

テールアルメ工法 内的安定計算書

現場名 ○○○道路改良工事

ケース名 参考書計算例 (常時・地震時)

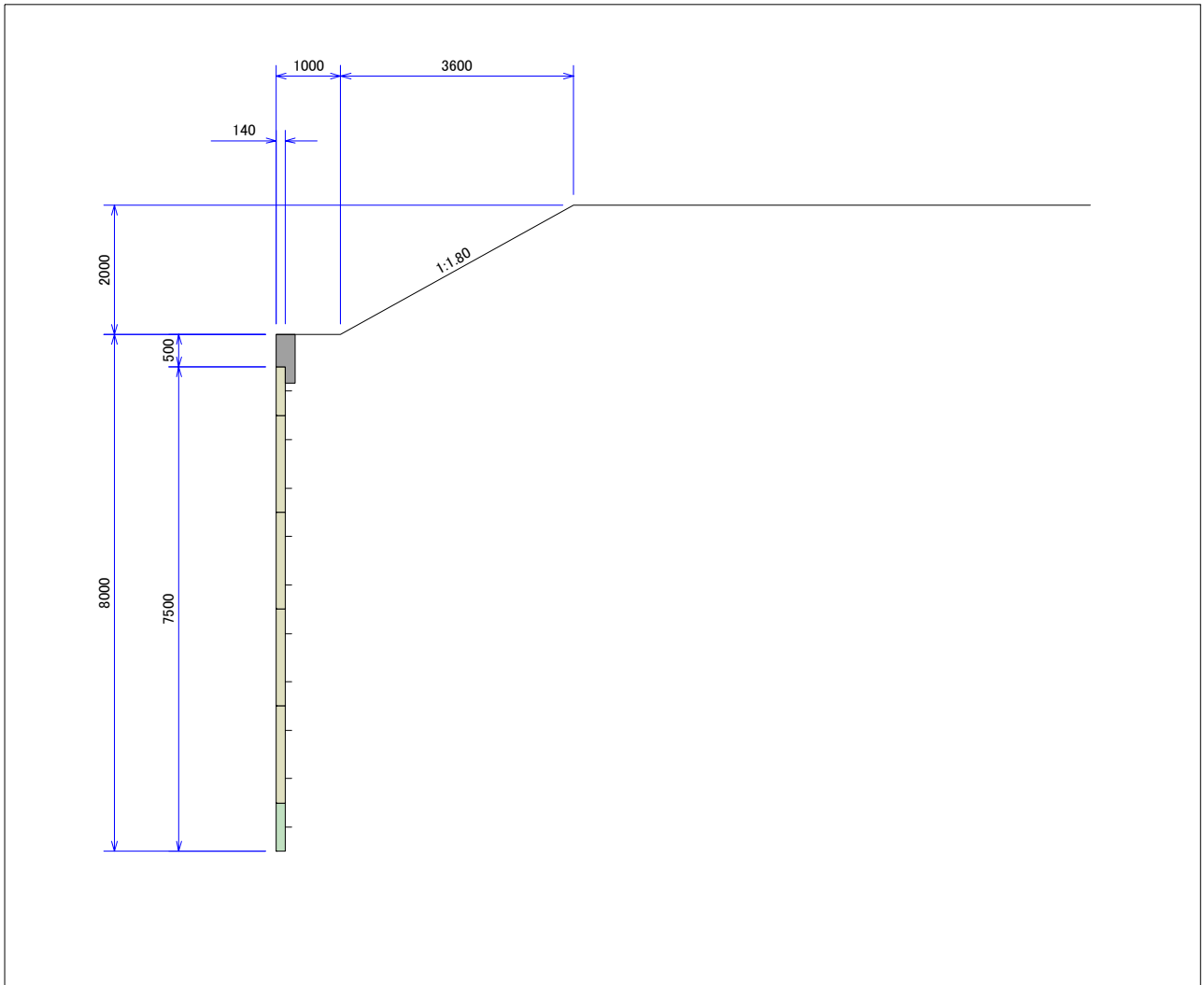
備考

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。



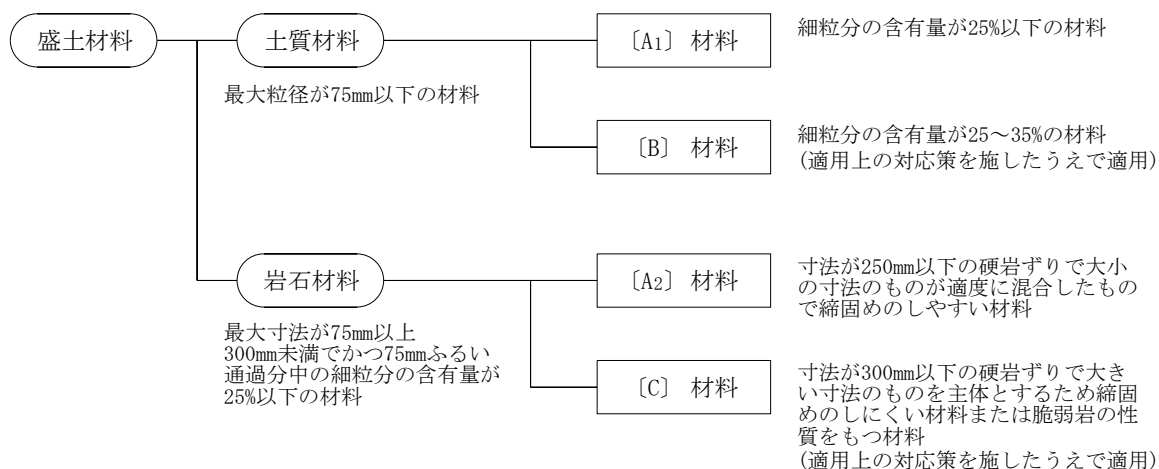
検討断面寸法

ここに

全壁高	: H'	=	8.000	(m)
壁面材高	: H	=	7.500	(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	=	2.000	(m)
壁面材の厚み	: t	=	0.140	(m)
壁面材	: タイプⅡ	(版厚0.14m)		

1. 1. 2 盛土材料

盛土材料には土質材料および岩石材料がある。「補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル」P19, P38には次のように分類されている。



盛土材料の名称		特性	採用
[A]材料	[A1]材料	細粒分の含有量が25%以下の土質材料	○
	[A2]材料	岩石材料の寸法※1(以下寸法と呼ぶ)が250mmより大きい寸法のものを含まない硬岩ずりで、75mmふるい通過分中の細粒分の含有率が25%以下、かつ大小の寸法のもが適度に混合して締固めのしやすいもの	
[B]材料		細粒分の含有量が25~35%の土質材料	
[C]材料		300mmより大きい寸法のものを含まない岩石材料で75mmふるい通過分中の細粒分の含有量が25%以下の材料	

※1 岩石材料の寸法は、岩石材料をまき出した時の岩石材料の最大高さとして定義する。

盛土材料の設計に用いる土質定数は次のとおりとする。

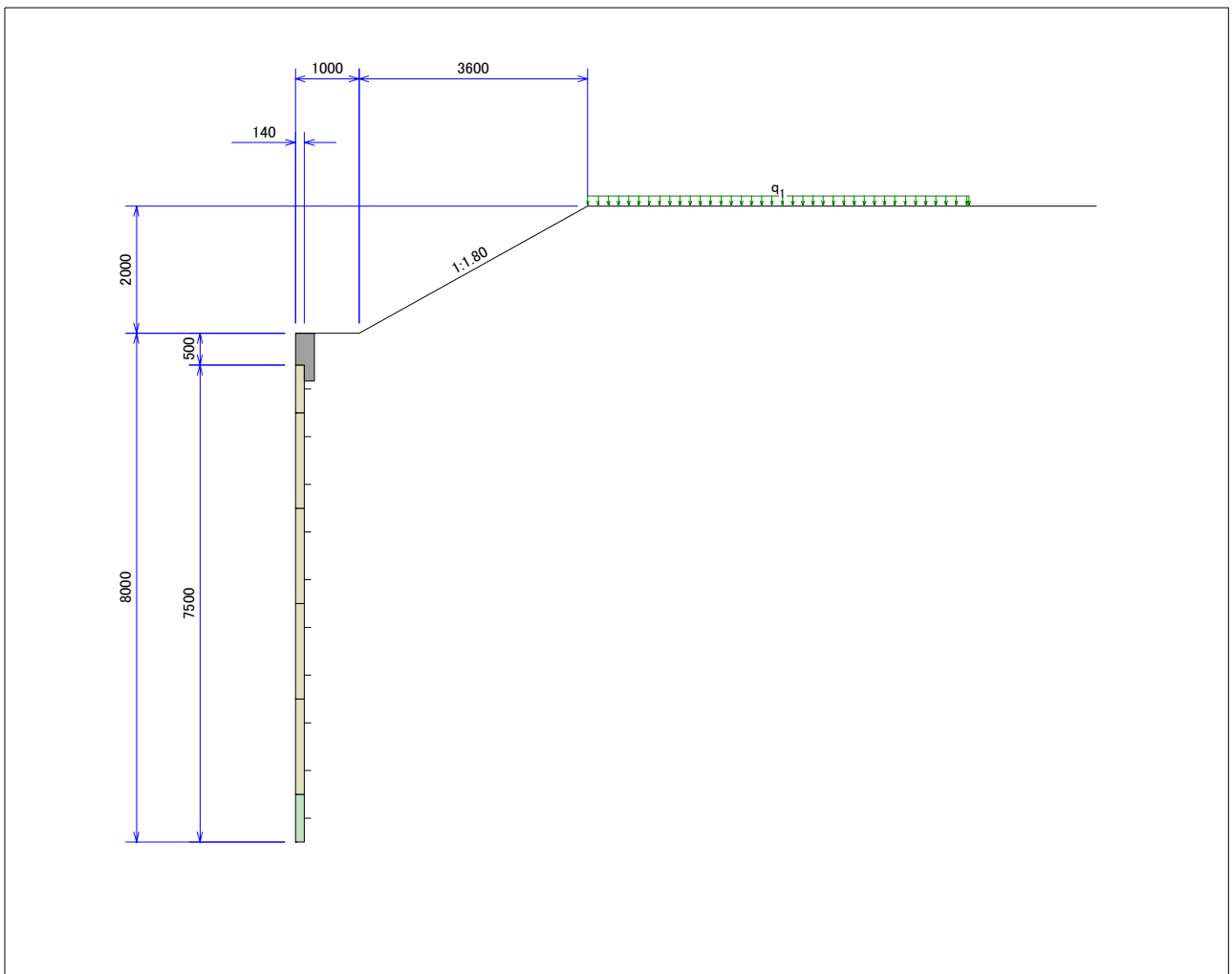
単位体積重量 : $\gamma_1 = 19.0$ (kN/m³)

せん断抵抗角 : $\phi_1 = 30.0$ (°)

粘着力 : $c_1 = 10.000$ (kN/m²) 内部安定検討では考慮しない

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	4.600	10.600	6.000	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(ストリップ)材料

ストリップには、リブ付きストリップ、高強度リブ付きストリップ、平滑ストリップの3種類が標準の仕様として存在する。検討として用いるストリップは次のとおりとする。

ストリップの種類	ストリップの規格		ボルトの規格		
	幅 b(mm)	厚さ t_s (mm)	名称	径 d(mm)	有効断面積 A_e (mm ²)
高強度リブ付きストリップ	60	4.0	M12	12	84.3

なお、ストリップの検討に考慮する腐食しろは1.0mmとする。

1.1.5 安全率・許容応力度

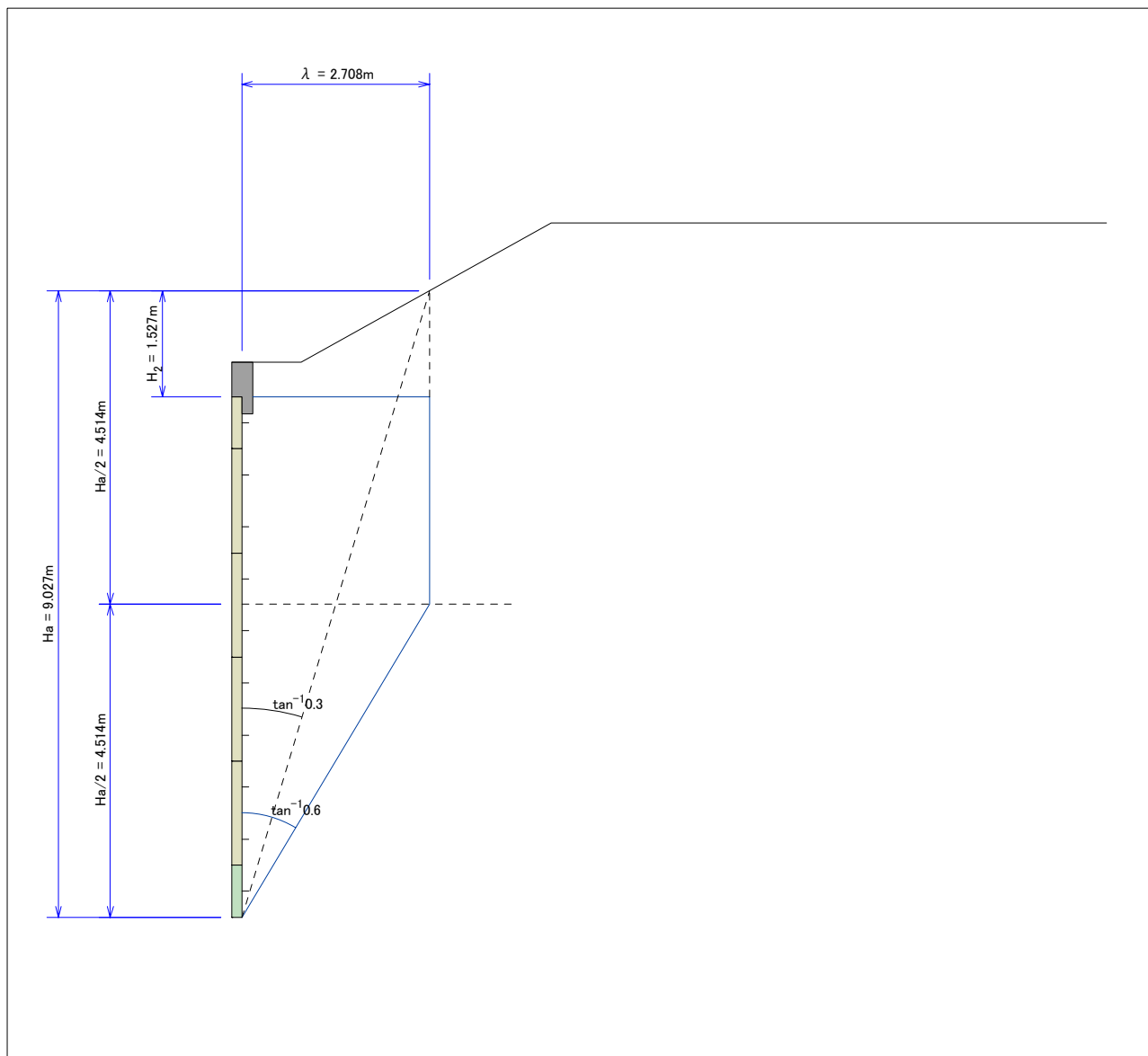
内的安定検討に用いる安全率および許容応力度は以下のとおりとする。

ストリップの引き抜けに対する安全率	常時	$F_s = 2.0$
	地震時	$F_s = 1.2$
ストリップの許容引張応力度	常時	$\sigma_a = 185$ (N/mm ²)
	地震時	$\sigma_a = 278$ (N/mm ²)
ボルトの許容せん断応力度	常時	$\tau_a = 200$ (N/mm ²)
	地震時	$\tau_a = 300$ (N/mm ²)

1.2 土圧力の算出（常時）

1.2.1 仮想壁高の決定

検討断面をもとに仮想壁高を決定する。仮想壁高は壁面材下端部から壁面に対して $\tan^{-1}0.3$ の勾配をもった直線と路面または地表面の交点との鉛直寸法としている。また、主働領域について、仮想壁高の1/2より上部は $0.3 \cdot H_a$ の位置から平行に、それより下部では壁面材下端部から $\tan^{-1}0.6$ の角度で引き上げた線が $H_a/2$ と交わる点で囲まれた部分としている。



ここに

$$\begin{aligned} \text{仮想壁高} &: H_a = 9.027 \text{ (m)} \\ \text{仮想壁高と壁面材高との差} &: H_2 = 1.527 \text{ (m)} \\ 0.3 \cdot H_a &: \lambda = 2.708 \text{ (m)} \\ H_a/2 &= 4.514 \text{ (m)} \end{aligned}$$

1.2.2 土圧係数の算出

土圧係数は仮想壁高 H_a の上端から深さ方向6.0mまでは静止土圧係数 K_0 から主働土圧係数 K_A に直線的に変化するものとし、6.0m以深においては主働土圧係数を適用する。土圧係数の算出は次の式によって求めることができる。

$$K_i = K_0 \left(1 - \frac{z_i}{z_0}\right) + K_A \cdot \frac{z_i}{z_0} \quad (z_i \leq z_0=6.0\text{mのとき})$$

$$K_i = K_A \quad (z_i > z_0=6.0\text{mのとき})$$

ここに

K_i : i 段目の土圧係数

z_i : 仮想壁高上端から i 段目の補強材までの深さ (m)

K_0 : 静止土圧係数 $K_0 = 1 - \sin \phi_1$

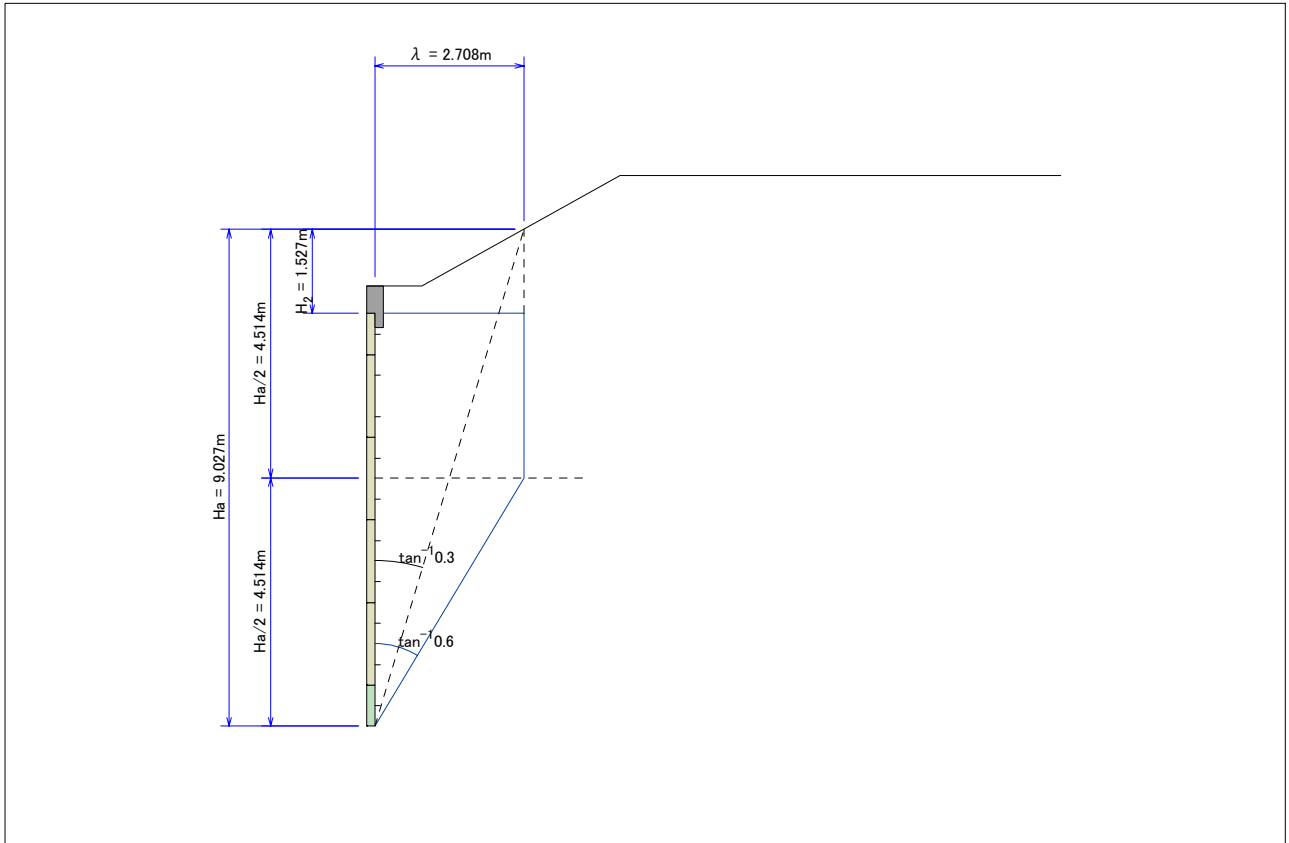
K_A : 主働土圧係数 $K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2}\right)$

ϕ_1 : 盛土材料のせん断抵抗角 ($^\circ$)

z_0 : 仮想壁高の上端から土圧係数変換点までの深さ (m)

次頁に各段の補強材における土圧係数を算出した一覧表を記載する。

土圧係数算出一覧表(常時)



算出条件項目	記号	単位	数値
静止土圧係数 $K_0 = 1 - \sin \phi_1$	K_0	-	0.500
主働土圧係数 $K_A = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi_1}{2})$	K_A	-	0.333
盛土材料のせん断抵抗角	ϕ_1	°	30.0
仮想壁高の上端から土圧係数変換点までの深さ	z_0	m	6.000

段数i	z_i (m)	$K_0 (1 - \frac{z_i}{z_0})$	$K_A \cdot \frac{z_i}{z_0}$	土圧係数 K_i	備考
1	1.902	0.342	0.106	0.448	
2	2.652	0.279	0.147	0.426	
3	3.402	0.217	0.189	0.406	
4	4.152	0.154	0.230	0.384	
5	4.902	0.092	0.272	0.364	
6	5.652	0.029	0.314	0.343	
7	6.402	-	-	0.333	
8	7.152	-	-	0.333	
9	7.902	-	-	0.333	
10	8.652	-	-	0.333	

※ z_i : 仮想壁高上端から補強材までの深さ

1.2.3 上載盛土荷重の算出

内的安定検討の場合には、補強領域直上の上載盛土を一種の荷重と考え、盛土の重量に見合った一様荷重が補強土壁の上に載せられると見なすものとする。このとき、荷重の大きさの算出は上載盛土高によって、上載盛土荷重を算出している。

検討断面で $H_1 + H_4 = 2.500 \text{ m} > h' = 2.000 \text{ m}$ であることから、上載盛土荷重は次のように算出した。

$$\begin{aligned} q_d &= \gamma_1 \cdot H_3 = 19.0 \times 2.244 \\ &= 42.636 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

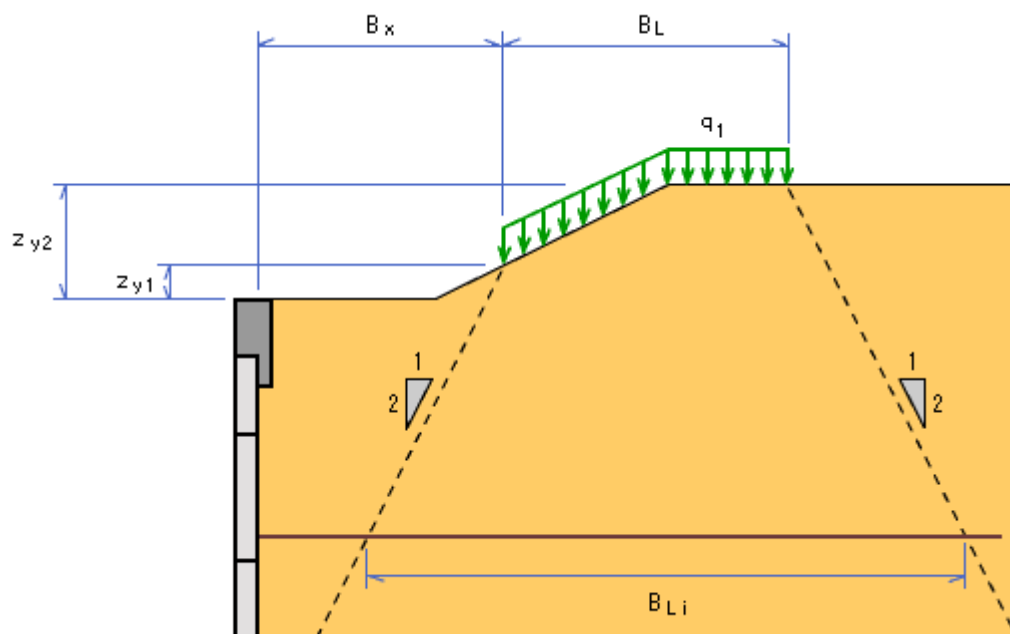
$$\begin{aligned} H_3 &= \min \left\{ \frac{1}{n} \left(\frac{H + H_4}{2} - B_b \right), H_1 \right\} + H_4 \\ &= \min \left\{ \frac{1}{1.80} \left(\frac{7.500 + 0.500}{2} - 0.860 \right), 2.000 \right\} + 0.500 \\ &= 2.244 \text{ (m)} \end{aligned}$$

ここに

q_d	: 上載盛土荷重	(kN/m ²)
γ_1	: 上載盛土の単位体積重量	(kN/m ³)
n	: 上載盛土勾配	
H	: 壁面材高	(m)
H_1	: 上載盛土高	(m)
H_4	: 笠石高	(m)
B_b	: 上載盛土のり尻の水平小段幅	(m)
H_3	: 上載盛土の荷重換算高さ	(m)

1.2.4 各段に作用する荷重の算出

活荷重は補強土壁の横断方向に水平と鉛直の比が1:2の勾配で土中に分布する。なお、荷重の影響はその分布域が主動領域内に侵入しない場合には、荷重の影響を考慮しないものとする。



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

$$q_i = q \cdot \frac{B_L}{B_{Li}}$$

ここに

q_i : i 段目における上載荷重 (kN/m²)

q : 上載荷重 (kN/m²)

B_L : 路面または地表面における荷重の載荷幅 (m)

B_{Li} : i 段目における荷重分布幅 (m)

$$\left[z_{hi} + z_{y1} \leq 2 \cdot B_x \right] \text{ のとき } B_{Li} = B_L + z_{hi} + \frac{1}{2} (z_{y1} + z_{y2})$$

$$\left[z_{hi} + z_{y1} > 2 \cdot B_x \right] \text{ のとき } B_{Li} = B_L + B_x + \frac{1}{2} (z_{hi} + z_{y2})$$

B_x : 壁背面から荷重開始位置までの距離 (m)

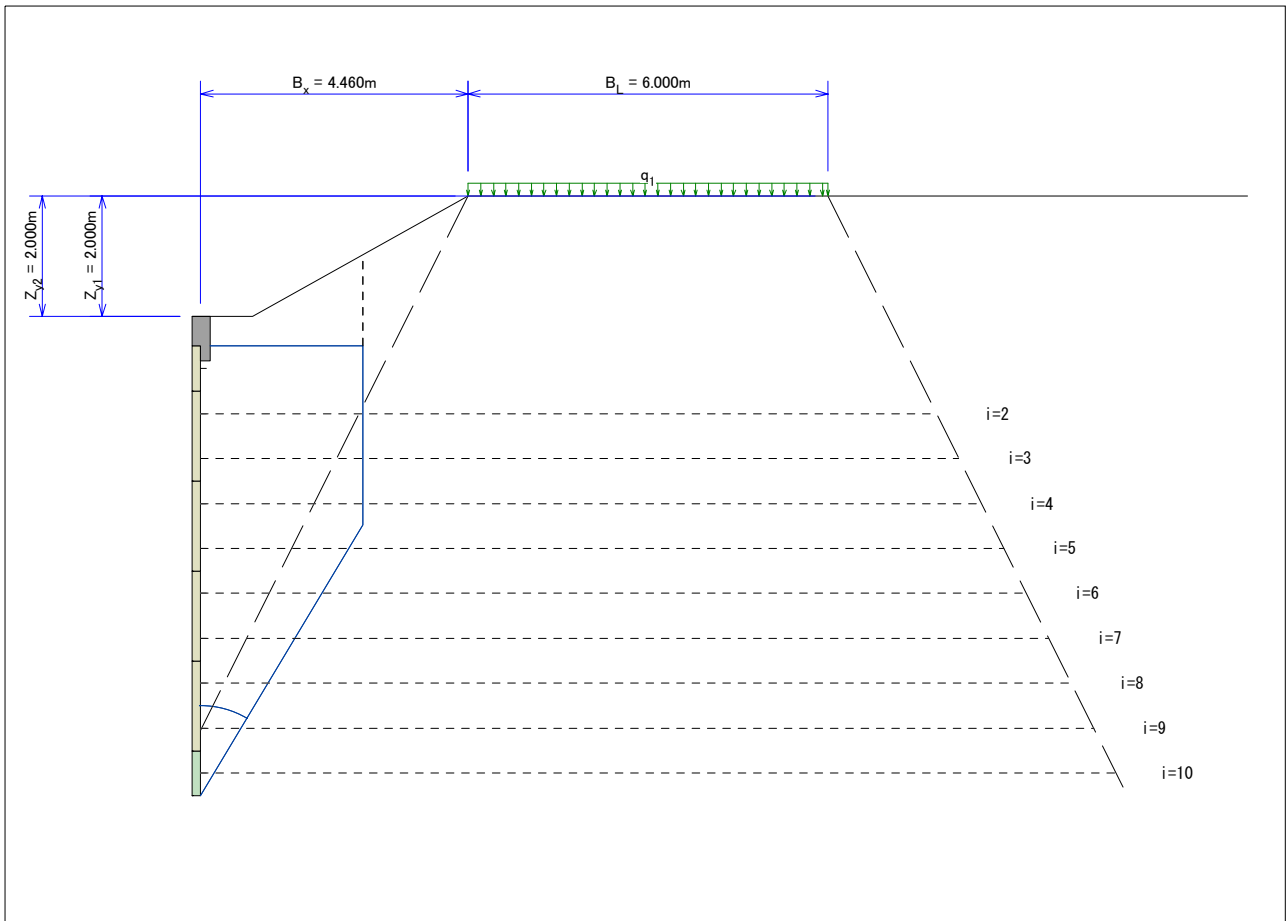
z_{hi} : 全壁高天端から i 段目までの深さ (m)

z_{y1} : 荷重位置始点における全壁高からの高さ (m)

z_{y2} : 荷重位置終点における全壁高からの高さ (m)

次頁に各段の補強材における活荷重を算出した一覧表を記載する。

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	qL	kN/m ²	10.000
路面または地表面における活荷重の分布幅	BL	m	6.000
壁背面から荷重開始位置までの距離	Bx	m	4.460
荷重位置始点における全壁高からの高さ	Zy1	m	2.000
荷重位置終点における全壁高からの高さ	Zy2	m	2.000

段数i	zhi (m)	荷重分布幅 BLi (m)	荷重換算値 qLi (kN/m ²)	備考
1	0.875	-	-	
2	1.625	9.625	6.234	
3	2.375	10.375	5.783	
4	3.125	11.125	5.393	
5	3.875	11.875	5.053	
6	4.625	12.625	4.752	
7	5.375	13.375	4.486	
8	6.125	14.125	4.248	
9	6.875	14.875	4.034	
10	7.625	15.273	3.929	

1.2.5 土圧力の算出

各荷重を算出した結果から土圧力を算出する。土圧力の算出式は次のように算出することができる。

$$P_i = K_i \cdot \Delta H_i (\gamma_1 \cdot x_i + q_d + q_{Li})$$

ここに

P_i	:	i段目のストリップに作用する土圧力	(kN/m)
K_i	:	各段における土圧係数	
ΔH_i	:	ストリップの鉛直間隔	(m)
γ_1	:	盛土材料の単位体積重量	(kN/m ³)
x_i	:	壁面材壁高の上端から各段までの深さ	(m)
q_d	:	上載盛土荷重	(kN/m ²)
q_{Li}	:	i段目における上載荷重合計	(kN/m ²)

以上の式から各段における土圧力は次のようになる。

土圧力集計表(常時)

算出条件項目	記号	単位	数値
上載盛土荷重	q_d	kN/m^2	42.636
盛土材料の単位体積重量	γ_1	kN/m^3	19.0

段数 i	z_i (m)	土圧係数 K_i	鉛直間隔 ΔH_i (m)	x_i (m)	$\gamma_1 \cdot x_i$ (kN/m^2)	上載荷重合計 q_{Li} (kN/m^2)	荷重合計 $q_d + q_{Li}$ (kN/m^2)	土圧力 P_i (kN/m)
1	1.902	0.448	0.750	0.375	7.125	0.000	42.636	16.720
2	2.652	0.426	0.750	1.125	21.375	6.234	48.870	22.443
3	3.402	0.406	0.750	1.875	35.625	5.783	48.419	25.591
4	4.152	0.384	0.750	2.625	49.875	5.393	48.029	28.196
5	4.902	0.364	0.750	3.375	64.125	5.053	47.689	30.525
6	5.652	0.343	0.750	4.125	78.375	4.752	47.388	32.353
7	6.402	0.333	0.750	4.875	92.625	4.486	47.122	34.902
8	7.152	0.333	0.750	5.625	106.875	4.248	46.884	38.401
9	7.902	0.333	0.750	6.375	121.125	4.034	46.670	41.907
10	8.652	0.333	0.750	7.125	135.375	3.929	46.565	45.440

※ x_i : 壁面材天端からの深さ

1.3 所要ストリップ長の算出(常時)

1.3.1 ストリップ水平間隔の選定

ストリップの水平間隔は、ストリップに作用する引張力に対して、ストリップの破断やボルトのせん断を生じない寸法とし、その間隔は所定の補強土効果を発揮しうる範囲内で適切な寸法を選定する。

ストリップおよびボルトの許容応力度からストリップ各段に作用する土圧力に抵抗しうる水平間隔を算出する。算出式は次の3つから算出し、最小の水平間隔を採用する。

ストリップに作用する最大引張力 T_m に対して	(1) ストリップの引張応力度から	$\Delta B_{i1} = \frac{A_g \cdot \sigma_a}{P_i} \times 10^{-3}$
スキン背面付近のストリップに作用する引張力 T_0 に対して	(2) ストリップの引張応力度から	$\Delta B_{i2} = \frac{A_n \cdot \sigma_a}{0.75 \cdot P_i} \times 10^{-3}$
	(3) ボルトのせん断応力度から	$\Delta B_{i3} = \frac{A_\tau \cdot \tau_a}{0.75 \cdot P_i} \times 10^{-3}$

(1) ストリップの引張応力度から

$$\Delta B_{i1} = \frac{A_g \cdot \sigma_a}{P_i} \times 10^{-3} = \frac{180.0 \times 185}{P_i} \times 10^{-3} = \frac{33300}{P_i} \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} A_g &= b(t_s - c_m) = 60 \times (4.0 - 1.0) \\ &= 180.0 \quad (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

ここに

腐食しろを差し引いたストリップの総断面積	:	A_g	(mm^2)
ストリップの幅	:	$b = 60$	(mm)
ストリップの版厚	:	$t_s = 4.0$	(mm)
ストリップの腐食しろ	:	$c_m = 1.0$	(mm)
ストリップの許容引張応力度	:	$\sigma_a = 185$	(N/mm^2)
i 段目のストリップに作用する土圧力	:	P_i	(kN/m)

(2) ストリップの引張応力度から

$$\Delta B_{i2} = \frac{A_n \cdot \sigma_a}{0.75 \cdot P_i} \times 10^{-3} = \frac{135.0 \times 185}{0.75 \times P_i} \times 10^{-3} = \frac{33300}{P_i} \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} A_n &= \{b - n_1' (3.0 + d)\} \cdot (t_s - c_m) = \{60 - 1 \times (3.0 + 12)\} \times (4.0 - 1.0) \\ &= 135.0 \quad (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

ここに

壁面材の取付部におけるストリップの総断面積	:	A_n	(mm^2)
ストリップの幅方向の取付けボルト本数	:	$n_1' = 1$	(本)
取付けボルトの呼び径	:	$d = 12$	(mm)

(3) ボルトのせん断応力度から

$$\angle B_{i3} = \frac{A_{\tau} \cdot \tau_a}{0.75 \cdot P_i} \times 10^{-3} = \frac{168.6 \times 200}{0.75 \times P_i} \times 10^{-3} = \frac{44960}{P_i} \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} A_{\tau} &= j \cdot n_2' \cdot A_e = 2 \times 1 \times 84.3 \\ &= 168.6 \quad (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

ここに

有効せん断面積	:	A_{τ}	(mm^2)
連結方式によるせん断の数	:	j	= 2 (個)
取付けボルトのネジ部有効断面積	:	A_e	= 84.3 (mm^2)
取付けボルトの本数	:	n_2'	= 1 (本)
取付けボルトの許容せん断応力度	:	τ_a	= 200 (N/mm^2)

以上から、最小値である $\angle B_{i1}$ の式にて適切な間隔を算出する。

1.3.2 ストリップ水平力の算出

各段のストリップ1本に作用する水平力 T_i は以下の式にて算出する。

$$T_i = P_i \cdot \angle B_i$$

ここに

T_i	:	i 段目の1本のストリップに作用する水平力	($\text{kN}/\text{本}$)
P_i	:	i 段目のストリップに作用する土圧力	(kN/m)
$\angle B_i$:	土圧力に抵抗しうる水平間隔	(m)

次頁にストリップの水平間隔およびストリップ1本当たりの水平力を算出した一覧表を記す。判定については、採用している水平間隔が算出された水平間隔よりも値が小さい場合には、配置することが可能と判断できる。

ストリップに作用する水平力一覧表(常時)

算出条件項目	記号	単位	数値
腐食しろを差し引いたストリップの総断面積	A_g	mm^2	180.0
ストリップの許容引張応力度	σ_a	N/mm^2	185
採用式： $\Delta B_{i1} = \frac{A_g \cdot \sigma_a}{P_i} \times 10^{-3} = \frac{33300}{P_i} \times 10^{-3}$			

段数i	土圧力 P_i (kN/m)	水平間隔 ΔB_{i1} (m)	採用間隔 ΔB_i (m)	ストリップに作用する 水平力 T_i (kN/本)	判定
1	16.720	1.992	0.750	12.540	OK
2	22.443	1.484	0.750	16.832	OK
3	25.591	1.301	0.750	19.193	OK
4	28.196	1.181	0.750	21.147	OK
5	30.525	1.091	0.750	22.894	OK
6	32.353	1.029	0.750	24.265	OK
7	34.902	0.954	0.750	26.177	OK
8	38.401	0.867	0.750	28.801	OK
9	41.907	0.795	0.750	31.430	OK
10	45.440	0.733	0.500	22.720	OK

1.3.3 摩擦係数の算出

土と補強材の摩擦係数は、設計上見かけの摩擦係数を用いる。見かけの摩擦係数 f_0^* は次の式によって求めることができる。

$$f_i^* = f_0^* \left(1 - \frac{z_i}{z_0}\right) + \tan \phi_1 \cdot \frac{z_i}{z_0} \quad (z_i \leq z_0 = 6.0\text{mのとき})$$

$$f_i^* = \tan \phi_1 \quad (z_i > z_0 = 6.0\text{mのとき})$$

ここに

f_0^* : i段目の補強材における摩擦係数

z_i : 仮想壁高上端から補強材までの深さ (m)

z_0 : 仮想壁高の上端から土圧係数変換点までの深さ (m)

ϕ : 土と補強材の摩擦角 (°)

「補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル」P88～89には盛土材料とストリップの種類によって、 f_0^* および ϕ の算出方法を定義している。以下にその算出式と条件を記載する。

盛土材料	ストリップの種類	f_0^* の算出方法	ϕ の決定値
[A]材料	リブ付き	$f_0^* = 1.2 + l \log U_c$ $U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ (盛土材料の均等係数) U_c が測定されていない場合は $f_0^*=1.5$ を用いる	第6章※に定めた仕様により現地施工がなされた場合には、一般に $\phi=36^\circ$ を最低値としてよい。
[B]材料 処理しない 場合	リブ付き	$f_0^* = 1.0$	第6章※に定めた仕様により現地施工がなされた場合には、一般に $\phi=25^\circ$ を最低値としてよい。
-	平滑	$f_0^* = \tan \phi$ ϕ : 盛土荷重のせん断抵抗角 (°)	盛土荷重が[A]材料であって、第6章※に定めた仕様により現地施工がなされた場合には、一般に $\phi=22^\circ$ としてよい。

※「補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル」の第6章を示す。

当現場における摩擦係数の諸条件を次の値を設計地とした。

盛土材料	ストリップの種類	f_0^*	ϕ (°)
[A1] 材料	高強度リブ付きストリップ	1.5	36

次頁に各ストリップに対する摩擦係数を一覧表にて記載する。

ストリップに作用する摩擦係数一覧表(常時)

算出条件項目	記号	単位	数値
摩擦係数の最低値	f_0^*	-	1.5
土と補強材の摩擦角	ϕ	°	36
仮想壁高の上端から土圧係数変換点までの深さ	z_0	m	6.000

段数i	z_i (m)	$f_0^* \left(1 - \frac{z_i}{z_0}\right)$	$\tan \phi \cdot \frac{z_i}{z_0}$	摩擦係数 f_i^*	備考
1	1.902	1.025	0.230	1.255	
2	2.652	0.837	0.321	1.158	
3	3.402	0.650	0.412	1.062	
4	4.152	0.462	0.503	0.965	
5	4.902	0.275	0.594	0.869	
6	5.652	0.087	0.684	0.771	
7	6.402	-	-	0.727	
8	7.152	-	-	0.727	
9	7.902	-	-	0.727	
10	8.652	-	-	0.727	

1.3.4 所要ストリップ長の算出

ストリップの引張力による引抜けに対しては、テールアルメの抵抗領域中にあるストリップがこれに有効に働くものと考えている。したがって、ストリップの長さは、ストリップに作用する引張力 T_i に対し、引抜けについて所定の安全率を確保できる摩擦面積を有していることが必要であり、その長さは主働領域にある長さ L_{0i} と抵抗領域内の長さ L_{ei} との和である。よって、所要ストリップ長は次のように算出することが出来る。

$$L = L_{0i} + L_{ei}$$

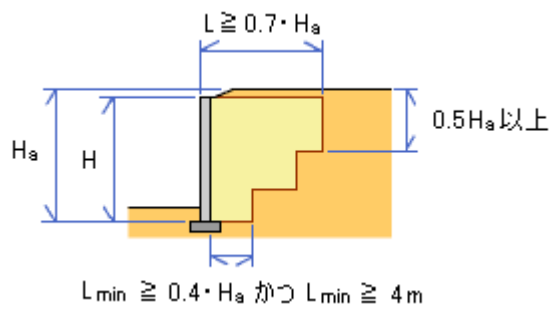
$$L_{ei} = \frac{F_s \cdot T_i}{2 \cdot f_i^* \cdot \sigma_{vi} \cdot b}$$

$$\sigma_{vi} = \gamma_1 \cdot x_i + q_d + q_{Li}$$

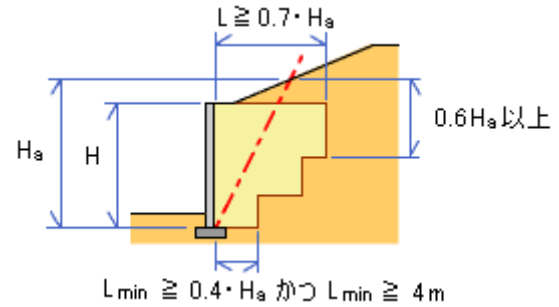
ここに

L_{ei}	: 有効ストリップ長	(m)
L_{0i}	: 主働領域中のストリップ長	(m)
F_s	: 引抜けに対する安全率(常時)	
T_i	: i 段目の1本のストリップに作用する水平力	(kN/本)
f_i^*	: i 段目のストリップに対する見かけの摩擦係数	
σ_{vi}	: i 段目における土の鉛直応力	(kN/m ²)
b	: ストリップの幅	(m)
γ_1	: 盛土材料の単位体積重量	(kN/m ³)
x_i	: 壁面材壁高の上端から各段までの高さ	(m)
q_d	: 上載盛土荷重	(kN/m ²)
q_{Li}	: i 段目における上載荷重合計	(kN/m ²)

前述した式により各段におけるストリップ長が算出されるが、ストリップ長は通常0.5mごとに丸めた長さを採用することにする。ただし、ストリップの最小長さが構造細目として規定されていることから、この制限値を下回らないように長さを決定する必要がある。



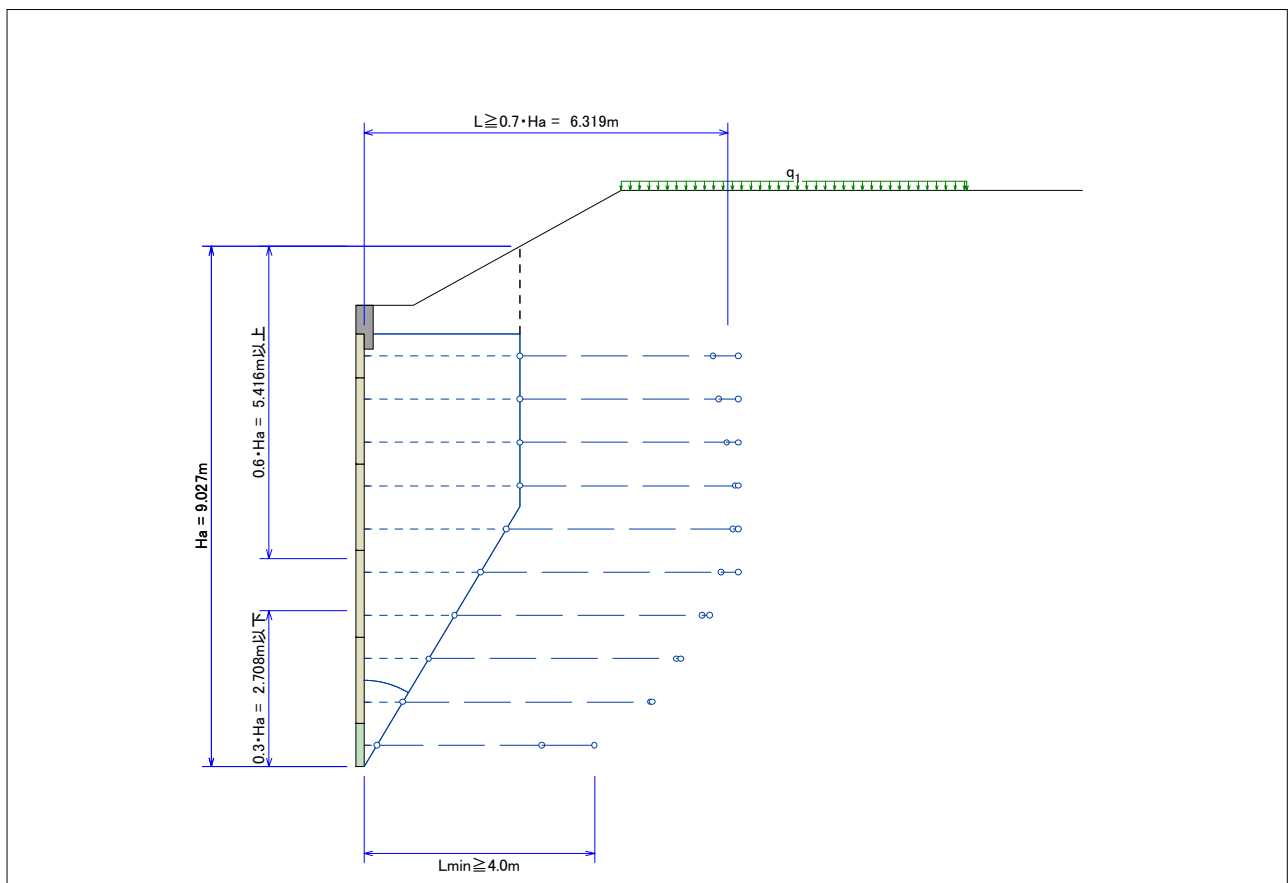
a) $H_1 + H_4$ が2m未満のとき



b) $H_1 + H_4$ が2m以上のとき

$H_1 + H_4 = 2.500$ (m) であることから、上図でのb)に適用する。

仮想擁壁高 $H_a = 9.027$ (m) であることから以下の数値を満足する必要がある。



$$0.3 \cdot H_a = 2.708 \text{ (m)}$$

$$0.4 \cdot H_a = 3.611 \text{ (m)} < 4.000 \text{ (m)}$$

$$0.6 \cdot H_a = 5.416 \text{ (m)}$$

$$0.7 \cdot H_a = 6.319 \text{ (m)}$$

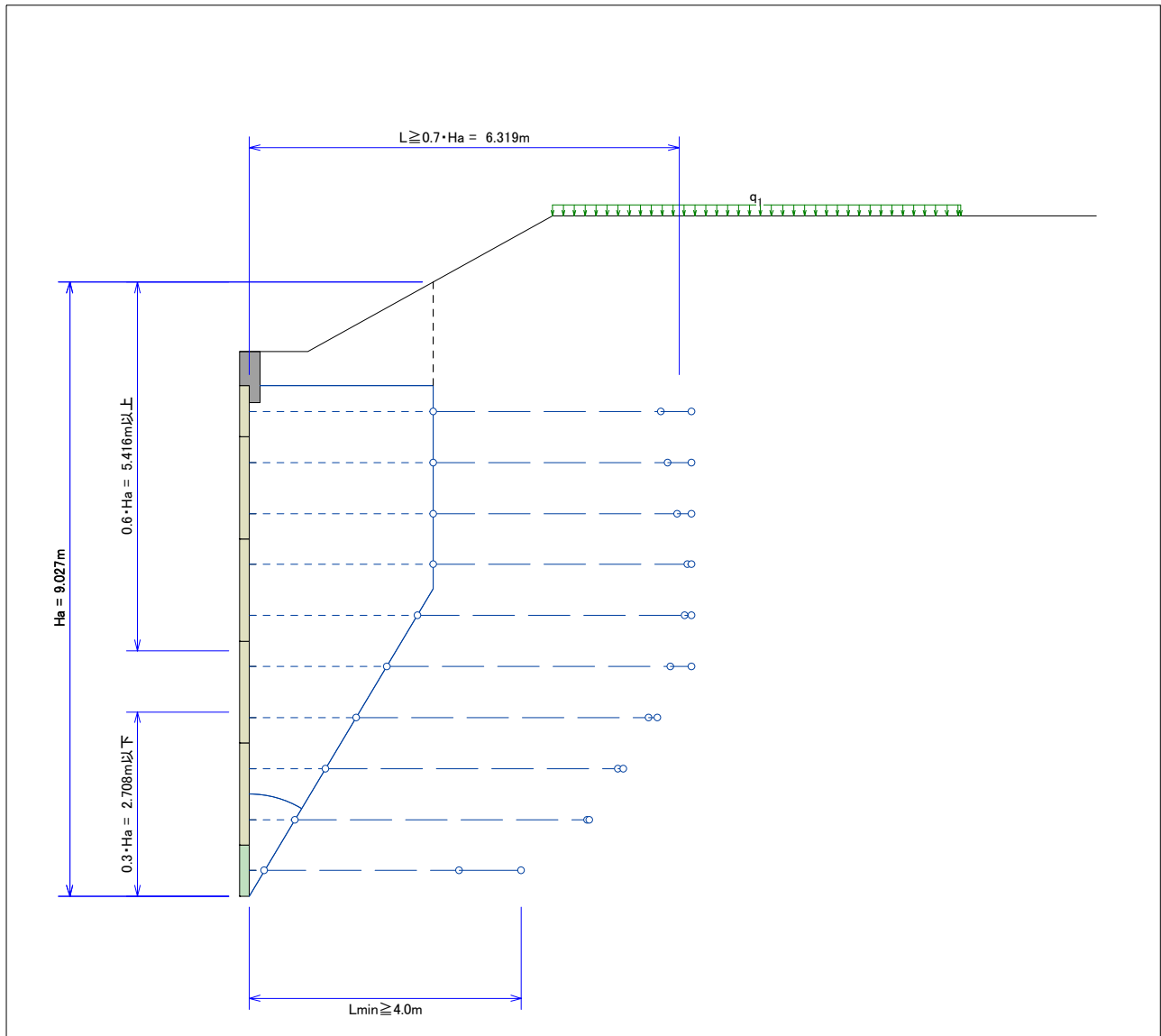
次頁に有効ストリップ長算出一覧表を記す。

有効ストリップ長算出一覧表(常時)

算出条件項目	記号	単位	数値
引抜きに対する安全率	F_s	-	2.0
ストリップの幅	b	m	0.060
盛土材料の単位体積重量	γ_1	kN/m^3	19.0

段数 i	引張力 T_i (kN/本)	摩擦係数 f_i^*	鉛直間隔 ΔH_i (m)	$\gamma_1 \cdot X_i$	荷重合計 $q_d + q_{Li}$ (kN/m^2)	鉛直応力 σ_{vi} (kN/m^2)	有効 ストリップ長 L_{ei} (m)
1	12.540	1.255	0.750	7.125	42.636	49.761	3.347
2	16.832	1.158	0.750	21.375	48.870	70.245	3.449
3	19.193	1.062	0.750	35.625	48.419	84.044	3.584
4	21.147	0.965	0.750	49.875	48.029	97.904	3.731
5	22.894	0.869	0.750	64.125	47.689	111.814	3.927
6	24.265	0.771	0.750	78.375	47.388	125.763	4.171
7	26.177	0.727	0.750	92.625	47.122	139.747	4.294
8	28.801	0.727	0.750	106.875	46.884	153.759	4.294
9	31.430	0.727	0.750	121.125	46.670	167.795	4.294
10	22.720	0.727	0.750	135.375	46.565	181.940	2.863

所要ストリップ長算出一覧表(常時)

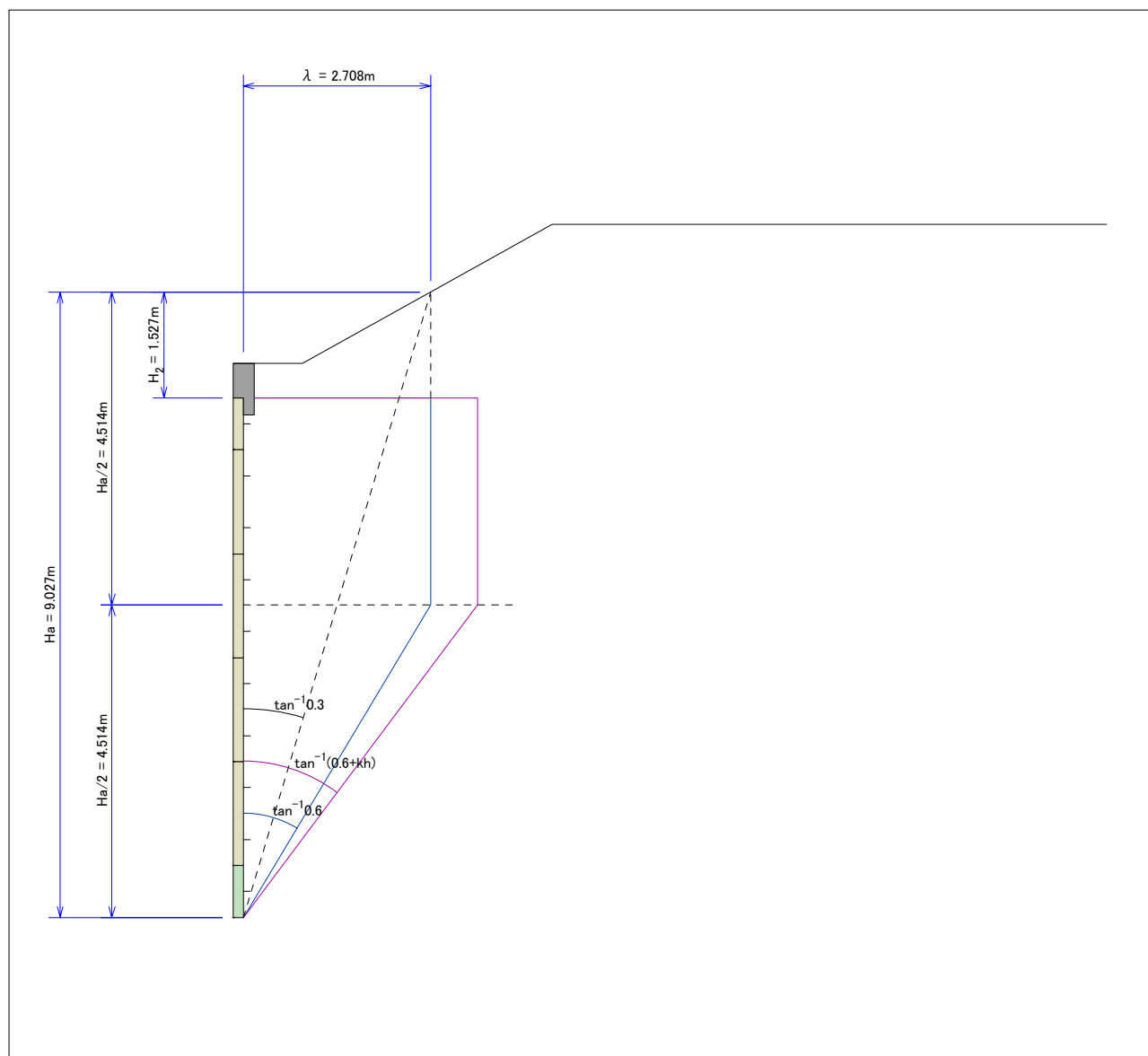


段数 <i>i</i>	z_i (m)	主働領域長 L_{0i} (m)	有効長 L_{ei} (m)	合計 $L_{0i} + L_{ei}$ (m)	採用長 L (m)	制限長		判定
						構造細目 (m)	その他 (m)	
1	1.902	2.708	3.347	6.055	6.500	6.319	-	OK
2	2.652	2.708	3.449	6.157	6.500	6.319	-	OK
3	3.402	2.708	3.584	6.292	6.500	6.319	-	OK
4	4.152	2.708	3.731	6.439	6.500	6.319	-	OK
5	4.902	2.475	3.927	6.402	6.500	6.319	-	OK
6	5.652	2.025	4.171	6.196	6.500	-	-	OK
7	6.402	1.575	4.294	5.869	6.000	4.000	-	OK
8	7.152	1.125	4.294	5.419	5.500	4.000	-	OK
9	7.902	0.675	4.294	4.969	5.000	4.000	-	OK
10	8.652	0.225	2.863	3.088	4.000	4.000	-	OK

1.4 土圧力の算出（地震時）

1.4.1 仮想壁高の決定

検討断面をもとに仮想壁高を決定する。仮想壁高は壁面材下端部から壁面に対して $\tan^{-1}0.3$ の勾配をもった直線と路面または地表面の交点との鉛直寸法としている。また、主働領域について、仮想壁高の1/2より下部は壁面材下端から $\tan^{-1}(0.6+kh)$ の角度で引き上げた線が $H_a/2$ と交わる点まで引き、それより上部は交わる点から鉛直に引き上げた点で囲まれた部分としている。



ここに

仮想壁高	:	H_a	=	9.027	(m)
仮想壁高と壁面材高との差	:	H_2	=	1.527	(m)
設計水平震度	:	kh	=	0.15	
		$H_a/2$	=	4.514	(m)

1.4.2 土圧係数の算出

土圧係数は仮想壁高 H_a の上端から深さ方向6.0mまでは静止土圧係数 K_0 から主働土圧係数 K_A に直線的に変化するものとし、6.0m以深においては主働土圧係数を適用する。土圧係数の算出は次の式によって求めることができる。

$$K_i = K_0 \left(1 - \frac{z_i}{z_0}\right) + K_A \cdot \frac{z_i}{z_0} \quad (z_i \leq z_0=6.0\text{mのとき})$$

$$K_i = K_A \quad (z_i > z_0=6.0\text{mのとき})$$

ここに

K_i : i 段目の土圧係数

z_i : 仮想壁高上端から i 段目の補強材までの深さ (m)

K_0 : 静止土圧係数 $K_0 = 1 - \sin \phi_1$

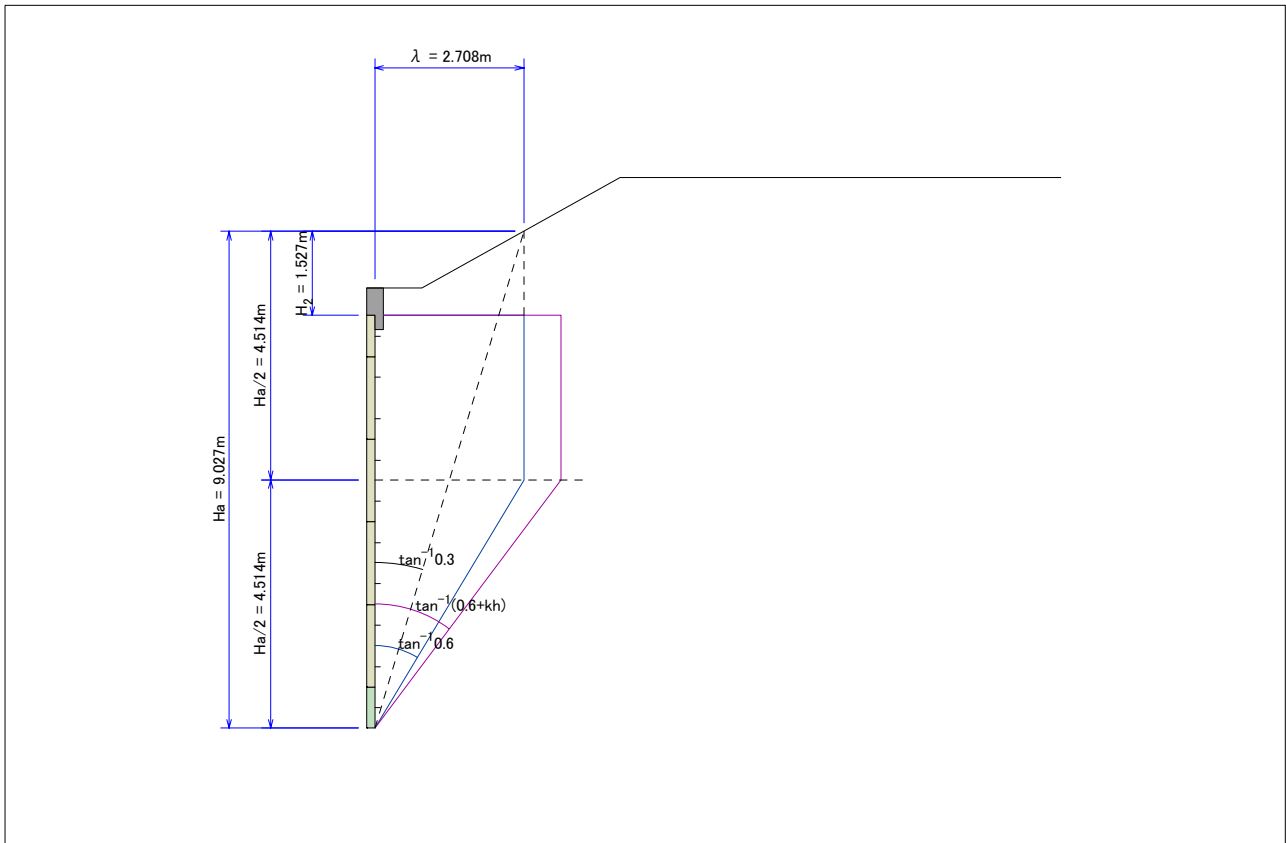
K_A : 主働土圧係数 $K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2}\right)$

ϕ_1 : 盛土材料のせん断抵抗角 ($^\circ$)

z_0 : 仮想壁高の上端から土圧係数変換点までの深さ (m)

次頁に各段の補強材における土圧係数を算出した一覧表を記載する。

土圧係数算出一覧表(地震時)



算出条件項目	記号	単位	数値
静止土圧係数 $K_0 = 1 - \sin \phi_1$	K_0	-	0.500
主働土圧係数 $K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2} \right)$	K_A	-	0.333
盛土材料のせん断抵抗角	ϕ_1	°	30.0
仮想壁高の上端から土圧係数変換点までの深さ	z_0	m	6.000

段数i	z_i (m)	$K_0 \left(1 - \frac{z_i}{z_0} \right)$	$K_A \cdot \frac{z_i}{z_0}$	土圧係数 K_i	備考
1	1.902	0.342	0.106	0.448	
2	2.652	0.279	0.147	0.426	
3	3.402	0.217	0.189	0.406	
4	4.152	0.154	0.230	0.384	
5	4.902	0.092	0.272	0.364	
6	5.652	0.029	0.314	0.343	
7	6.402	-	-	0.333	
8	7.152	-	-	0.333	
9	7.902	-	-	0.333	
10	8.652	-	-	0.333	

※ z_i : 仮想壁高上端から補強材までの深さ

1.4.3 上載盛土荷重の算出

内的安定検討の場合には、補強領域直上の上載盛土を一種の荷重と考え、盛土の重量に見合った一様荷重が補強土壁の上に載せられると見なすものとする。このとき、荷重の大きさの算出は上載盛土高によって、上載盛土荷重を算出している。

検討断面で $H_1 + H_4 = 2.500 \text{ m} > h' = 2.000 \text{ m}$ であることから、上載盛土荷重は次のように算出した。

$$\begin{aligned} q_d &= \gamma_1 \cdot H_3 = 19.0 \times 2.244 \\ &= 42.636 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_3 &= \min \left\{ \frac{1}{n} \left(\frac{H + H_4}{2} - B_b \right), H_1 \right\} + H_4 \\ &= \min \left\{ \frac{1}{1.80} \left(\frac{7.500 + 0.500}{2} - 0.860 \right), 2.000 \right\} + 0.500 \\ &= 2.244 \text{ (m)} \end{aligned}$$

ここに

q_d	: 上載盛土荷重	(kN/m ²)
γ_1	: 上載盛土の単位体積重量	(kN/m ³)
n	: 上載盛土勾配	
H	: 壁面材高	(m)
H_1	: 上載盛土高	(m)
H_4	: 笠石高	(m)
B_b	: 上載盛土のり尻の水平小段幅	(m)
H_3	: 上載盛土の荷重換算高さ	(m)

1.4.4 土圧力の算出

各荷重を算出した結果から土圧力を算出する。土圧力の算出式は次のように算出することができる。

$$P_i' = P_i + \Delta P_i$$

$$P_i = K_i \cdot \Delta H_i (\gamma_1 \cdot x_i + q_d + q_{Li})$$

$$\Delta P_i = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{z_i}{H_a} \right) \cdot \alpha \cdot kh \cdot P_n$$

ここに

P_i'	: i段目のストリップに作用する土圧力	(kN/m)
P_i	: i段目のストリップに作用する常時の土圧力(活荷重なし)	(kN/m)
ΔP_i	: i段目のストリップに作用する地震時の増加土圧力	(kN/m)
K_i	: 各段における土圧係数	
ΔH_i	: ストリップの鉛直間隔	(m)
γ_1	: 盛土材料の単位体積重量	(kN/m ³)
x_i	: 壁面材壁高の上端から各段までの深さ	(m)
q_d	: 上載盛土荷重	(kN/m ²)
q_{Li}	: i段目における上載荷重合計	(kN/m ²)
H_a	: 仮想壁高	(m)
α	: 地震時の増加係数	
kh	: 設計水平震度	
P_n	: 最下段のストリップに作用する地震時の土圧力	(kN/m)

以上の式から各段における土圧力は次のようになる。

土圧力集計表(地震時)

算出条件項目	記号	単位	数値
上載盛土荷重	q_d	kN/m^2	42.636
盛土材料の単位体積重量	γ_1	kN/m^3	19.0

段数 i	z_i (m)	土圧係数 K_i	鉛直間隔 ΔH_i (m)	x_i (m)	$\gamma_1 \cdot x_i$ (kN/m^2)	上載荷重合計 q_{Li} (kN/m^2)	荷重合計 $q_d + q_{Li}$ (kN/m^2)	土圧力 P_i (kN/m)
1	1.902	0.448	0.750	0.375	7.125	0.000	42.636	16.720
2	2.652	0.426	0.750	1.125	21.375	0.000	42.636	20.452
3	3.402	0.406	0.750	1.875	35.625	0.000	42.636	23.830
4	4.152	0.384	0.750	2.625	49.875	0.000	42.636	26.643
5	4.902	0.364	0.750	3.375	64.125	0.000	42.636	29.146
6	5.652	0.343	0.750	4.125	78.375	0.000	42.636	31.130
7	6.402	0.333	0.750	4.875	92.625	0.000	42.636	33.781
8	7.152	0.333	0.750	5.625	106.875	0.000	42.636	37.340
9	7.902	0.333	0.750	6.375	121.125	0.000	42.636	40.899
10	8.652	0.333	0.750	7.125	135.375	0.000	42.636	44.458

※ x_i : 壁面材天端からの深さ

土圧力集計表(地震時)

算出条件項目	記号	単位	数値
最下段のストリップに作用する土圧力	P_n	kN/m	44.458
仮想壁高	H_a	m	9.027
地震時の増加係数	α	-	1.4
設計水平震度	kh	-	0.15

段数i	z_i (m)	$1 + \frac{z_i}{H_a}$	常時の土圧力 P_i (kN/m)	地震時の増加土圧力 ΔP_i (kN/m)	土圧力 P_i' (kN/m)
1	1.902	1.211	16.720	5.653	22.373
2	2.652	1.294	20.452	6.041	26.493
3	3.402	1.377	23.830	6.428	30.258
4	4.152	1.460	26.643	6.815	33.458
5	4.902	1.543	29.146	7.203	36.349
6	5.652	1.626	31.130	7.590	38.720
7	6.402	1.709	33.781	7.978	41.759
8	7.152	1.792	37.340	8.365	45.705
9	7.902	1.875	40.899	8.753	49.652
10	8.652	1.958	44.458	9.140	53.598

※ x_i : 壁面材天端からの深さ

1.5 所要ストリップ長の算出(地震時)

1.5.1 ストリップ水平間隔の選定

ストリップの水平間隔は、ストリップに作用する引張力に対して、ストリップの破断やボルトのせん断を生じない寸法とし、その間隔は所定の補強土効果を発揮しうる範囲内で適切な寸法を選定する。

ストリップおよびボルトの許容応力度からストリップ各段に作用する土圧力に抵抗しうる水平間隔を算出する。算出式は次の3つから算出し、最小の水平間隔を採用する。

ストリップに作用する最大引張力 T_m に対して	(1) ストリップの引張応力度から	$\Delta B_{i1} = \frac{A_g \cdot \sigma_a}{P_i'} \times 10^{-3}$
スキン背面付近のストリップに作用する引張力 T_0 に対して	(2) ストリップの引張応力度から	$\Delta B_{i2} = \frac{A_n \cdot \sigma_a}{0.75 \cdot P_i'} \times 10^{-3}$
	(3) ボルトのせん断応力度から	$\Delta B_{i3} = \frac{A_\tau \cdot \tau_a}{0.75 \cdot P_i'} \times 10^{-3}$

(1) ストリップの引張応力度から

$$\Delta B_{i1} = \frac{A_g \cdot \sigma_a}{P_i'} \times 10^{-3} = \frac{180.0 \times 278}{P_i'} \times 10^{-3} = \frac{50040}{P_i'} \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} A_g &= b(t_s - c_m) = 60 \times (4.0 - 1.0) \\ &= 180.0 \quad (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

ここに

腐食しろを差し引いたストリップの総断面積	:	A_g	(mm^2)
ストリップの幅	:	$b = 60$	(mm)
ストリップの版厚	:	$t_s = 4.0$	(mm)
ストリップの腐食しろ	:	$c_m = 1.0$	(mm)
ストリップの許容引張応力度	:	$\sigma_a = 278$	(N/mm^2)
i 段目のストリップに作用する土圧力	:	P_i'	(kN/m)

(2) ストリップの引張応力度から

$$\Delta B_{i2} = \frac{A_n \cdot \sigma_a}{0.75 \cdot P_i'} \times 10^{-3} = \frac{135.0 \times 278}{0.75 \times P_i'} \times 10^{-3} = \frac{50040}{P_i'} \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} A_n &= \{b - n_1' (3.0 + d)\} \cdot (t_s - c_m) = \{60 - 1 \times (3.0 + 12)\} \times (4.0 - 1.0) \\ &= 135.0 \quad (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

ここに

壁面材の取付部におけるストリップの総断面積	:	A_n	(mm^2)
ストリップの幅方向の取付けボルト本数	:	$n_1' = 1$	(本)
取付けボルトの呼び径	:	$d = 12$	(mm)

(3) ボルトのせん断応力度から

$$\angle B_{i3} = \frac{A_{\tau} \cdot \tau_a}{0.75 \cdot P_i'} \times 10^{-3} = \frac{168.6 \times 300}{0.75 \times P_i'} \times 10^{-3} = \frac{67440}{P_i'} \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} A_{\tau} &= j \cdot n_2' \cdot A_e = 2 \times 1 \times 84.3 \\ &= 168.6 \quad (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

ここに

有効せん断面積	:	A_{τ}	(mm^2)
連結方式によるせん断の数	:	j	= 2 (個)
取付けボルトのネジ部有効断面積	:	A_e	= 84.3 (mm^2)
取付けボルトの本数	:	n_2'	= 1 (本)
取付けボルトの許容せん断応力度	:	τ_a	= 300 (N/mm^2)

以上から、最小値である $\angle B_{i1}$ の式にて適切な間隔を算出する。

1.5.2 ストリップ水平力の算出

各段のストリップ1本に作用する水平力 T_i' は以下の式にて算出する。

$$T_i' = P_i' \cdot \angle B_i$$

ここに

T_i'	:	i 段目の1本のストリップに作用する水平力	($\text{kN}/\text{本}$)
P_i'	:	i 段目のストリップに作用する土圧力	(kN/m)
$\angle B_i$:	土圧力に抵抗しうる水平間隔	(m)

次頁にストリップの水平間隔およびストリップ1本当たりの水平力を算出した一覧表を記す。判定については、採用している水平間隔が算出された水平間隔よりも値が小さい場合には、配置することが可能と判断できる。

ストリップに作用する水平力一覧表(地震時)

算出条件項目	記号	単位	数値
腐食しろを差し引いたストリップの総断面積	A_g	mm^2	180.0
ストリップの許容引張応力度	σ_a	N/mm^2	278
採用式： $\Delta B_{i1} = \frac{A_g \cdot \sigma_a}{P_i'} \times 10^{-3} = \frac{50040}{P_i'} \times 10^{-3}$			

段数i	土圧力 P_i' (kN/m)	水平間隔 ΔB_{i1} (m)	採用間隔 ΔB_i (m)	ストリップに作用する 水平力 T_i' (kN/本)	判定
1	22.373	2.237	0.750	16.780	OK
2	26.493	1.889	0.750	19.870	OK
3	30.258	1.654	0.750	22.694	OK
4	33.458	1.496	0.750	25.094	OK
5	36.349	1.377	0.750	27.262	OK
6	38.720	1.292	0.750	29.040	OK
7	41.759	1.198	0.750	31.319	OK
8	45.705	1.095	0.750	34.279	OK
9	49.652	1.008	0.750	37.239	OK
10	53.598	0.934	0.500	26.799	OK

1.5.3 摩擦係数の算出

土と補強材の摩擦係数は、設計上見かけの摩擦係数を用いる。見かけの摩擦係数 f_0^* は次の式によって求めることができる。

$$f_i^* = f_0^* \left(1 - \frac{z_i}{z_0}\right) + \tan \phi_1 \cdot \frac{z_i}{z_0} \quad (z_i \leq z_0 = 6.0\text{mのとき})$$

$$f_i^* = \tan \phi_1 \quad (z_i > z_0 = 6.0\text{mのとき})$$

ここに

f_0^* : i段目の補強材における摩擦係数

z_i : 仮想壁高上端から補強材までの深さ (m)

z_0 : 仮想壁高の上端から土圧係数変換点までの深さ (m)

ϕ : 土と補強材の摩擦角 (°)

「補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル」P88～89には盛土材料とストリップの種類によって、 f_0^* および ϕ の算出方法を定義している。以下にその算出式と条件を記載する。

盛土材料	ストリップの種類	f_0^* の算出方法	ϕ の決定値
[A]材料	リブ付き	$f_0^* = 1.2 + l \log U_c$ $U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ (盛土材料の均等係数) U_c が測定されていない場合は $f_0^*=1.5$ を用いる	第6章※に定めた仕様により現地施工がなされた場合には、一般に $\phi=36^\circ$ を最低値としてよい。
[B]材料 処理しない 場合	リブ付き	$f_0^* = 1.0$	第6章※に定めた仕様により現地施工がなされた場合には、一般に $\phi=25^\circ$ を最低値としてよい。
-	平滑	$f_0^* = \tan \phi$ ϕ : 盛土荷重のせん断抵抗角 (°)	盛土荷重が[A]材料であって、第6章※に定めた仕様により現地施工がなされた場合には、一般に $\phi=22^\circ$ としてよい。

※「補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル」の第6章を示す。

当現場における摩擦係数の諸条件を次の値を設計地とした。

盛土材料	ストリップの種類	f_0^*	ϕ (°)
[A1] 材料	高強度リブ付きストリップ	1.5	36

次頁に各ストリップに対する摩擦係数を一覧表にて記載する。

ストリップに作用する摩擦係数一覧表(地震時)

算出条件項目	記号	単位	数値
摩擦係数の最低値	f_0^*	-	1.5
土と補強材の摩擦角	ϕ	°	36
仮想壁高の上端から土圧係数変換点までの深さ	z_0	m	6.000

段数i	z_i (m)	$f_0^* \left(1 - \frac{z_i}{z_0}\right)$	$\tan \phi \cdot \frac{z_i}{z_0}$	摩擦係数 f_i^*	備考
1	1.902	1.025	0.230	1.255	
2	2.652	0.837	0.321	1.158	
3	3.402	0.650	0.412	1.062	
4	4.152	0.462	0.503	0.965	
5	4.902	0.275	0.594	0.869	
6	5.652	0.087	0.684	0.771	
7	6.402	-	-	0.727	
8	7.152	-	-	0.727	
9	7.902	-	-	0.727	
10	8.652	-	-	0.727	

1.5.4 所要ストリップ長の算出

ストリップの引張力による引抜けに対しては、テールアルメの抵抗領域中にあるストリップがこれに有効に働くものと考えている。したがって、ストリップの長さは、ストリップに作用する引張力 T_i に対し、引抜けについて所定の安全率を確保できる摩擦面積を有していることが必要であり、その長さは主働領域にある長さ L_{0i}' と抵抗領域内の長さ L_{ei}' との和である。よって、所要ストリップ長は次のように算出することが出来る。

$$L' = L_{0i}' + L_{ei}'$$

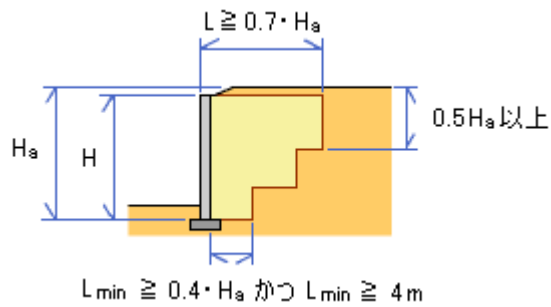
$$L_{ei}' = \frac{F_s \cdot T_i'}{2 \cdot f_i^* \cdot \sigma_{vi} \cdot b}$$

$$\sigma_{vi} = \gamma_1 \cdot x_i + q_d + q_{Li}$$

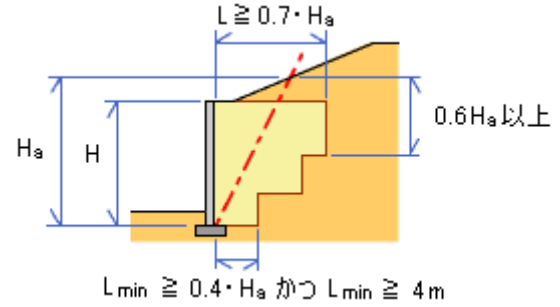
ここに

L_{ei}'	: 有効ストリップ長	(m)
L_{0i}'	: 主働領域中のストリップ長	(m)
F_s	: 引抜けに対する安全率(地震時)	
T_i'	: i段目の1本のストリップに作用する水平力	(kN/本)
f_i^*	: i段目のストリップに対する見かけの摩擦係数	
σ_{vi}	: i段目における土の鉛直応力	(kN/m ²)
b	: ストリップの幅	(m)
γ_1	: 盛土材料の単位体積重量	(kN/m ³)
x_i	: 壁面材壁高の上端から各段までの高さ	(m)
q_d	: 上載盛土荷重	(kN/m ²)
q_{Li}	: i段目における上載荷重合計	(kN/m ²)

前述した式により各段におけるストリップ長が算出されるが、ストリップ長は通常0.5mごとに丸めた長さを採用することにする。ただし、ストリップの最小長さが構造細目として規定されていることから、この制限値を下回らないように長さを決定する必要がある。



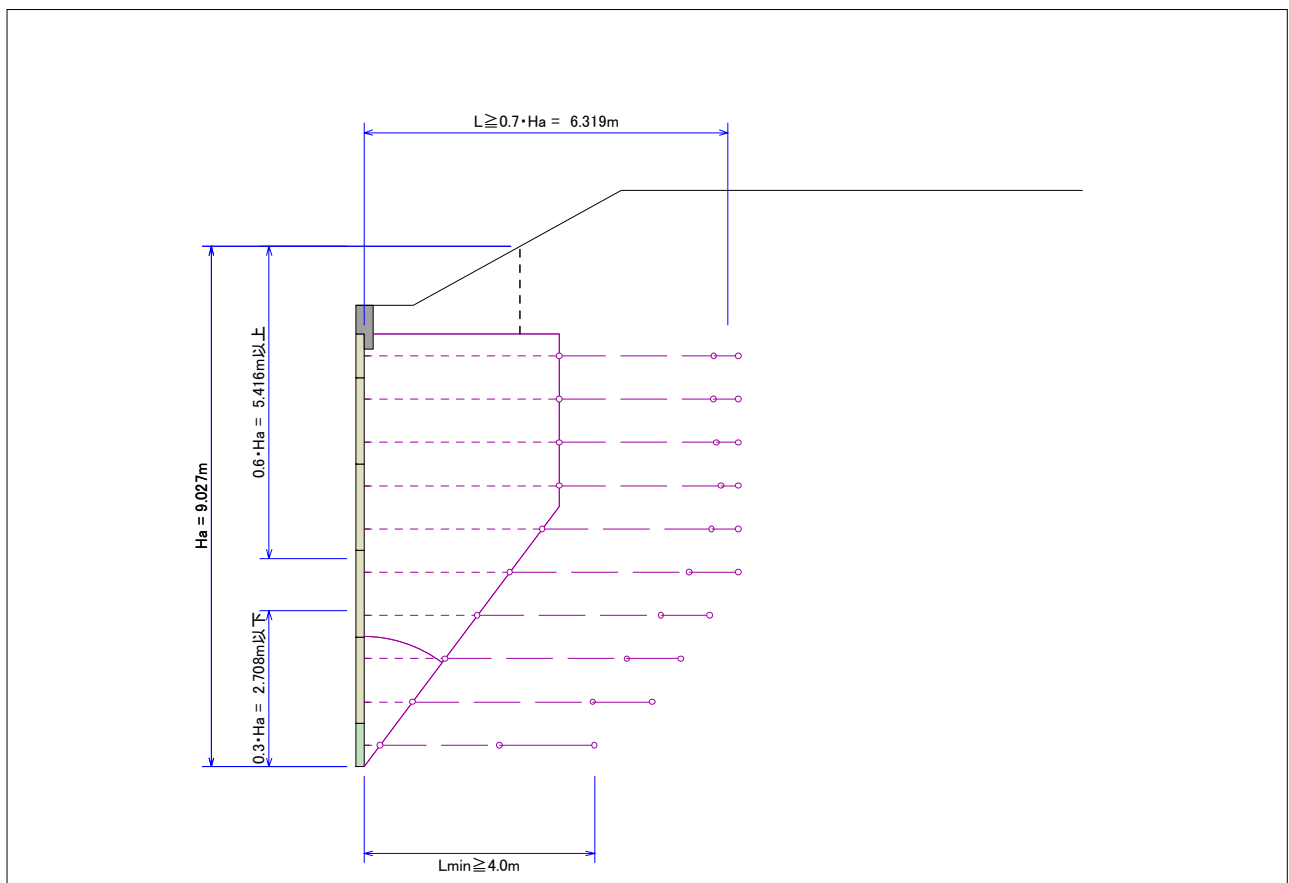
a) $H_1 + H_4$ が2m未満のとき



b) $H_1 + H_4$ が2m以上のとき

$H_1 + H_4 = 2.500$ (m) であることから、上図でのb)に適用する。

仮想擁壁高 $H_a = 9.027$ (m) であることから以下の数値を満足する必要がある。



$$0.3 \cdot H_a = 2.708 \text{ (m)}$$

$$0.4 \cdot H_a = 3.611 \text{ (m)} < 4.000 \text{ (m)}$$

$$0.6 \cdot H_a = 5.416 \text{ (m)}$$

$$0.7 \cdot H_a = 6.319 \text{ (m)}$$

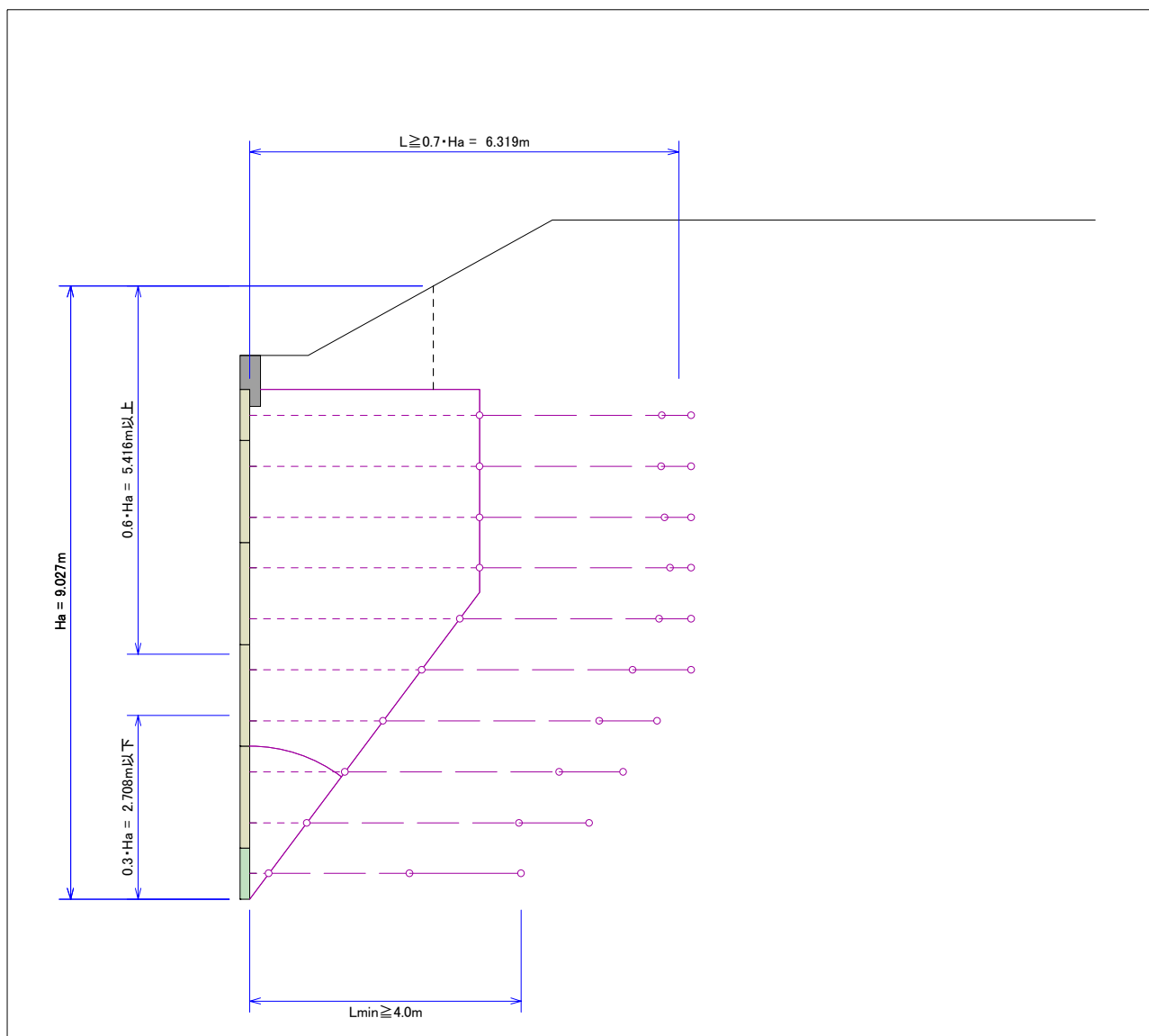
次頁に有効ストリップ長算出一覧表を記す。

有効ストリップ長算出一覧表(地震時)

算出条件項目	記号	単位	数値
引抜けに対する安全率	F_s	-	1.2
ストリップの幅	b	m	0.060
盛土材料の単位体積重量	γ_1	kN/m^3	19.0

段数 i	引張力 T_i' (kN/本)	摩擦係数 f_i^*	鉛直間隔 ΔH_i (m)	$\gamma_1 \cdot X_i$	荷重合計 $q_d + q_{Li}$ (kN/m^2)	鉛直応力 σ_{vi} (kN/m^2)	有効 ストリップ長 L_{ei}' (m)
1	16.780	1.255	0.750	7.125	42.636	49.761	2.687
2	19.870	1.158	0.750	21.375	42.636	64.011	2.681
3	22.694	1.062	0.750	35.625	42.636	78.261	2.730
4	25.094	0.965	0.750	49.875	42.636	92.511	2.811
5	27.262	0.869	0.750	64.125	42.636	106.761	2.938
6	29.040	0.771	0.750	78.375	42.636	121.011	3.113
7	31.319	0.727	0.750	92.625	42.636	135.261	3.185
8	34.279	0.727	0.750	106.875	42.636	149.511	3.154
9	37.239	0.727	0.750	121.125	42.636	163.761	3.128
10	26.799	0.727	0.750	135.375	42.636	178.011	2.071

所要ストリップ長算出一覧表(地震時)



段数 <i>i</i>	z_i (m)	主働領域長 L_{0i}' (m)	有効長 L_{ei}' (m)	合計 $L_{0i}' + L_{ei}'$ (m)	採用長 L (m)	制限長		判定
						構造細目 (m)	その他 (m)	
1	1.902	3.385	2.687	6.072	6.500	6.319	-	OK
2	2.652	3.385	2.681	6.066	6.500	6.319	-	OK
3	3.402	3.385	2.730	6.115	6.500	6.319	-	OK
4	4.152	3.385	2.811	6.196	6.500	6.319	-	OK
5	4.902	3.093	2.938	6.031	6.500	6.319	-	OK
6	5.652	2.531	3.113	5.644	6.500	-	-	OK
7	6.402	1.968	3.185	5.153	6.000	4.000	-	OK
8	7.152	1.406	3.154	4.560	5.500	4.000	-	OK
9	7.902	0.843	3.128	3.971	5.000	4.000	-	OK
10	8.652	0.281	2.071	2.352	4.000	4.000	-	OK