

(H)3700 × (B)2500 × (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	$H = 3.700 \text{ (m)}$
(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	$q_a = 150.97 \text{ (kN/m}^2 \text{)}$	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	$sa = 160 \text{ (N/mm}^2 \text{)}$
---------	-------------------------------------

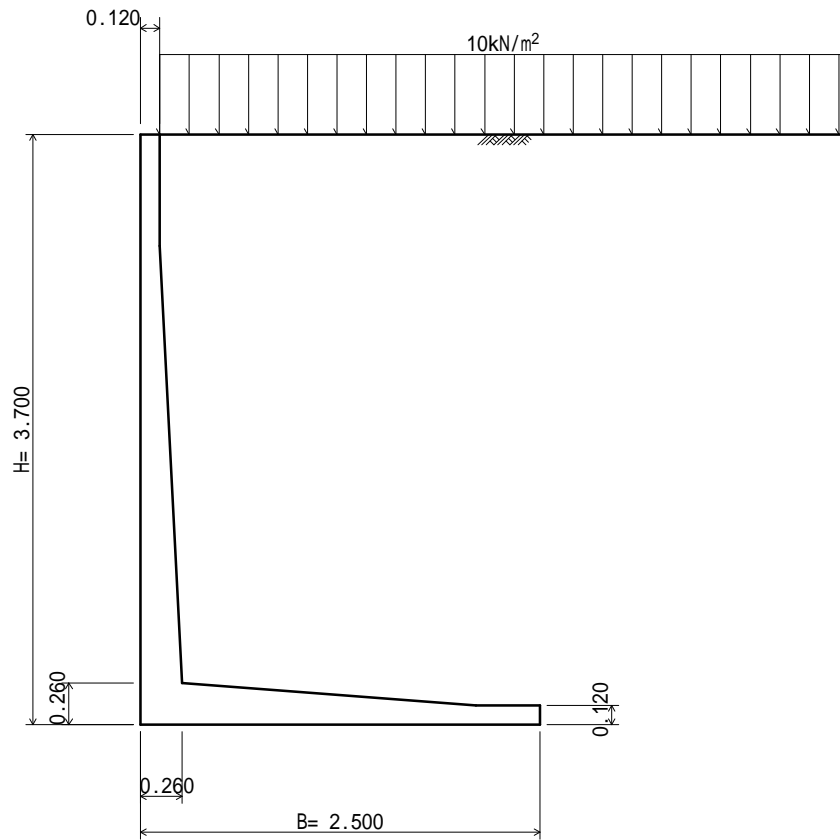
## 1.5 参考文献

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)3700×(B)2500標準



## §3 計算結果

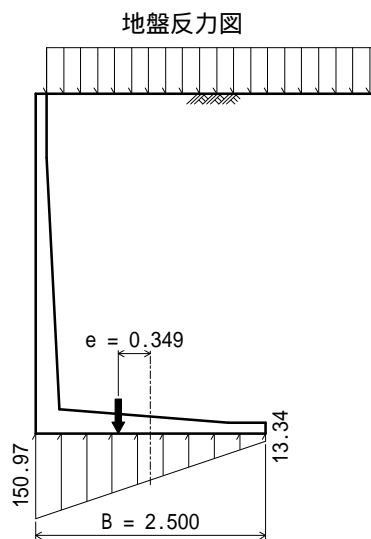
## 3.1 安定計算結果

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

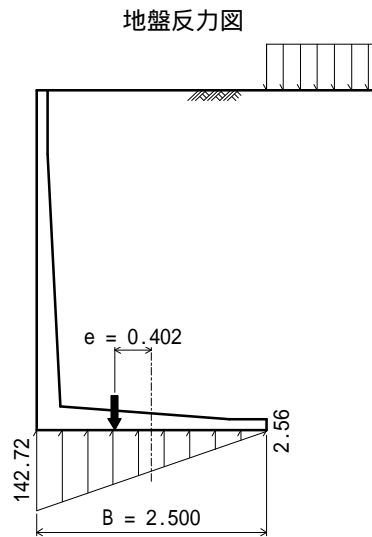
鉛直荷重 V (kN)	水平荷重 H (kN)	偏心距離 e (m)	転倒 安全率 Fs	滑動 安全率 Fs	地盤反力度 q <sub>1</sub> q <sub>2</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	判定
205.39	55.69	0.349	3.70	2.13	150.97      13.34	0.K.
許 容 値		0.417	1.50	1.50		



## 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
181.59	55.69	0.402	3.24	1.88	142.72      2.56	0.K.
許容値		0.417	1.50	1.50		



## 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)	80	220
		As (mm <sup>2</sup> )	D19 - 6.5 1862	D19 - 6.5 1862
		x (mm)	44.5	86.4
	断 面 力	曲げモーメント M (N・mm)	$0.76 \times 10^6$	$49.29 \times 10^6$
		せん断力 S (N)	$3.28 \times 10^3$	$42.97 \times 10^3$
	コンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	c	0.52	5.97
		ca	10.00	10.00
	鉄筋の 曲げ引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	s	6.3	138.4
		sa	160	160
	コンクリートの せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		0.04	0.20
		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)	220	80
		As (mm <sup>2</sup> )	D19 - 6.5 1862	D19 - 6.5 1862
		x (mm)	86.4	44.5
	断 面 力	曲げモーメント M (N・mm)	$49.29 \times 10^6$	$4.88 \times 10^6$
		せん断力 S (N)	$14.04 \times 10^3$	$22.88 \times 10^3$
	コンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	c	5.97	3.37
		ca	10.00	10.00
	鉄筋の 曲げ引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	s	138.4	40.2
		sa	160	160
	コンクリートの せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		0.06	0.29
		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

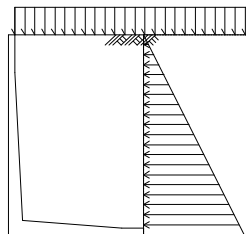
### 4.1 荷重の組合せ

以下の組合せについて設計を行う。

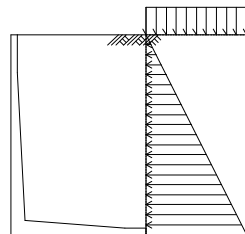
常 時          自重（+ 載荷重）+ 土圧

#### 4.1.1 荷重の組合せ一覧

1) 載荷重あり

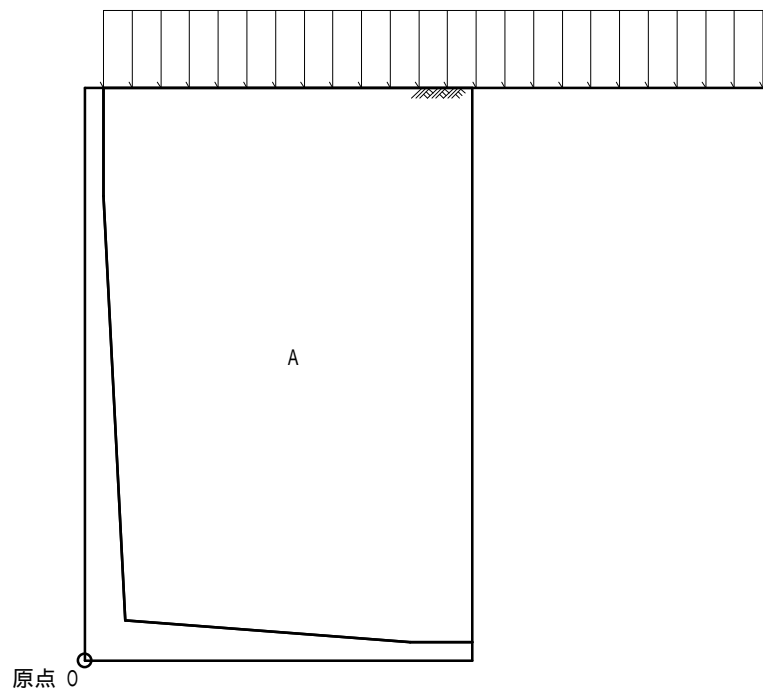


2) 載荷重なし



### 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> )
	2.500	3.700	9.250	1.250	1.850	11.5625	17.1125
a	-	0.140	0.700	-0.098	0.190	-0.0186	-0.3283
b	-1/2	0.140	2.740	-0.192	0.213	-0.0409	-0.4007
c	-	1.840	3.440	-0.129	1.180	-7.4694	-12.5334
d	-1/2	1.840	0.140	-0.129	1.487	-0.1918	-0.0275
e	-	0.400	3.580	-1.432	2.300	-3.2936	-2.7351
合 計			1.069			0.5482	1.0875

## 体積

$$V_o = A \cdot L = 1.069 \times 1.000 = 1.069 \text{ (m}^3\text{)}$$

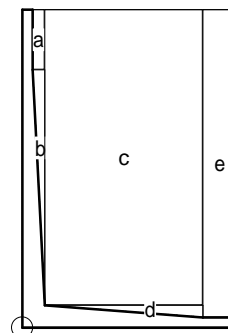
## 荷重

$$V = V_o \cdot c = 1.069 \times 24.5 = 26.19 \text{ (kN)}$$

## 作用位置

$$x = \frac{A \cdot x}{A} = \frac{0.5482}{1.069} = 0.513 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{1.0875}{1.069} = 1.017 \text{ (m)}$$



## (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> )
	2.380	3.580	8.520	1.310	1.910	11.1612	16.2732
a	-1/2	0.140	2.740	-0.192	0.167	-0.0321	-0.2252
b	-	0.140	0.140	-0.020	0.190	-0.0038	-0.0038
c	-1/2	1.840	0.140	-0.129	0.873	-0.1126	-0.0215
合 計			8.179			11.0127	16.0227

## 体積

$$V_o = A \cdot L = 8.179 \times 1.000 = 8.179 \text{ (m}^3\text{)}$$

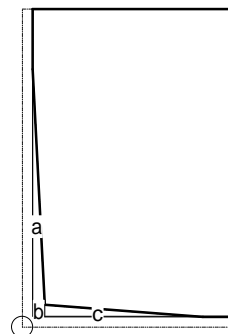
## 荷重

$$V = V_o \cdot s = 8.179 \times 19.0 = 155.40 \text{ (kN)}$$

## 作用位置

$$x = \frac{A \cdot x}{A} = \frac{11.0127}{8.179} = 1.346 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{16.0227}{8.179} = 1.959 \text{ (m)}$$



## 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

$$V = q \cdot b \cdot L = 10.0 \times 2.380 \times 1.000 = 23.80 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = B - \frac{b}{2} = 2.500 - \frac{2.380}{2} = 1.310 \text{ (m)}$$

## 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

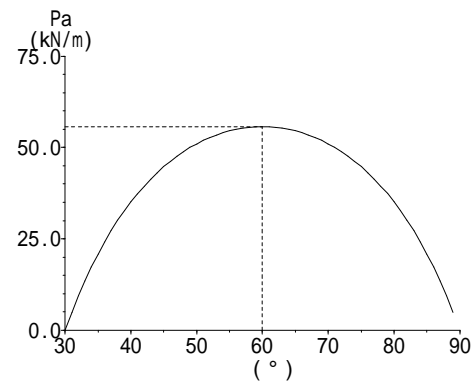
$$V = Pa \cdot \sin(\quad + \quad) \cdot L$$

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

ここに、

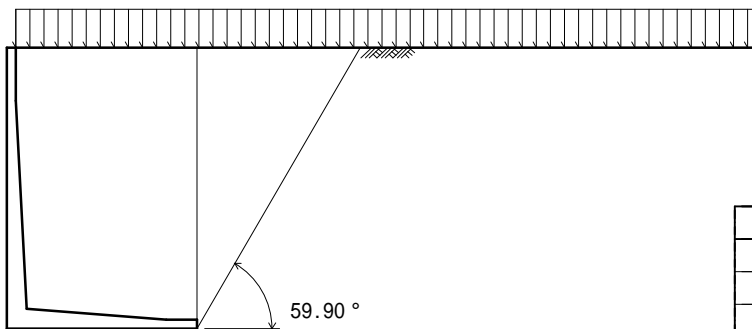
- V, H : 鉛直荷重, 水平荷重 (kN)
- L : 擁壁の奥行き (計算幅)      L = 1.000 (m)

$$\begin{aligned}
 h &= 3.700 \text{ (m)} \\
 &= 0.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 W &= 96.84 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 21.45] \\
 &= 59.90 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 &= 0.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 &= 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}
 \end{aligned}$$



最大主動土圧合力

$$\begin{aligned}
 Pa &= \frac{96.84 \times \sin(59.90 - 30.00)}{\cos(59.90 - 30.00 - 0.00 - 0.00)} \\
 &= 55.69 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$



	Pa	W
64.00	54.966	81.49
63.00	55.278	85.12
62.00	55.507	88.83
61.00	55.640	92.60
60.00	55.685	96.45
* 59.90	55.685	96.84
59.00	55.642	100.38
58.00	55.500	104.38
57.00	55.273	108.48
56.00	54.958	112.68
55.00	54.544	116.97

鉛直荷重

$$V = 55.69 \times \sin(0.00 - 0.00) \times 1.000 = 0.00 \text{ (kN)}$$

水平荷重

$$H = 55.69 \times \cos(0.00 - 0.00) \times 1.000 = 55.69 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$\begin{aligned}
 x &= 2.500 \text{ (m)} \\
 y &= \frac{3.700}{3} = 1.233 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

## §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  $B = 2.500 \text{ (m)}$

$L$  : 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  $B = 2.500 \text{ (m)}$

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。

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

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

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

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

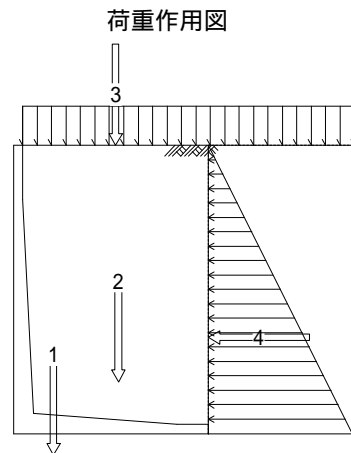
ここに、

- $q_1, q_2$  : 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  $B = 2.500$  (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	26.19		0.513	1.017	13.44	
2	裏込め土	155.40		1.346	1.959	209.17	
3	載荷重	23.80		1.310	3.700	31.18	
4	土圧		55.69	2.500	1.233		68.67
合 計		205.39	55.69			253.79	68.67



## 1) 滑動に対する安定

$$F_s = \frac{V \cdot \mu + c \cdot B \cdot L}{H} = \frac{205.39 \times 0.577 + 0.0 \times 2.500 \times 1.000}{55.69}$$

$$= 2.13 \quad F_{sa} = 1.5$$

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

$$F_s = \frac{Mr}{Mo} = \frac{253.79}{68.67} = 3.70 \quad F_{sa} = 1.50$$

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

$$d = \frac{Mr - Mo}{V} = \frac{253.79 - 68.67}{205.39} = 0.901 \text{ (m)}$$

合力Rの作用点の底版中央からの偏心距離

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{2.500}{2} - 0.901 = 0.349 \text{ (m)}$$

$$|e| = 0.349 \text{ (m)} \quad \frac{1}{6} \cdot B = 0.417 \text{ (m)}$$

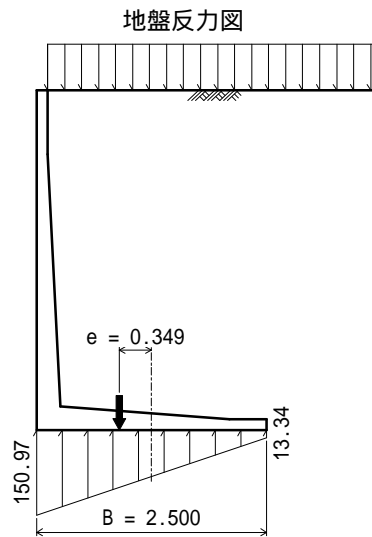
よって、偏心距離は安定条件を満足している。

## 3) 支持に対する安定

最大地盤反力度

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{V}{B \cdot L} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{205.39}{2.500 \times 1.000} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 0.349}{2.500} \right) \\
 &= \begin{cases} 150.97 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ 13.34 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{cases}
 \end{aligned}$$

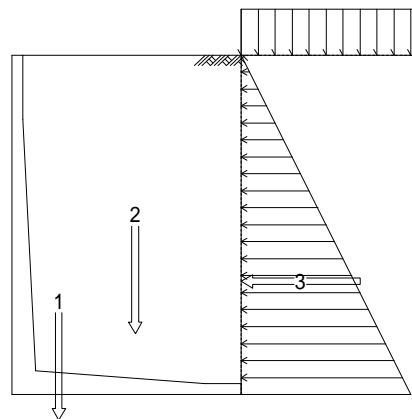
よって、上記の値以上の支持力が必要である。



## 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	26.19		0.513	1.017	13.44	
2	裏込め土	155.40		1.346	1.959	209.17	
3	土圧		55.69	2.500	1.233		68.67
合 計		181.59	55.69			222.61	68.67

荷重作用図



## 1) 滑動に対する安定

$$F_s = \frac{V \cdot \mu + c \cdot B \cdot L}{H} = \frac{181.59 \times 0.577 + 0.0 \times 2.500 \times 1.000}{55.69} = 1.88 \quad F_{sa} = 1.5$$

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

$$F_s = \frac{Mr}{Mo} = \frac{222.61}{68.67} = 3.24 \quad F_{sa} = 1.50$$

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

$$d = \frac{Mr - Mo}{V} = \frac{222.61 - 68.67}{181.59} = 0.848 \text{ (m)}$$

合力Rの作用点の底版中央からの偏心距離

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{2.500}{2} - 0.848 = 0.402 \text{ (m)}$$

$$|e| = 0.402 \text{ (m)} \quad \frac{1}{6} \cdot B = 0.417 \text{ (m)}$$

よって、偏心距離は安定条件を満足している。

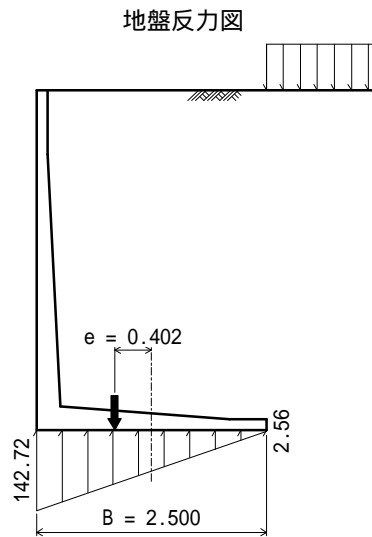


## 3) 支持に対する安定

最大地盤反力度

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{V}{B \cdot L} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{181.59}{2.500 \times 1.000} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 0.402}{2.500} \right) \\
 &= \begin{cases} 142.72 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ 2.56 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{cases}
 \end{aligned}$$

よって、上記の値以上の支持力が必要である。

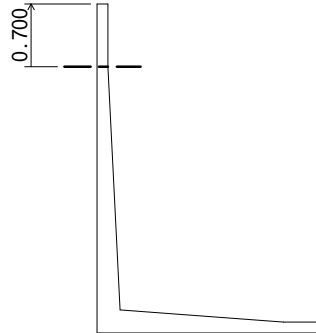


## §6 たて壁の部材断面設計

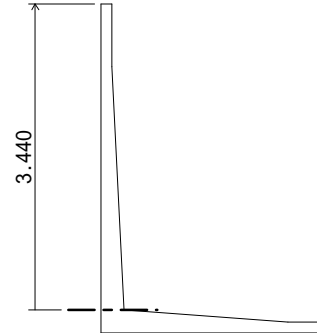
たて壁は、底版との接合部を固定端とする片持版で設計する。

## 6.1 断面検討位置

中間部位置



つけ根位置



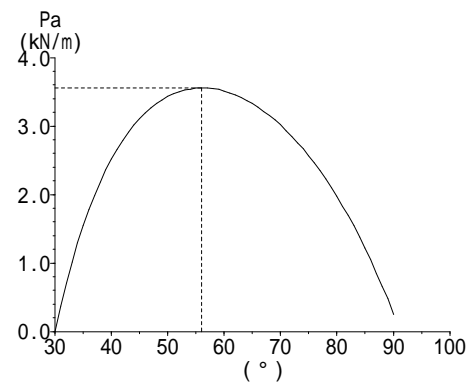
## 6.2 荷重の計算

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

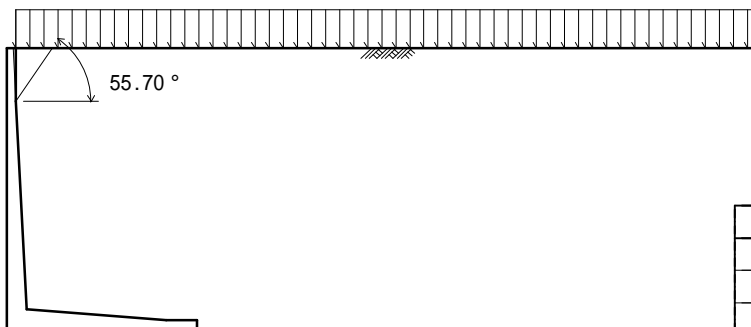
## 1) 中間部

$$\begin{aligned}
 &= 2.92 (^\circ) \\
 W &= 8.20 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 4.78] \\
 &= 55.70 (^\circ) \\
 &= 20.00 (^\circ) \\
 &= 30.00 (^\circ)
 \end{aligned}$$



## 最大主働土圧合力

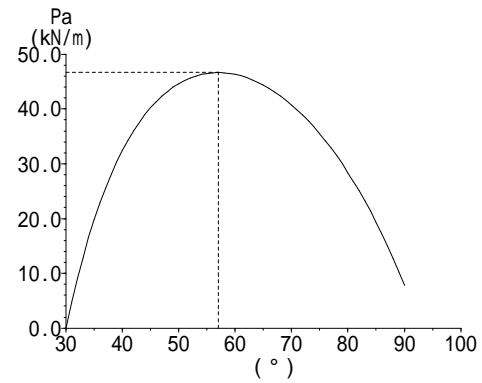
$$\begin{aligned}
 P_a &= \frac{8.20 \times \sin(55.70 - 30.00)}{\cos(55.70 - 30.00 - 20.00 - 2.92)} \\
 &= 3.56 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$



	$P_a$	$W$
60.00	3.512	6.97
59.00	3.535	7.25
58.00	3.549	7.53
57.00	3.555	7.81
56.00	3.556	8.10
* 55.70	3.560	8.20
55.00	3.552	8.40
54.00	3.539	8.70
53.00	3.524	9.02
52.00	3.499	9.34
51.00	3.471	9.68

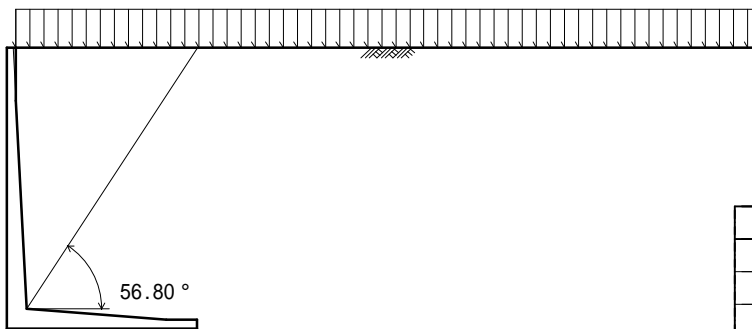
## 2) つけ根

$$\begin{aligned}
 &= 2.92 (^\circ) \\
 W &= 103.22 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 23.91] \\
 &= 56.80 (^\circ) \\
 &= 20.00 (^\circ) \\
 &= 30.00 (^\circ)
 \end{aligned}$$



## 最大主働土圧合力

$$\begin{aligned}
 P_a &= \frac{103.22 \times \sin(56.80 - 30.00)}{\cos(56.80 - 30.00 - 20.00 - 2.92)} \\
 &= 46.65 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$



	$P_a$	$W$
61.00	46.054	88.53
60.00	46.303	91.90
59.00	46.488	95.35
58.00	46.604	98.88
57.00	46.643	102.48
* 56.80	46.646	103.22
56.00	46.609	106.17
55.00	46.493	109.94
54.00	46.299	113.81
53.00	46.013	117.76
52.00	45.652	121.85

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

ここに、

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

	土圧力 $P_a$ (kN/m)	摩擦角 ( $^\circ$ )	傾斜角 ( $^\circ$ )	水平荷重 $H$ (kN)	作用位置 $y$ (m)
中間部	3.56	20.00	2.92	3.28	0.233
つけ根	46.65	20.00	2.92	42.97	1.147

## 6.3 設計断面力

## 6.3.1 中間部

せん断力

$$S = H = 3.28 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= H \cdot y = 3.28 \times 0.233 \\ &= 0.76 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

## 6.3.2 つけ根

せん断力

$$S = H = 42.97 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

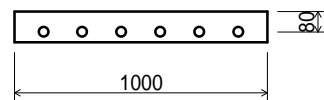
$$\begin{aligned} M &= H \cdot y = 42.97 \times 1.147 \\ &= 49.29 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

## 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。

$$\begin{aligned} \text{有効幅} \quad b &= 1000 \text{ (mm)} \\ \text{有効高さ} \quad d &= 80 \text{ (mm)} \\ \text{鉄筋量} \quad A_s &= D19 - 6.5 \\ &= 18.62 \text{ (cm}^2\text{)} = 1862 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$ 

中立軸

$$\begin{aligned} x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 1862}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 80}{15 \times 1862}} \right\} \\ &= 44.5 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

設計断面力

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント} \quad M &= 0.76 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 3.28 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

実応力度

$$\begin{aligned} c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 0.76 \times 10^6}{1000 \times 44.5 \times \left(80 - \frac{44.5}{3}\right)} \\ &= 0.52 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad c_a = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O.K.} \\ s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{0.76 \times 10^6}{1862 \times \left(80 - \frac{44.5}{3}\right)} \\ &= 6.3 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad s_a = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O.K.} \\ &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{3.28 \times 10^3}{1000 \times 80} \\ &= 0.04 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a_1 = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

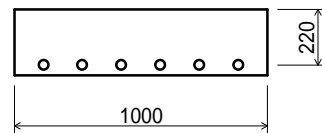
## (2) つけ根

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

有効幅  $b = 1000$  (mm)

有効高さ  $d = 220$  (mm)

鉄筋量  $A_s = D19 - 6.5$   
 $= 18.62$  (cm<sup>2</sup>) = 1862 (mm<sup>2</sup>)



コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$

中立軸

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

$$= \frac{15 \times 1862}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 220}{15 \times 1862}} \right\}$$

$$= 86.4 \text{ (mm)}$$

設計断面力

曲げモーメント  $M = 49.29$  (kN・m)

せん断力  $S = 42.97$  (kN)

実応力度

$$c = \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 49.29 \times 10^6}{1000 \times 86.4 \times \left(220 - \frac{86.4}{3}\right)}$$

$$= 5.97 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad ca = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K.$$

$$s = \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{49.29 \times 10^6}{1862 \times \left(220 - \frac{86.4}{3}\right)}$$

$$= 138.4 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad sa = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K.$$

$$= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{42.97 \times 10^3}{1000 \times 220}$$

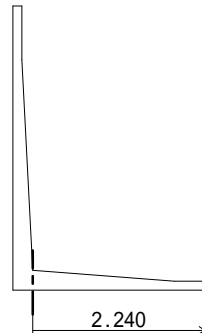
$$= 0.20 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a_1 = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K.$$

## §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> )
	2.240	0.260	0.582	1.120	0.6518
a	-1/2 × 1.840	0.140	-0.129	1.227	-0.1583
b	-0.400	0.140	-0.056	2.040	-0.1142
合計			0.397		0.3793

作用位置

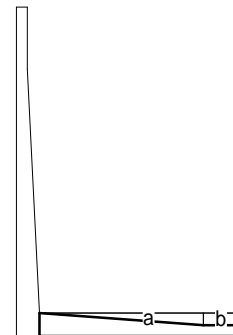
$$x = \frac{A \cdot x}{A} = \frac{0.3793}{0.397} = 0.955 \text{ (m)}$$

せん断力

$$S = A \cdot c \cdot L = 0.397 \times 24.5 \times 1.000 = 9.73 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 9.73 \times 0.955 = 9.29 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (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> )
	2.240	3.580	8.019	1.120	8.9813
a	-1/2	1.840	0.140	-0.129	-0.0791
合 計			7.890		8.9022

作用位置

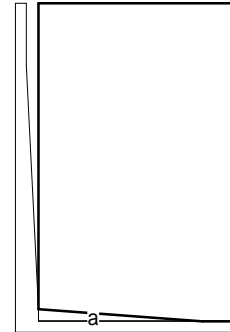
$$x = \frac{A \cdot x}{A} = \frac{8.9022}{7.890} = 1.128 \text{ (m)}$$

せん断力

$$S = A \cdot s \cdot L = 7.890 \times 19.0 \times 1.000 = 149.91 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 149.91 \times 1.128 = 169.10 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (3) 地表面載荷重

荷重強度

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

せん断力

$$S = q \cdot b \cdot L = 10.00 \times 2.240 \times 1.000 = 22.40 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = 1.120 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 22.40 \times 1.120 = 25.09 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (4) 地盤反力度

## 1) 載荷重あり

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 150.97 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 13.34 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 13.34 + (150.97 - 13.34) \times \frac{2.240}{2.500} \\ &= 136.66 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(136.66 + 13.34) \times 2.240 \times 1.000}{2} \\ &= 168.00 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{2.240}{3} \times \frac{2 \times 13.34 + 136.66}{13.34 + 136.66} \\ &= 0.813 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 168.00 \times 0.813 = 136.58 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 2) 載荷重なし

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 142.72 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 2.56 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 2.56 + (142.72 - 2.56) \times \frac{2.240}{2.500} \\ &= 128.14 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(128.14 + 2.56) \times 2.240 \times 1.000}{2} \\ &= 146.38 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{2.240}{3} \times \frac{2 \times 2.56 + 128.14}{2.56 + 128.14} \\ &= 0.761 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 146.38 \times 0.761 = 111.40 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 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	9.73	9.29
2	かかと版上の載荷土	149.91	169.10
3	地盤反力	-168.00	-136.58
4	自動車荷重	22.40	25.09
	合 計	14.04	66.90

たて壁つけ根の曲げモーメント  $M_o = 49.29 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$  <  $M$  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	9.73	9.29
2	かかと版上の載荷土	149.91	169.10
3	地盤反力	-146.38	-111.40
	合 計	13.26	66.99

たて壁つけ根の曲げモーメント  $M_o = 49.29 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$  <  $M$  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

$$S = 14.04 \text{ (kN)}$$

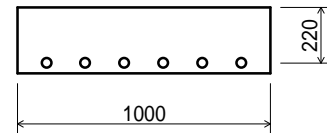
曲げモーメント

$$M = 49.29 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 7.3 実応力度の計算

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

$$\begin{aligned}\text{有効幅} \quad b &= 1000 \text{ (mm)} \\ \text{有効高さ} \quad d &= 220 \text{ (mm)} \\ \text{鉄筋量} \quad A_s &= D19 - 6.5 \\ &= 18.62 \text{ (cm}^2\text{)} = 1862 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$



コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$

中立軸

$$\begin{aligned}x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 1862}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 220}{15 \times 1862}} \right\} \\ &= 86.4 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

設計断面力

$$\begin{aligned}\text{曲げモーメント} \quad M &= 49.29 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 14.04 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

実応力度

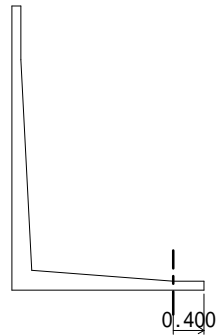
$$\begin{aligned}c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 49.29 \times 10^6}{1000 \times 86.4 \times \left(220 - \frac{86.4}{3}\right)} \\ &= 5.97 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad ca = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \\ s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{49.29 \times 10^6}{1862 \times \left(220 - \frac{86.4}{3}\right)} \\ &= 138.4 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad sa = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \\ &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{14.04 \times 10^3}{1000 \times 220} \\ &= 0.06 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a_1 = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K.\end{aligned}$$

## §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

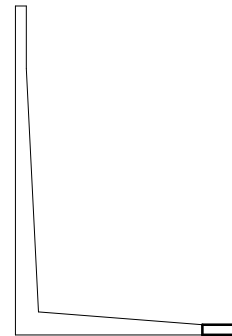
$$A = b \cdot h = 0.400 \times 0.120 = 0.048 \text{ (m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = A \cdot c \cdot L = 0.048 \times 24.5 \times 1.000 = 1.18 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 1.18 \times 0.200 = 0.24 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (2) かかと版上の載荷土

面積

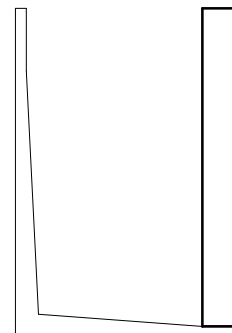
$$A = b \cdot h = 0.400 \times 3.580 = 1.432 \text{ (m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = A \cdot s \cdot L = 1.432 \times 19.0 \times 1.000 = 27.21 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 27.21 \times 0.200 = 5.44 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (3) 地表面載荷重

荷重強度

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

せん断力

$$S = q \cdot b \cdot L = 10.00 \times 0.400 \times 1.000 = 4.00 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = 0.200 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 4.00 \times 0.200 = 0.80 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## (4) 地盤反力度

## 1) 載荷重あり

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 150.97 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 13.34 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 13.34 + (150.97 - 13.34) \times \frac{0.400}{2.500} \\ &= 35.36 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(35.36 + 13.34) \times 0.400 \times 1.000}{2} \\ &= 9.74 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.400}{3} \times \frac{2 \times 13.34 + 35.36}{13.34 + 35.36} \\ &= 0.170 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 9.74 \times 0.170 = 1.66 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 2) 載荷重なし

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 142.72 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 2.56 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$q_3 = q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 2.56 + (142.72 - 2.56) \times \frac{0.400}{2.500}$$

$$= 24.99 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(24.99 + 2.56) \times 0.400 \times 1.000}{2}$$

$$= 5.51 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.400}{3} \times \frac{2 \times 2.56 + 24.99}{2.56 + 24.99}$$

$$= 0.146 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 5.51 \times 0.146 = 0.80 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 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) 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	1.18	0.24
2	かかと版上の載荷土	27.21	5.44
3	地盤反力	-9.74	-1.66
4	自動車荷重	4.00	0.80
	合 計	22.65	4.82

## 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	1.18	0.24
2	かかと版上の載荷土	27.21	5.44
3	地盤反力	-5.51	-0.80
	合 計	22.88	4.88

実応力度計算には、以下の最大断面力を用いる。

せん断力

$$S = 22.88 \text{ (kN)}$$

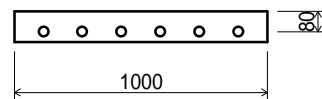
曲げモーメント

$$M = 4.88 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 8.3 実応力度の計算

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

$$\begin{aligned} \text{有効幅} \quad b &= 1000 \text{ (mm)} \\ \text{有効高さ} \quad d &= 80 \text{ (mm)} \\ \text{鉄筋量} \quad A_s &= D19 - 6.5 \\ &= 18.62 \text{ (cm}^2\text{)} = 1862 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$



コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$

中立軸

$$\begin{aligned} x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 1862}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 80}{15 \times 1862}} \right\} \\ &= 44.5 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

設計断面力

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント} \quad M &= 4.88 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 22.88 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

実応力度

$$\begin{aligned} c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 4.88 \times 10^6}{1000 \times 44.5 \times \left(80 - \frac{44.5}{3}\right)} \\ &= 3.37 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad ca = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \\ s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{4.88 \times 10^6}{1862 \times \left(80 - \frac{44.5}{3}\right)} \\ &= 40.2 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad sa = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \\ &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{22.88 \times 10^3}{1000 \times 80} \\ &= 0.29 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a_1 = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0.K. \end{aligned}$$