

## 補強材の抵抗力の算出方法

### (1) 許容付着力の算出

許容付着力の算出式を以下に示す。

許容付着力  $t_a$  (kN/m)は、 $t_{pa}$  と  $t_{ca}$ の最も小さい値のものとする。

ただし、地山と注入材の許容付着力  $t_{pa}$ 及び、補強材と注入材の許容付着力  $t_{ca}$  は、以下の式による。

$$t_{pa} = \frac{p \cdot D}{F_{sa}} \quad (\text{kN/m})$$

$t_{pa}$  : 地山と注入材の許容付着力 (kN/m)  
 $p$  : 地山と注入材の周面摩擦抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $D$  : 削孔径 (m)  
 $F_{sa}$  : 周面摩擦抵抗の安全率

$$t_{ca} = c_a \cdot d$$

$t_{ca}$  : 補強材と注入材の許容付着力 (kN/m)  
 $c_a$  : 補強材と注入材の許容付着応力度 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $d$  : 補強材径 (m)

### (2) 補強材の許容補強材力の算出

補強材の許容補強材力の算出方法、並びに算出式を以下に示す。

許容補強材力  $t_{pa}$  (kN/本)は、 $T_{1pa}$ 、 $T_{2pa}$ 、 $T_{sa}$ の最も小さい値のものとする。

前項で算出された  $t_a$ より、「移動土塊から受ける引抜き抵抗力( $T_{1pa}$ )」、「不動地山から受ける引抜き抵抗力( $T_{2pa}$ )、補強材の材料による「補強材の許容引張り( $T_{sa}$ )」は以下の式で求められる。

$$T_{1pa} = \frac{1}{1 - \mu} \cdot L_1 \cdot t_a$$

$T_{1pa}$  : 移動土塊から受ける引抜き抵抗力 (kN/本)  
 $\mu$  : 設計引張り力の低減係数  
 $L_1$  : 移動土塊の有効定着長 (m)

$$T_{2pa} = L_2 \cdot t_a$$

$T_{2pa}$  : 不動地山から受ける引抜き抵抗力 (kN/本)  
 $L_2$  : 不動地山の有効定着長 (m)

$$T_{sa} = s_a \cdot A_s$$

$T_{sa}$  : 補強材の許容引張り力 (kN/本)  
 $s_a$  : 補強材の許容引張り応力度 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $A_s$  : 補強材の断面積 (m<sup>2</sup>)

以上の結果より、補強後の安定計算式を以下に示す。

常時

$$F_s = \frac{\{ (N - U) \cdot \tan \phi \} + (C \cdot l) + Sh + Ss}{T}$$

$F_s$	: すべり安全率		
$N$	: 分割片の重力による法線力	( $N = W \cos \alpha$ )	(kN/m)
$U$	: 分割片に働く間隙水圧	( $U = u \cdot l$ )	(kN/m)
$T$	: 分割片の重力による接線力	( $T = W \sin \alpha$ )	(kN/m)
$l$	: 分割片のすべり面長		(m)
	: すべり面の内部摩擦角		( $^{\circ}$ )
$C$	: すべり面の粘着力		(kN/m <sup>2</sup> )
$W$	: 単位幅あたりの分割片重量		(kN/m)
	: すべり面の傾斜角		( $^{\circ}$ )
$Sh$	: 補強材による引き止め力	( $Sh = T_m \cdot \cos \theta$ )	(kN/m)
$Ss$	: 補強材による絞めつけ力	( $Ss = T_m \cdot \sin \theta \cdot \tan \phi$ )	(kN/m)
$T_m$	: 補強材の設計引張力		(kN/m)
	: 補強材設置角度 (すべり面と補強材とのなす角度)		( $^{\circ}$ )

## 補強材による抵抗力の算出 (円弧 A - 仮設)

ここでは、前項の条件、数値、および数式を用いて 補強材 No.1 の抵抗力を求めるものとする。

< 補強材 No.1 >

各補強材の層ごとに求められた値を以下に示す。

層	L1(n)*tpa	L1(n)*tca	L2(n)*tpa	L2(n)*tca
地層1	4.658	400.332	3.825	328.722
合計	4.658	400.332	3.825	328.722

(1) 補強材の許容補強材力の算出 Tpa

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

$\mu$  : 設計引張り力の低減係数  
 $L1$  : 移動土塊の有効定着長 (m)

$$= \frac{1}{1 - 0.7} \times 4.658$$

$$= 15.527 \quad (\text{kN})$$

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

$L2$  : 不動地山の有効定着長 (m)

$$= 3.825 \quad (\text{kN})$$

$$T_{sa} = s_a \cdot A_s$$

$s_a$  : 補強材の許容引張り応力度 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $A_s$  : 補強材の断面積 (m<sup>2</sup>)

$$= 264.7 \times 10^3 \times 2.865 \times 10^{-4}$$

$$= 75.837 \quad (\text{kN})$$

よって Tpa は、T2pa < T1pa < Tsa 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 $T_{pa}$ より、補強材による引止め力 $Sh$ 、および補強材による締め付け力 $Ss$ を求める。

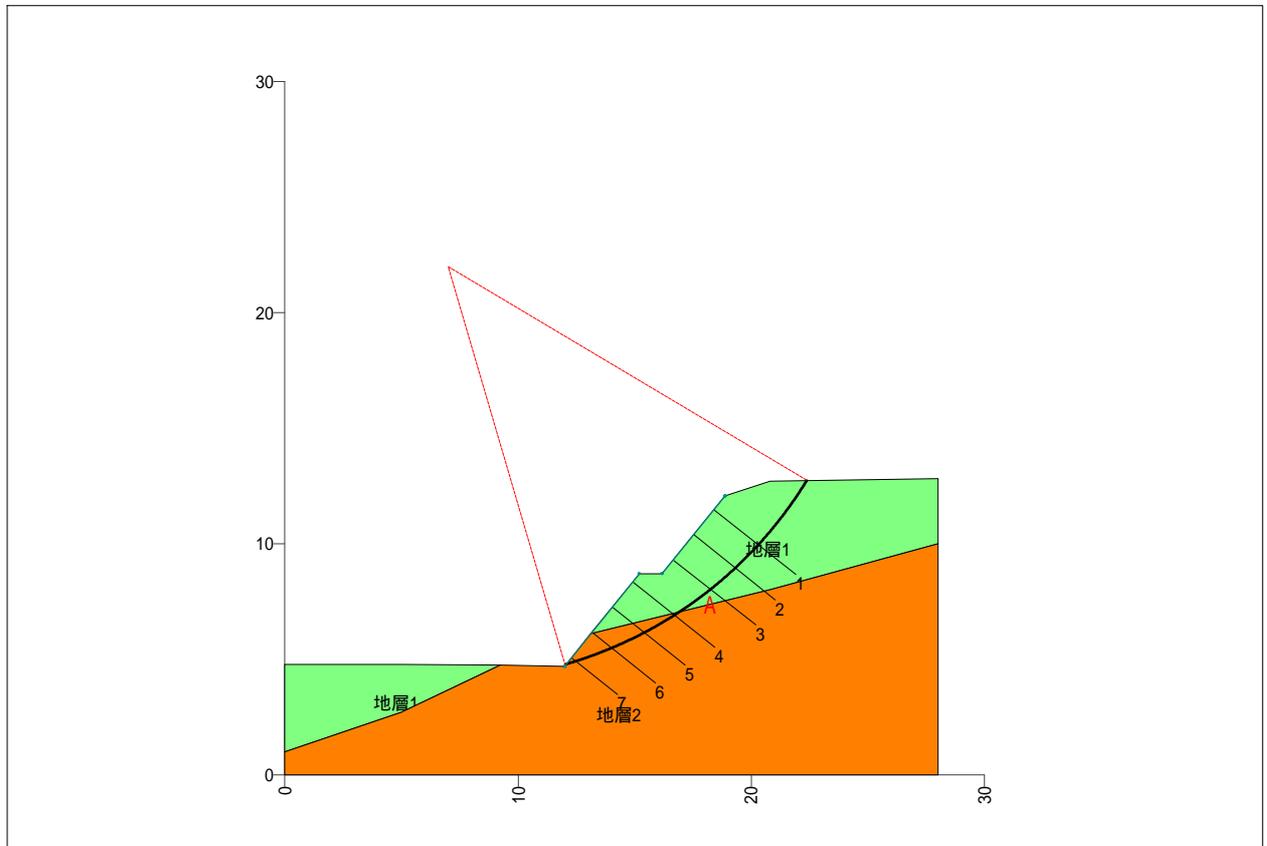
$$\begin{aligned}
 Sh &= T_m \cdot \cos i \\
 &= \frac{\cdot T_{pa}}{SH} \cdot \cos i \\
 &= \frac{0.7 \times 3.825}{1.4} \times \cos( 86.60 ) \\
 &= 0.113 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

$T_m$  : 補強材の設計引張り力 (kN/m)  
 $T_m = T_d / SH$   
 $T_d = \cdot T_{pa}$   
: 補強材引張り力の低減係数  
 $T_{pa}$  : 許容補強材力 (kN/本)  
 $i$  : 補強材と分割片で切られたすべり面となす角度(°)  
 $i$  : 内部摩擦角 (°)

$$\begin{aligned}
 Ss &= T_m \cdot \sin i \cdot \tan i \\
 &= \frac{\cdot T_{pa}}{SH} \cdot \sin i \cdot \tan i \\
 &= \frac{0.7 \times 3.825}{1.4} \times \sin( 86.60 ) \times 0.363970 \\
 &= 0.695 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

$T_d$  : 1本当りの設計引張り力 (kN/本)  
 $SH$  : 水平間隔 (m)

## 各補強材による抵抗力一覧表 (円弧 A - 仮設)



## 補強材の諸元

材 料 名	呼び径	補強材径 d(mm)	断面積 As(cm <sup>2</sup> )	削孔径 D(mm)	鉛直間隔 SV(m)	水平間隔 SH(m)
異形鋼棒	D19	19.1	2.865	45.00	1.4	1.4

## 各補強材による抵抗力一覧表

円弧 A

補強材 No.	(°)	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]	86.60	15.527	3.825	75.837	3.825	2.678	1.913	0.113	0.695
[2]	82.07	14.647	22.905	75.837	14.647	10.253	7.324	1.010	2.640
[3]	77.55	13.063	56.535	75.837	13.063	9.144	6.531	1.408	2.321
[4]	71.47	29.383	70.955	75.837	29.383	20.568	14.691	4.669	11.688
[5]	66.72	80.963	72.110	75.837	72.110	50.477	36.055	14.250	27.791
[6]	61.79	117.140	77.948	75.837	75.837	53.086	37.919	17.924	28.039
[7]	56.58	32.987	72.571	75.837	32.987	23.091	16.494	9.084	11.552
計								48.458	84.726

## 各補強材における層ごとの挿入長 (円弧A - 仮設)

	記号	単位	数 値	備 考
周面摩擦抵抗の安全率	Fsa		1.500	
削孔径	D	mm	45.00	
補強材径	d	mm	19.10	
補強材と注入材の許容付着応力度	ca	N/mm <sup>2</sup>	2.7	

## 補強材 No.1

層	L	L1(n)	L2(n)	p	tpa	tca	L1・tpa	L1・tca	L2・tpa	L2・tca
地層1	4.500	2.471	2.029	20.00	1.885	162.012	4.658	400.332	3.825	328.722
合 計	4.500	2.471	2.029				4.658	400.332	3.825	328.722

## 補強材 No.2

層	L	L1(n)	L2(n)	p	tpa	tca	L1・tpa	L1・tca	L2・tpa	L2・tca
地層1	3.895	2.331	1.564	20.00	1.885	162.012	4.394	377.650	2.948	253.387
地層2	0.605	0.000	0.605	350.00	32.987	162.012	0.000	0.000	19.957	98.017
合 計	4.500	2.331	2.169				4.394	377.650	22.905	351.404

## 補強材 No.3

層	L	L1(n)	L2(n)	p	tpa	tca	L1・tpa	L1・tca	L2・tpa	L2・tca
地層1	2.829	2.079	0.750	20.00	1.885	162.012	3.919	336.823	1.414	121.509
地層2	1.671	0.000	1.671	350.00	32.987	162.012	0.000	0.000	55.121	270.722
合 計	4.500	2.079	2.421				3.919	336.823	56.535	392.231

## 補強材 No.4

層	L	L1(n)	L2(n)	p	tpa	tca	L1・tpa	L1・tca	L2・tpa	L2・tca
地層1	2.209	2.209	0.000	20.00	1.885	162.012	4.164	357.885	0.000	0.000
地層2	2.292	0.141	2.151	350.00	32.987	162.012	4.651	22.844	70.955	348.488
合 計	4.500	2.349	2.151				8.815	380.729	70.955	348.488

## 補強材 No.5

層	L	L1(n)	L2(n)	p	tpa	tca	L1・tpa	L1・tca	L2・tpa	L2・tca
地層1	1.143	1.143	0.000	20.00	1.885	162.012	2.155	185.180	0.000	0.000
地層2	2.857	0.671	2.186	350.00	32.987	162.012	22.134	108.710	72.110	354.158
合 計	4.000	1.814	2.186				24.289	293.890	72.110	354.158

## 補強材 No.6

層	L	L1(n)	L2(n)	p	tpa	tca	L1・tpa	L1・tca	L2・tpa	L2・tca
地層1	0.076	0.076	0.000	20.00	1.885	162.012	0.143	12.313	0.000	0.000
地層2	3.424	1.061	2.363	350.00	32.987	162.012	34.999	171.895	77.948	382.834
合計	3.500	1.137	2.363				35.142	184.208	77.948	382.834

## 補強材 No.7

層	L	L1(n)	L2(n)	p	tpa	tca	L1・tpa	L1・tca	L2・tpa	L2・tca
地層2	2.500	0.300	2.200	350.00	32.987	162.012	9.896	48.604	72.571	356.426
合計	2.500	0.300	2.200				9.896	48.604	72.571	356.426

L : 補強材長さ (m)

L1 : 移動土塊の有効定着長 (m)

L2 : 不動地山の有効定着長 (m)

p : 地山と注入材の周面摩擦抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)

tpa : 地山と注入材の許容付着力 (kN/m)

tca : 補強材と注入材の許容付着力 (kN/m)

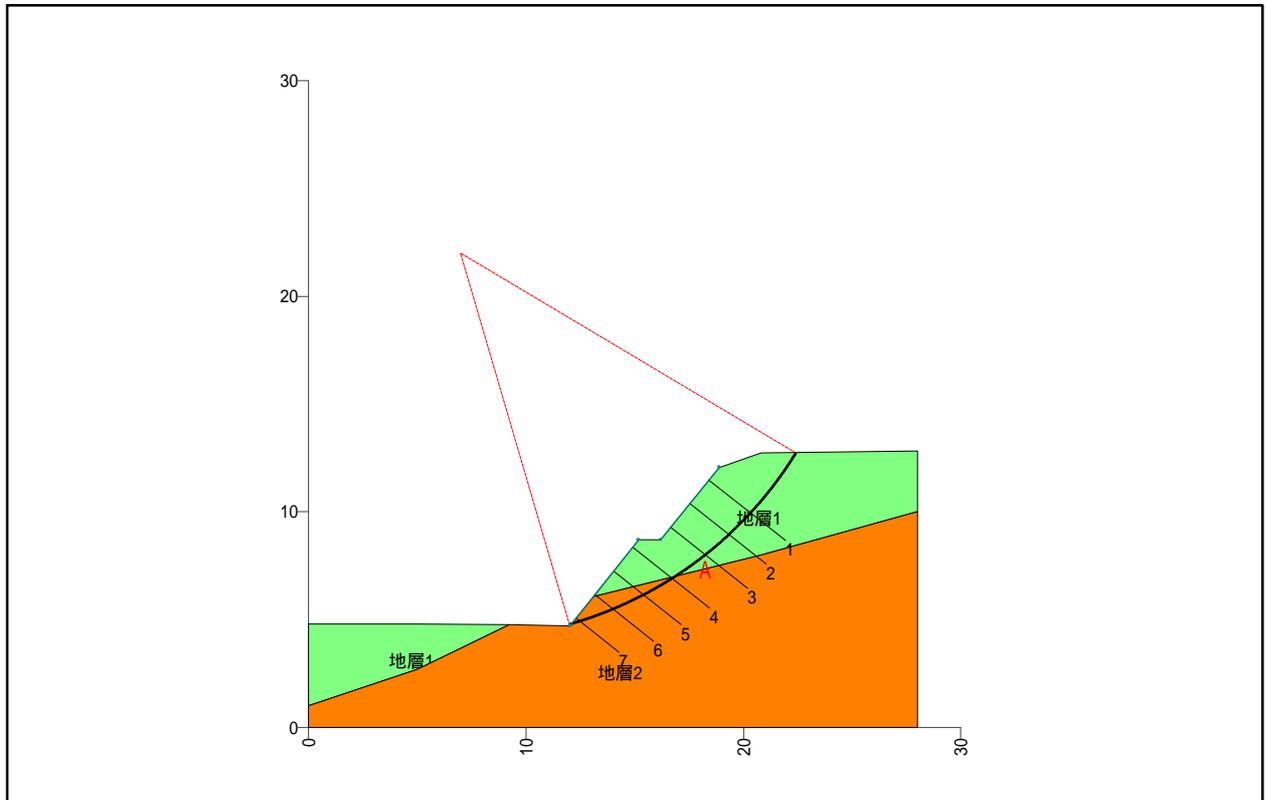
$$tpa = \frac{p \cdot D}{F_{sa}}$$

$$tca = ca \cdot d$$

現場名 \_\_\_\_\_

ケース名 ケース No.1 \_\_\_\_\_

備考 \_\_\_\_\_



## 補強材配置後の安全率結果

(仮設)

項 目				円弧 A
計 算 結 果	補 強 前 安 全 率	Fs	-	1.134
	計 画 安 全 率	p.Fs	-	1.200
	補 強 後 安 全 率	Fs	-	1.724
	中 心 座 標	X	m	7.000
		Y	m	22.000
半 径	r	m	17.996	
計 算 要 素	引 止 め 力	Sh	kN/m	48.458
	締 付 け 力	Ss	kN/m	84.726

施工段数： 7 段

## 補強材のせん断に対する検討 (仮設)

補強材のせん断抵抗力 に対して検討は次式で行う。

$$= \left( \frac{As \cdot sa}{\sin} \div SH \right)$$

- As : 補強材の断面積 (cm<sup>2</sup>)  
 sa : 補強材の許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
       : 補強材の分割片で切られたすべり面となす角度 (°)  
 SH : 水平間隔 (m)

従って、円弧すべり の必要抑止力 Pr と補強材のせん断抵抗力 の関係は、次表のようになる。

せん断に対する検討			
項	目		円弧 A
中 心 座 標	X	(m)	7.000
	Y	(m)	22.000
半 径	r	(m)	17.996
必 要 抑 止 力	Pr	(kN/m)	12.5
せん断抵抗力		(kN/m)	180.777
判 定			OK