

(H)4300 × (B)2850 × (L)2000

2010 年 1 月

千葉窯業株式会社

## 目 次

§ 1 設計条件 .....	1
§ 2 一般形状寸法図 .....	2
§ 3 計算結果 .....	3
§ 4 設計荷重 .....	6
§ 5 安定計算 .....	10
§ 6 たて壁の部材断面設計 .....	16
§ 7 かかと版(つけ根)の部材断面設計 .....	21
§ 8 かかと版(中間部)の部材断面設計 .....	26

## §1 設計条件

## 1.1 設計条件

(1) 擁壁形式	プレキャストL型擁壁
(2) 基礎形式	直接基礎
(3) 擁壁高さ	$H = 4.300 \text{ (m)}$
(4) 土 圧	試行くさび法による土圧
(5) 地表面載荷重	$q = 10.0 \text{ (kN/m}^2 \text{)}$
(6) 単位体積重量 製品	$c = 24.5 \text{ (kN/m}^3 \text{)}$

## 1.2 土質条件

(1) 擁壁背面の裏込め土	
せん断抵抗角	$= 30.00 \text{ (}^\circ \text{)}$
単位体積重量	$s = 19.0 \text{ (kN/m}^3 \text{)}$
(2) 支持地盤の定数	
擁壁底版と基礎地盤の間の摩擦係数	$\mu = 0.577$
” の粘着力	$C = 0.0 \text{ (kN/m}^2 \text{)}$
許容地盤反力度	$q_a = 174.65 \text{ (kN/m}^2 \text{)} \text{ 以上必要}$

## 1.3 安定条件

(1) 滑動に対する検討	滑動安全率	$F_s$	1.50
(2) 転倒に対する検討	偏心距離	$ e $	1/6 B
	転倒安全率	$F_s$	1.50

## 1.4 材料強度及び許容応力度

## (1) コンクリート

設計基準強度	$ck = 30 \text{ (N/mm}^2 \text{)}$
許容圧縮応力度	$ca = 10.00 \text{ (N/mm}^2 \text{)}$
許容せん断応力度	$a = 0.45 \text{ (N/mm}^2 \text{)}$

## (2) 鉄筋

許容引張応力度	$sa = 160 \text{ (N/mm}^2 \text{)}$
---------	-------------------------------------

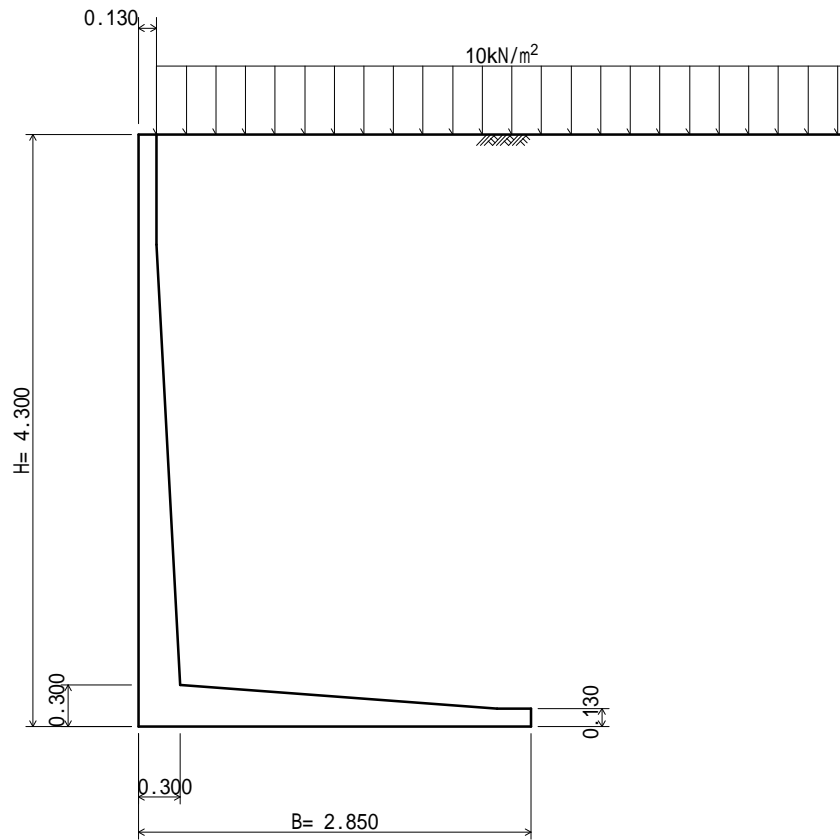
## 1.5 参考文献

一、道路土工	擁壁工指針	(社)日本道路協会
--------	-------	-----------

## § 2 一般形状寸法図

## 2.1 一般図

製品名：CLP (H)4300 × (B)2850標準



## §3 計算結果

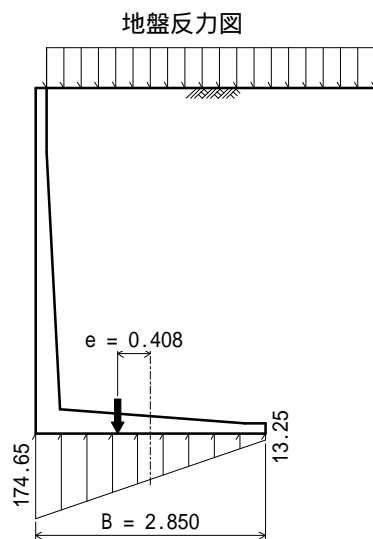
## 3.1 安定計算結果

安定計算は、滑動・転倒・支持の安定に対して検討を行った。

## 3.1.1 載荷重あり

## (1) 安定計算

鉛直荷重 V (kN)	水平荷重 H (kN)	偏心距離 e (m)	転倒 安全率 Fs	滑動 安全率 Fs	地盤反力度 q <sub>1</sub> q <sub>2</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	判定
267.76	72.89	0.408	3.61	2.12	174.65      13.25	0.K.
許 容 値		0.475	1.50	1.50		

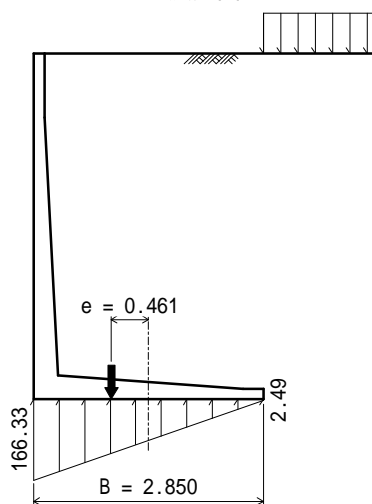


## 3.1.2 載荷重なし

## (1) 安定計算

鉛直荷重 V (kN)	水平荷重 H (kN)	偏心距離 e (m)	転倒 安全率 Fs	滑動 安全率 Fs	地盤反力度 q <sub>1</sub> q <sub>2</sub> (kN/m <sup>2</sup> )		判定
240.56	72.89	0.461	3.22	1.90	166.33	2.49	0.K.
許容値		0.475	1.50	1.50			

地盤反力図



## 3.2 断面計算結果

## 3.2.1 たて壁の断面計算

部 材	項 目		中間部	つけ根
たて壁	部 材 断 面	b (mm)	1000	1000
		d (mm)	90	260
		As (mm <sup>2</sup> )	D22 - 6.5 2516	D22 - 6.5 2516
		x (mm)	52.9	107.3
	断 面 力	曲げモーメント M (N・mm)	$1.06 \times 10^6$	$75.06 \times 10^6$
		せん断力 S (N)	$3.98 \times 10^3$	$56.31 \times 10^3$
	コンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	c	0.55	6.24
		ca	10.00	10.00
	鉄筋の 曲げ引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	s	5.8	133.0
		sa	160	160
	コンクリートの せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		0.04	0.22
		ca	0.45	0.45

## 3.2.2 底版の断面計算

部 材	項 目		かかと つけ根	かかと 中間
底版	部 材 断 面	b (mm)	1000	1000
		d (mm)	260	90
		As (mm <sup>2</sup> )	D22 - 6.5 2516	D22 - 6.5 2516
		x (mm)	107.3	52.9
	断 面 力	曲げモーメント M (N・mm)	$75.06 \times 10^6$	$2.35 \times 10^6$
		せん断力 S (N)	$18.80 \times 10^3$	$18.21 \times 10^3$
	コンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	c	6.24	1.23
		ca	10.00	10.00
	鉄筋の 曲げ引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	s	133.0	12.9
		sa	160	160
	コンクリートの せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		0.07	0.20
		ca	0.45	0.45

## §4 設計荷重

擁壁に作用する荷重は、以下の荷重を考える。

- ・自 重
- ・載 荷 重
- ・土 圧

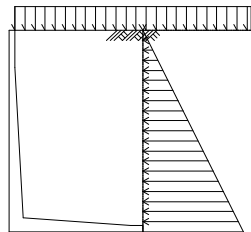
### 4.1 荷重の組合せ

以下の組合せについて設計を行う。

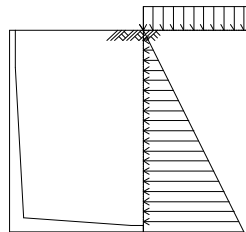
常 時          自重（+ 載荷重）+ 土圧

#### 4.1.1 荷重の組合せ一覧

1) 載荷重あり

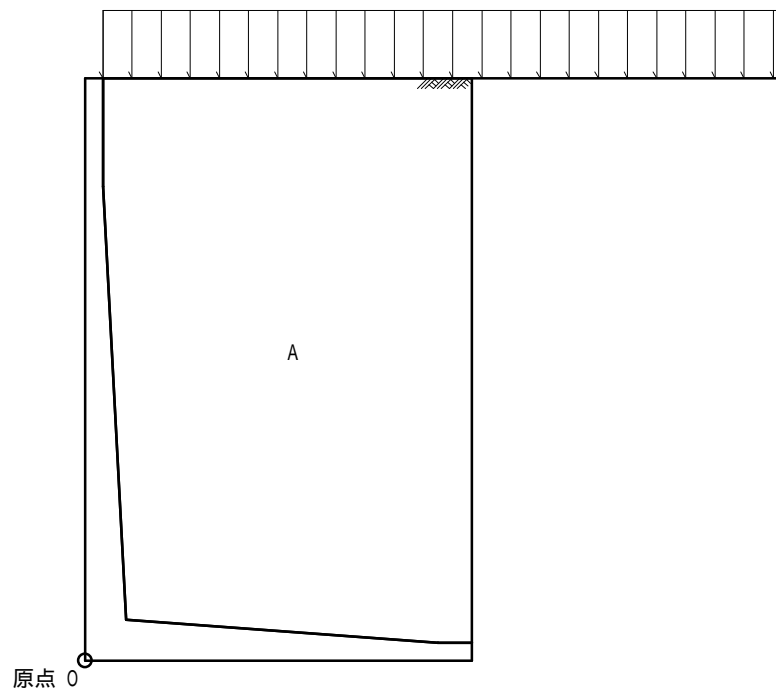


2) 載荷重なし



### 4.2 荷重の計算

擁壁に作用する荷重の、鉛直荷重 $V$ 、水平荷重 $H$ 、および、原点 $O$ に対する作用位置  $(x, y)$  の計算を奥行き長 1.000 m あたりで行なう。





## 4.2.1 自重

## (1) 躯体

## 1) 製品

記号	幅 (m)	高さ (m)	面積 A (m <sup>2</sup> )	重 心 位 置		断面一次モーメント	
				x (m)	y (m)	A・x (m <sup>3</sup> )	A・y (m <sup>3</sup> )
	2.850	4.300	12.255	1.425	2.150	17.4634	26.3483
a	-	0.170	0.800	-0.136	0.215	-0.0292	-0.5304
b	-1/2	0.170	3.200	-0.272	0.243	-0.0661	-0.6618
c	-	2.300	4.000	-9.200	1.450	-13.3400	-21.1600
d	-1/2	2.300	0.170	-0.196	1.833	-0.3593	-0.0476
e	-	0.250	4.170	-1.043	2.725	-2.8422	-2.3102
合 計			1.408			0.8266	1.6383

## 体積

$$V_o = A \cdot L = 1.408 \times 1.000 = 1.408 \text{ (m}^3\text{)}$$

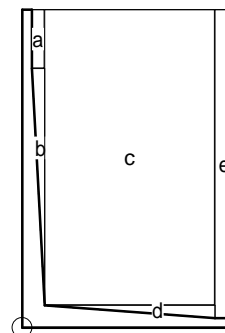
## 荷重

$$V = V_o \cdot c = 1.408 \times 24.5 = 34.50 \text{ (kN)}$$

## 作用位置

$$x = \frac{A \cdot x}{A} = \frac{0.8266}{1.408} = 0.587 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{1.6383}{1.408} = 1.164 \text{ (m)}$$



## (2) 載荷土

## 1) 裏込め土

記号	幅 (m)	高さ (m)	面積 A (m <sup>2</sup> )	重 心 位 置		断面一次モーメント	
				x (m)	y (m)	A・x (m <sup>3</sup> )	A・y (m <sup>3</sup> )
	2.720	4.170	11.342	1.490	2.215	16.8996	25.1225
a	-1/2	0.170	3.200	-0.272	0.187	-0.0509	-0.3718
b	-	0.170	0.170	-0.029	0.215	-0.0062	-0.0062
c	-1/2	2.300	0.170	-0.196	1.067	-0.2091	-0.0367
合 計			10.845			16.6334	24.7078

## 体積

$$V_o = A \cdot L = 10.845 \times 1.000 = 10.845 \text{ (m}^3\text{)}$$

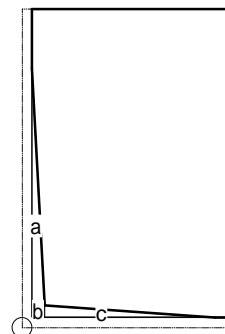
## 荷重

$$V = V_o \cdot s = 10.845 \times 19.0 = 206.06 \text{ (kN)}$$

## 作用位置

$$x = \frac{A \cdot x}{A} = \frac{16.6334}{10.845} = 1.534 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{24.7078}{10.845} = 2.278 \text{ (m)}$$



## 4.2.2 載荷重

地表面載荷重のうち擁壁上に載るものを鉛直荷重として考慮する。

荷重

$$V = q \cdot b \cdot L = 10.0 \times 2.720 \times 1.000 = 27.20 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = B - \frac{b}{2} = 2.850 - \frac{2.720}{2} = 1.490 \text{ (m)}$$

## 4.2.3 土圧

土圧の計算は、試行くさび法により行う。また、土圧は三角形分布するものとする。

主働土圧合力

$$Pa = \frac{W \cdot \sin(\quad - \quad)}{\cos(\quad - \quad - \quad)}$$

ここに、

- Pa : 主働土圧合力 (kN/m)
- W : 土くさびの重量 (kN/m)
- : すべり角 (°)
- : 裏込め土のせん断抵抗角 (°)
- : 壁面摩擦角 (°)
- : 土圧作用面と鉛直面のなす角 (°)

鉛直荷重・水平荷重

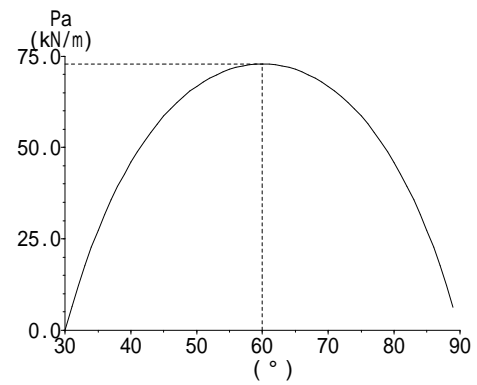
$$V = Pa \cdot \sin(\quad + \quad) \cdot L$$

$$H = Pa \cdot \cos(\quad + \quad) \cdot L$$

ここに、

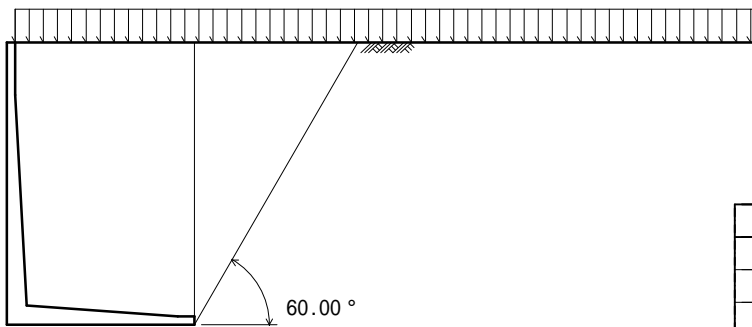
- V, H : 鉛直荷重, 水平荷重 (kN)
- L : 擁壁の奥行き (計算幅)      L = 1.000 (m)

$$\begin{aligned}
 h &= 4.300 \text{ (m)} \\
 &= 0.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 W &= 126.25 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 24.83] \\
 &= 60.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 &= 0.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 &= 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}
 \end{aligned}$$



最大主働土圧合力

$$\begin{aligned}
 Pa &= \frac{126.25 \times \sin(60.00 - 30.00)}{\cos(60.00 - 30.00 - 0.00 - 0.00)} \\
 &= 72.89 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$



	Pa	W
64.00	71.930	106.64
63.00	72.357	111.42
62.00	72.654	116.27
61.00	72.830	121.21
* 60.00	72.890	126.25
59.00	72.825	131.38
58.00	72.647	136.63
57.00	72.353	142.00
56.00	71.936	147.49

鉛直荷重

$$V = 72.89 \times \sin(0.00 - 0.00) \times 1.000 = 0.00 \text{ (kN)}$$

水平荷重

$$H = 72.89 \times \cos(0.00 - 0.00) \times 1.000 = 72.89 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$\begin{aligned}
 x &= 2.850 \text{ (m)} \\
 y &= \frac{4.300}{3} = 1.433 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

## §5 安定計算

算出した荷重を集計して、以下の安定計算を行う。

## 5.1 計算方法

## 1) 滑動に対する検討

滑動に対する安全率は次式により照査を行う。

$$F_s = \frac{\text{滑動に対する抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{V \cdot \tan \quad + C \cdot B \cdot L}{H} \quad F_{sa}$$

ここに、

$F_s$  : 滑動安全率

$F_{sa}$  : 滑動安全率の許容値  $F_{sa} = 1.50$

$V$  : 底版下面における全鉛直荷重 (kN)

$H$  : 水平荷重 (kN)

$\tan$  : 擁壁底版と基礎地盤の間の摩擦係数

$\tan = 0.577$

$C$  : 擁壁底版と基礎地盤の間の粘着力  $C = 0.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

$B$  : 擁壁の底版幅  $B = 2.850 \text{ (m)}$

$L$  : 擁壁の奥行き (計算幅)  $L = 1.000 \text{ (m)}$

## 2) 転倒に対する検討

転倒に対する安全率は次式により照査を行う。

$$F_s = \frac{M_r}{M_o} \quad F_{sa}$$

ここに、

$F_s$  : 安全率

$M_r$  : 抵抗モーメント (kN・m)

$M_o$  : 転倒モーメント (kN・m)

$F_{sa}$  : 転倒安全率の許容値  $F_{sa} = 1.50$

つま先から合力の作用点までの距離 $d$ および、合力の作用点の底版中央からの偏心距離 $e$ は次式で求める。

$$d = \frac{M_r - M_o}{V}$$

$$e = \frac{B}{2} - d$$

ここに、

$V$  : 底版下面における全鉛直荷重 (kN)

$M_r$  : つま先まわりの抵抗モーメント (kN・m)

$M_o$  : つま先まわりの転倒モーメント (kN・m)

$B$  : 擁壁の底版幅  $B = 2.850 \text{ (m)}$

転倒に対する安定条件として、偏心距離 $e$ は次式を満足するものとする。

$$|e| \leq \frac{1}{6} B$$

## 3) 支持に対する検討

地盤反力度は次式により求める。

$$d = \frac{Mr - Mo}{V}, \quad e = \frac{B}{2} - d$$

$$e > \frac{B}{6} \text{ のとき} \quad q_1 = \frac{2 \cdot V}{3 \cdot d \cdot L}$$

$$|e| \leq \frac{B}{6} \text{ のとき} \quad \left. \begin{array}{l} q_1 \\ q_2 \end{array} \right\} = \frac{V}{B \cdot L} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

$$e < -\frac{B}{6} \text{ のとき} \quad q_2 = \frac{2 \cdot V}{3 \cdot (B - d) \cdot L}$$

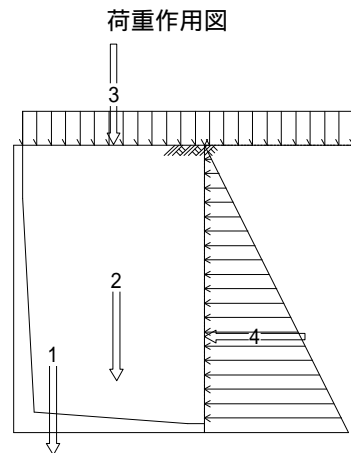
ここに、

- $q_1, q_2$  : 地盤反力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- $Mr$  : 抵抗モーメント (kN・m)
- $Mo$  : 転倒モーメント (kN・m)
- $V$  : 鉛直荷重 (kN)
- $B$  : 擁壁の底版幅  $B = 2.850$  (m)
- $L$  : 擁壁の奥行き (計算幅)  $L = 1.000$  (m)
- $e$  : 合力の作用点の底版中央からの偏心距離 (m)
- $d$  : つま先から合力の作用点までの距離 (m)

## 5.2 計算結果

## 5.2.1 載荷重あり

No	荷 重 名	荷 重		作用位置		モーメント	
		鉛直 V (kN)	水平 H (kN)	x (m)	y (m)	抵抗 Mr (kN・m)	転倒 Mo (kN・m)
1	躯体	34.50		0.587	1.164	20.25	
2	裏込め土	206.06		1.534	2.278	316.10	
3	載荷重	27.20		1.490	4.300	40.53	
4	土圧		72.89	2.850	1.433		104.45
合 計		267.76	72.89			376.88	104.45



## 1) 滑動に対する安定

$$F_s = \frac{V \cdot \mu + c \cdot B \cdot L}{H} = \frac{267.76 \times 0.577 + 0.0 \times 2.850 \times 1.000}{72.89} = 2.12 \quad F_{sa} = 1.5$$

よって、滑動安全率は安定条件を満足している。

## 2) 転倒に対する安定

$$F_s = \frac{Mr}{Mo} = \frac{376.88}{104.45} = 3.61 \quad F_{sa} = 1.50$$

よって、転倒安全率は安定条件を満足している。

つま先から合力Rの作用点までの距離

$$d = \frac{Mr - Mo}{V} = \frac{376.88 - 104.45}{267.76} = 1.017 \text{ (m)}$$

合力Rの作用点の底版中央からの偏心距離

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{2.850}{2} - 1.017 = 0.408 \text{ (m)}$$

$$|e| = 0.408 \text{ (m)} \quad \frac{1}{6} \cdot B = 0.475 \text{ (m)}$$

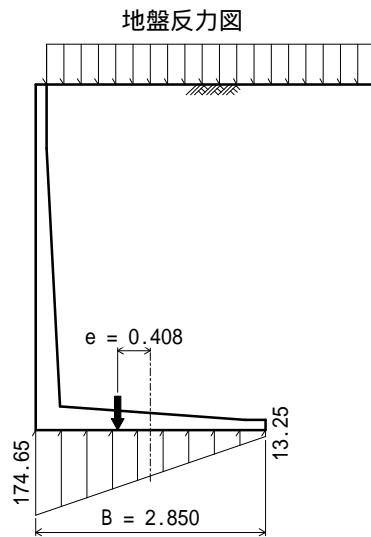
よって、偏心距離は安定条件を満足している。

## 3) 支持に対する安定

最大地盤反力度

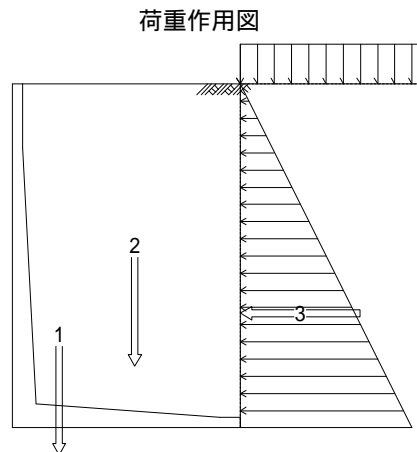
$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{V}{B \cdot L} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{267.76}{2.850 \times 1.000} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 0.408}{2.850} \right) \\
 &= \begin{cases} 174.65 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ 13.25 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{cases}
 \end{aligned}$$

よって、上記の値以上の支持力が必要である。



## 5.2.2 載荷重なし

No	荷 重 名	荷 重		作用位置		モーメント	
		鉛直 V (kN)	水平 H (kN)	x (m)	y (m)	抵抗 Mr (kN・m)	転倒 Mo (kN・m)
1	躯体	34.50		0.587	1.164	20.25	
2	裏込め土	206.06		1.534	2.278	316.10	
3	土圧		72.89	2.850	1.433		104.45
合 計		240.56	72.89			336.35	104.45



## 1) 滑動に対する安定

$$F_s = \frac{V \cdot \mu + c \cdot B \cdot L}{H} = \frac{240.56 \times 0.577 + 0.0 \times 2.850 \times 1.000}{72.89}$$

$$= 1.90 \quad F_{sa} = 1.5$$

よって、滑動安全率は安定条件を満足している。

## 2) 転倒に対する安定

$$F_s = \frac{Mr}{Mo} = \frac{336.35}{104.45} = 3.22 \quad F_{sa} = 1.50$$

よって、転倒安全率は安定条件を満足している。

つま先から合力Rの作用点までの距離

$$d = \frac{Mr - Mo}{V} = \frac{336.35 - 104.45}{240.56} = 0.964 \text{ (m)}$$

合力Rの作用点の底版中央からの偏心距離

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{2.850}{2} - 0.964 = 0.461 \text{ (m)}$$

$$|e| = 0.461 \text{ (m)} \quad \frac{1}{6} \cdot B = 0.475 \text{ (m)}$$

よって、偏心距離は安定条件を満足している。

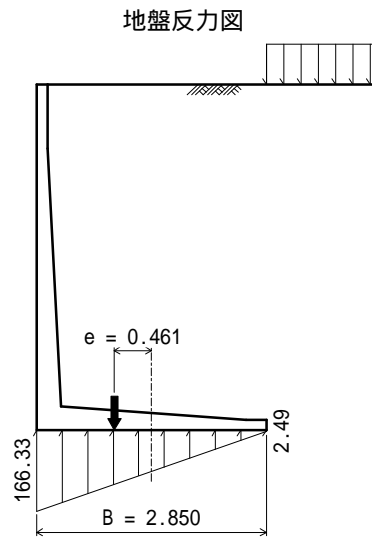


## 3) 支持に対する安定

最大地盤反力度

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{V}{B \cdot L} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{240.56}{2.850 \times 1.000} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 0.461}{2.850} \right) \\
 &= \begin{cases} 166.33 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ 2.49 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{cases}
 \end{aligned}$$

よって、上記の値以上の支持力が必要である。

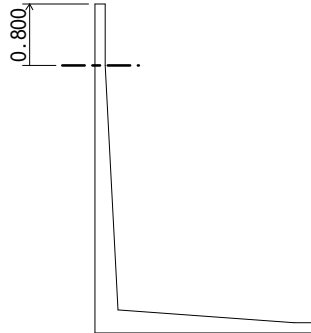


## §6 たて壁の部材断面設計

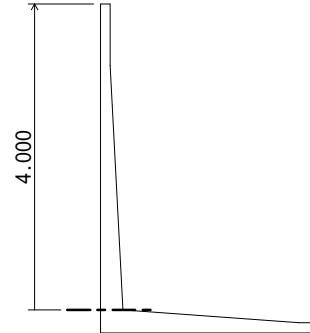
たて壁は、底版との接合部を固定端とする片持版で設計する。

## 6.1 断面検討位置

中間部位置



つけ根位置



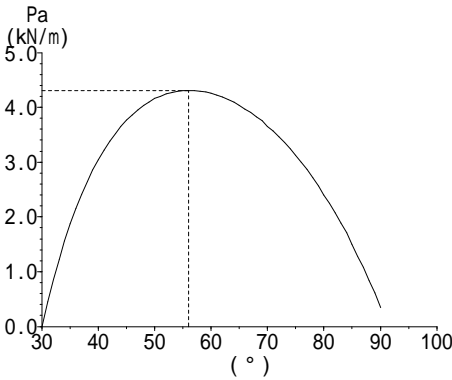
# 6.2 荷重の計算

たて壁に作用する荷重は、以下のものを考慮し、たて壁自重および土圧の鉛直分力は無視する。

## 6.2.1 土圧

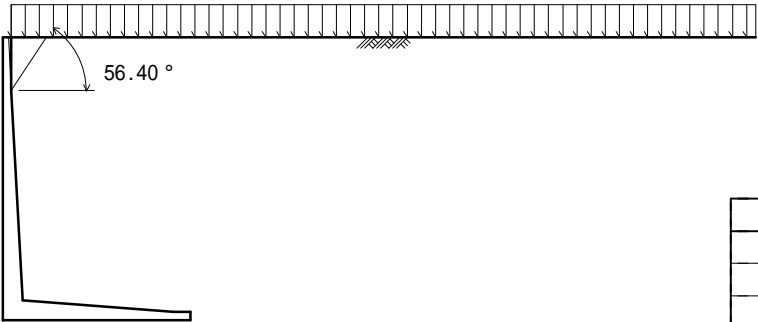
### 1) 中間部

$$\begin{aligned} &= 3.04 (^\circ) \\ W &= 9.69 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 5.32] \\ &= 56.40 (^\circ) \\ &= 20.00 (^\circ) \\ &= 30.00 (^\circ) \end{aligned}$$



最大主働土圧合力

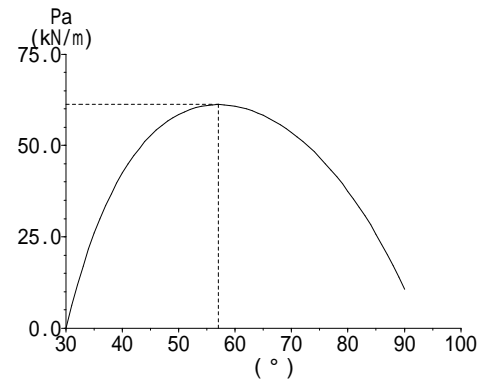
$$\begin{aligned} Pa &= \frac{9.69 \times \sin(56.40 - 30.00)}{\cos(56.40 - 30.00 - 20.00 - 3.04)} \\ &= 4.32 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$



	Pa	W
61.00	4.223	8.12
60.00	4.261	8.46
59.00	4.280	8.78
58.00	4.298	9.12
57.00	4.310	9.47
* 56.40	4.316	9.69
56.00	4.311	9.82
55.00	4.305	10.18
54.00	4.288	10.54
53.00	4.271	10.93
52.00	4.241	11.32

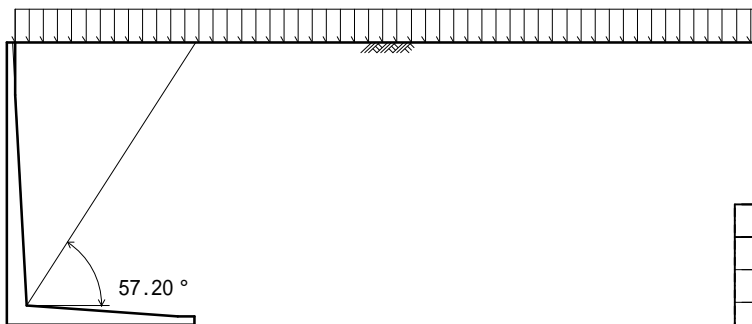
## 2) つけ根

$$\begin{aligned}
 &= 3.04 (^\circ) \\
 W &= 133.52 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 27.48] \\
 &= 57.20 (^\circ) \\
 &= 20.00 (^\circ) \\
 &= 30.00 (^\circ)
 \end{aligned}$$



## 最大主働土圧合力

$$\begin{aligned}
 Pa &= \frac{133.52 \times \sin(57.20 - 30.00)}{\cos(57.20 - 30.00 - 20.00 - 3.04)} \\
 &= 61.19 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$



	Pa	W
62.00	60.014	111.87
61.00	60.424	116.19
60.00	60.763	120.63
59.00	60.999	125.14
58.00	61.143	129.75
* 57.20	61.193	133.52
57.00	61.190	134.46
56.00	61.138	139.28
55.00	60.986	144.22
54.00	60.718	149.26
53.00	60.348	154.45

$$H = Pa \cdot \cos(\quad + \quad) \cdot L$$

ここに、

L : 擁壁の奥行き (計算幅)      L = 1.000 (m)

	土圧力 Pa (kN/m)	摩擦角 (°)	傾斜角 (°)	水平荷重 H (kN)	作用位置 y (m)
中間部	4.32	20.00	3.04	3.98	0.267
つけ根	61.19	20.00	3.04	56.31	1.333

## 6.3 設計断面力

## 6.3.1 中間部

せん断力

$$S = H = 3.98 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= H \cdot y = 3.98 \times 0.267 \\ &= 1.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

## 6.3.2 つけ根

せん断力

$$S = H = 56.31 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= H \cdot y = 56.31 \times 1.333 \\ &= 75.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

## 6.4 実応力度の計算

## (1) 中間部

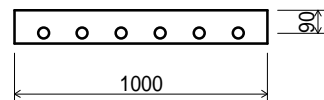
単鉄筋長方形断面で計算を行う。

$$\text{有効幅} \quad b = 1000 \text{ (mm)}$$

$$\text{有効高さ} \quad d = 90 \text{ (mm)}$$

$$\text{鉄筋量} \quad A_s = D22 - 6.5$$

$$= 25.16 \text{ (cm}^2\text{)} = 2516 \text{ (mm}^2\text{)}$$

コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$ 

中立軸

$$\begin{aligned} x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 2516}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 90}{15 \times 2516}} \right\} \\ &= 52.9 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

設計断面力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = 1.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$\text{せん断力} \quad S = 3.98 \text{ (kN)}$$

実応力度

$$\begin{aligned} c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 1.06 \times 10^6}{1000 \times 52.9 \times \left(90 - \frac{52.9}{3}\right)} \\ &= 0.55 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad ca = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{1.06 \times 10^6}{2516 \times \left(90 - \frac{52.9}{3}\right)} \\ &= 5.8 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad sa = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{3.98 \times 10^3}{1000 \times 90} \\ &= 0.04 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a_1 = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \end{aligned}$$

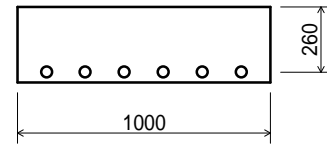
## (2) つけ根

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

有効幅  $b = 1000 \text{ (mm)}$

有効高さ  $d = 260 \text{ (mm)}$

鉄筋量  $A_s = D22 - 6.5$   
 $= 25.16 \text{ (cm}^2\text{)} = 2516 \text{ (mm}^2\text{)}$



コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$

中 立 軸

$$x = \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\}$$

$$= \frac{15 \times 2516}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 260}{15 \times 2516}} \right\}$$

$$= 107.3 \text{ (mm)}$$

設計断面力

曲げモーメント  $M = 75.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$

せん断力  $S = 56.31 \text{ (kN)}$

実応力度

$$c = \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 75.06 \times 10^6}{1000 \times 107.3 \times \left(260 - \frac{107.3}{3}\right)}$$

$$= 6.24 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad ca = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K.$$

$$s = \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{75.06 \times 10^6}{2516 \times \left(260 - \frac{107.3}{3}\right)}$$

$$= 133.0 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad sa = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K.$$

$$= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{56.31 \times 10^3}{1000 \times 260}$$

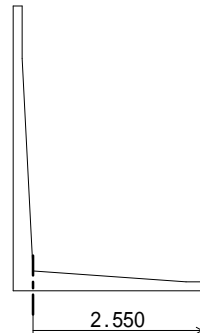
$$= 0.22 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a_1 = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K.$$

## §7 かかと版(つけ根)の部材断面設計

かかと版(つけ根)は、たて壁との接合部を固定端とする片持版として設計する。

## 7.1 荷重の計算

断面検討位置



かかと版に作用する荷重としては、以下のものを考慮する。

## (1) かかと版自重

記号	幅 (m)	高さ (m)	面積 A (m <sup>2</sup> )	重心位置 x (m)	断面一次 モーメント A・x (m <sup>3</sup> )
	2.550	0.300	0.765	1.275	0.9754
a	-1/2 × 2.300	0.170	-0.196	1.533	-0.3005
b	-	0.250	-0.043	2.425	-0.1043
合計			0.526		0.5706

作用位置

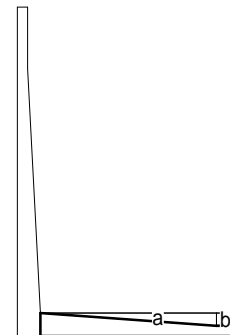
$$x = \frac{A \cdot x}{A} = \frac{0.5706}{0.526} = 1.085 \text{ (m)}$$

せん断力

$$S = A \cdot c \cdot L = 0.526 \times 24.5 \times 1.000 = 12.89 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 12.89 \times 1.085 = 13.99 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (2) かかと版上の載荷土

記号	幅 (m)	高さ (m)	面積 A (m <sup>2</sup> )	重心位置 x (m)	断面一次 モーメント A・x (m <sup>3</sup> )
	2.550	4.170	10.634	1.275	13.5584
a	-1/2	2.300	0.170	-0.196	-0.1503
合計			10.438		13.4081

作用位置

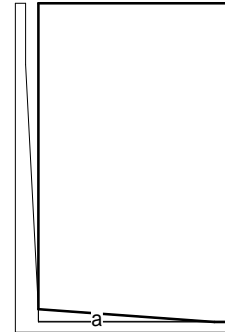
$$x = \frac{A \cdot x}{A} = \frac{13.4081}{10.438} = 1.285 \text{ (m)}$$

せん断力

$$S = A \cdot s \cdot L = 10.438 \times 19.0 \times 1.000 = 198.32 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 198.32 \times 1.285 = 254.84 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (3) 地表面載荷重

荷重強度

$$q = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = q \cdot b \cdot L = 10.00 \times 2.550 \times 1.000 = 25.50 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = 1.275 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 25.50 \times 1.275 = 32.51 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (4) 地盤反力度

## 1) 載荷重あり

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 174.65 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 13.25 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 13.25 + (174.65 - 13.25) \times \frac{2.550}{2.850} \\ &= 157.66 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(157.66 + 13.25) \times 2.550 \times 1.000}{2} \\ &= 217.91 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{2.550}{3} \times \frac{2 \times 13.25 + 157.66}{13.25 + 157.66} \\ &= 0.916 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 217.91 \times 0.916 = 199.61 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 2) 載荷重なし

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 166.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 2.49 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 2.49 + (166.33 - 2.49) \times \frac{2.550}{2.850} \\ &= 149.08 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(149.08 + 2.49) \times 2.550 \times 1.000}{2} \\ &= 193.25 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{2.550}{3} \times \frac{2 \times 2.49 + 149.08}{2.49 + 149.08} \\ &= 0.864 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 193.25 \times 0.864 = 166.97 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 7.2 設計断面力

かかと版つけ根の曲げモーメントは

たて壁つけ根の曲げモーメントを超えないものとする。

## 1) 載荷重あり

No	荷 重 名	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
1	かかと版自重	12.89	13.99
2	かかと版上の載荷土	198.32	254.84
3	地盤反力	-217.91	-199.61
4	自動車荷重	25.50	32.51
	合 計	18.80	101.73

たて壁つけ根の曲げモーメント  $M_o = 75.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$  <  $M$  より  
断面計算に用いる曲げモーメント  $M = M_o$  とする。

## 2) 載荷重なし

No	荷 重 名	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
1	かかと版自重	12.89	13.99
2	かかと版上の載荷土	198.32	254.84
3	地盤反力	-193.25	-166.97
	合 計	17.96	101.86

たて壁つけ根の曲げモーメント  $M_o = 75.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$  <  $M$  より  
断面計算に用いる曲げモーメント  $M = M_o$  とする。

実応力度計算には、以下の最大断面力を用いる。

せん断力

$$S = 18.80 \text{ (kN)}$$

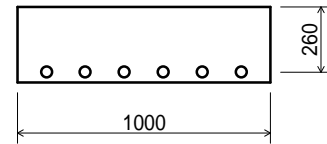
曲げモーメント

$$M = 75.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 7.3 実応力度の計算

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

$$\begin{aligned}\text{有効幅} \quad b &= 1000 \text{ (mm)} \\ \text{有効高さ} \quad d &= 260 \text{ (mm)} \\ \text{鉄筋量} \quad A_s &= D22 - 6.5 \\ &= 25.16 \text{ (cm}^2\text{)} = 2516 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$



コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$

中 立 軸

$$\begin{aligned}x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 2516}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 260}{15 \times 2516}} \right\} \\ &= 107.3 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

設計断面力

$$\begin{aligned}\text{曲げモーメント} \quad M &= 75.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 18.80 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

実応力度

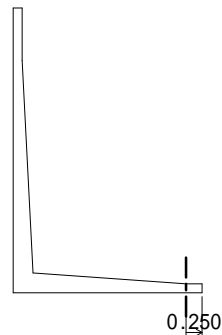
$$\begin{aligned}c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 75.06 \times 10^6}{1000 \times 107.3 \times \left(260 - \frac{107.3}{3}\right)} \\ &= 6.24 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad ca = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \\ s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{75.06 \times 10^6}{2516 \times \left(260 - \frac{107.3}{3}\right)} \\ &= 133.0 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad sa = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \\ &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{18.80 \times 10^3}{1000 \times 260} \\ &= 0.07 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a_1 = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K.\end{aligned}$$

## §8 かかと版(中間部)の部材断面設計

かかと版(中間部)は、下の指定位置を固定端とする片持版として設計する。

## 8.1 荷重の計算

断面検討位置



かかと版に作用する荷重としては、以下のものを考慮する。

## (1) かかと版自重

面積

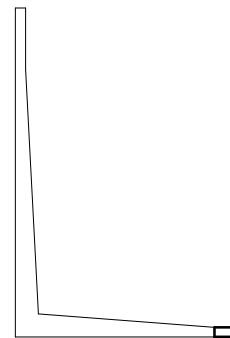
$$A = b \cdot h = 0.250 \times 0.130 = 0.033 \text{ (m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = A \cdot c \cdot L = 0.033 \times 24.5 \times 1.000 = 0.81 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 0.81 \times 0.125 = 0.10 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (2) かかと版上の載荷土

面積

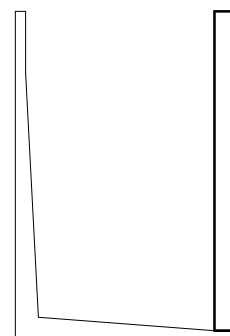
$$A = b \cdot h = 0.250 \times 4.170 = 1.043 \text{ (m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = A \cdot s \cdot L = 1.043 \times 19.0 \times 1.000 = 19.82 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 19.82 \times 0.125 = 2.48 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (3) 地表面載荷重

荷重強度

$$q = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = q \cdot b \cdot L = 10.00 \times 0.250 \times 1.000 = 2.50 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = 0.125 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 2.50 \times 0.125 = 0.31 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## (4) 地盤反力度

## 1) 載荷重あり

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 174.65 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 13.25 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 13.25 + (174.65 - 13.25) \times \frac{0.250}{2.850} \\ &= 27.41 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(27.41 + 13.25) \times 0.250 \times 1.000}{2} \\ &= 5.08 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.250}{3} \times \frac{2 \times 13.25 + 27.41}{13.25 + 27.41} \\ &= 0.110 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 5.08 \times 0.110 = 0.56 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 2) 荷重なし

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 166.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 2.49 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$q_3 = q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 2.49 + (166.33 - 2.49) \times \frac{0.250}{2.850}$$

$$= 16.86 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(16.86 + 2.49) \times 0.250 \times 1.000}{2}$$

$$= 2.42 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.250}{3} \times \frac{2 \times 2.49 + 16.86}{2.49 + 16.86}$$

$$= 0.094 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 2.42 \times 0.094 = 0.23 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 8.2 設計断面力

かかと版つけ根の曲げモーメントは

たて壁つけ根の曲げモーメントを超えないものとする。

## 1) 荷重あり

No	荷 重 名	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
1	かかと版自重	0.81	0.10
2	かかと版上の載荷土	19.82	2.48
3	地盤反力	-5.08	-0.56
4	自動車荷重	2.50	0.31
	合 計	18.05	2.33

## 2) 荷重なし

No	荷 重 名	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
1	かかと版自重	0.81	0.10
2	かかと版上の載荷土	19.82	2.48
3	地盤反力	-2.42	-0.23
	合 計	18.21	2.35

実応力度計算には、以下の最大断面力を用いる。

せん断力

$$S = 18.21 \text{ (kN)}$$

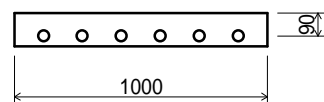
曲げモーメント

$$M = 2.35 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 8.3 実応力度の計算

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

$$\begin{aligned} \text{有効幅} \quad b &= 1000 \text{ (mm)} \\ \text{有効高さ} \quad d &= 90 \text{ (mm)} \\ \text{鉄筋量} \quad A_s &= D22 - 6.5 \\ &= 25.16 \text{ (cm}^2\text{)} = 2516 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$



コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$

中 立 軸

$$\begin{aligned} x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 2516}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 90}{15 \times 2516}} \right\} \\ &= 52.9 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

設計断面力

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント} \quad M &= 2.35 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 18.21 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

実応力度

$$\begin{aligned} c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 2.35 \times 10^6}{1000 \times 52.9 \times \left(90 - \frac{52.9}{3}\right)} \\ &= 1.23 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad ca = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \\ s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2.35 \times 10^6}{2516 \times \left(90 - \frac{52.9}{3}\right)} \\ &= 12.9 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad sa = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \\ &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{18.21 \times 10^3}{1000 \times 90} \\ &= 0.20 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a_1 = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \end{aligned}$$