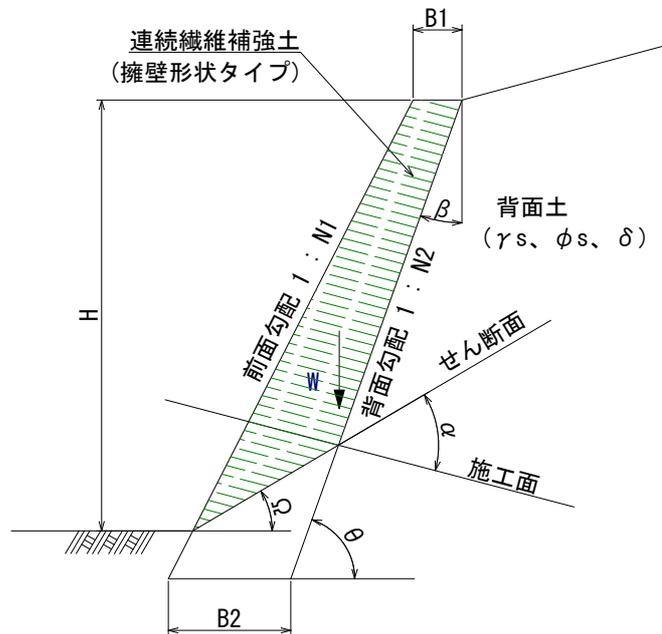


# ジオファイバー工法の安定計算 (擁壁形状タイプの計算)

Ver.2.0



## 本ソフトの概要・機能

- ・本ソフトは、擁壁形状タイプのジオファイバー工法の自立安定計算を行います。
- ・計算方法は、“法面保護用連続繊維補強土「ジオファイバー工法」設計・施工マニュアル 平成21年 4月 (財)土木研究センター” に準拠します。

## 使用方法

- ・安定計算書シートの入力条件表で黄色セルを入力して下さい。

## 参考文献

- ・法面保護用連続繊維補強土「ジオファイバー工法」設計・施工マニュアル 平成21年 4月 (財)土木研究センター

## 改訂履歴

- ・2011/08/29 (Ver.1.0) : 初期版作成
- ・2015/07/29 (Ver.2.0) : 初期版に手を加えて公開開始

## 擁壁形状タイプの連続繊維補強土の自立安定計算

図-1に示すように、擁壁の自重により壁体内部にせん断破壊面が発生するものと仮定し、せん断面における力の釣り合いから安定照査を行うものとする。

安定計算は、「法面保護用連続繊維補強土 ジオファイバー工法 設計・施工マニュアル(土木研究センター)」に準拠して行う。

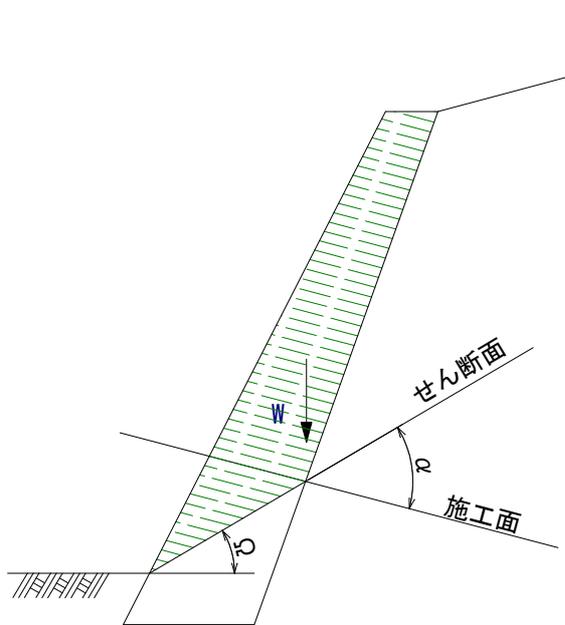


図-1 計算モデル断面図

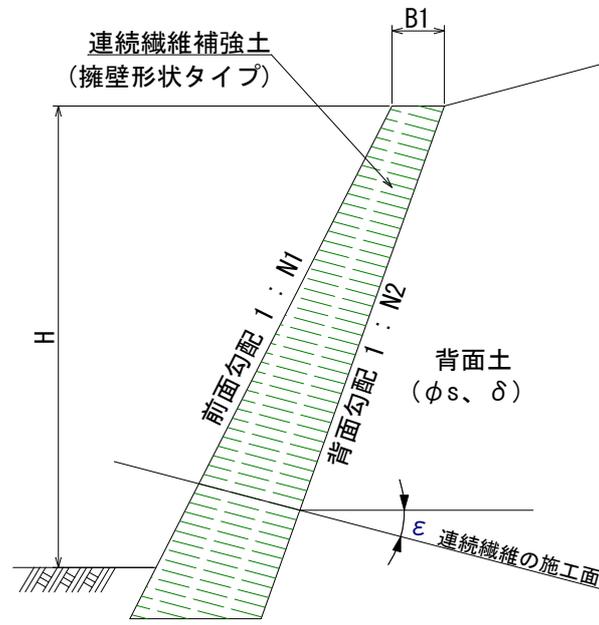


図-2 擁壁形状タイプ標準断面図

### (1) 計算条件表

項目	内容	記号	単位	数値	備考
連続繊維補強土	擁壁高(地表部高)	H	m	7.000	
	天端幅	B1	m	0.300	
	前面勾配	1 : N1 =	-	0.500	
	背面勾配	1 : N2 =	-	0.350	
	単位体積重量	$\gamma_{geo}$	$kN/m^3$	18.000	
	内部摩擦角	$\phi_{geo}$	°	37.000	
	施工面の角度	$\epsilon$	°	15.000	
背面土	内部摩擦角	$\phi_s$	°	30.000	
	壁面摩擦角	$\delta$	°	20.000	
安定条件	計画安全率	Fsp	-	1.500	

(2) 検討断面

検討断面を図-2 に示す。

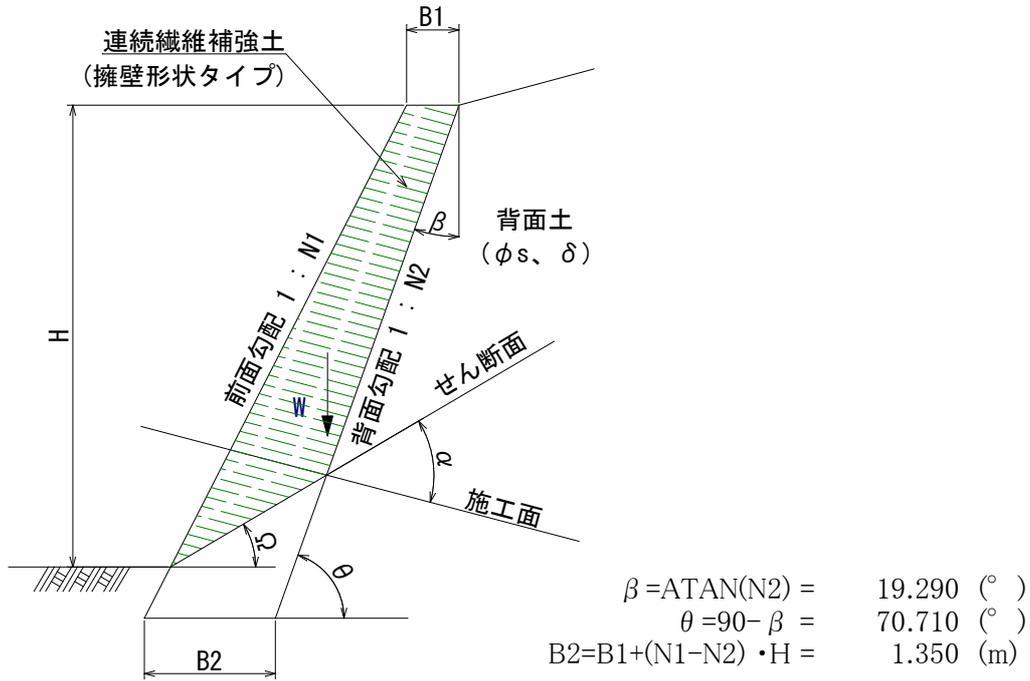


図-3 擁壁検討断面図

(3) せん断面とせん断力の設定

1) せん断面の設定方法

壁体内部を通過するせん断面は、擁壁つま先(根入れ上面)を起点として発生するものとし、せん断角度( $\Omega$ )を変化させることにより、最も安全率が小さくなる面とする。

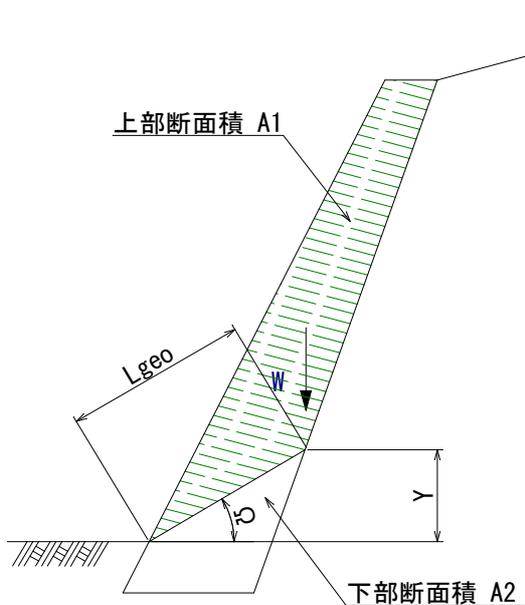


図-4 せん断面の設定

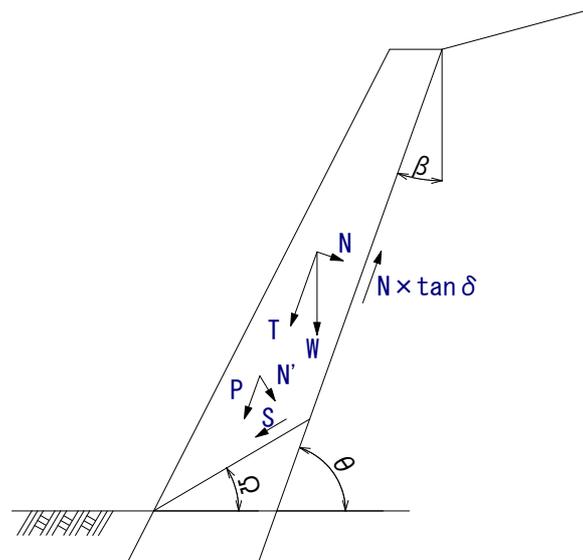


図-5 せん断力の設定

## 2) せん断力の計算方法

せん断力は、壁体の自重から算出するものとし、壁体の自重 $W$ を壁体背面方向に平行な $T$ および垂直な成分 $N$ に分け、以下の式により求める。

$$W = A1 \cdot \gamma_{\text{geo}} \text{ (kN)}$$

$$T = W \cdot \cos \beta \text{ (kN)}$$

$$N = W \cdot \sin \beta \text{ (kN)}$$

$$P = T - N \cdot \tan \delta \text{ (kN)}$$

$$S = P \cdot \cos \theta' \text{ (kN)}$$

ここに、 $W$ ：壁体の自重 (kN)

$T$ ：自重 $W$ の壁体背面方向に平行な成分(kN)

$N$ ：自重 $W$ の壁体背面方向に垂直な成分(kN)

$P$ ：せん断面に作用する壁体背面に平行な作用力(kN)

$S$ ：連続繊維補強土に作用するせん断力(kN)

$A$ ：壁体断面積

$$A = (B1 + B2) / 2 \cdot H \text{ (m}^2\text{)}$$

$A1$ ：せん断面より上部の壁体断面積

$$A1 = A - A2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$A2$ ：せん断面より下部の壁体断面積

$$A2 = 1/2 \cdot B2 \cdot Y \text{ (m}^2\text{)}$$

$Y$ ：せん断面と壁体背面の交点高さ

$$Y = B2 \cdot \tan \theta \cdot \tan \Omega / (\tan \theta - \tan \Omega) \text{ (m)}$$

$B1$ ：壁体の天端幅(m)

$B2$ ：壁体の下端幅(m)

$$B2 = B1 + (N1 - N2) \cdot H \text{ (m)}$$

$\gamma_{\text{geo}}$ ：連続繊維補強土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

$\beta$ ：壁体背面と鉛直面の成す角度

$$\beta = \text{ATAN}(N2) \text{ (}^\circ\text{)}$$

$\theta$ ：壁体背面と水平面の成す角度

$$\theta = 90 - \beta \text{ (}^\circ\text{)}$$

$\delta$ ：壁面摩擦角(°)

$\theta'$ ：壁体背面とせん断面の成す角度

$$\theta' = \theta - \Omega \text{ (}^\circ\text{)}$$

$\Omega$ ：せん断面と水平面の成す角度(°)

$N1$ ：壁体の前面勾配(1:N1)

$N2$ ：壁体の背面勾配(1:N2)

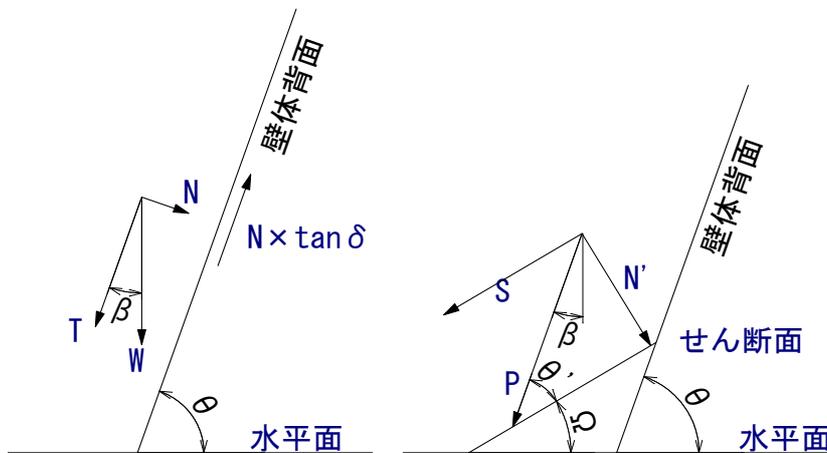


図-6 壁体内部のせん断力

#### (4) せん断抵抗力の設定

##### 1) せん断抵抗力の計算方法

せん断抵抗力は、連続繊維補強土の粘着力と、せん断面に作用する鉛直分力の摩擦力により構成される。せん断抵抗力の主体となる連続繊維補強土の粘着力は、施工面(繊維の打設面)とせん断面の成す角度 $\alpha$ によって異なるため、 $\alpha$ に応じた粘着力を用いて算出する。

##### 2) 連続繊維補強土の粘着力 ( $C_{geo}$ )

連続繊維補強土の粘着力は、施工面(繊維の打設面)とせん断面の成す角度 $\alpha$ に応じて表-1から求める。

施工面(繊維の打設面)とせん断面の成す角度 $\alpha$ は以下の式により求める。

$$\alpha = \Omega + \varepsilon$$

ここに、 $\Omega$  : せん断面と水平面の成す角度 ( $^{\circ}$ )

$\varepsilon$  : 施工面の角度 ( $^{\circ}$ )

表-1 連続繊維補強土の粘着力(標準値)

施工面とすべり面の成す角度( $\alpha$ )	$\alpha \geq 15^{\circ}$	$\alpha \geq 20^{\circ}$	$\alpha \geq 25^{\circ}$	$\alpha \geq 30^{\circ}$
粘着力 $C_{geo}(kN/m^2)$	19	22	25	30

##### 3) 連続繊維補強土のせん断抵抗長 ( $L_{geo}$ )

連続繊維補強土のせん断抵抗長は以下の式により求める。

$$L_{geo} = \frac{B2 \cdot \tan \theta \cdot \tan \Omega}{\sin \Omega \cdot (\tan \theta - \tan \Omega)} \quad (m)$$

ここに、 $B2$  : 壁体の下端幅(m)

$\theta$  : 壁体背面と水平面の成す角度 ( $^{\circ}$ )

$\Omega$  : せん断面と水平面の成す角度 ( $^{\circ}$ )

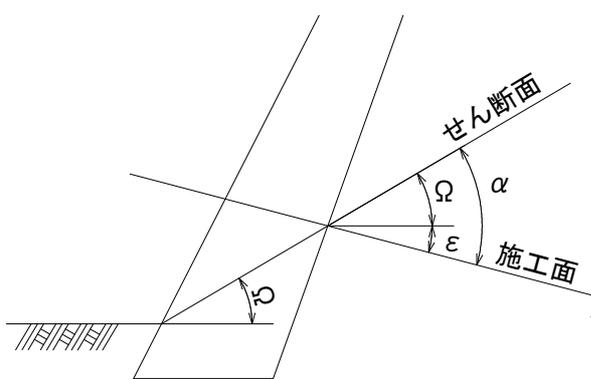


図-7 施工面とせん断面の成す角度

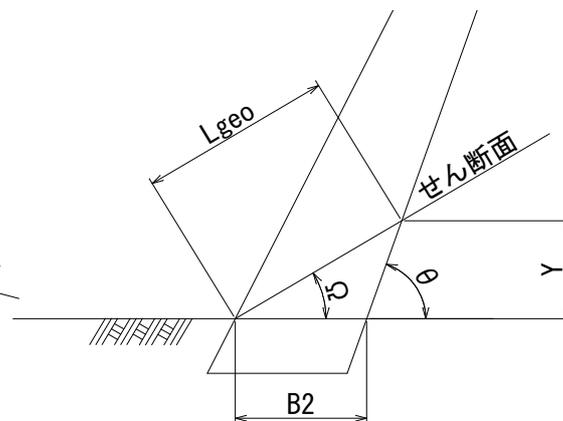


図-8 せん断抵抗長

4) 壁体内部のせん断面に対する鉛直分力 (N')

壁体内部のせん断面に対する鉛直分力は以下の式により求める。

$$N' = P \cdot \sin \theta' \quad (\text{kN})$$

ここに、P : せん断面に作用する壁体背面に平行な作用力 (kN)

$\theta'$  : 壁体背面とせん断面の成す角度  $\theta' = \theta - \Omega$  (°)

5) せん断抵抗力 (Sr)

せん断面が持つせん断抵抗力は以下の式により求める。

$$S_r = C_{\text{geo}} \cdot L_{\text{geo}} + N' \cdot \tan \phi_{\text{geo}} \quad (\text{kN})$$

ここに、 $C_{\text{geo}}$ : 連続繊維補強土の粘着力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$\phi_{\text{geo}}$ : 連続繊維補強土の内部摩擦角 (°)

$L_{\text{geo}}$ : 連続繊維補強土のせん断抵抗長 (m)

$N'$ : 壁体内部のせん断面に対する鉛直分力 (kN)

(5) 安定照査式

せん断抵抗力とせん断力のつり合いから安全率を求め、計画安全率を満足することを照査する。

$$F_s = \frac{S_r}{S} \geq F_{sp} = 1.50$$

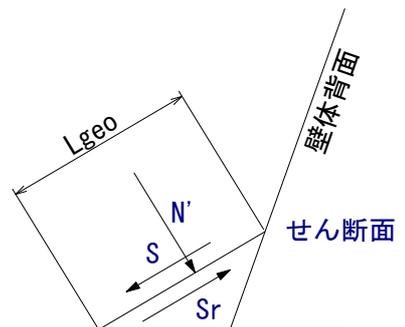


図-9 せん断面の作用力

(6) 安定計算

1) 安全率が最小となるせん断角度の計算

表-2-1～表-2-3、図-21に、せん断角度 $\Omega$ を5° から50° まで5° 刻みで変化させて安全率を計算した結果を示す。これより、 $\Omega=35^\circ$  が最も安全率が小さいことから、 $\Omega=35^\circ$  の場合について計算を行う。

•壁体高	H =	7.000 (m)
•天端幅	B1 =	0.300 (m)
•下端幅	B2 =	1.350 (m)
•壁体背面と鉛直面の成す角度	$\beta =$	19.290 (°)
•壁体背面と水平面の成す角度	$\theta =$	70.710 (°)
•壁面摩擦角	$\delta =$	20.000 (°)
•施工面の角度	$\varepsilon =$	15.000 (°)
•壁体断面積	A =	5.775 (m <sup>2</sup> )

表-2-1 安全率計算表(1)

せん断角度 $\Omega$ (°)	交点高 Y(m)	下部面積 A2(m <sup>2</sup> )	上部面積 A1(m <sup>2</sup> )	壁体自重 W(kN)	T = W・cos $\beta$	N = W・sin $\beta$	P = T - N・tan $\delta$
5.0	0.122	0.082	5.693	102.470	96.717	33.851	84.396
10.0	0.254	0.171	5.604	100.868	95.205	33.322	83.077
15.0	0.399	0.269	5.506	99.100	93.536	32.738	81.621
20.0	0.563	0.380	5.395	97.108	91.657	32.080	79.981
25.0	0.752	0.508	5.267	94.810	89.487	31.320	78.087
30.0	0.977	0.659	5.116	92.082	86.912	30.419	75.840
35.0	1.252	0.845	4.930	88.736	83.755	29.314	73.085
40.0	1.604	1.083	4.692	84.464	79.722	27.903	69.566
45.0	2.077	1.402	4.373	78.715	74.296	26.004	64.832
50.0	2.760	1.863	3.912	70.414	66.461	23.261	57.994

表-2-2 安全率計算表(2)

せん断角度 $\Omega$ (°)	$\alpha =$ $\Omega + \varepsilon$	Cgeo (kN/m <sup>2</sup> )	Lgeo (m)	$\theta' =$ $\theta - \Omega$	N' = P・sin $\theta'$	Cgeo × Lgeo	N' × tan $\phi$ geo
5.0	20.000	22.000	1.398	65.710	76.925	30.755	57.967
10.0	25.000	25.000	1.461	60.710	72.456	36.525	54.599
15.0	30.000	30.000	1.542	55.710	67.435	46.268	50.816
20.0	35.000	30.000	1.646	50.710	61.901	49.391	46.646
25.0	40.000	30.000	1.780	45.710	55.896	53.403	42.121
30.0	45.000	30.000	1.954	40.710	49.465	58.609	37.275
35.0	50.000	30.000	2.183	35.710	42.659	65.492	32.145
40.0	55.000	30.000	2.495	30.710	35.527	74.852	26.771
45.0	60.000	30.000	2.937	25.710	28.125	88.116	21.194
50.0	65.000	30.000	3.603	20.710	20.509	108.095	15.455

表-2-3 安全率計算表(3)

せん断角度 $\Omega$ (°)	抵抗力 Sr(kN)	せん断力 S(kN)	安全率 Fs=Sr/S
5.0	88.722	34.717	2.556
10.0	91.124	40.644	2.242
15.0	97.084	45.984	2.111
20.0	96.037	50.647	1.896
25.0	95.523	54.528	1.752
30.0	95.883	57.489	1.668
35.0	97.637	59.344	1.645
40.0	101.623	59.810	1.699
45.0	109.310	58.413	1.871
50.0	123.549	54.247	2.278

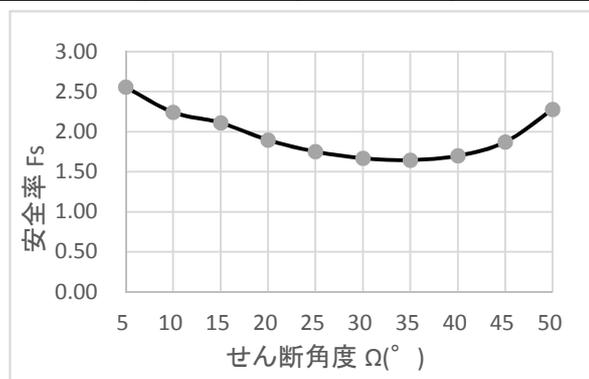


図-21 せん断角度と安全率

2)  $\Omega=35^\circ$  の場合の計算

安全率が最小となる  $\Omega=35.0^\circ$  の場合について計算を行う。

- 壁体背面と鉛直面の成す角度

$$\begin{aligned}\beta &= \text{ATAN}(N2) \\ &= \text{ATAN}(0.350) \\ &= 19.2900 (^\circ)\end{aligned}$$

- 壁体背面と水平面の成す角度

$$\begin{aligned}\theta &= 90 - \beta \\ &= 90 - 19.290 \\ &= 70.710 (^\circ)\end{aligned}$$

- 壁体断面積

$$\begin{aligned}A &= 1/2 \cdot (B1+B2) \cdot H \\ &= 1/2 \times (0.300+1.35) \times 7.000 \\ &= 5.775 (m^2)\end{aligned}$$

- せん断面と壁体背面の交点高さ

$$\begin{aligned}Y &= \frac{B2 \cdot \tan \theta \cdot \tan \Omega}{\tan \theta - \tan \Omega} \\ &= \frac{1.350 \times \tan(70.710) \times \tan(35.0)}{\tan(70.710) - \tan(35.0)} \\ &= \frac{2.701}{2.157} \\ &= 1.252 (m)\end{aligned}$$

- すべり面より下部の断面積

$$\begin{aligned}A2 &= 1/2 \cdot B2 \cdot Y \\ &= 1/2 \times 1.350 \times 1.252 \\ &= 0.845 (m^2)\end{aligned}$$

- すべり面より上部の断面積

$$\begin{aligned}A1 &= A - A2 \\ &= 5.775 - 0.845 \\ &= 4.930 (m^2)\end{aligned}$$

- 連続繊維補強土の自重

$$\begin{aligned}W &= A1 \cdot \gamma_{\text{geo}} \\ &= 4.930 \times 18.000 \\ &= 88.736 (kN)\end{aligned}$$

- 自重Wの壁体背面方向に平行な成分

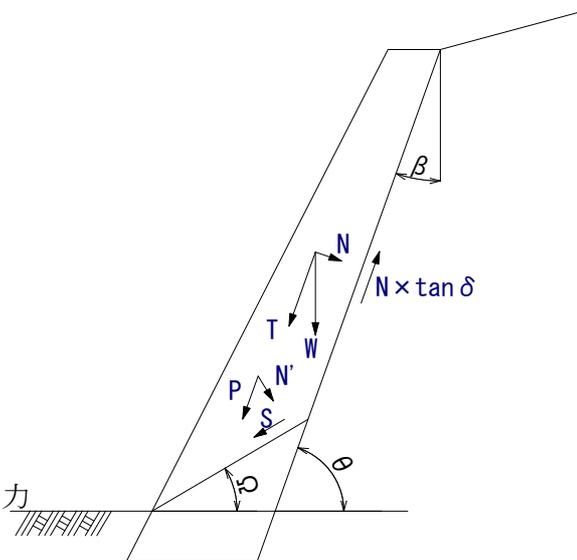
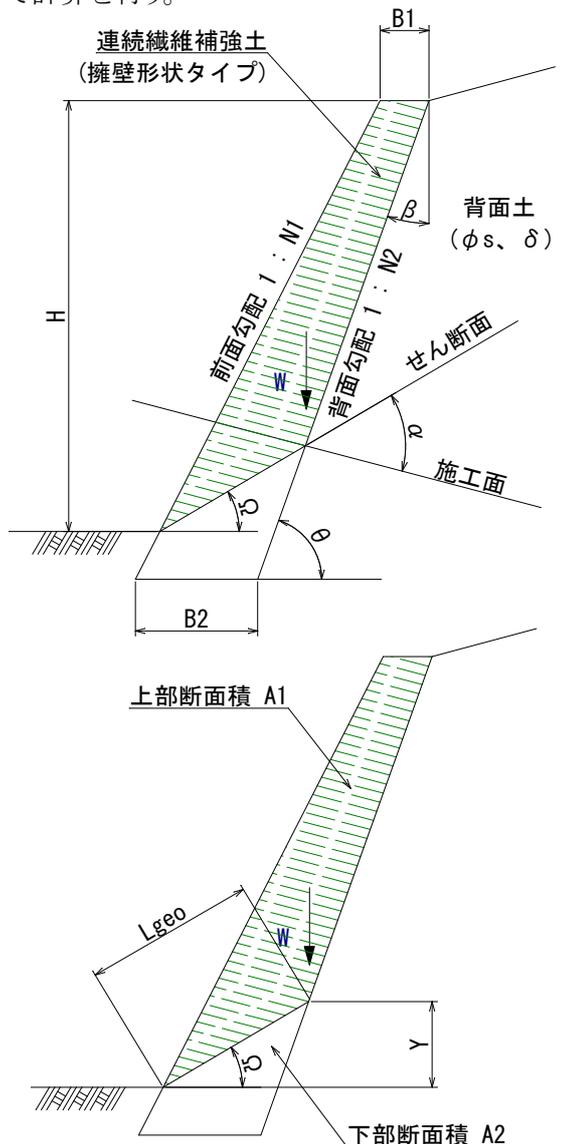
$$\begin{aligned}T &= W \cdot \cos \beta \\ &= 88.736 \times \cos(19.290) \\ &= 83.755 (kN)\end{aligned}$$

- 自重Wの壁体背面方向に鉛直な成分

$$\begin{aligned}N &= W \cdot \sin \beta \\ &= 88.736 \times \sin(19.290) \\ &= 29.314 (kN)\end{aligned}$$

- せん断面に作用する壁体背面に平行な作用力

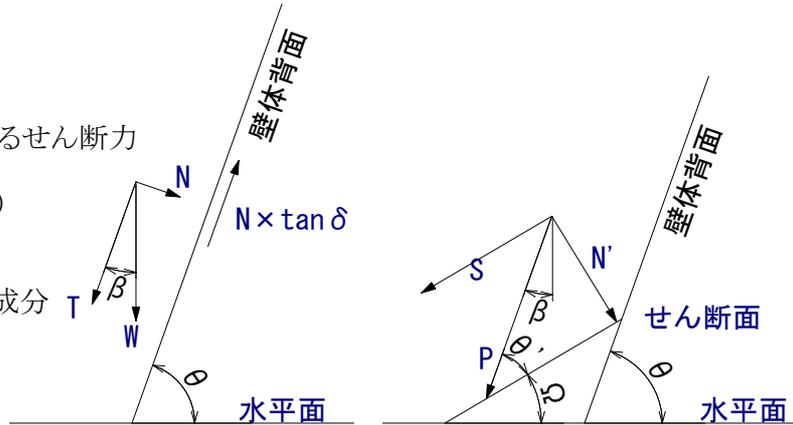
$$\begin{aligned}P &= T - N \cdot \tan \delta \\ &= 83.755 - 29.314 \times \tan(20.000) \\ &= 73.085 (kN)\end{aligned}$$



- 壁体背面とせん断面の成す角度  
 $\theta' = \theta - \Omega$   
 $= 70.710 - 35.000$   
 $= 35.710 (^{\circ})$

- 連続繊維補強土に作用するせん断力  
 $S = P \cdot \cos \theta'$   
 $= 73.085 \times \cos(35.710)$   
 $= 59.344 \text{ (kN)}$

- せん断面に作用する鉛直成分  
 $N' = P \cdot \sin \theta'$   
 $= 73.085 \times \sin(35.710)$   
 $= 42.659 \text{ (kN)}$



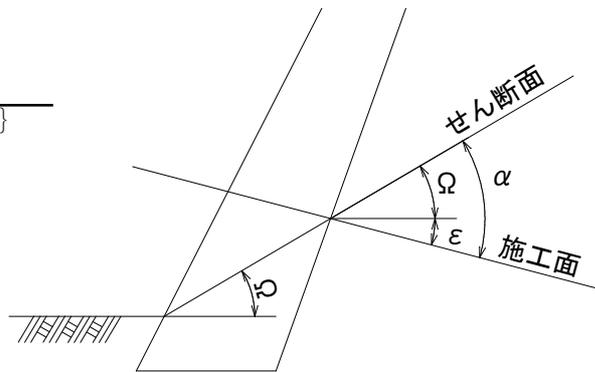
- せん断抵抗長

$$L_{geo} = \frac{B_2 \cdot \tan \theta \cdot \tan \Omega}{\sin \Omega (\tan \theta - \tan \Omega)}$$

$$= \frac{1.350 \times \tan(70.710) \times \tan(35)}{\sin(35) \times \{\tan(70.710) - \tan(35)\}}$$

$$= \frac{2.701}{1.237}$$

$$= 2.183 \text{ (m)}$$



- 施工面とせん断面の成す角度  
 $\alpha = \Omega + \epsilon$   
 $= 35.000 + 15.000$   
 $= 50.000 (^{\circ})$

- 連続繊維補強土の粘着力

施工面とせん断面の成す角度  $\alpha$  に応じて、以下のように設定する。(表-1参照)

$$C_{geo} = 30.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- せん断抵抗力

$$S_r = C_{geo} \cdot L_{geo} + N' \cdot \tan(\phi_{geo})$$

$$= 30.0 \times 2.183 + 42.659 \times \tan(37.0)$$

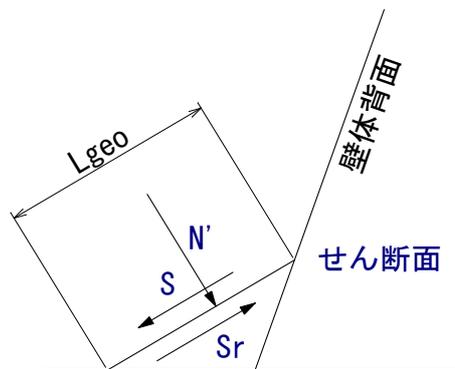
$$= 97.637 \text{ (kN)}$$

- せん断破壊に対する安全率

$$F_s = \frac{S_r}{S}$$

$$= \frac{97.637}{59.344}$$

$$= 1.645 \geq F_{sp} = 1.50$$



..... O.K.