

多数アンカー工法 内の安定計算書

現場名 ○○○道路改良工事

ケース名 参考書計算例 (常時・地震時)

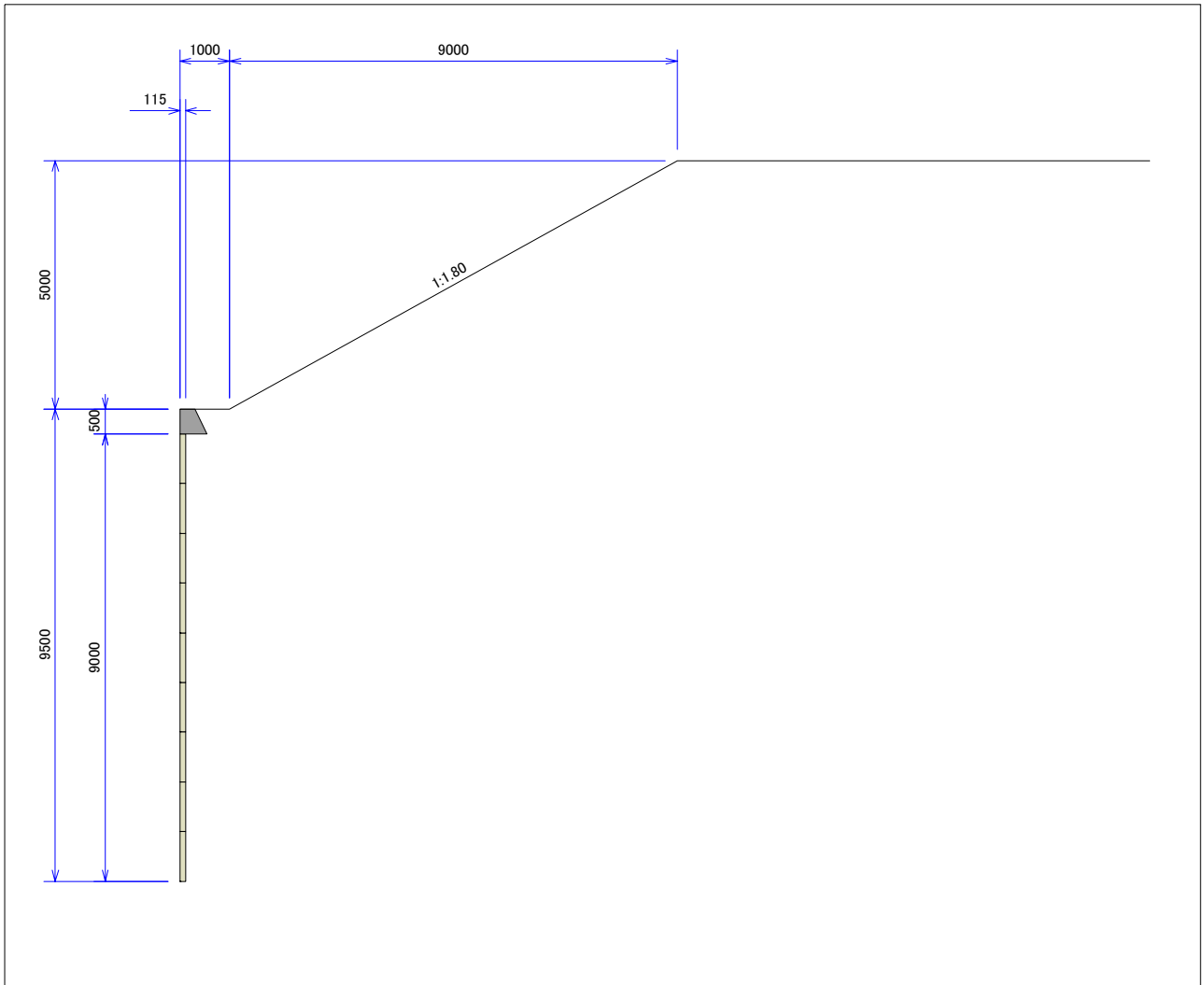
備考

1. 内の安定計算

1.1 設計条件

1.1.1 検討断面寸法

検討する断面を以下に記す。



検討断面寸法

ここに

全壁高 : $H' = 9.500$ (m)

壁面材高 : $H = 9.000$ (m)

笠石高 : $H_4 = 0.500$ (m)

小段幅 : $B = 1.000$ (m)

上載盛土勾配 : $n = 1.80$

上載盛土高 : $H_1 = 5.000$ (m)

壁面材の厚み : $t = 0.115$ (m)

壁面材 : 標準タイプ

1.1.2 盛土材料

盛土材料の設計に用いる土質定数は次のとおりとする。

単位体積重量 : $\gamma_1 = 19.0$ (kN/m³)

せん断抵抗角 : $\phi_1 = 30.0$ (°)

粘着力 : $c_1 = 0.000$ (kN/m²)

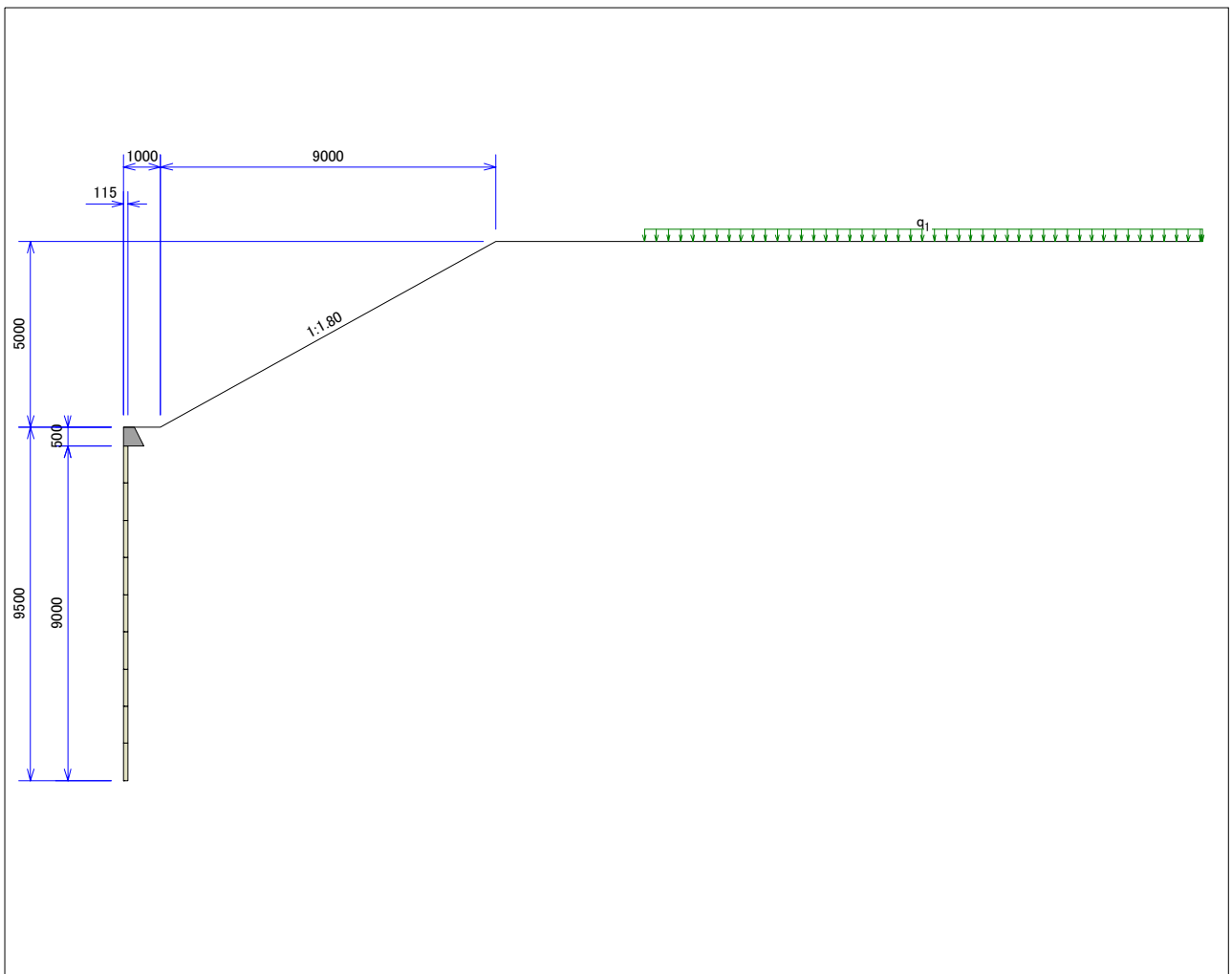
「多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル」 P33では、盛土材料について次のように記載されている。

- 多数アンカー式補強土壁は、壁面材とアンカープレート群に挟まれた盛土材料の拘束補強効果によって安定を保つ構造である。この拘束補強効果はアンカープレートの引抜き抵抗力により決められているため、効果を大きく得るには、せん断抵抗角の大きなあるいは粘着力の大きな盛土補強材料を用いるのが有利である。
- 盛土材料として膨潤性泥岩および膨潤性凝灰岩、葉片状および粘土状蛇紋岩、片岩などを用いる場合には、スレーキングや破碎性について適否を慎重に検討することが重要である。これらのような、細粒化の恐れのある材料については、突き固め試験等を行い細粒化された土の性質を把握し、これを盛土材料の規格に照らし合わせてその適否を判断するとともに、粒径の変化に伴う体積の減少等についても検討が必要である。盛土材料に大きい粒径の材料が混入していると締固めが難しくなるとともに、支持力に不均等を生じることがあるため、最大粒径を300mm以下とする。

(一部抜粋)

1.1.3 上載荷重(常時)

常時における上載荷重は次のとおりとする。



荷重図

上載荷重一覧表(常時)

荷重名称	記号	載荷座標 X (m)		分布幅 B_L (m)	荷重 q (kN/m ²)	荷重分類
		開始	終了			
上載荷重 1	q_1	14.000	29.000	15.000	10.000	活荷重

※載荷座標は壁面材の前面からの距離としている。

1.1.4 補強材(タイバー)材料

使用するタイバーは以下のものから選定する。なお、下表の値は各部位における許容引張力の値を示す。

(常時、腐食しろ1.0mm)

単位：kN/本

タイバー		プレート		コネクター				接続ロッドアイ止めボルト				コネクター止めボルト			
機材規格	値	サブ	値	シングル		ダブル		シングル用		ダブル用		シングル用		ダブル用	
				規格	値	規格	値	規格	値	規格	値	規格	値	規格	値
M20	30.5	無	29.1	4.5S	38.2	4.5D	36.3	8.8T	50.6	8.8T	68.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5
M22	38.3	有	62.2	6.0S	54.6	6.0D	52.4	8.8T	50.6	8.8T	68.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5
M24	44.8	有	69.9	6.0S	54.6	6.0D	52.4	8.8T	50.6	8.8T	68.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5
M27	59.1	有	79.5	9.0S	87.4	9.0D	86.0	10.9T	66.0	10.9T	74.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5
M30	72.7	有	89.2	9.0S	87.4	9.0D	86.0	10.9T	66.0	10.9T	74.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5

(地震時、腐食しろ1.0mm)

単位：kN/本

タイバー		プレート		コネクター				接続ロッドアイ止めボルト				コネクター止めボルト			
機材規格	値	サブ	値	シングル		ダブル		シングル用		ダブル用		シングル用		ダブル用	
				規格	値	規格	値	規格	値	規格	値	規格	値	規格	値
M20	45.7	無	43.6	4.5S	57.3	4.5D	54.4	8.8T	75.8	8.8T	103.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0
M22	57.4	有	93.2	6.0S	81.9	6.0D	78.6	8.8T	75.8	8.8T	103.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0
M24	67.2	有	105.0	6.0S	81.9	6.0D	78.6	8.8T	75.8	8.8T	103.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0
M27	88.7	有	119.0	9.0S	131.0	9.0D	129.0	10.9T	99.0	10.9T	112.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0
M30	109.0	有	134.0	9.0S	131.0	9.0D	129.0	10.9T	99.0	10.9T	112.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0

1.1.5 安全率・許容応力度

内的安定検討に用いる安全率および許容応力度は以下のとおりとする。

アンカープレートの引抜きに対する安全率	常時	$F_{pu} = 3.0$
	地震時	$F_{pu} = 2.0$

1.2 補強材の検討(常時)

1.2.1 土圧係数の算出

多数アンカー式補強土壁は前壁に壁面土圧が作用する。変形に対しては比較的柔な壁面を有する構造物であり、内部安定検討の設計に用いる土圧には主働土圧を用いる。

タイバーの各敷設位置に作用する土圧の算出に用いる土圧係数 K_A は次式により算出する。

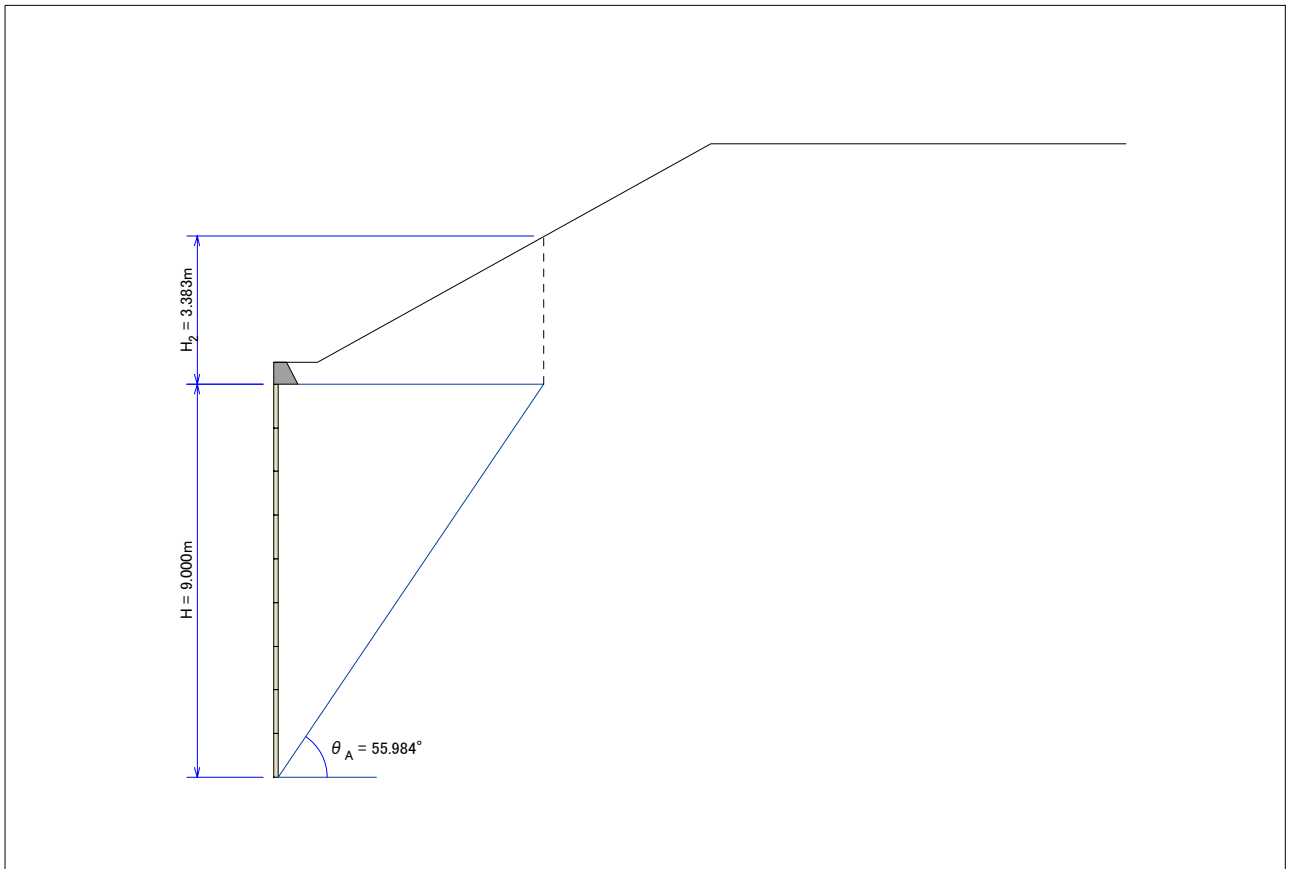
$$\begin{aligned} K_A &= \frac{\cos^2 \phi_1}{\cos \delta \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_1 + \delta) \cdot \sin \phi_1}{\cos \delta}} \right\}^2} \\ &= \frac{\cos^2 30.0}{\cos 20.000 \times \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(30.0 + 20.000) \times \sin 30.0}{\cos 20.000}} \right\}^2} \\ &= 0.297 \\ \theta_A &= \cot^{-1} \left\{ \frac{1}{\cos(\phi_1 + \delta)} \cdot \sqrt{\frac{\cos \delta \cdot \sin(\phi_1 + \delta)}{\sin \phi_1}} - \tan(\phi_1 + \delta) \right\} \\ &= \cot^{-1} \left\{ \frac{1}{\cos(30.0 + 20.000)} \times \sqrt{\frac{\cos 20.000 \times \sin(30.0 + 20.000)}{\sin 30.0}} - \tan(30.0 + 20.000) \right\} \\ &= 55.984 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

ここに

主働土圧係数	:	K_A	
主働崩壊角	:	θ_A	($^\circ$)
盛土材料のせん断抵抗角	:	ϕ_1	= 30.0 ($^\circ$)
壁面摩擦角 ($\frac{2}{3} \cdot \phi_1$)	:	δ	= 20.000 ($^\circ$)

1.2.2 荷重換算高さの算出

換算盛土高さは、主働崩壊線が壁頂部からの水平線に交わる点から、上方に延長し、のり斜面と交差する高さまでとする。



荷重換算高さは次のように算出することができる。

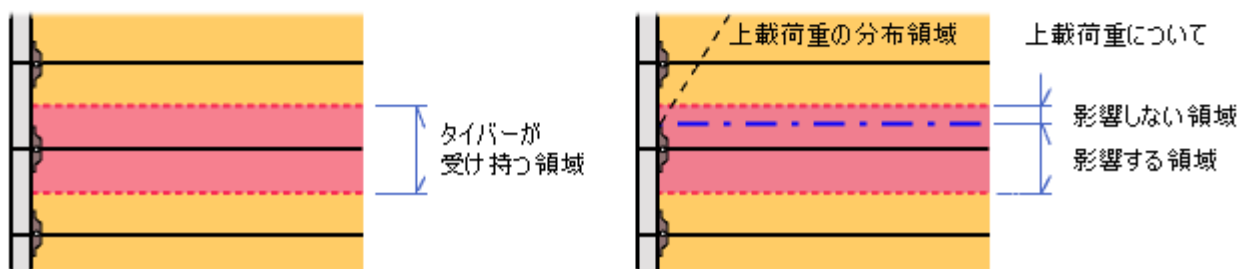
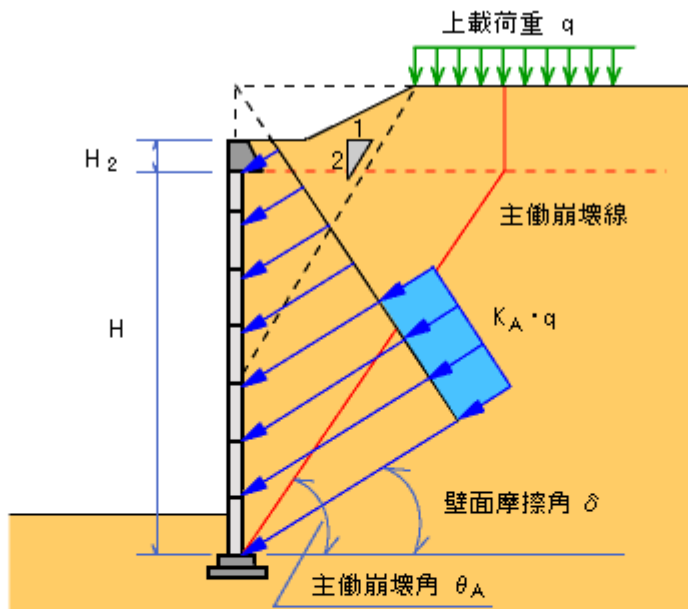
$$\begin{aligned} H_2 &= \min\left(\frac{H \cdot \cot \theta_A - B_b}{n}, H_1\right) + H_4 = \min\left(\frac{9.000 \times \cot 55.984 - 0.885}{1.80}, 5.000\right) + 0.500 \\ &= 3.383 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

ここに

- 壁面材高 : $H = 9.000$ (m)
- 上載盛土高 : $H_1 = 5.000$ (m)
- 上載盛土勾配 : $n = 1.80$
- 主働崩壊角 : $\theta_A = 55.984$ (°)
- 小段幅 : $B = 1.000$ (m)
- 壁面材の厚み : $t = 0.115$ (m)
- 小段幅(版厚控除) : $B_b = 0.885$ (m)
- 笠石高 : $H_4 = 0.500$ (m)

1.2.3 各段に作用する荷重の算出

盛土表面に載荷される上載荷重 q の影響は補強土壁の断面方向に鉛直と水平との比が2:1の勾配で盛土内に及ぶものとする。したがって、壁面と上載荷重とが交わる深さ以下においては、上載荷重による水平土圧 $q \cdot K_A$ が作用するものとする。このとき、上載荷重は荷重分散によって深度方向に低減しないものとする。



上図のように、荷重の影響によっては、タイバー1本が受け持つ領域内に荷重が影響する領域と影響しない領域が発生する。この場合は、以後の計算においても分割して計算を実施する。

なお、計算式については、以下のとおりとする。

$$q_{Li} = \sum q_i$$

$$q_i = q$$

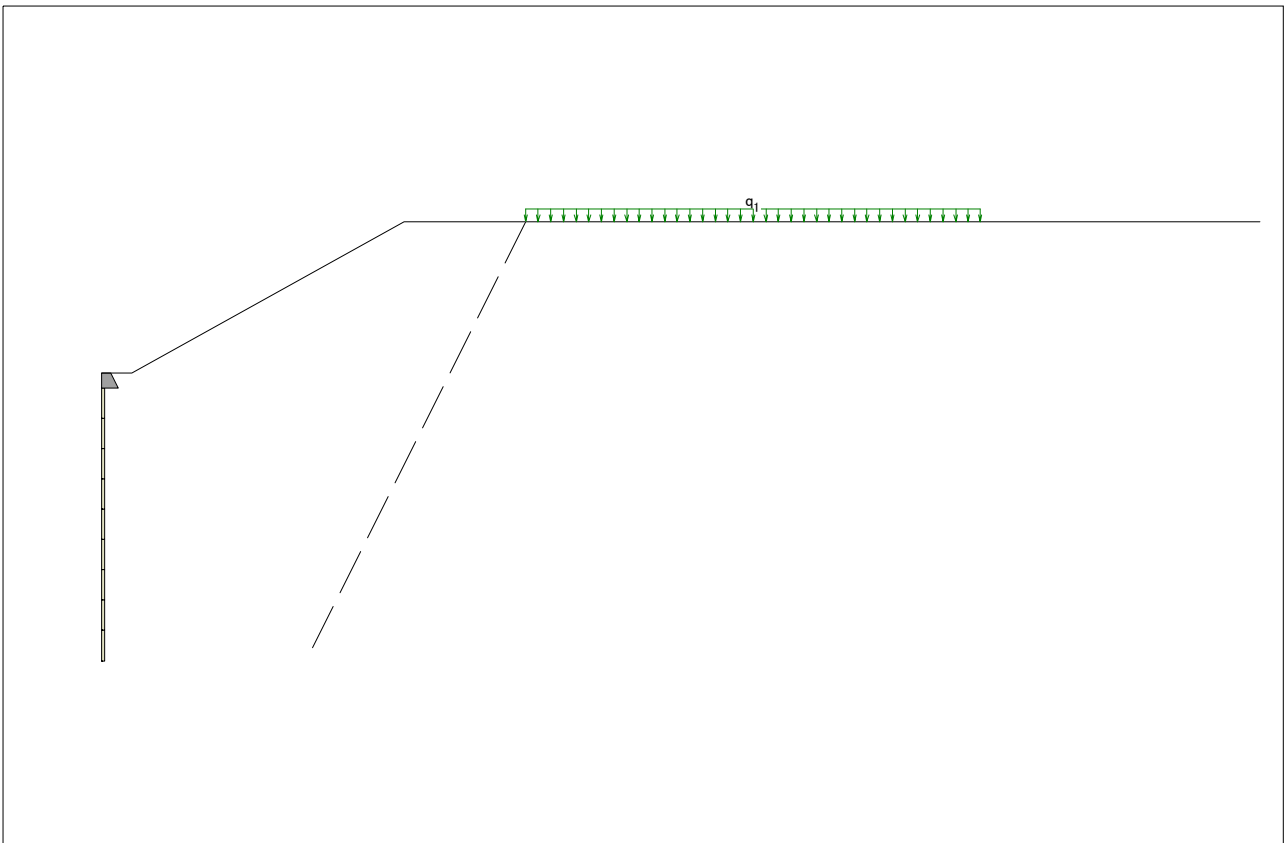
ここに

$$q_{Li} : i \text{段目における上載荷重合計} \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$q_i : i \text{段目における上載荷重} \quad (\text{kN/m}^3)$$

次頁に荷重を算出した一覧表および荷重集計表を記載する。

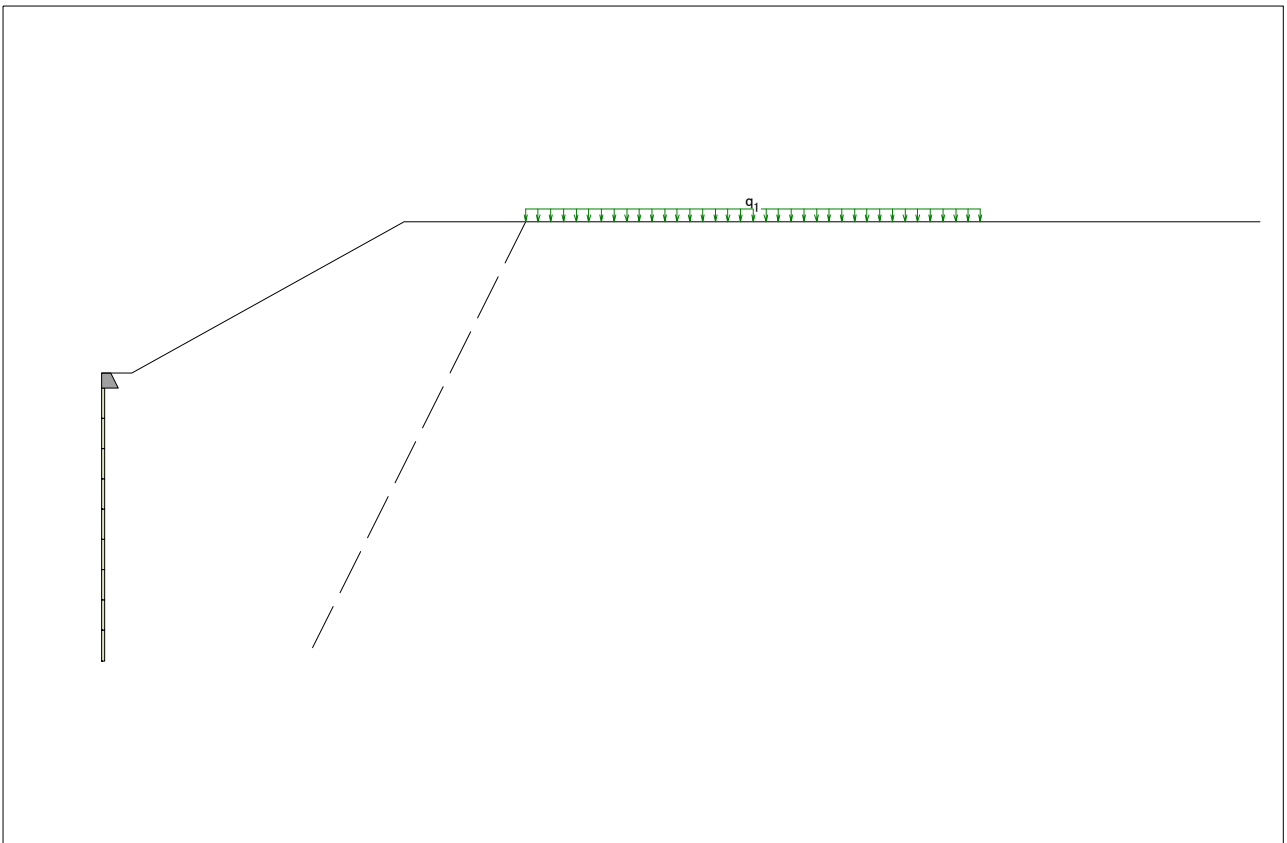
活荷重算出一覧表(常時)



算出条件項目	記号	単位	数値
荷重名称 : 上載荷重 1	q_L	(kN/m ²)	10.000
路面または地表面における活荷重の分布幅	B_L	m	15.000

段数i	z (m)	荷重換算値 q_{Li} (kN/m ²)	備考
1	0.000	-	
	0.500		
2	0.500	-	
	1.500		
3	1.500	-	
	2.500		
4	2.500	-	
	3.500		
5	3.500	-	
	4.500		
6	4.500	-	
	5.500		
7	5.500	-	
	6.500		

活荷重算出一覧表(常時)



算出条件項目	記号	単位	数値
荷重名称 : 上載荷重 1	q_L	(kN/m ²)	10.000
路面または地表面における活荷重の分布幅	B_L	m	15.000

段数i	z (m)	荷重換算値 q_{Li} (kN/m ²)	備考
8	6.500	-	
	7.500		
9	7.500	-	
	8.500		
10	8.500	-	
	9.000		

1.2.4 前壁に作用する土圧の算出

壁面材の天端から*i*段目のタイバー敷設位置における土圧力は次式によって算出する。

$$P_i = K_A \cdot \gamma_1 (z_i + H_2) + q_{Li} \cdot K_A$$

ここに

K_A	：	主働土圧係数	
γ_1	：	盛土材料の単位体積重量	(kN/m ³)
z_i	：	壁面材天端から <i>i</i> 段目のタイバーまでの位置までの深さ	(m)
z	：	タイバーの受けもつ範囲の深さ(上端・下端)	(m)
H_2	：	上載盛土の換算荷重高さ	(m)
q_{Li}	：	<i>i</i> 段目における上載荷重の合計	(kN/m ²)

1本のタイバーが受けもつ範囲の境界にて土圧力を算出し、その平均値を土圧力としている。よって、最終的に*i*段目の土圧力は次のようになる。

$$P_i = \{p_{(i)} + p_{(i+1)}\} / 2$$

$$p_i = K_A \cdot \gamma_1 (z_i + H_2) + q_i \cdot K_A$$

ここに

$p_{(i)}$	：	<i>i</i> 段目における境界上段の土圧力	(kN/m ²)
$p_{(i+1)}$	：	<i>i</i> 段目における境界下段の土圧力	(kN/m ²)

前壁に作用する土圧力一覧表(常時)

算出条件項目	記号	単位	数値
主働土圧係数	K_A	-	0.297
盛土材料の単位体積重量	γ_1	kN/m^3	19.0
上載盛土の換算荷重高さ	H_2	m	3.383

段数i	z_i (m)	z (m)	q_{Li} (kN/m^2)	$p^{(i)}, p^{(i+1)}$ (kN/m^2)	P_i (kN/m^2)
1	0.175	0.000	0.000	19.090	20.501
		0.500		21.912	
2	1.000	0.500	0.000	21.912	24.734
		1.500		27.555	
3	2.000	1.500	0.000	27.555	30.377
		2.500		33.198	
4	3.000	2.500	0.000	33.198	36.020
		3.500		38.841	
5	4.000	3.500	0.000	38.841	41.663
		4.500		44.484	
6	5.000	4.500	0.000	44.484	47.306
		5.500		50.127	
7	6.000	5.500	0.000	50.127	52.949
		6.500		55.770	
8	7.000	6.500	0.000	55.770	58.592
		7.500		61.413	
9	8.000	7.500	0.000	61.413	64.235
		8.500		67.056	
10	8.815	8.500	0.000	67.056	68.467
		9.000		69.877	

1.2.5 タイバーに働く引張力の算出

壁面材天端から*i*番目のタイバーに働く引張力 T_i はタイバーの敷設位置における土圧を用いて、次式により算出する。

$$P_{hi} = P_i \cdot \cos \delta \cdot \Delta H_i \cdot \Delta L_i$$

$$T_i = P_{hi}$$

ここに

P_{hi} : 天端から*i*段目のタイバーの敷設位置における土圧 (kN/m²)

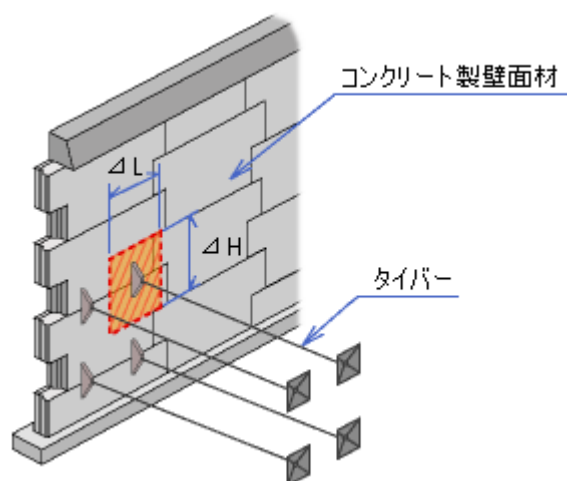
P_i : 天端から*i*段目のタイバーの敷設位置における土圧 (kN/m²)

δ : 壁面摩擦角 $\delta = \frac{2}{3} \cdot \phi_1$ (°)

ϕ_1 : 盛土材料のせん断抵抗角 (°)

ΔH_i : *i*段目における鉛直間隔 (m)

ΔL_i : *i*段目における水平間隔 (m)



壁面材の種類	鉛直間隔 ΔH_i	水平間隔 ΔL_i
標準用	1.00	0.75
高土圧用	1.00	0.50

ただし、前述したように上載荷重の影響によって、受けもつ領域が分離する場合は、その間隔を鉛直間隔として計算を実施する。

次頁に引張力一覧表を記載する。

タイバーに働く引張力一覧表(常時)

算出条件項目	記号	単位	数値
壁面摩擦角	δ	°	20.000
盛土材料のせん断抵抗角	ϕ_1	°	30.0
$\cos \delta$	-	°	0.940

段数i	z (m)	$\triangle H_i$ (m)	$\triangle L_i$ (m)	P_i (kN/m ²)	P_{hi} (kN/本)	T_i (kN)
1	0.000	0.500	0.750	20.501	7.227	7.227
	0.500					
2	0.500	1.000	0.750	24.734	17.437	17.437
	1.500					
3	1.500	1.000	0.750	30.377	21.416	21.416
	2.500					
4	2.500	1.000	0.750	36.020	25.394	25.394
	3.500					
5	3.500	1.000	0.750	41.663	29.372	29.372
	4.500					
6	4.500	1.000	0.750	47.306	33.351	33.351
	5.500					
7	5.500	1.000	0.750	52.949	37.329	37.329
	6.500					
8	6.500	1.000	0.750	58.592	41.307	41.307
	7.500					
9	7.500	1.000	0.750	64.235	45.286	45.286
	8.500					
10	8.500	0.500	0.750	68.467	24.135	24.135
	9.000					

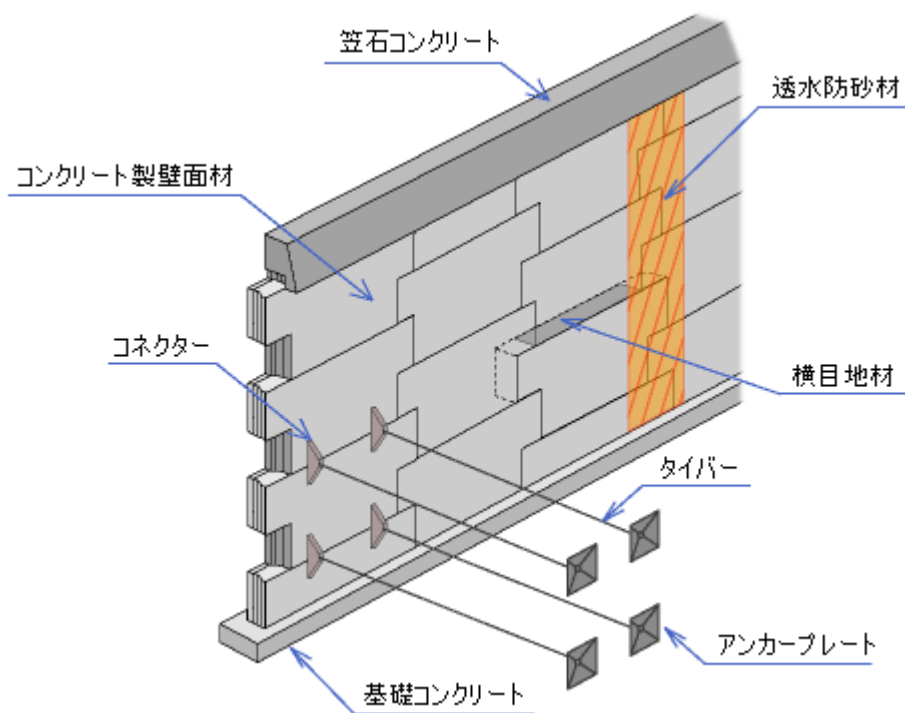
1.2.6 部材の選定

各タイバーの引張力に対し、抵抗できる部材を選定する。各部材の許容引張力は腐食しろを1.0mm考慮するものとする。以下に腐食しろ1.0mmにおける各部材の許容引張力一覧表を記載する。

(常時、腐食しろ1.0mm)

単位：kN/本

タイバー		プレート		コネクター				接続ロッドアイ止めボルト				コネクター止めボルト			
機材規格	値	サブ	値	シングル		ダブル		シングル用		ダブル用		シングル用		ダブル用	
				規格	値	規格	値	規格	値	規格	値	規格	値	規格	値
M20	30.5	無	29.1	4.5S	38.2	4.5D	36.3	8.8T	50.6	8.8T	68.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5
M22	38.3	有	62.2	6.0S	54.6	6.0D	52.4	8.8T	50.6	8.8T	68.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5
M24	44.8	有	69.9	6.0S	54.6	6.0D	52.4	8.8T	50.6	8.8T	68.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5
M27	59.1	有	79.5	9.0S	87.4	9.0D	86.0	10.9T	66.0	10.9T	74.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5
M30	72.7	有	89.2	9.0S	87.4	9.0D	86.0	10.9T	66.0	10.9T	74.8	4.6T	38.3	4.6T	76.5



上表の部材から各段における使用部材を決定する。次頁に選定部材一覧表を記載する。

選定部材一覧表【常時 腐食しろ1.0mm】

段数 i	引張力 T_i (kN/本)	最小 許容値 (kN/本)	判定	規格				
				タイバー	サブ プレート	コネクター	接続ロッドアイ 止めボルト	コネクター 止めボルト
1	7.227	29.100	OK	M20	無	4.5S	8.8T	4.6T
2	17.437	29.100	OK	M20	無	4.5D	8.8T	4.6T
3	21.416	29.100	OK	M20	無	4.5D	8.8T	4.6T
4	25.394	29.100	OK	M20	無	4.5D	8.8T	4.6T
5	29.372	38.300	OK	M22	有	6.0D	8.8T	4.6T
6	33.351	38.300	OK	M22	有	6.0D	8.8T	4.6T
7	37.329	38.300	OK	M22	有	6.0D	8.8T	4.6T
8	41.307	44.800	OK	M24	有	6.0D	8.8T	4.6T
9	45.286	59.100	OK	M27	有	9.0D	10.9T	4.6T
10	24.135	38.300	OK	M27	有	9.0S	10.9T	4.6T

1.3 タイバー長の検討(常時)

1.3.1 必要タイバー長の算出

必要タイバー長は、主働崩壊線の壁面側の長さ L_{r1i} と盛土側の長さ L_{r2i} の和で与えられる。 L_{r2i} はアンカープレートが引抜き力をうける時のすべり線の発達距離を考慮して1.2m以上とする。必要タイバー長は次式によって算出する。

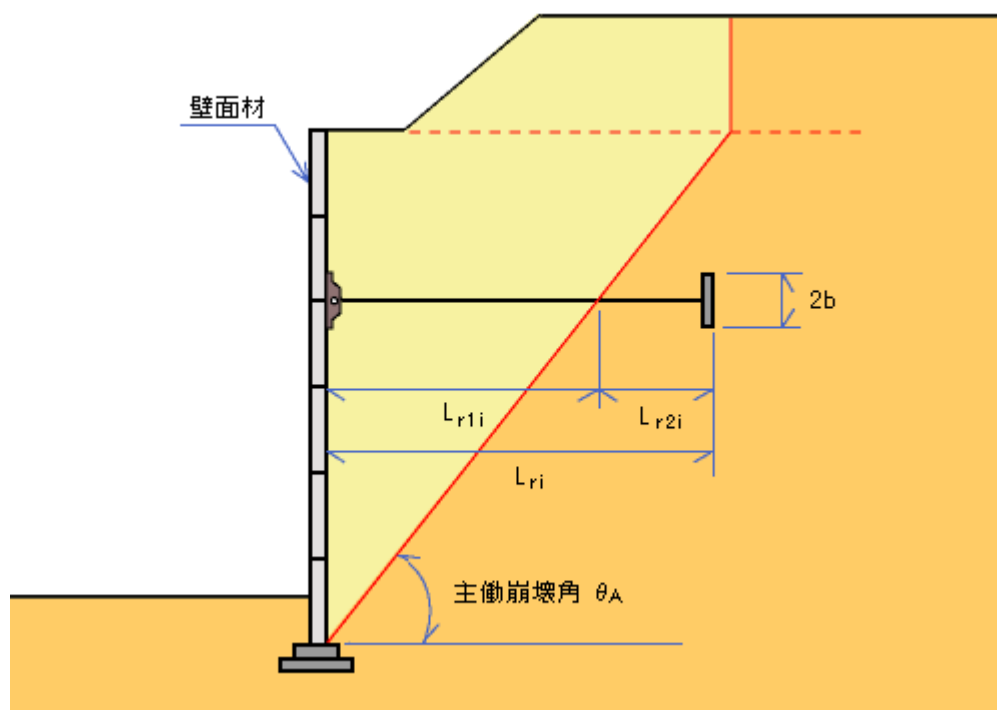
$$L_{ri} = L_{r1i} + L_{r2i}$$

ここに

L_{ri} : タイバーの必要長さ (m)

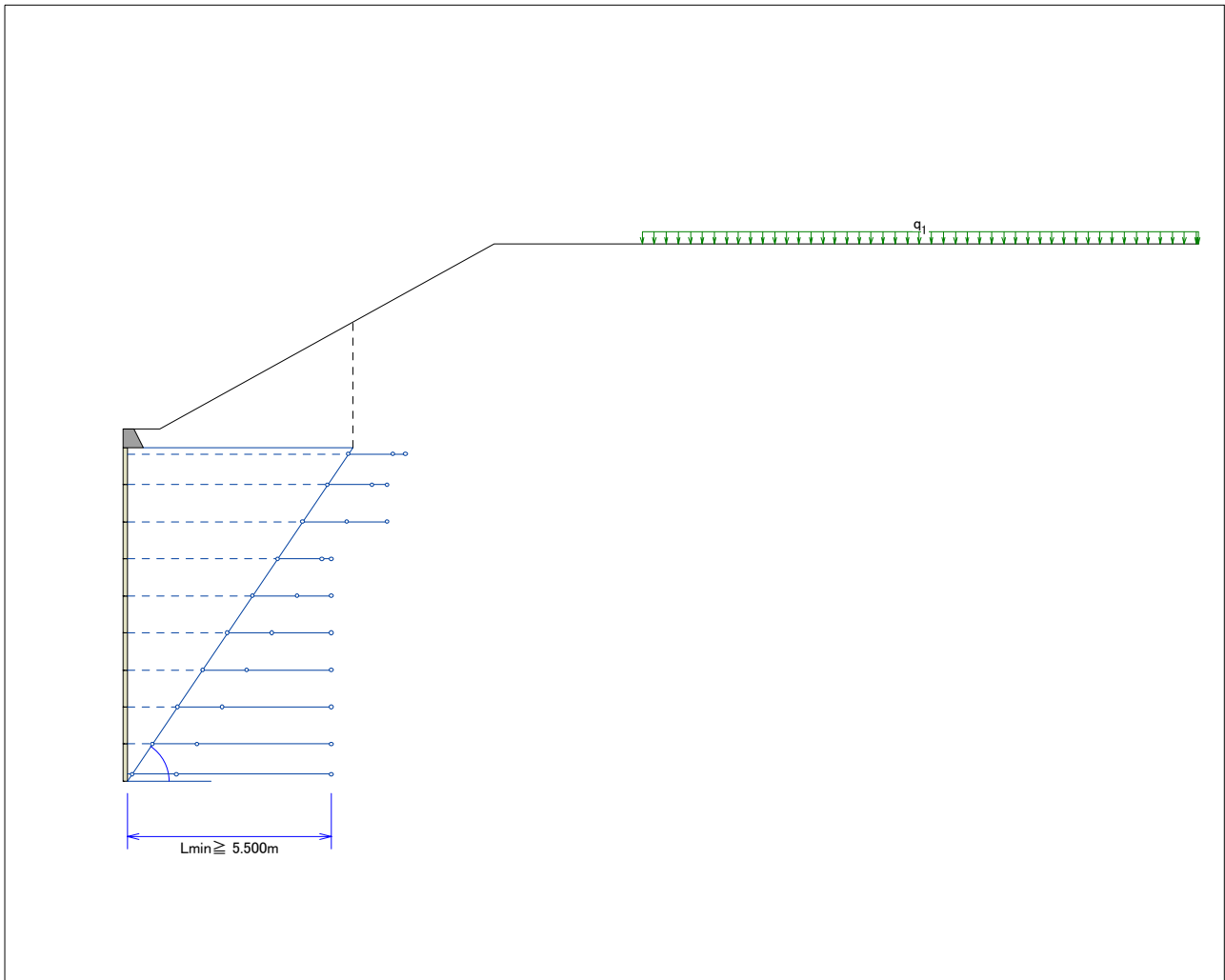
L_{r1i} : i 段目のタイバーの高さで壁背面から主働崩壊線までの距離 (m)

L_{r2i} : 定着長 (m)



次頁に必要タイバー長の算出一覧表を記す。

タイバー長算出一覧表(常時)



算出条件項目	記号	単位	数値
主働崩壊角	θ_A	°	55.984

段数i	壁面下からの距離 h (m)	主働領域長 L_{r1i} (m)	定着長 L_{r2i} (m)	合計 L_{ri} (m)	採用長 L (m)	制限長		判定
						最低長 (m)	設定長 (m)	
1	8.825	5.956	1.200	7.156	7.500	5.500	-	OK
2	8.000	5.399	1.200	6.599	7.000	5.500	-	OK
3	7.000	4.724	1.200	5.924	7.000	5.500	-	OK
4	6.000	4.049	1.200	5.249	5.500	5.500	-	OK
5	5.000	3.375	1.200	4.575	5.500	5.500	-	OK
6	4.000	2.700	1.200	3.900	5.500	5.500	-	OK
7	3.000	2.025	1.200	3.225	5.500	5.500	-	OK
8	2.000	1.350	1.200	2.550	5.500	5.500	-	OK
9	1.000	0.675	1.200	1.875	5.500	5.500	-	OK
10	0.185	0.125	1.200	1.325	5.500	5.500	-	OK

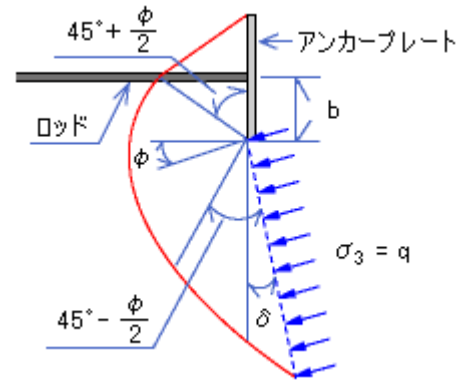
1.3.2 アンカープレートの引抜き抵抗力の算出

アンカープレートの引抜き抵抗力は地盤を剛塑性とみなしたすべり線法によって次式より求める。

$$Q_{pui} = c_1 \cdot N_c + q_{pi} \cdot N_q - q_{pi}$$

$$q_{pi} = K_A \cdot \gamma_1 (H_{pi} + z_i + H_4) + K_A \cdot q_i$$

$$T_{ai} = Q_{pui} \cdot A_{pi} / F_{pu}$$



ここに

Q_{pui}	: アンカープレートの単位面積当りの極限引抜き抵抗力	(kN/m ²)
c_1	: 盛土材料の粘着力	(kN/m ²)
q_{pi}	: 地盤の拘束力	(kN/m ²)
N_c, N_q	: アンカープレートの引抜きに関する支持力係数	
K_A	: 主働土圧係数	
γ_1	: 盛土材料の単位体積重量	(kN/m ³)
H_{pi}	: アンカープレート埋設位置での上載盛土高さ	(m)
z_i	: 壁面材上端からi段目のタイバーまでの深さ	(m)
H_4	: 笠石高	(m)
q_i	: アンカープレート位置での上載荷重	(kN/m ²)
A_{pi}	: アンカープレートの面積	(m ²)
F_{pu}	: アンカープレートの引抜きに対する安全率	

支持力係数については、「多数アンカー式補強土工法設計・施工マニュアル」に記載されている表から算出されたものである。

1枚のアンカープレートが負担すべき壁面の土圧力 T_i はタイバーに働く引張力と同値であり、上式で算出した T_{ai} を超えないようにする。

よって判定は以下の式が成り立つ

$$T_i \leq T_{ai}$$

次頁にアンカープレート引抜き抵抗力算出一覧表を示す。

アンカープレート引抜き抵抗力算出一覧表(常時)

算出条件項目	記号	単位	数値
極限引抜きに対する安全率	F_{pu}	-	3.0
引抜きに関する支持力係数	N_c	-	73.0
	N_q	-	40.5
主働土圧係数	K_A	-	0.297
盛土材料の粘着力	C_1	kN/m ²	0.000
盛土材料の単位体積重量	γ_1	kN/m ³	19.0
笠石コンクリートの高さ	H_4	m	0.500

段数i	z_i (m)	H_{pi} (m)	q_i (kN/m ²)	q_{pi} (kN/m ²)	Q_{pui} (kN/m ²)	A_{pi} (m ²)	T_i (kN/m ²)	T_{ai} (kN/m ²)	判定
1	0.175	3.675	0.000	24.547	969.607	0.090	7.227	29.088	OK
2	1.000	3.397	0.000	27.634	1091.543	0.090	17.437	32.746	OK
3	2.000	3.397	0.000	33.277	1314.442	0.090	21.416	39.433	OK
4	3.000	2.564	0.000	34.219	1351.651	0.090	25.394	40.550	OK
5	4.000	2.564	0.000	39.862	1574.549	0.090	29.372	47.236	OK
6	5.000	2.564	0.000	45.505	1797.448	0.090	33.351	53.923	OK
7	6.000	2.564	0.000	51.148	2020.346	0.090	37.329	60.610	OK
8	7.000	2.564	0.000	56.791	2243.245	0.090	41.307	67.297	OK
9	8.000	2.564	0.000	62.434	2466.143	0.090	45.286	73.984	OK
10	8.815	2.564	0.000	67.033	2647.804	0.090	24.135	79.434	OK

※アンカープレート 300×300 : $A_{pi} = 0.090$ (m²)

アンカープレート 400×400 : $A_{pi} = 0.160$ (m²)

1.4 補強材の検討(地震時)

1.4.1 土圧係数の算出

多数アンカー式補強土壁は前壁に壁面土圧が作用する。変形に対しては比較的柔な壁面を有する構造物であり、内部安定検討の設計に用いる土圧には主働土圧を用いる。

タイバーの各敷設位置に作用する土圧の算出に用いる土圧係数 K_{AE} は次式により算出する。

$$K_{AE} = K_A + \frac{kh}{\tan \theta_A} = 0.297 + \frac{0.15}{\tan 55.984}$$

$$= 0.398$$

$$K_A = \frac{\cos^2 \phi_1}{\cos \delta \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_1 + \delta) \cdot \sin \phi_1}{\cos \delta}} \right\}^2}$$

$$= \frac{\cos^2 30.0}{\cos 20.000 \times \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(30.0 + 20.000) \times \sin 30.0}{\cos 20.000}} \right\}^2}$$

$$= 0.297$$

$$\theta_A = \cot^{-1} \left\{ \frac{1}{\cos(\phi_1 + \delta)} \cdot \sqrt{\frac{\cos \delta \cdot \sin(\phi_1 + \delta)}{\sin \phi_1}} - \tan(\phi_1 + \delta) \right\}$$

$$= \cot^{-1} \left\{ \frac{1}{\cos(30.0 + 20.000)} \times \sqrt{\frac{\cos 20.000 \times \sin(30.0 + 20.000)}{\sin 30.0}} - \tan(30.0 + 20.000) \right\}$$

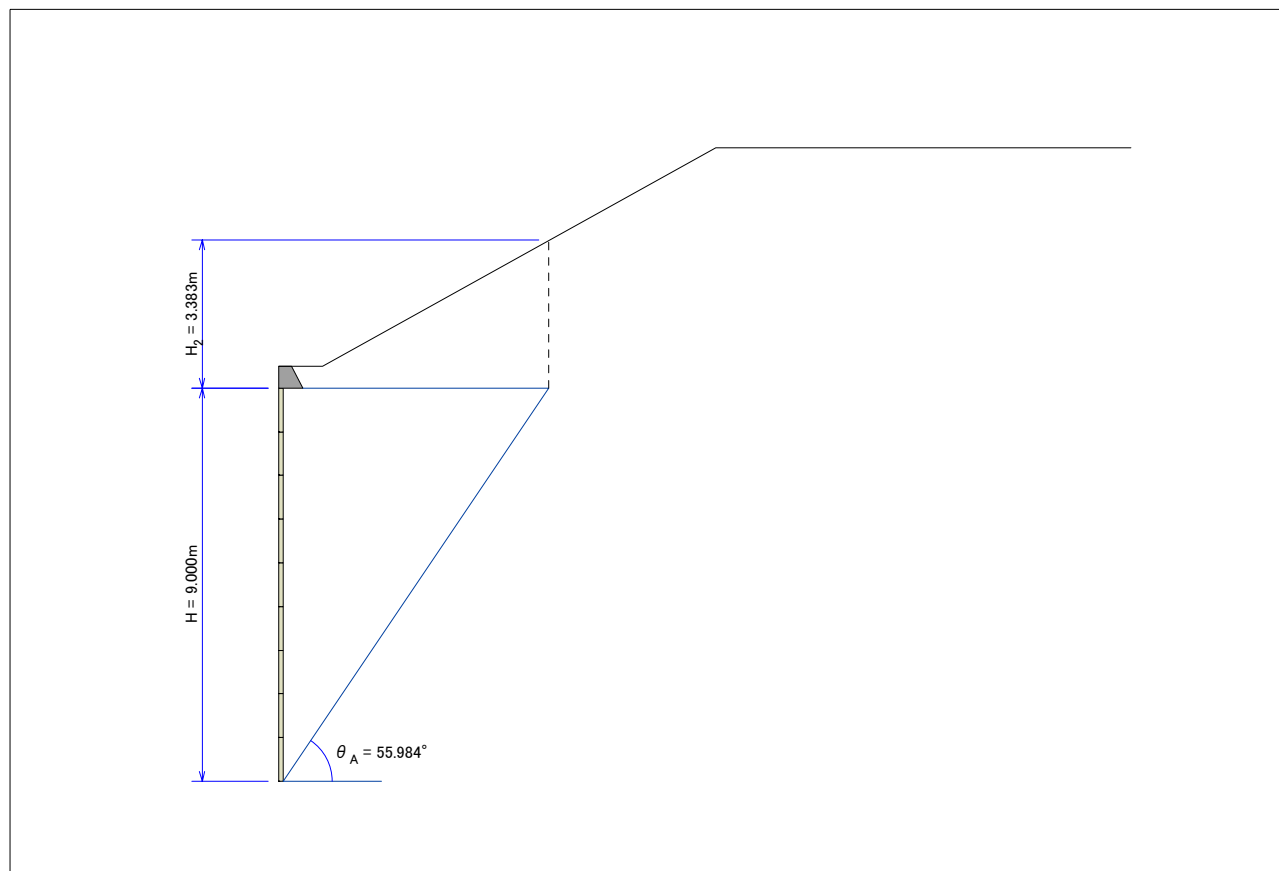
$$= 55.984 \quad (^\circ)$$

ここに

主働土圧係数(地震時)	:	K_{AE}
主働土圧係数	:	K_A
主働崩壊角	:	$\theta_A \quad (^\circ)$
盛土材料のせん断抵抗角	:	$\phi_1 = 30.0 \quad (^\circ)$
壁面摩擦角 $\left(\frac{2}{3} \cdot \phi_1\right)$:	$\delta = 20.000 \quad (^\circ)$
設計水平震度	:	$kh = 0.15$

1.4.2 荷重換算高さの算出

換算盛土高さは、主働崩壊線が壁頂部からの水平線に交わる点から、上方に延長し、のり斜面と交差する高さまでとする。



荷重換算高さは次のように算出することができる。

$$\begin{aligned}
 H_2 &= \min\left(\frac{H \cdot \cot \theta_A - B_b}{n}, H_1\right) + H_4 = \min\left(\frac{9.000 \times \cot 55.984 - 0.885}{1.80}, 5.000\right) + 0.500 \\
 &= 3.383 \quad (\text{m})
 \end{aligned}$$

ここに

- 壁面材高 : $H = 9.000$ (m)
- 上載盛土高 : $H_1 = 5.000$ (m)
- 上載盛土勾配 : $n = 1.80$
- 主働崩壊角 : $\theta_A = 55.984$ (°)
- 小段幅 : $B = 1.000$ (m)
- 壁面材の厚み : $t = 0.115$ (m)
- 小段幅(版厚控除) : $B_b = 0.885$ (m)
- 笠石高 : $H_4 = 0.500$ (m)

1.4.3 前壁に作用する土圧の算出

壁面材の天端から*i*段目のタイバー敷設位置における土圧力は次式によって算出する。

$$P_i = K_{AE} \cdot \gamma_1 (z_i + H_2) + q_{Li} \cdot K_{AE}$$

ここに

K_{AE}	：	主働土圧係数	
γ_1	：	盛土材料の単位体積重量	(kN/m ³)
z_i	：	壁面材天端から <i>i</i> 段目のタイバーまでの位置までの深さ	(m)
H_2	：	上載盛土の換算荷重高さ	(m)
q_{Li}	：	<i>i</i> 段目における上載荷重合計	(kN/m ²)

1本のタイバーが受けもつ範囲の境界にて土圧力を算出し、その平均値を土圧力としている。よって、最終的に*i*段目の土圧力は次のようになる。

$$P_i = \{p^{(i)} + p^{(i+1)}\} / 2$$

$$p_i = K_{AE} \cdot \gamma_1 (z_i + H_2) + q_{Li} \cdot K_{AE}$$

ここに

$p^{(i)}$	：	<i>i</i> 段目における境界上段の土圧力	(kN/m ²)
$p^{(i+1)}$	：	<i>i</i> 段目における境界下段の土圧力	(kN/m ²)

前壁に作用する土圧力一覧表(地震時)

算出条件項目	記号	単位	数値
主働土圧係数	K_{AE}	-	0.398
盛土材料の単位体積重量	γ_1	kN/m^3	19.0
上載盛土の換算荷重高さ	H_2	m	3.383

段数i	z_i (m)	z (m)	q_{Li} (kN/m^2)	$p^{(i)}, p^{(i+1)}$ (kN/m^2)	P_i (kN/m^2)
1	0.175	0.000	0.000	25.582	27.473
		0.500		29.363	
2	1.000	0.500	0.000	29.363	33.144
		1.500		36.925	
3	2.000	1.500	0.000	36.925	40.706
		2.500		44.487	
4	3.000	2.500	0.000	44.487	48.268
		3.500		52.049	
5	4.000	3.500	0.000	52.049	55.830
		4.500		59.611	
6	5.000	4.500	0.000	59.611	63.392
		5.500		67.173	
7	6.000	5.500	0.000	67.173	70.954
		6.500		74.735	
8	7.000	6.500	0.000	74.735	78.516
		7.500		82.297	
9	8.000	7.500	0.000	82.297	86.078
		8.500		89.859	
10	8.815	8.500	0.000	89.859	91.750
		9.000		93.640	

1.4.4 タイバーに働く引張力の算出

壁面材天端から*i*番目のタイバーに働く引張力 T_i はタイバーの敷設位置における土圧を用いて、次式により算出する。

$$P_{hi} = P_i \cdot \cos \delta_E \cdot \Delta H_i \cdot \Delta L_i$$

$$W_{hi} = W_{wu} \cdot kh \cdot \Delta H_i \cdot \Delta L_i$$

$$T_i = P_{hi} + W_{hi}$$

ここに

P_{hi} : *i*段目のタイバーの敷設位置における水平土圧力 (kN/m²)

P_i : *i*段目のタイバーの敷設位置における土圧強度 (kN/m²)

δ_E : 壁面摩擦角 $\delta_E = \frac{1}{2} \cdot \phi_1$ (°)

ϕ_1 : 盛土材料のせん断抵抗角 (°)

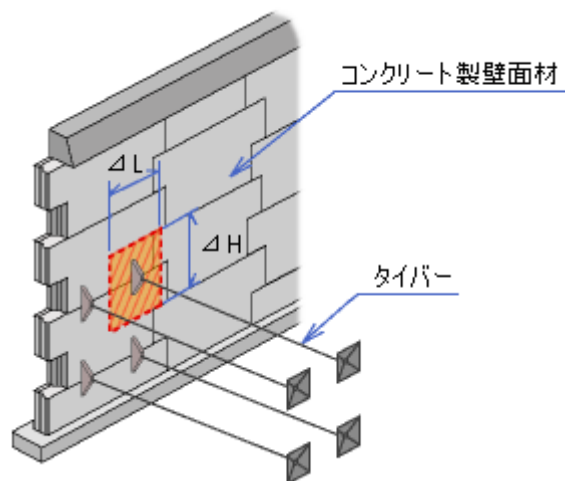
W_{hi} : 設計水平震度による水平力 (kN/本)

W_{wu} : 壁面材1m²の重量 (kN/m²)

kh : 設計水平震度

ΔH_i : *i*段目における鉛直間隔 (m)

ΔL_i : *i*段目における水平間隔 (m)



壁面材の種類	鉛直間隔 ΔH_i	水平間隔 ΔL_i
標準用	1.00	0.75
高土圧用	1.00	0.50

ただし、前述したように上載荷重の影響によって、受けもつ領域が分離する場合は、その間隔を鉛直間隔として計算を実施する。

次頁に引張力一覧表を記載する。

タイバーに働く引張力一覧表(地震時)

算出条件項目	記号	単位	数値
壁面摩擦角	δ_E	°	15.000
盛土材料のせん断抵抗角	ϕ_1	°	30.0
$\cos \delta_E$	-	°	0.966
設計水平震度	kh	-	0.15
壁面材1m ² の重量(標準用)	W_{wu1}	-	2.61

段数i	z (m)	W_{wu} (kN/m ²)	$\triangle H_i$ (m)	$\triangle L_i$ (m)	P_i (kN/m ²)	P_{hi} (kN/本)	W_{hi} (kN/本)	T_i (kN)
1	0.000	2.61	0.500	0.750	27.473	9.952	0.147	10.099
	0.500							
2	0.500	2.61	1.000	0.750	33.144	24.013	0.294	24.307
	1.500							
3	1.500	2.61	1.000	0.750	40.706	29.491	0.294	29.785
	2.500							
4	2.500	2.61	1.000	0.750	48.268	34.970	0.294	35.264
	3.500							
5	3.500	2.61	1.000	0.750	55.830	40.449	0.294	40.743
	4.500							
6	4.500	2.61	1.000	0.750	63.392	45.928	0.294	46.222
	5.500							
7	5.500	2.61	1.000	0.750	70.954	51.406	0.294	51.700
	6.500							
8	6.500	2.61	1.000	0.750	78.516	56.885	0.294	57.179
	7.500							
9	7.500	2.61	1.000	0.750	86.078	62.364	0.294	62.658
	8.500							
10	8.500	2.61	0.500	0.750	91.750	33.236	0.147	33.383
	9.000							

※標準用および高土圧用が存在する箇所については、重量を加重平均で算出している。

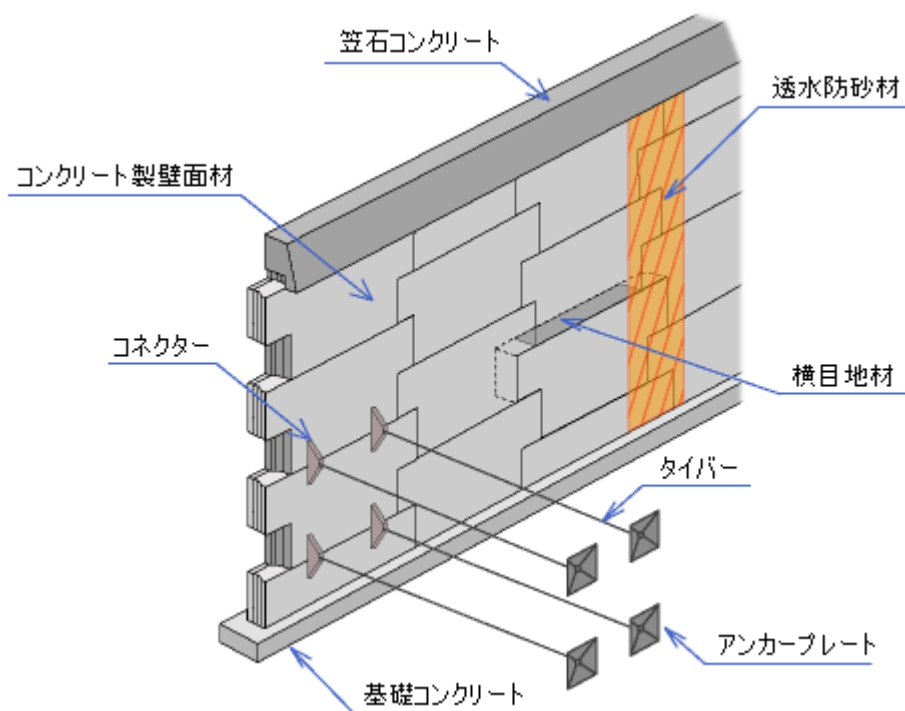
1.4.5 部材の選定

各タイバーの引張力に対し、抵抗できる部材を選定する。各部材の許容引張力は腐食しりを1.0mm考慮するものとする。以下に腐食しり1.0mmにおける各部材の許容引張力一覧表を記載する。

(地震時、腐食しり1.0mm)

単位：kN/本

タイバー		プレート		コネクター				接続ロッドアイ止めボルト				コネクター止めボルト			
機材規格	値	サブ	値	シングル		ダブル		シングル用		ダブル用		シングル用		ダブル用	
				規格	値	規格	値	規格	値	規格	値	規格	値	規格	値
M20	45.7	無	43.6	4.5S	57.3	4.5D	54.4	8.8T	75.8	8.8T	103.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0
M22	57.4	有	93.2	6.0S	81.9	6.0D	78.6	8.8T	75.8	8.8T	103.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0
M24	67.2	有	105.0	6.0S	81.9	6.0D	78.6	8.8T	75.8	8.8T	103.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0
M27	88.7	有	119.0	9.0S	131.0	9.0D	129.0	10.9T	99.0	10.9T	112.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0
M30	109.0	有	134.0	9.0S	131.0	9.0D	129.0	10.9T	99.0	10.9T	112.0	4.6T	57.4	4.6T	115.0



上表の部材から各段における使用部材を決定する。次頁に選定部材一覧表を記載する。

選定部材一覧表【地震時 腐食しろ1.0mm】

段数 i	引張力 T_i (kN/本)	最小 許容値 (kN/本)	判定	規格				
				タイバー	サブ プレート	コネクター	接続ロッドアイ 止めボルト	コネクター 止めボルト
1	10.099	43.600	OK	M20	無	4.5S	8.8T	4.6T
2	24.307	43.600	OK	M20	無	4.5D	8.8T	4.6T
3	29.785	43.600	OK	M20	無	4.5D	8.8T	4.6T
4	35.264	43.600	OK	M20	無	4.5D	8.8T	4.6T
5	40.743	57.400	OK	M22	有	6.0D	8.8T	4.6T
6	46.222	57.400	OK	M22	有	6.0D	8.8T	4.6T
7	51.700	57.400	OK	M22	有	6.0D	8.8T	4.6T
8	57.179	67.200	OK	M24	有	6.0D	8.8T	4.6T
9	62.658	88.700	OK	M27	有	9.0D	10.9T	4.6T
10	33.383	57.400	OK	M27	有	9.0S	10.9T	4.6T

1.5 タイバー長の検討(地震時)

1.5.1 必要タイバー長の算出

必要タイバー長は、主働崩壊線の壁面側の長さ L_{r1i} と盛土側の長さ L_{r2i} の和で与えられる。 L_{r2i} はアンカープレートが引抜き力をうける時のすべり線の発達距離を考慮して1.2m以上とする。必要タイバー長は次式によって算出する。

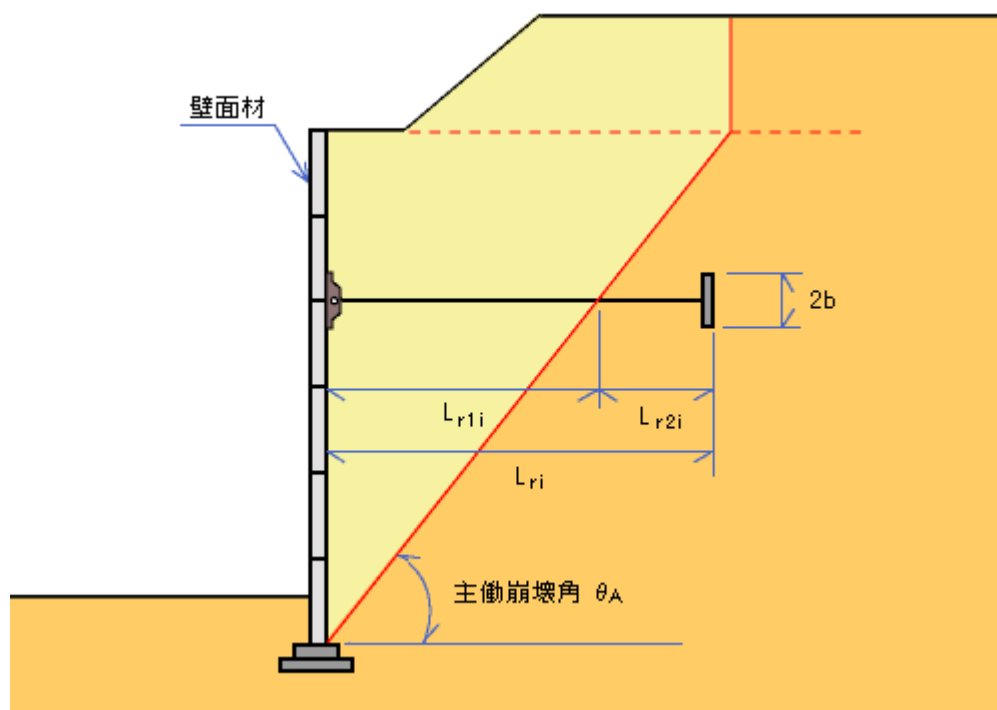
$$L_{ri} = L_{r1i} + L_{r2i}$$

ここに

L_{ri} : タイバーの必要長さ (m)

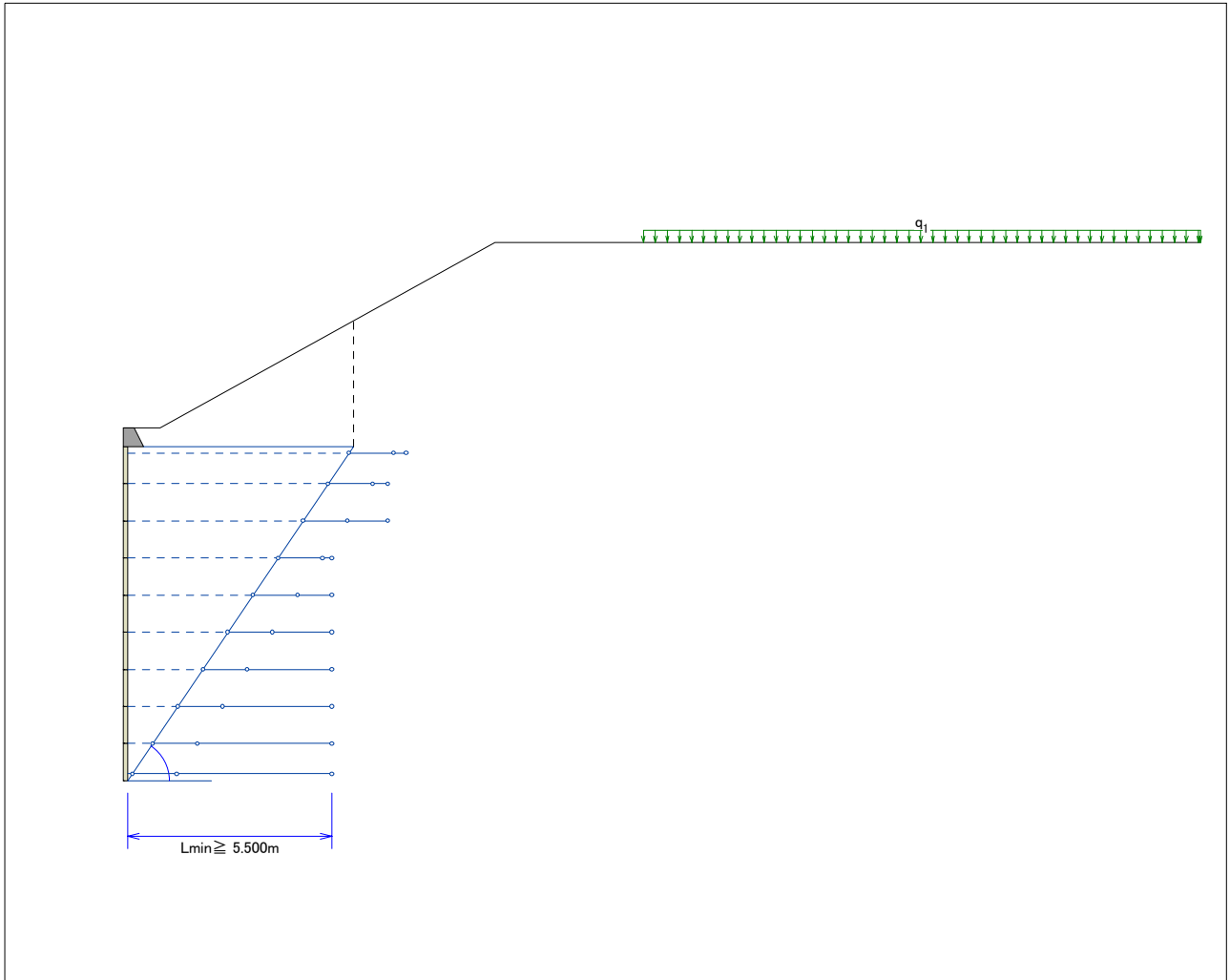
L_{r1i} : i 段目のタイバーの高さで壁背面から主働崩壊線までの距離 (m)

L_{r2i} : 定着長 (m)



次頁に必要タイバー長の算出一覧表を記す。

タイバー長算出一覧表(地震時)



算出条件項目	記号	単位	数値
主働崩壊角	θ_A	°	55.984

段数i	壁面下からの距離 h (m)	主働領域長 L_{r1i} (m)	定着長 L_{r2i} (m)	合計 L_{ri} (m)	採用長 L (m)	制限長		判定
						最低長 (m)	設定長 (m)	
1	8.825	5.956	1.200	7.156	7.500	5.500	-	OK
2	8.000	5.399	1.200	6.599	7.000	5.500	-	OK
3	7.000	4.724	1.200	5.924	7.000	5.500	-	OK
4	6.000	4.049	1.200	5.249	5.500	5.500	-	OK
5	5.000	3.375	1.200	4.575	5.500	5.500	-	OK
6	4.000	2.700	1.200	3.900	5.500	5.500	-	OK
7	3.000	2.025	1.200	3.225	5.500	5.500	-	OK
8	2.000	1.350	1.200	2.550	5.500	5.500	-	OK
9	1.000	0.675	1.200	1.875	5.500	5.500	-	OK
10	0.185	0.125	1.200	1.325	5.500	5.500	-	OK

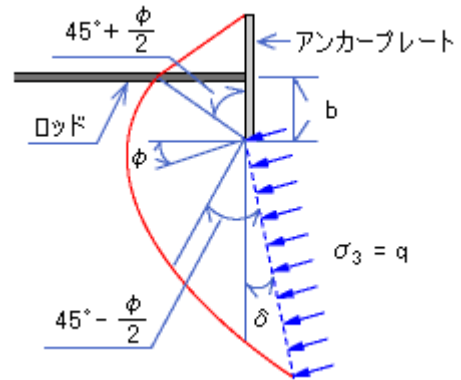
1.5.2 アンカープレートの引抜き抵抗力の算出

アンカープレートの引抜き抵抗力は地盤を剛塑性とみなしたすべり線法によって次式より求める。

$$Q_{pui} = c_1 \cdot N_c + q_{pi} \cdot N_q - q_{pi}$$

$$q_{pi} = K_{AE} \cdot \gamma_1 (H_{pi} + z_i + H_4) + K_{AE} \cdot q_i$$

$$T_{ai} = Q_{pui} \cdot A_{pi} / F_{pu}$$



ここに

Q_{pui}	: アンカープレートの単位面積当りの極限引抜き抵抗力	(kN/m ²)
c_1	: 盛土材料の粘着力	(kN/m ²)
q_{pi}	: 地盤の拘束力	(kN/m ²)
N_c, N_q	: アンカープレートの引抜きに関する支持力係数	
K_{AE}	: 主働土圧係数	
γ_1	: 盛土材料の単位体積重量	(kN/m ³)
H_{pi}	: アンカープレート埋設位置での上載盛土高さ	(m)
z_i	: 壁面材上端からi段目のタイバーまでの深さ	(m)
H_4	: 笠石高	(m)
q_i	: アンカープレート位置での上載荷重	(kN/m ²)
A_{pi}	: アンカープレートの面積	(m ²)
F_{pu}	: アンカープレートの引抜きに対する安全率	

支持力係数については、「多数アンカー式補強土工法設計・施工マニュアル」に記載されている表から算出されたものである。

1枚のアンカープレートが負担すべき壁面の土圧力 T_i はタイバーに働く引張力と同値であり、上式で算出した T_{ai} を超えないようにする。

よって判定は以下の式が成り立つ

$$T_i \leq T_{ai}$$

次頁にアンカープレート引抜き抵抗力算出一覧表を示す。

アンカープレート引抜き抵抗算出一覧表(地震時)

算出条件項目	記号	単位	数値
極限引抜きに対する安全率	F_{pu}	-	2.0
引抜きに関する支持力係数	N_c	-	73.0
	N_q	-	40.5
主働土圧係数	K_{AE}	-	0.398
盛土材料の粘着力	C_1	kN/m^2	0.000
盛土材料の単位体積重量	γ_1	kN/m^3	19.0
笠石コンクリートの高さ	H_4	m	0.500

段数i	z_i (m)	H_{pi} (m)	q_i (kN/m^2)	q_{pi} (kN/m^2)	Q_{pui} (kN/m^2)	A_{pi} (m^2)	T_i (kN/m^2)	T_{ai} (kN/m^2)	判定
1	0.175	3.675	0.000	32.895	1299.353	0.090	10.099	58.471	OK
2	1.000	3.397	0.000	37.031	1462.725	0.090	24.307	65.823	OK
3	2.000	3.397	0.000	44.593	1761.424	0.090	29.785	79.264	OK
4	3.000	2.564	0.000	45.856	1811.312	0.090	35.264	81.509	OK
5	4.000	2.564	0.000	53.418	2110.011	0.090	40.743	94.950	OK
6	5.000	2.564	0.000	60.980	2408.710	0.090	46.222	108.392	OK
7	6.000	2.564	0.000	68.542	2707.409	0.090	51.700	121.833	OK
8	7.000	2.564	0.000	76.104	3006.108	0.090	57.179	135.275	OK
9	8.000	2.564	0.000	83.666	3304.807	0.090	62.658	148.716	OK
10	8.815	2.564	0.000	89.829	3548.246	0.090	33.383	159.671	OK

※アンカープレート 300×300 : $A_{pi} = 0.090$ (m^2)

アンカープレート 400×400 : $A_{pi} = 0.160$ (m^2)