

1.5 切土補強材の検討

本計画では、切土法面が長大となる箇所が発生する。

前述の通り、道路土工の規定を超える範囲 ($H=10. \text{ m}$ を超える箇所) については、代表断面において検討した切土補強工を適用し、法面の安定を図る。

検討断面は、最も法高が高くなる路線12 NO. 3+10断面とする。

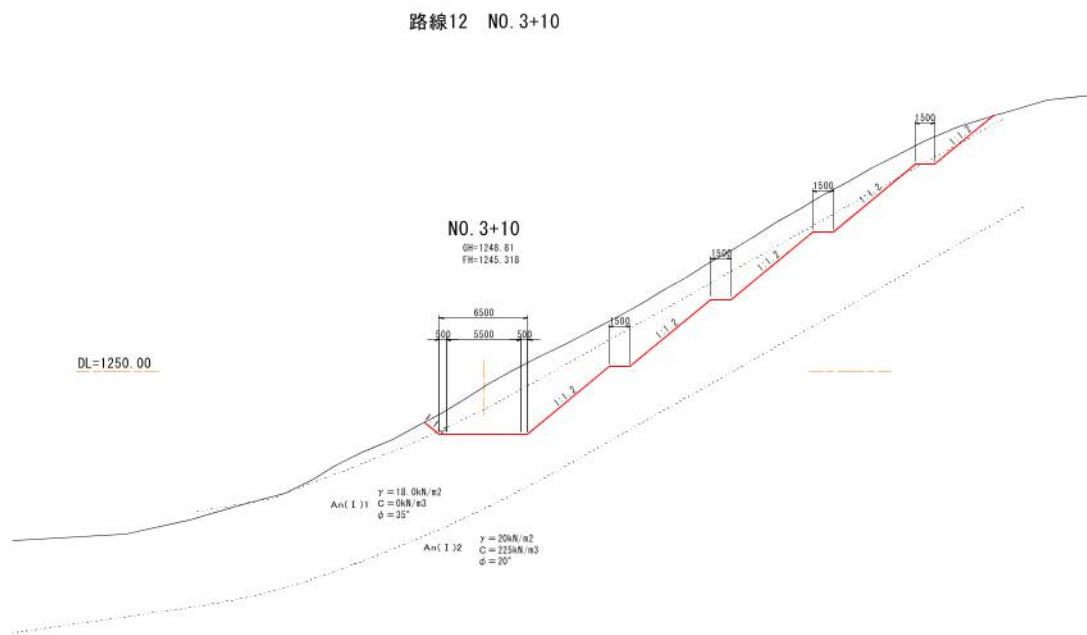


図 1-2 切土法面検討断面図

検討の結果、切土法面には鉄筋挿入工を計画するものとし、その表面を浸食防止材で覆うことにより緑化を図る計画とする。

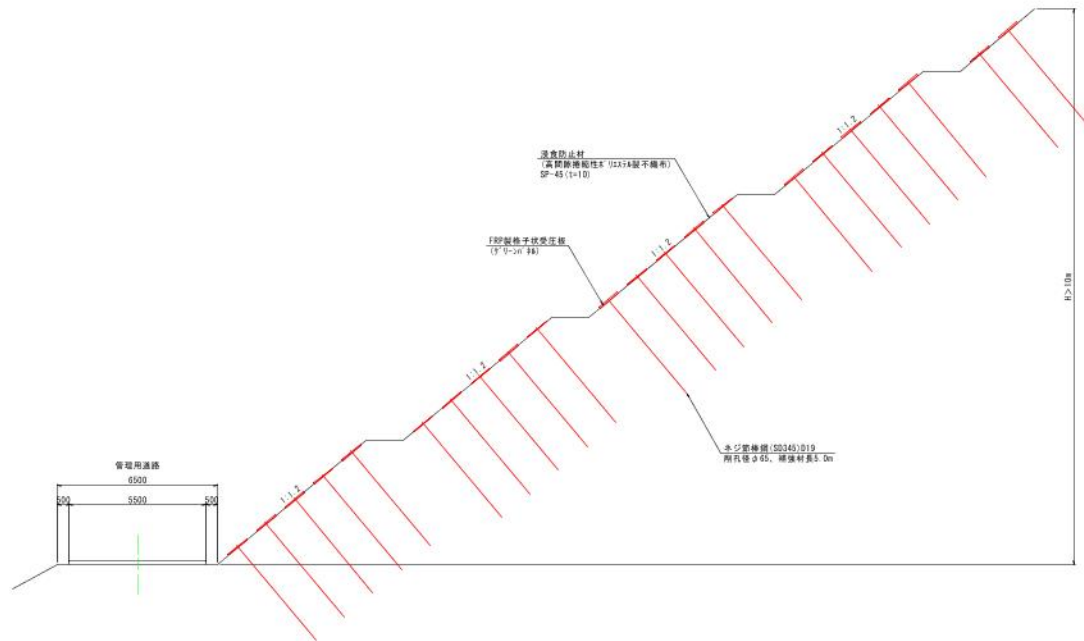
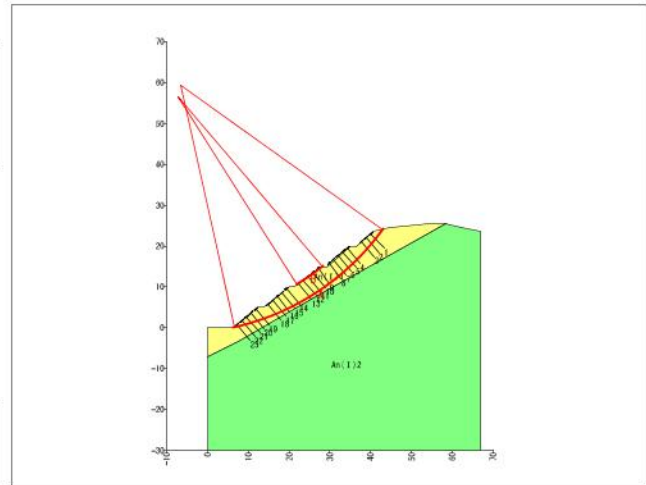


図 1-3 切土法面工

切土補強土工法設計フロー

現場名 :
 ケース名 : NO. 3+10
 備考 :



○ 検討条件

安定計算手法 : 繰返し円弧で検討する。
 すべり面強度 : 既知の土質定数を用いる。

○ 安定解析結果

計画地形に対して安定計算を行う。 [計画安全率: $F_{sp} = 1.200$]
 最大抑止力円弧 $Pr_{max} = 133.0\text{kN/m}$ 、 $F_s = 1.101$
 最小安全率円弧 $Pr = 7.5\text{kN/m}$ 、 $F_{smin} = 0.933$

補強材の配置検討に用いる代表円弧の選定を行う。
 円弧A $Pr = 133.0\text{kN/m}$ 、 $F_s = 1.101$
 円弧B $Pr = 7.5\text{kN/m}$ 、 $F_s = 0.933$

○ 補強材の配置

補強材の配置計画を行い、安全率について照査する。
 [ネジ節棒鋼 (SD345) D19、全長 5.000m、縦間隔 1.50m、水平間隔 1.50m、施工段数23段]
 円弧A $Pr = 133.0\text{kN/m}$ 、 $F_s = 1.101$ [補強前]、 $F_s = 1.272$ [補強後]
 円弧B $Pr = 7.5\text{kN/m}$ 、 $F_s = 0.933$ [補強前]、 $F_s = 2.710$ [補強後]

○ のり面工の設計

設計引張り力 T_d の最大値
 $T_d = 36.022\text{kN/本}$ ($T_o = 29.899\text{kN/本}$ 、 $\mu = 0.83$)

のり面工の規格決定
 グリーンパネル(レギュラーサイズ、 $967 \times 967 \times 40$)

切土補強土工法 報告書

現場名： _____
ケース名： NO. 3+10 _____
備考： _____

目 次

1. 設計方法	.....
2. 工法の概要	.....
3. 設計条件	.....
3.1 土質条件	.....
3.2 補強斜面の計画安全率	.....
3.3 補強材	.....
3.4 極限周面摩擦抵抗と安全率	.....
3.5 補強材と注入材の許容付着応力	.....
3.6 補強材の引張り力の低減係数	.....
3.7 補強材の配置間隔、配置密度	.....
3.8 補強材の許容補強材力	.....
3.9 のり面工の低減係数	.....
3.10 削孔径	.....
4. 切土補強土工法の設計	.....
4.1 補強前斜面の安全性評価	.....
4.2 切土補強土工法の配置検討	.....
4.3 補強材配置後の安全性評価	.....
4.4 補強材の配置仕様と各補強材の抵抗力	.....
4.5 補強材の計算	.....
4.6 のり面工の設計	.....

1. 設計方法

現場名

工法名

切土補強土工法

グリーンパネル

安定計算手法

繰返し円弧で検討する。

すべり面強度

既知の土質定数を用いる。

使用ソフトウェア

補強土 Version12.02 五大開発株式会社

備考

2. 工法の概要

切土補強土工法は、鉄筋やロックボルトなどの比較的短い棒状補強材を地山に多数挿入することにより、地山と補強材との相互作用によって切土のり面全体の安定性を高める工法である。

(1) 基本構造

本工法の基本構造は、補強材、注入材、頭部、のり面工で構成され、頭部にはプレートとナットによりのり面工に固定され、のり面工が補強材と一体化することにより、補強材の引張効果を増加させ、のり面全体の安定性を向上させる構造を有している。

(2) 特長

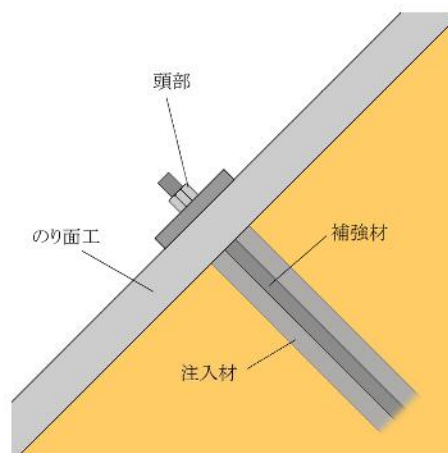
本工法の特長は以下の通りである。

- ① 補強材、施工機械が小規模であり、施工の省力化を図れる。
- ② のり面を標準勾配より急に出来ることから用地取得や掘削土量の軽減が図れる。
- ③ 逆巻施工が可能で安全施工が可能となる。
- ④ 動態観測との併用で安全施工が可能となる。
- ⑤ 増し打ち等の対応が容易。

(3) 適用範囲

本工法の一般的な適用範囲は以下の通りである。

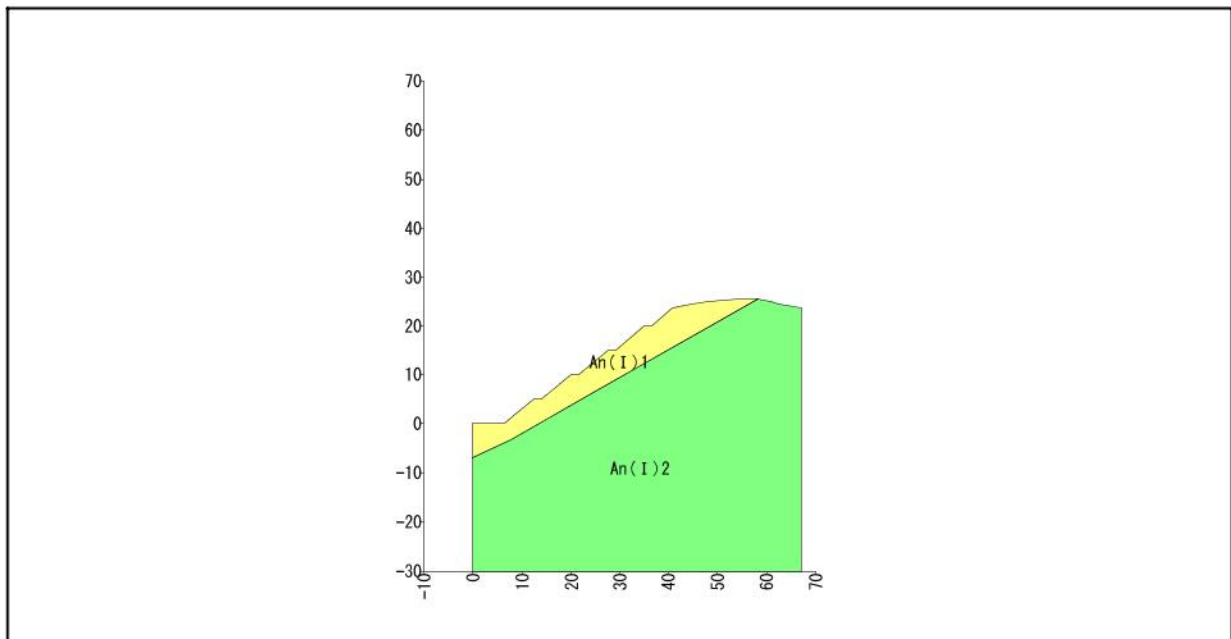
- ① 崩壊対策に適用する場合
 - ・抗土圧型ののり面保護的な適用
 - ・中規模の崩壊対策の抑止工
- ② 急勾配掘削に用いる場合
 - ・急勾配切土への適用
 - ・構造物掘削などの仮設斜面への適用



3. 設計条件

3.1 土質条件

当該斜面の地形及び土質の構成と定数は以下の通りである。



土質定数								
No	地層名	土質名	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		N値
						ϕ (°)	$\tan \phi$	
1	An(I)1	強風化安山岩	18.00	19.00	0.00	35.0000	0.700208	14
2	An(I)2	風化安山岩	20.00	21.00	225.00	20.0000	0.363970	95

※水の単位体積重量 $\gamma_w = 10.00$ (kN/m³)

3.2 補強斜面の計画安全率

「切土補強土工法設計・施工要領」では下記のように示されている。

補強斜面の計画安全率

項目	計画安全率
永久(長期)	$F_{sp} \geq 1.20$
仮設(短期)	$F_{sp} \geq 1.05, 1.10$

【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) P.31】

当該斜面の重要性を考慮して F_{sp} (常時) ≥ 1.20 とする。

3.3 補強材

「切土補強土工法設計・施工要領」では補強材の許容引張応力度については、下記のように示されている。使用材料については、これと同等以上の性能を有する材料を用いるものとする。

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

※仮設は1.5倍とする

【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) P.31】

また、腐食代について要領では、以下のように示している。

永久目的で使用する場合は腐食代 1mm を鉄筋公称径に対して考慮する。

【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) P.39】

要領では、亜鉛メッキによる防食を前提とし、さらに亜鉛メッキによる防食を行っても軽度の腐食が見られた事例があることから、設計においては 1.0mmの腐食代を考慮する。

したがって、公称直径から 1.0mmを引いた値を補強材直径として設計する。

以上から補強材に関する諸数値を以下のように設定する。

材料名	呼び径	単位重量 w (kg/m)	直径 d (mm)	断面積 As (cm ²)	許容引張 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)
ネジ節棒鋼 (SD345)	D19	2.25	18.1	2.573	200.0

3.4 極限周面摩擦抵抗と安全率

「切土補強土工法設計・施工要領」によれば、極限周面摩擦抵抗の地盤別の推定値は、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」を 0.8 倍したものとなっている。これはアンカー工の極限周面摩擦抵抗が加圧注入した場合の実績値を参考として設定されているのに対して、切土補強土工法ではほとんど無加圧注入されていることによる。

一方、極限周面摩擦抵抗の安全率については、アンカー工と比較して設計荷重レベルが小さく、プレストレスとして常時緊張力が作用しないことなどを勘案して永久を 2.0 (アンカー工の 0.8 倍)、仮設を 1.5 (アンカー工と同じ)としている。

本工法では、下表を参考に極限周面摩擦抵抗値を定める。

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/mm ²)	
岩盤	硬岩	1.20	
	軟岩	0.80	
	風化岩	0.48	
	土丹	0.48	
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	0.24
粘性土		0.8×c	c:粘着力

【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) P.33】

以上から定着に関する諸数値を以下のように設定する。

項目	記号	単位	数値	備考
周面摩擦抵抗の安全率	Fsa	—	2.00	
地山と注入材の周面摩擦抵抗	τp	N/mm ²	0.104	An(I)1
			0.480	An(I)2

3.5 補強材と注入材の許容付着応力

「切土補強土工法設計・施工要領」では下記のように示されている。

異形鉄筋と注入材の許容付着応力度 (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

※仮設は1.5倍とする

【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) P.31】

当該斜面では注入材の設計基準強度を24N/mm²とし、許容付着応力は1.6N/mm²とする。

3.6 補強材の引張り力の低減係数

補強材の引張り力の低減係数は、「切土補強土工法設計・施工要領」に従い0.7とする。

3.7 補強材の配置間隔、配置密度

一般的な環境では1.0～1.5mの間で経済的な配置を検討する必要がある。「切土補強土工法設計・施工要領」では、以下のように書かれている。

補強材は、補強効果が十分に発揮できるように、適切な間隔で配置しなければならない。一般的に、補強材打設間隔は、1.0～1.5m程度とする。
--

【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) P.35】

以上を踏まえ、当該斜面の補強材間隔は、縦間隔 1.50m×水平間隔 1.50mとする。

3.8 補強材の許容補強材力

許容補強材力に関して、「切土補強土工法設計・施工要領」では以下のように書かれている。

補強材の許容補強材力 T_{pa} は、補強材が移動土塊から受ける許容引抜き抵抗力 T_{1pa} 、不動地山から受ける許容引抜き抵抗力 T_{2pa} および補強材の許容引張り力 T_{sa} のうち最小のものを採用する。

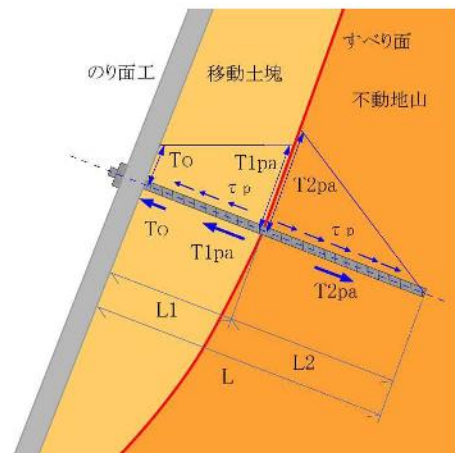
【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) P.38】

移動土塊が極めて薄いような現場では、 T_{1pa} が極端に小さくなる。このため設計計算ではこの補強鉄筋に抑止力はほとんどないことになってしまう。

「切土補強土工法設計・施工要領」では、「吹付砕工相当以上ののり面工を用いた場合には T_{1pa} の検討を無視しても良い」としている。この場合は T_{2pa} と T_{sa} のうち最も弱い抵抗値で設計することができる。

ただし、「吹付砕工相当以上」ではないのり面工を用いる場合（特に2次製品の反力板が多い）、要領によれば「適切な方法で T_{1pa} を評価して」としている。

以上を踏まえ、当該斜面の場合は T_{1pa} を考慮して検討する。



3.9 のり面工の低減係数

「切土補強土工法設計・施工要領」では下記のように示されている。

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	
のり砕工	0.7 ~ 1.0	
擁壁類	1.0	連続した板タイプののり面工

【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) P.50】

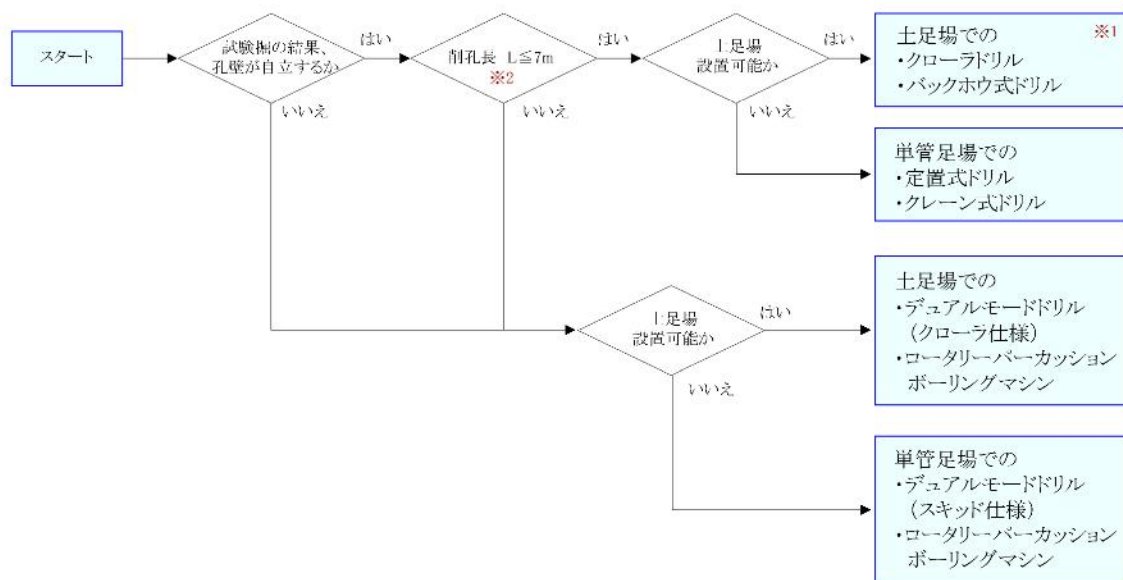
当該斜面ののり面工の低減係数は、上表を参考に0.83を採用する。

3.10 削孔径

削孔径を設定する場合、削孔機種の検討・選定が不可欠となる。対象とする地盤の状況や孔壁の自立性、作業足場の有無、削孔長などによって、施工性と経済性に適した機種を選定した後、削孔径を設定する必要がある。

この選定方法については、以下のフローを参考とする。

標準的な施工機械選定フロー（参考）



※1 1段のり面での施工本数が500本を超える場合は、オートボルトセッター工法の採用が有効な場合もある。

※2 削孔長が長くなる場合は、施工費が高くなるためグラウンドアンカー工等との比較検討を行い、経済性、施工性の良い工法を採用する必要がある。

削孔方法	削孔径(mm)	
	標準	自穿孔
レグドリル	42 ~ 46	42 ~ 52
クローラドリル	65	
定置式ドリル		
クレーン式ドリル		
オートボルトセッター	90	—
デュアルモードドリル		
ロータリーパーカッションボーリングマシン(定置式・クローラ式)		
ロータリー式ボーリングマシン		

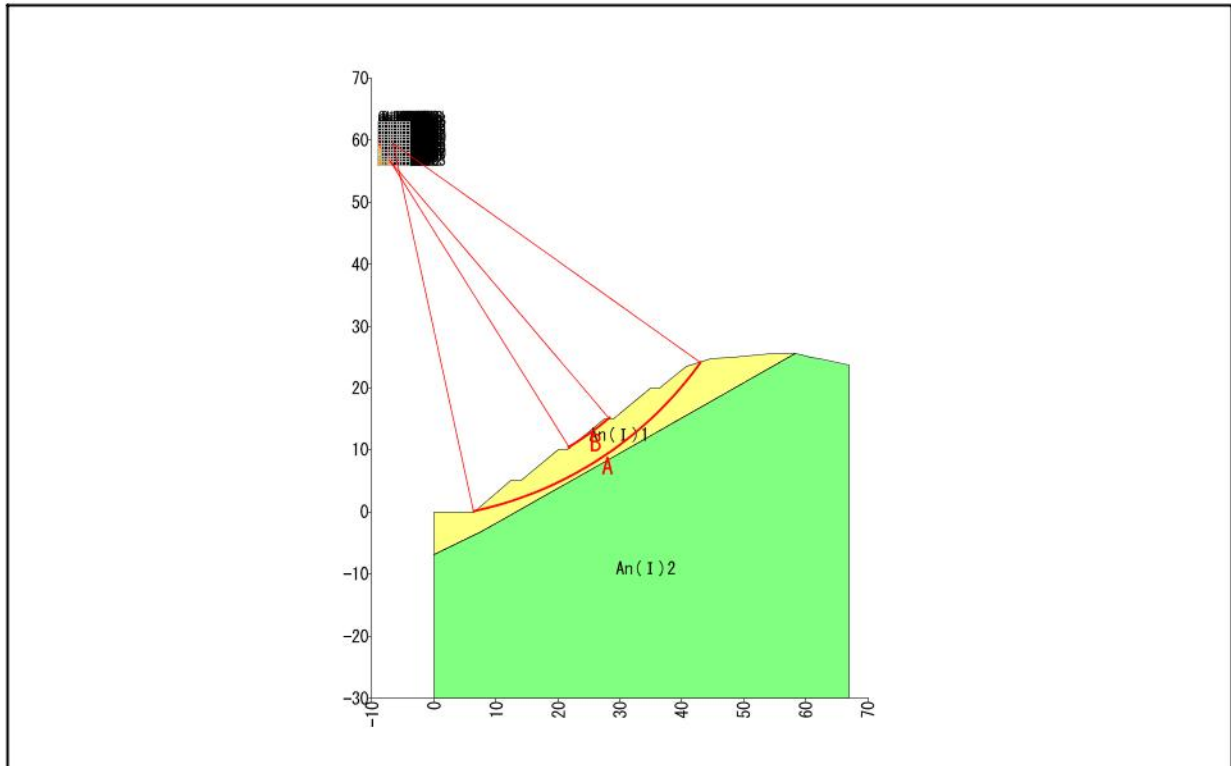
【切土補強土工法設計・施工要領 (H19.1) p.72 (一部加筆)】

検討結果より、当該斜面では、対象とする地盤特性や施工性、経済性などを考慮して削孔径は90.0mmとする。

4. 切土補強土工法の設計

4.1 補強前斜面の安全性評価

補強前斜面の安全性は以下の通りである。



安定計算結果					
項目		記号	単位	数 値 (常 時)	
				円弧A	円弧B
計算結果	安全率	Fs	—	1.101	0.933
	計画安全率	Fsp	—	1.200	1.200
	必要抑止力	Pr	kN/m	133.0	7.5
円弧	中心座標	X	m	-6.500	-7.000
		Y	m	59.500	56.500
	半径	r	m	60.902	54.470
計算要素	すべり抵抗力	S	kN/m	1486.41	26.09
	滑動力	T	kN/m	1349.45	27.95
	法線力	N	kN/m	2122.80	37.27
	間隙水圧	U	kN/m	0.00	0.00
	すべり面長	l	m	44.944	7.942
	面積	A	m ²	141.73	2.59

4.2 切土補強土工法の配置検討

(1) 補強材の配置条件

① 補強材の配置

補強材の配置は、以下の通りとする。

施工段数	23 (段)
打設角度	のり面に直角
水平間隔	1.50 (m)

② 補強材の長さ条件

補強材の長さは、挿入長を4.50(m) で検討する。

(2) 配置する補強材の規格

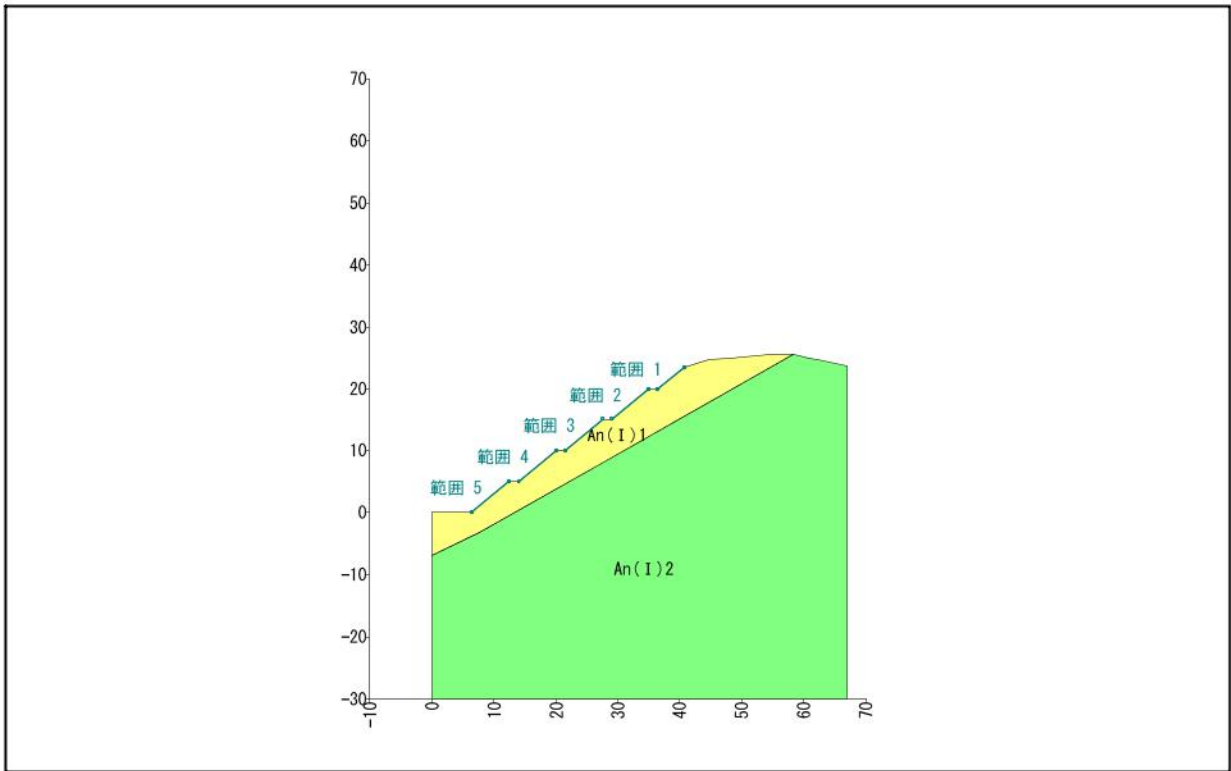
補強材としてネジ節棒鋼 (SD345) D19 ~ D25 を使用する。

またその他に用いる条件として以下に設定する。

注入材の設計基準強度	$\sigma_{ck} = 24 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
補強材と注入材の許容付着応力	$\tau_c = 1.6 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ (常時)
周面摩擦抵抗の安全率	$F_{sa} = 2.00$ (常時)
のり面工の低減係数	$\mu = 0.83$
補強材の引張り力の低減係数	$\lambda = 0.7$
補強材による抵抗力	: 引き止め力 S_h 、締め付け力 S_s 両方考慮
すべり面傾斜角	: 各補強材で算出

(3) 配置のり面

以下の範囲に配置する。



(4) 補強材配置と安全率

前述の検討条件で、各補強材設置後の安定度を照査した結果は以下の通りである。

材料名：ネジ節棒鋼 (SD345) のり面工名称：グリーンパネル

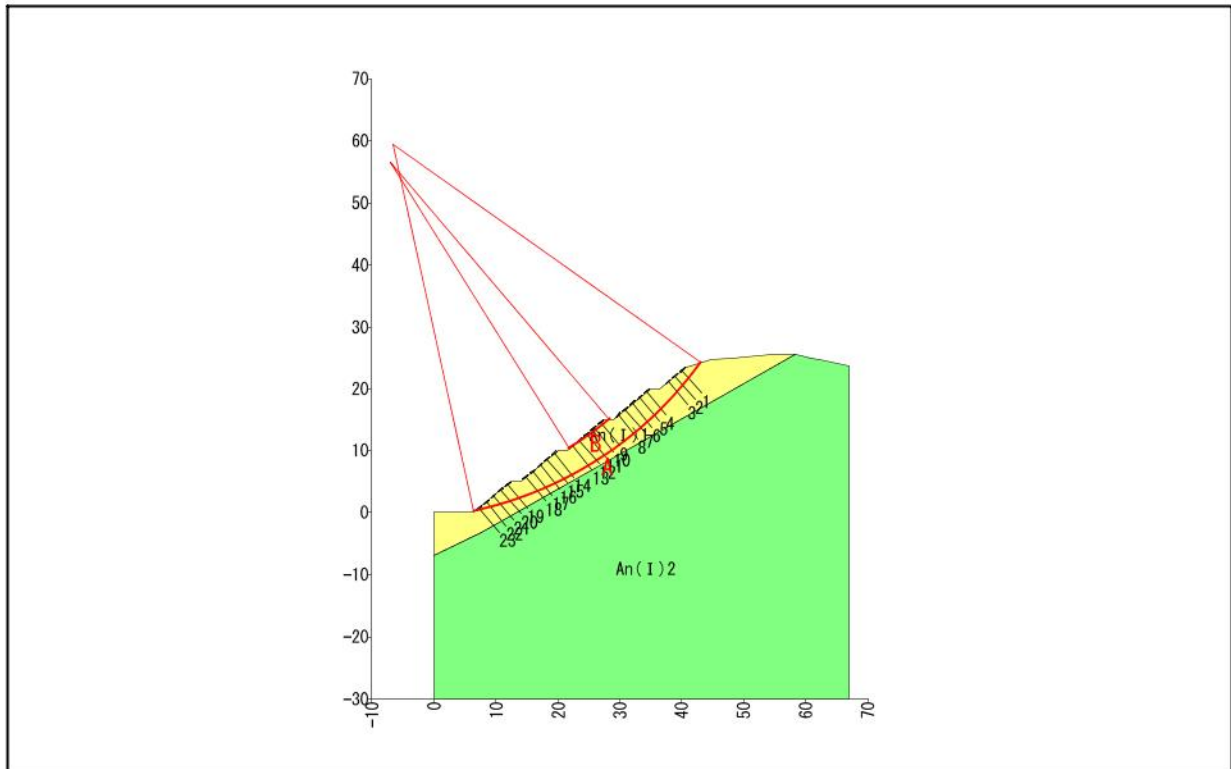
補強材		配置条件							安全率 F_s ※3		のり面工 寸法 (mm)	総削孔長 (施工10m) ΣL_B (m)	備考
No.	登録 呼び径	縦 間隔 SV (m)	水平 間隔 SH (m)	施工 段数 n(段)	打設 角度 α (°) ※1	長さ 条件 (m)	全長 (m) ※2	円弧A (1.101)	円弧B (0.933)				
1	○ D19	1.50	1.50	23	—	4.50	5.00	1.272	2.710	967×967×40	754.400		
2	D22	1.50	1.50	23	—	4.50	5.00	1.291	2.710	967×967×40	754.400		
3	D25	1.50	1.50	23	—	4.50	5.00	1.304	2.710	967×967×40	754.400		

※1 のり面に直角に配置した場合は“—”と表示 ※2 各段で補強材の全長が異なる場合、最大となる全長を表示 ※3 ()は補強前安全率

これらの検討結果から、ネジ節棒鋼 (SD345) D19、縦間隔 1.50(m)、水平間隔 1.50(m)、23段配置が最も当該斜面に適していると判断する。

4.3 補強材配置後の安全性評価

前項で決定した配置で補強後斜面の安定性は以下の通りである。



補強材配置後の安全率結果					
項目		記号	単位	数 値 (常 時)	
				円弧A	円弧B
計算結果	補強前安全率	Fs	—	1.101	0.933
	計画安全率	Fsp	—	1.200	1.200
	補強後安全率	Fs	—	1.272	2.710
円弧	中心座標	X	m	-6.500	-7.000
		Y	m	59.500	56.500
	半径	r	m	60.902	54.470
計算要素	引き止め力	Sh	kN/m	47.940	3.461
	締め付け力	Ss	kN/m	182.410	46.204

施工段数： 23段

補強後安全率の算出 (円弧A)

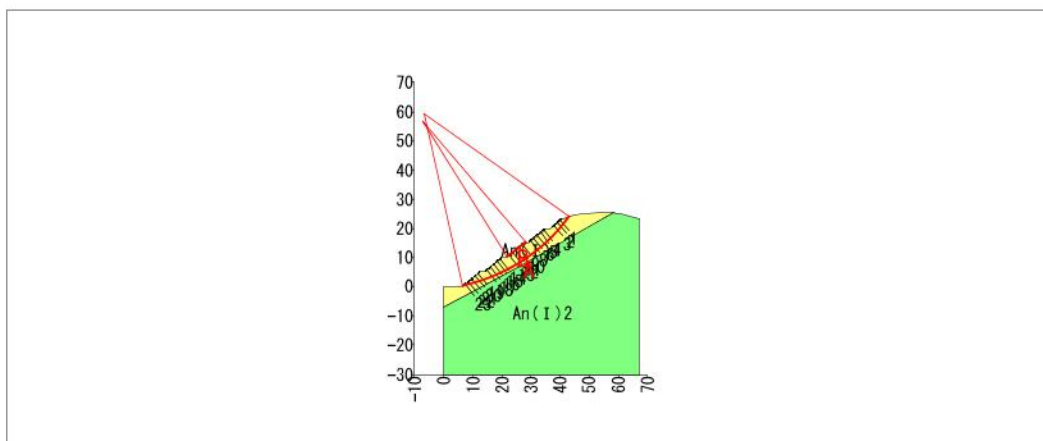
$$\begin{aligned} F_s &= \frac{\Sigma \{(N-U) \cdot \tan \phi + C \cdot l\} + Sh + Ss}{\Sigma T} \\ &= \frac{1486.41 + 47.940 + 182.410}{1349.45} \\ &= 1.272 \end{aligned}$$

補強後安全率の算出 (円弧B)

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{\Sigma \{(N-U) \cdot \tan \phi + C \cdot l\} + Sh + Ss}{\Sigma T} \\ &= \frac{26.09 + 3.461 + 46.204}{27.95} \\ &= 2.710 \end{aligned}$$

4.4 補強材の配置仕様と各補強材の抵抗力

決定した各補強材の仕様は以下の通りである。



補強材の規格						
番号	材料名	呼び径	単位重量 W(kg/m)	補強材径 d(mm)	断面積 As(cm ²)	腐食代
材-1	ネジ節棒鋼 (SD345)	D19	2.25	18.1	2.573	考慮する

補強材の配置結果										
補強材 No.	規格 番号	削孔径 D(mm)	配置座標		水平間隔 SH(m)	縦間隔 SV(m)	打設角度 α (°)	全長 L(m)	挿入長 L _B (m)	配置 のり面
			X (m)	Y (m)						
[1]	材-1	90.0	40.190	23.075	1.50	—	50.19	5.000	4.920	範囲 1
[2]	材-1	90.0	39.038	22.115	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 1
[3]	材-1	90.0	37.885	21.154	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 1
[4]	材-1	90.0	34.424	19.520	1.50	—	50.19	5.000	4.920	範囲 2
[5]	材-1	90.0	33.272	18.560	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 2
[6]	材-1	90.0	32.119	17.599	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 2
[7]	材-1	90.0	30.967	16.639	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 2
[8]	材-1	90.0	29.815	15.679	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 2
[9]	材-1	90.0	26.924	14.520	1.50	—	50.19	5.000	4.920	範囲 3
[10]	材-1	90.0	25.772	13.560	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 3
[11]	材-1	90.0	24.619	12.599	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 3
[12]	材-1	90.0	23.467	11.639	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 3
[13]	材-1	90.0	22.315	10.679	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 3
[14]	材-1	90.0	19.424	9.520	1.50	—	50.19	5.000	4.920	範囲 4
[15]	材-1	90.0	18.272	8.560	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 4
[16]	材-1	90.0	17.119	7.599	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 4
[17]	材-1	90.0	15.967	6.639	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 4
[18]	材-1	90.0	14.815	5.679	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 4
[19]	材-1	90.0	11.924	4.520	1.50	—	50.19	5.000	4.920	範囲 5
[20]	材-1	90.0	10.772	3.560	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 5
[21]	材-1	90.0	9.619	2.599	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 5

補強材の配置結果										
補強材 No.	規格番号	削孔径 D(mm)	配置座標		水平間隔 SH(m)	縦間隔 SV(m)	打設角度 α (°)	全長 L(m)	挿入長 L_B (m)	配置のり面
			X (m)	Y (m)						
[22]	材-1	90.0	8.467	1.639	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 5
[23]	材-1	90.0	7.315	0.679	1.50	1.50	50.19	5.000	4.920	範囲 5

各補強材による抵抗力一覧表(円弧A-常時)									
補強材 No.	β (°)	T1pa (kN/本)	T2pa (kN/本)	Tsa (kN/本)	Tpa (kN/本)	Td (kN/本)	Tm (kN/m)	Sh (kN/m)	Ss (kN/m)
[1]	101.89	149.018	47.005	51.460	47.005	32.904	21.936	-4.520	15.030
[2]	100.45	174.618	42.653	51.460	42.653	29.857	19.905	-3.610	13.706
[3]	99.02	196.847	38.875	51.460	38.875	27.213	18.142	-2.844	12.546
[4]	95.50	320.782	17.805	51.460	17.805	12.464	8.309	-0.796	5.791
[5]	94.09	331.682	15.953	51.460	15.953	11.167	7.445	-0.531	5.200
[6]	92.67	339.294	14.659	51.460	14.659	10.261	6.841	-0.319	4.785
[7]	91.26	343.788	13.894	51.460	13.894	9.726	6.484	-0.143	4.539
[8]	89.85	345.088	13.674	51.460	13.674	9.572	6.381	0.017	4.468
[9]	87.06	421.200	0.735	51.460	0.735	0.515	0.343	0.018	0.240
[10]	85.65	412.982	2.132	51.460	2.132	1.492	0.995	0.075	0.695
[11]	84.23	401.476	4.087	51.460	4.087	2.861	1.907	0.192	1.329
[12]	82.81	386.776	6.587	51.460	6.587	4.611	3.074	0.385	2.136
[13]	81.38	368.788	9.645	51.460	9.645	6.752	4.501	0.675	3.116
[14]	78.55	406.494	3.235	51.460	3.235	2.265	1.510	0.300	1.036
[15]	77.11	378.559	7.984	51.460	7.984	5.589	3.726	0.831	2.543
[16]	75.66	347.165	17.999	51.460	17.999	12.599	8.399	2.080	5.698
[17]	74.20	312.224	38.397	51.460	38.397	26.878	17.919	4.879	12.073
[18]	72.72	273.647	59.344	51.460	51.460	36.022	24.015	7.133	16.057
[19]	69.78	269.841	37.469	51.460	37.469	26.228	17.485	6.043	11.489
[20]	68.27	220.112	60.396	51.460	51.460	36.022	24.015	8.891	15.621
[21]	66.74	166.406	83.917	51.460	51.460	36.022	24.015	9.484	15.449
[22]	65.20	108.541	108.211	51.460	51.460	36.022	24.015	10.073	15.265
[23]	63.63	46.447	133.172	51.460	46.447	32.513	21.675	9.627	13.598
計								47.940	182.410

※T1pa、T2pa、Tsaの囲みはTpaとして用いる値を示す。

各補強材による抵抗力一覧表(円弧B-常時)									
補強材 No.	β (°)	T1pa (kN/本)	T2pa (kN/本)	Tsa (kN/本)	Tpa (kN/本)	Td (kN/本)	Tm (kN/m)	Sh (kN/m)	Ss (kN/m)
[1]		—	72.339	51.460					
[2]		—	72.339	51.460					
[3]		—	72.339	51.460					
[4]		—	72.339	51.460					

各補強材による抵抗力一覧表(円弧B-常時)									
補強材 No.	β (°)	T1pa (kN/本)	T2pa (kN/本)	Tsa (kN/本)	Tpa (kN/本)	Td (kN/本)	Tm (kN/m)	Sh (kN/m)	Ss (kN/m)
[5]		—	72.339	51.460					
[6]		—	72.339	51.460					
[7]		—	72.339	51.460					
[8]		—	72.339	51.460					
[9]	89.14	42.982	65.031	51.460	42.982	30.087	20.058	0.301	14.043
[10]	87.56	39.265	65.664	51.460	39.265	27.486	18.324	0.780	12.819
[11]	85.98	31.912	66.913	51.460	31.912	22.338	14.892	1.044	10.402
[12]	84.40	21.018	68.766	51.460	21.018	14.713	9.809	0.957	6.836
[13]	82.81	6.488	71.236	51.460	6.488	4.542	3.028	0.379	2.104
[14]		—	72.339	51.460					
[15]		—	72.339	51.460					
[16]		—	77.017	51.460					
[17]		—	91.475	51.460					
[18]		—	105.879	51.460					
[19]		—	83.342	51.460					
[20]		—	97.800	51.460					
[21]		—	112.206	51.460					
[22]		—	126.663	51.460					
[23]		—	141.068	51.460					
計								3.461	46.204

※T1pa、T2pa、Tsaの囲みはTpaとして用いる値を示す。

4.5 補強材の計算

ここまでは、一覧表として補強材の抵抗力などを示したが、ここでは代表1段の詳細計算を示す。

(1) 補強材による抵抗力の算出(円弧A-常時)

ここでは、前項の条件、数値、および数式を用いて補強材の抵抗力を求めるものとする。

< 補強材 No.1 >

① 補強材の許容補強材力の算出 Tpa

$$T_{1pa} = \frac{1}{1 - \mu} \cdot \min(\Sigma (L1 \times tpa), \Sigma (L1 \times tca)) = \frac{1}{1 - 0.83} \times 25.333$$

$$= 149.018 \quad (\text{kN})$$

$$T_{2pa} = \min(\Sigma (L2 \times tpa), \Sigma (L2 \times tca))$$

$$= 47.005 \quad (\text{kN})$$

$$T_{sa} = \sigma_{sa} \cdot A_s = 200.0 \times 10^3 \times 2.865 \times 10^{-4}$$

$$= 51.460 \quad (\text{kN})$$

μ	:	のり面工の低減係数	
L1	:	移動土塊の有効定着長	(m)
L2	:	不動地山の有効定着長	(m)
σ_{sa}	:	補強材の許容引張り応力度	(kN/m ²)
A_s	:	補強材の断面積	(m ²)

よって Tpa は、T2pa < Tsa < T1pa より T2pa とする。

② 補強材による抵抗力の算出

前項で算出されたTpaより、補強材による引き止め力Sh、および補強材による締め付け力Ssを求める。

$$T_d = \lambda \cdot T_{pa} = 0.7 \times 47.005 = 32.904 \quad (\text{kN/本})$$

$$T_m = \frac{T_d}{SH} = \frac{32.904}{1.50} = 21.936 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sh = T_m \cdot \cos \beta_i = 21.936 \times \cos(101.89)$$

$$= -4.520 \quad (\text{kN/m})$$

$$S_s = T_m \cdot \sin \beta_i \cdot \tan \phi_i = 21.936 \times \sin(101.89) \times 0.700208$$

$$= 15.030 \quad (\text{kN/m})$$

T_m	:	補強材の設計引張り力	(kN/m)
λ	:	補強材の引張り力の低減係数	
T_{pa}	:	補強材の許容補強材力	(kN/本)
β_i	:	補強材とすべり面とのなす角度	(°)
ϕ_i	:	内部摩擦角	(°)
T_d	:	1本当りの設計引張り力	(kN/本)
SH	:	水平間隔	(m)

(2) 補強材による抵抗力の算出(円弧B-常時)

ここでは、前項の条件、数値、および数式を用いて補強材の抵抗力を求めるものとする。

< 補強材 No.1 >

すべり面と交差しないため、補強材の抵抗力は発生しない。

4.6 のり面工の設計

(1) のり面工範囲 1の検討

グリーンパネル レギュラーサイズ について安全性を検討する。

① 計算条件

項 目	記 号	単 位	数 値
設計引張り力	T_d	kN/本	36.022
のり面工の低減係数	μ	—	0.83
のり面工に作用する補強材引張り力	T_o	kN/本	29.899

② のり面工の諸元

項 目	記 号	単 位	数 値
規格	—	—	レギュラーサイズ
許容設計荷重	T_A	kN	123.0
受圧面積	A	m ²	0.935
製品重量	W	kg	16.8
寸法 (縦×横×厚さ)	—	mm	967×967×40

③ のり面工に作用する補強材引張り力の照査

設計引張り力 T_d は、最大値 [補強材 No. 18] 36.022 (kN/本) を使用する。

のり面工に作用する補強材引張り力 T_o を照査する。

$$\begin{aligned}
 T_o &= \mu \cdot T_d = 0.83 \times 36.022 \\
 &= 29.899 \text{ (kN/本)} \leq T_A = 123.0 \text{ (kN/本)} \cdots \text{OK}
 \end{aligned}$$

したがって、グリーンパネル レギュラーサイズ を採用する。

(2) のり面工範囲 2の検討

グリーンパネル レギュラーサイズ について安全性を検討する。

① 計算条件

項目	記号	単位	数値
設計引張り力	T_d	kN/本	36.022
のり面工の低減係数	μ	—	0.83
のり面工に作用する補強材引張り力	T_o	kN/本	29.899

② のり面工の諸元

項目	記号	単位	数値
規格	—	—	レギュラーサイズ
許容設計荷重	T_A	kN	123.0
受圧面積	A	m ²	0.935
製品重量	W	kg	16.8
寸法 (縦×横×厚さ)	—	mm	967×967×40

③ のり面工に作用する補強材引張り力の照査

設計引張り力 T_d は、最大値 [補強材 No. 18] 36.022 (kN/本) を使用する。

のり面工に作用する補強材引張り力 T_o を照査する。

$$\begin{aligned} T_o &= \mu \cdot T_d = 0.83 \times 36.022 \\ &= 29.899 \text{ (kN/本)} \leq T_A = 123.0 \text{ (kN/本)} \cdots \text{OK} \end{aligned}$$

したがって、グリーンパネル レギュラーサイズ を採用する。

(3) のり面工範囲 3の検討

グリーンパネル レギュラーサイズ について安全性を検討する。

① 計算条件

項目	記号	単位	数値
設計引張り力	T_d	kN/本	36.022
のり面工の低減係数	μ	—	0.83
のり面工に作用する補強材引張り力	T_o	kN/本	29.899

② のり面工の諸元

項目	記号	単位	数値
規格	—	—	レギュラーサイズ
許容設計荷重	T_A	kN	123.0
受圧面積	A	m ²	0.935
製品重量	W	kg	16.8
寸法 (縦×横×厚さ)	—	mm	967×967×40

③ のり面工に作用する補強材引張り力の照査

設計引張り力 T_d は、最大値 [補強材 No. 18] 36.022 (kN/本) を使用する。

のり面工に作用する補強材引張り力 T_o を照査する。

$$\begin{aligned} T_o &= \mu \cdot T_d = 0.83 \times 36.022 \\ &= 29.899 \text{ (kN/本)} \leq T_A = 123.0 \text{ (kN/本)} \cdots \text{OK} \end{aligned}$$

したがって、グリーンパネル レギュラーサイズ を採用する。

(4) のり面工範囲 4の検討

グリーンパネル レギュラーサイズ について安全性を検討する。

① 計算条件

項目	記号	単位	数値
設計引張り力	T_d	kN/本	36.022
のり面工の低減係数	μ	—	0.83
のり面工に作用する補強材引張り力	T_o	kN/本	29.899

② のり面工の諸元

項目	記号	単位	数値
規格	—	—	レギュラーサイズ
許容設計荷重	T_A	kN	123.0
受圧面積	A	m ²	0.935
製品重量	W	kg	16.8
寸法 (縦×横×厚さ)	—	mm	967×967×40

③ のり面工に作用する補強材引張り力の照査

設計引張り力 T_d は、最大値 [補強材 No. 18] 36.022 (kN/本) を使用する。

のり面工に作用する補強材引張り力 T_o を照査する。

$$\begin{aligned} T_o &= \mu \cdot T_d = 0.83 \times 36.022 \\ &= 29.899 \text{ (kN/本)} \leq T_A = 123.0 \text{ (kN/本)} \cdots \text{OK} \end{aligned}$$

したがって、グリーンパネル レギュラーサイズ を採用する。

(5) のり面工範囲 5の検討

グリーンパネル レギュラーサイズ について安全性を検討する。

① 計算条件

項目	記号	単位	数値
設計引張り力	T_d	kN/本	36.022
のり面工の低減係数	μ	—	0.83
のり面工に作用する補強材引張り力	T_o	kN/本	29.899

② のり面工の諸元

項目	記号	単位	数値
規格	—	—	レギュラーサイズ
許容設計荷重	T_A	kN	123.0
受圧面積	A	m ²	0.935
製品重量	W	kg	16.8
寸法 (縦×横×厚さ)	—	mm	967×967×40

③ のり面工に作用する補強材引張り力の照査

設計引張り力 T_d は、最大値 [補強材 No. 18] 36.022 (kN/本) を使用する。

のり面工に作用する補強材引張り力 T_o を照査する。

$$\begin{aligned} T_o &= \mu \cdot T_d = 0.83 \times 36.022 \\ &= 29.899 \text{ (kN/本)} \leq T_A = 123.0 \text{ (kN/本)} \cdots \text{OK} \end{aligned}$$

したがって、グリーンパネル レギュラーサイズ を採用する。