18.4	39.6	57.92 kN
15	18.4	39.6	57.92 kN
16	18.4	39.6	57.92 kN
17	18.4	39.6	57.92 kN
18	15.6	33.5	49.09 kN
19	12.2	26.4	38.58 kN
20	8.9	19.2	28.08 kN
	合計		706.49 kN

水平打設間隔1.5m間隔
(抑止力×1.2/1.5)

打設間隔を考慮した必要抑止力

539.26 × 1.2 = 647.112 < 706.49 ・・・OK

ロックボルト（１～１１段目）

材質	SD345	
径	D	25　（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067 cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200 N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200 N/mm²
許容応力度の割増し		1.0（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20 m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03 m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5 m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20　本
削孔径	Da＝	65　mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0　m
定着長	L2＝	1.6 m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.4 m
注入材　設計基準強度		24　N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6 N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48 N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.0 （長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49 kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126 kN/m
許容付着力	ta＝	49 kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	78 kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101 kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	86
許容補強材力	Tpa＝	78 kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70
補強材に発生する引張力	Td＝	55 kN/本

安定計算（引張補強）

補強材	引止力	S2＝	0.0 kN
	締付力	S3＝	31.5 kN

ロックボルト（１２段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	㎠/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/㎟
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/㎟
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	5.0	m
定着長	L2＝	2.2	m
移動土塊の有効定着長	L1=	2.8	m
注入材　設計基準強度		24	N/㎟
許容付着応力	τc＝	1.6	N/㎟
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/㎟
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	106	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	174	
許容補強材力	Tpa＝	101	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	71	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	0.0	kN
締付力	S3＝	41.0	kN

ロックボルト（１３段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	5.0	m
定着長	L2＝	2.2	m
移動土塊の有効定着長	L1=	2.8	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	106	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	174	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	101	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	71	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	0.0	kN
締付力	S3＝	41.0	kN

ロックボルト（１４段目）

材質		SD345	
径		D	25　（標準：D19～D25）
公称断面積		Sa＝	5.067 cm²/本
許容引張応力度		σsa＝	200 N/mm²
許容せん断応力度		τsa＝	200 N/mm²
許容応力度の割増し			1.0（本設、永久）
水平方向間隔		Lh＝	1.20 m
鉛直方向間隔		Lv＝	1.03 m
打設最上段の高さ		Hs＝	22.5 m
鉛直方向打設本数		Ns＝	20　本
削孔径		Da＝	65　mm（標準）
ロックボルト有孔長		L=	5.0　m
定着長		L2＝	2.3 m
移動土塊の有効定着長		L1=	2.7 m
注入材	設計基準強度		24　N/mm²
	許容付着応力	τc＝	1.6 N/mm²
極限周面摩擦抵抗		τp＝	0.48　N/mm²
同 計画安全率		Fsa＝	2.00　（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力		tpa＝	49 kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力		tca＝	126 kN/m
許容付着力		ta＝	49 kN/m
のり面工低減係数		μ=	0.2（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力		T2pa＝	115 kN/本
鉄筋の許容引張力		Tsa＝	101 kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力		T1pa=	163
許容補強材力		Tpa＝	101 kN/本
引張力低減係数		λ＝	0.70
補強材に発生する引張力		Td＝	71 kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材	引止力	S2＝	18.4 kN
	締付力	S3＝	39.6 kN

ロックボルト（１５段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	5.0	m
定着長	L2＝	2.7	m
移動土塊の有効定着長	L1=	2.3	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	132	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	141	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	101	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	71	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	18.4	kN
締付力	S3＝	39.6	kN

ロックボルト（１６段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	5.0	m
定着長	L2＝	3.0	m
移動土塊の有効定着長	L1=	2.0	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	147	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	123	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	101	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	71	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	18.4	kN
締付力	S3＝	39.6	kN

ロックボルト（１７段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	4.0	m
定着長	L2＝	2.3	m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.7	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	113	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	104	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	101	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	71	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	18.4	kN
締付力	S3＝	39.6	kN

ロックボルト（１８段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	4.0	m
定着長	L2＝	2.6	m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.4	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	127	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	86	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	86	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	60	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	15.6	kN
締付力	S3＝	33.5	kN

ロックボルト（１９段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	3.0	m
定着長	L2＝	1.9	m
移動土塊の有効定着長	L1=	1.1	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	93	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	68	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	68	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	47	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	12.2	kN
締付力	S3＝	26.4	kN

ロックボルト（２０段目）

材質	SD345		
径	D	25	（標準：D19～D25）
公称断面積	Sa＝	5.067	cm²/本
許容引張応力度	σsa＝	200	N/mm²
許容せん断応力度	τsa＝	200	N/mm²
許容応力度の割増し		1.0	（本設、永久）
水平方向間隔	Lh＝	1.20	m
鉛直方向間隔	Lv＝	1.03	m
打設最上段の高さ	Hs＝	22.5	m
鉛直方向打設本数	Ns＝	20	本
削孔径	Da＝	65	mm（標準）
ロックボルト有孔長	L=	2.0	m
定着長	L2＝	1.2	m
移動土塊の有効定着長	L1=	0.8	m
注入材　設計基準強度		24	N/mm²
許容付着応力	τc＝	1.6	N/mm²
極限周面摩擦抵抗	τp＝	0.48	N/mm²
同 計画安全率	Fsa＝	2.00	（長期、本設）
地山と注入材の許容付着力	tpa＝	49	kN/m
鉄筋と注入材の許容付着力	tca＝	126	kN/m
許容付着力	ta＝	49	kN/m
のり面工低減係数	μ=	0.2	（コンクリート吹付）
引抜き抵抗力	T2pa＝	59	kN/本
鉄筋の許容引張力	Tsa＝	101	kN/本
移動土塊から受ける引抜き抵抗力	T1pa=	49	kN/本
許容補強材力	Tpa＝	49	kN/本
引張力低減係数	λ＝	0.70	
補強材に発生する引張力	Td＝	34	kN/本

安定計算（引張補強）１本

補強材　引止力	S2＝	8.9	kN
締付力	S3＝	19.2	kN