

CLP (H) 900 × (B) 850 × (L) 2000

2011 年 4 月

千葉窯業株式会社

KGC LBLOCK

## 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 .....       | 15 |
| § 7 かかと版(つけ根)の部材断面設計 ..... | 20 |
| § 8 かかと版(中間部)の部材断面設計 ..... | 25 |

## §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      | $H = 0.900 \text{ (m)}$                   |
| (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 | $\gamma_c = 24.5 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ |

## 1.2 土質条件

|                  |   |      |
|------------------|---|------|
| (1) 擁壁背面の裏込め土    |   |      |
| せん断抵抗角           | $\phi = 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}$    |      |
| 単位体積重量           | $\gamma_s = 19.0 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ |      |
| (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          | $q_a = 39.93 \text{ (kN/m}^2\text{)}$     | 以上必要 |

## 1.3 安定条件

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

## 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     | $\sigma_{ck} = 30 \text{ (N/mm}^2\text{)}$    |  |
| 許容圧縮応力度    | $\sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ |  |
| 許容せん断応力度   | $\tau_a = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)}$       |  |
| (2) 鉄筋     |   |  |
| 許容引張応力度    | $\sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)}$   |  |

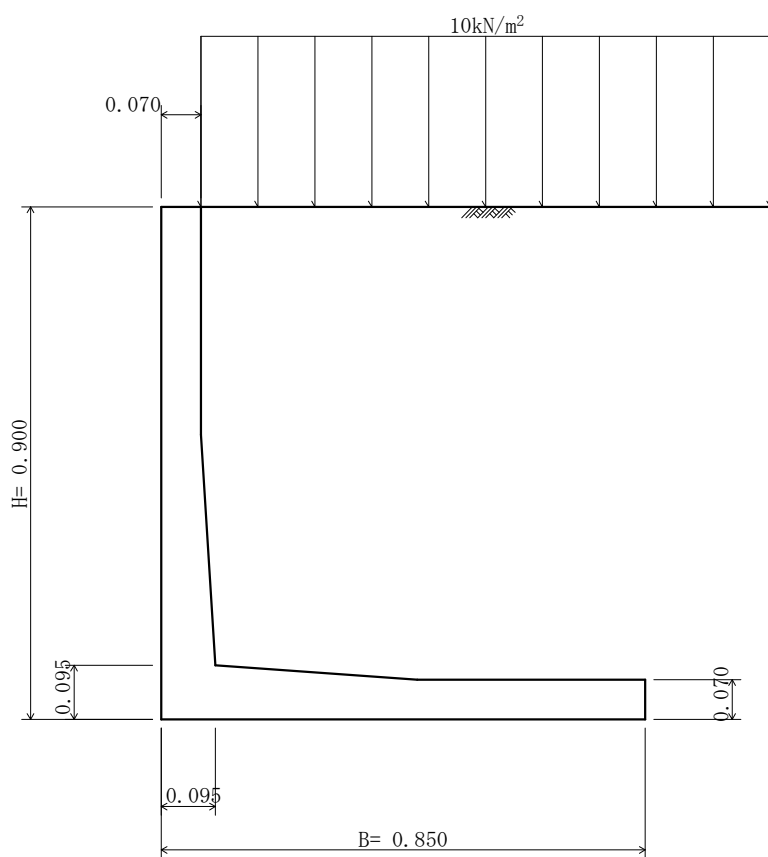
## 1.5 参考文献

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) 900 × (B) 850



## §3 計算結果

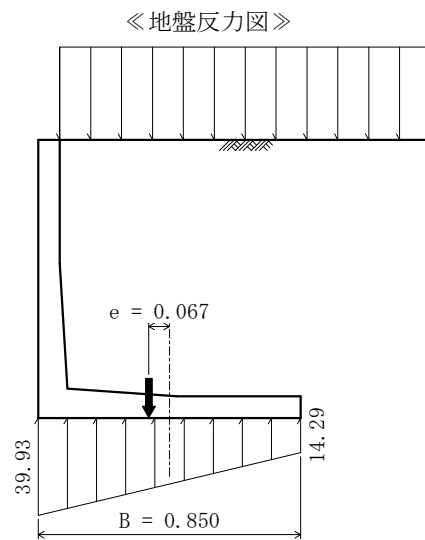
## 3.1 安定計算結果

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<br>$\Sigma V$<br>(kN) | 水平荷重<br>$\Sigma H$<br>(kN) | 偏心距離<br>$e$<br>(m) | 転倒<br>安全率<br>$F_s$ | 滑動<br>安全率<br>$F_s$ | 地盤反力度<br>$q_1$ $q_2$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 判定    |
|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|-------|
| 23.04                      | 5.57                       | 0.067              | 5.94               | 2.39               | 39.93      14.29                             | O. K. |
| 許 容 値                      |                            | 0.142              | 1.50               | 1.50               |  |       |

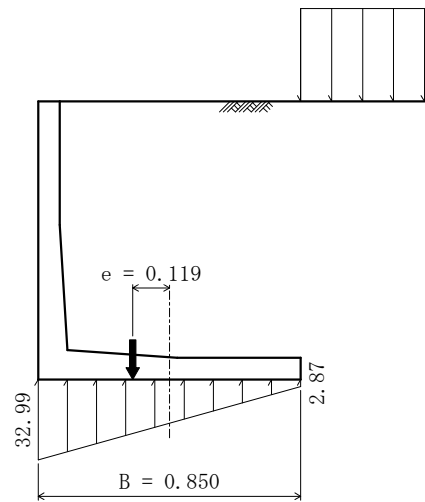


## 3.1.2 載荷重なし

## (1) 安定計算

| 鉛直荷重<br>$\Sigma V$<br>(kN) | 水平荷重<br>$\Sigma H$<br>(kN) | 偏心距離<br>e<br>(m) | 転倒<br>安全率<br>$F_s$ | 滑動<br>安全率<br>$F_s$ | 地盤反力度<br>$q_1$ $q_2$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |      | 判定    |
|----------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------|--|------|-------|
| 15.24                      | 5.57                       | 0.119            | 3.79               | 1.58               | 32.99  | 2.87 | 0. K. |
| 許 容 値                      |                            | 0.142            | 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<br>材<br>断<br>面                           | b (mm)                | 1000               | 1000               |
|     |  | d (mm)                | 40                 | 65                 |
|     |  | As (mm <sup>2</sup> ) | D6 - 6.5<br>206    | D6 - 6.5<br>206    |
|     |  | x (mm)                | 12.9               | 17.2               |
|     | 断<br>面<br>力                                | 曲げモーメント<br>M (N・mm)   | $0.20 \times 10^6$ | $1.10 \times 10^6$ |
|     |  | せん断力<br>S (N)         | $1.54 \times 10^3$ | $4.10 \times 10^3$ |
|     | コンクリートの<br>曲げ圧縮応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_c$            | 0.87               | 2.16               |
|     |  | $\sigma_{ca}$         | 10.00              | 10.00              |
|     | 鉄筋の<br>曲げ引張応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> )     | $\sigma_s$            | 27.2               | 90.1               |
|     |  | $\sigma_{sa}$         | 160                | 160                |
|     | コンクリートの<br>せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | $\tau$                | 0.04               | 0.06               |
|     |  | $\tau_{ca}$           | 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<br>材<br>断<br>面                           | b (mm)                | 1000               | 1000               |
|     |  | d (mm)                | 65                 | 40                 |
|     |  | As (mm <sup>2</sup> ) | D6 - 6.5<br>206    | D6 - 6.5<br>206    |
|     |  | x (mm)                | 17.2               | 12.9               |
|     | 断<br>面<br>力                                | 曲げモーメント<br>M (N・mm)   | $1.10 \times 10^6$ | $0.79 \times 10^6$ |
|     |  | せん断力<br>S (N)         | $1.43 \times 10^3$ | $3.02 \times 10^3$ |
|     | コンクリートの<br>曲げ圧縮応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_c$            | 2.16               | 3.43               |
|     |  | $\sigma_{ca}$         | 10.00              | 10.00              |
|     | 鉄筋の<br>曲げ引張応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> )     | $\sigma_s$            | 90.1               | 107.4              |
|     |  | $\sigma_{sa}$         | 160                | 160                |
|     | コンクリートの<br>せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | $\tau$                | 0.02               | 0.08               |
|     |  | $\tau_{ca}$           | 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

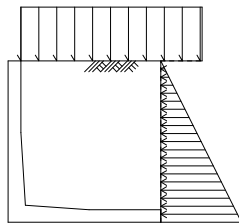
### 4.1 荷重の組合せ

以下の組合せについて設計を行う。

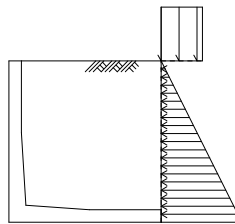
常 時            自重（＋載荷重）＋土圧

#### 4.1.1 荷重の組合せ一覧

1) 載荷重あり

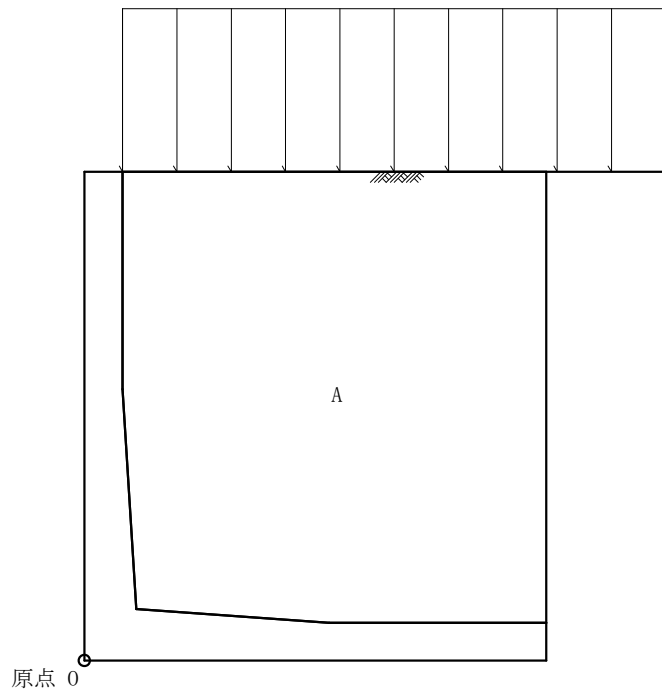


2) 載荷重なし



### 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<br>(m) | 高さ<br>(m) | 面積<br>A<br>(m <sup>2</sup> ) | 重 心 位 置  |          | 断面一次モーメント                |                          |
|-----|----------|-----------|------------------------------|----------|----------|--------------------------|--------------------------|
|     |          |           |                              | x<br>(m) | y<br>(m) | A・x<br>(m <sup>3</sup> ) | A・y<br>(m <sup>3</sup> ) |
|     | 0.850    | 0.900     | = 0.765                      | 0.425    | 0.450    | 0.3251                   | 0.3443                   |
| a   | -        | 0.025     | × 0.400 = -0.010             | 0.083    | 0.700    | -0.0008                  | -0.0070                  |
| b   | -1/2     | × 0.025   | × 0.405 = -0.005             | 0.087    | 0.365    | -0.0004                  | -0.0018                  |
| c   | -        | 0.355     | × 0.805 = -0.286             | 0.273    | 0.498    | -0.0781                  | -0.1424                  |
| d   | -1/2     | × 0.355   | × 0.025 = -0.004             | 0.332    | 0.087    | -0.0013                  | -0.0003                  |
| e   | -        | 0.400     | × 0.830 = -0.332             | 0.650    | 0.485    | -0.2158                  | -0.1610                  |
| 合 計 |          |           | 0.128                        |          |          | 0.0287                   | 0.0318                   |

体積

$$V_o = \Sigma A \cdot L = 0.128 \times 1.000 = 0.128 \text{ (m}^3\text{)}$$

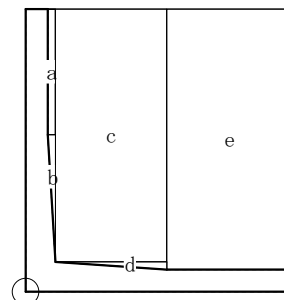
荷重

$$V = V_o \cdot \gamma_c = 0.128 \times 24.5 = 3.14 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{\Sigma A \cdot x}{\Sigma A} = \frac{0.0287}{0.128} = 0.224 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{\Sigma A \cdot y}{\Sigma A} = \frac{0.0318}{0.128} = 0.248 \text{ (m)}$$



## (2) 載荷土

## 1) 裏込め土

| 記号  | 幅<br>(m) | 高さ<br>(m) | 面積<br>A<br>(m <sup>2</sup> ) | 重 心 位 置  |          | 断面一次モーメント                |                          |
|-----|----------|-----------|------------------------------|----------|----------|--------------------------|--------------------------|
|     |          |           |                              | x<br>(m) | y<br>(m) | A・x<br>(m <sup>3</sup> ) | A・y<br>(m <sup>3</sup> ) |
|     | 0.780    | 0.830     | = 0.647                      | 0.460    | 0.485    | 0.2976                   | 0.3138                   |
| a   | -1/2     | × 0.025   | × 0.405 = -0.005             | 0.078    | 0.230    | -0.0004                  | -0.0012                  |
| b   | -        | 0.025     | × 0.025 = -0.001             | 0.083    | 0.083    | -0.0001                  | -0.0001                  |
| c   | -1/2     | × 0.355   | × 0.025 = -0.004             | 0.213    | 0.078    | -0.0009                  | -0.0003                  |
| 合 計 |          |           | 0.637                        |          |          | 0.2962                   | 0.3122                   |

体積

$$V_o = \Sigma A \cdot L = 0.637 \times 1.000 = 0.637 \text{ (m}^3\text{)}$$

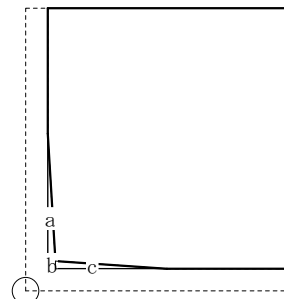
荷重

$$V = V_o \cdot \gamma_s = 0.637 \times 19.0 = 12.10 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{\Sigma A \cdot x}{\Sigma A} = \frac{0.2962}{0.637} = 0.465 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{\Sigma A \cdot y}{\Sigma A} = \frac{0.3122}{0.637} = 0.490 \text{ (m)}$$



## 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

$$V = q \cdot b \cdot L = 10.0 \times 0.780 \times 1.000 = 7.80 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = B - \frac{b}{2} = 0.850 - \frac{0.780}{2} = 0.460 \text{ (m)}$$

## 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

$$Pa = \frac{W \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha)}$$

ここに、

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

鉛直荷重・水平荷重

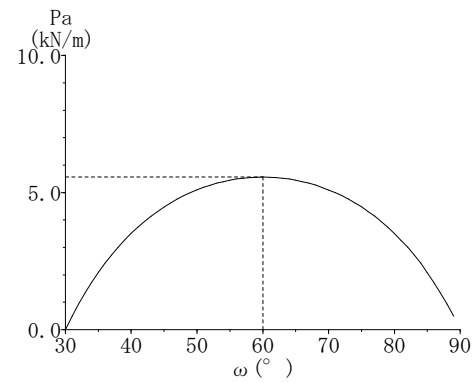
$$V = Pa \cdot \sin(\delta + \alpha) \cdot L$$

$$H = Pa \cdot \cos(\delta + \alpha) \cdot L$$

ここに、

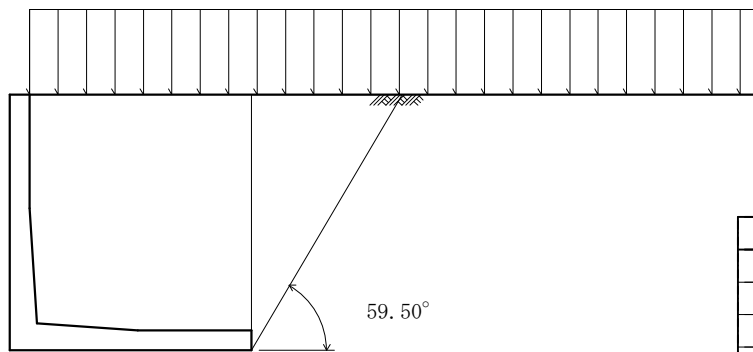
- $V, H$  : 鉛直荷重, 水平荷重 (kN)
- $L$  : 擁壁の奥行き (計算幅)  $L = 1.000 \text{ (m)}$

$$\begin{aligned}
 h &= 0.900 \text{ (m)} \\
 \alpha &= 0.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 W &= 9.84 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 5.30] \\
 \omega &= 59.50 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 \delta &= 0.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 \phi &= 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}
 \end{aligned}$$



最大主働土圧合力

$$\begin{aligned}
 P_a &= \frac{9.84 \times \sin(59.50 - 30.00)}{\cos(59.50 - 30.00 - 0.00 - 0.00)} \\
 &= 5.57 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$



| $\omega$ | $P_a$ | $W$   |
|----------|-------|-------|
| 64.00    | 5.497 | 8.15  |
| 63.00    | 5.520 | 8.50  |
| 62.00    | 5.543 | 8.87  |
| 61.00    | 5.552 | 9.24  |
| 60.00    | 5.566 | 9.64  |
| * 59.50  | 5.567 | 9.84  |
| 59.00    | 5.554 | 10.02 |
| 58.00    | 5.546 | 10.43 |
| 57.00    | 5.523 | 10.84 |
| 56.00    | 5.492 | 11.26 |
| 55.00    | 5.456 | 11.70 |

鉛直荷重

$$V = 5.57 \times \sin(0.00 - 0.00) \times 1.000 = 0.00 \text{ (kN)}$$

水平荷重

$$H = 5.57 \times \cos(0.00 - 0.00) \times 1.000 = 5.57 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$\begin{aligned}
 x &= 0.850 \text{ (m)} \\
 y &= \frac{0.900}{3} = 0.300 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

## §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。

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

ここに、

$F_s$  : 滑動安全率

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

$\Sigma V$  : 底版下面における全鉛直荷重 (kN)

$\Sigma H$  : 水平荷重 (kN)

$\tan \delta$  : 擁壁底版と基礎地盤の間の摩擦係数

$\tan \delta = 0.577$

$C$  : 擁壁底版と基礎地盤の間の粘着力  $C = 0.0$  (kN/m<sup>2</sup>)

$B$  : 擁壁の底版幅  $B = 0.850$  (m)

$L$  : 擁壁の奥行き(計算幅)  $L = 1.000$  (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。

$$F_s = \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Mo} \geq F_{sa}$$

ここに、

$F_s$  : 安全率

$\Sigma Mr$  : 抵抗モーメント (kN・m)

$\Sigma Mo$  : 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  $e$  は次式により求める。

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V}$$

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

ここに、

$\Sigma V$  : 底版下面における全鉛直荷重 (kN)

$\Sigma Mr$  : つま先まわりの抵抗モーメント (kN・m)

$\Sigma Mo$  : つま先まわりの転倒モーメント (kN・m)

$B$  : 擁壁の底版幅  $B = 0.850$  (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。

$$\begin{aligned}
 e > \frac{B}{6} \text{ のとき} & \quad q_1 = \frac{2 \cdot \Sigma V}{3 \cdot d \cdot L} \\
 |e| \leq \frac{B}{6} \text{ のとき} & \quad \left. \begin{aligned} q_1 \\ q_2 \end{aligned} \right\} = \frac{\Sigma V}{B \cdot L} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) \\
 e < -\frac{B}{6} \text{ のとき} & \quad q_2 = \frac{2 \cdot \Sigma V}{3 \cdot (B - d) \cdot L}
 \end{aligned}$$

ここに、

$q_1, q_2$  : 地盤反力度 ( $\text{kN/m}^2$ )

$\Sigma V$  : 鉛直荷重 ( $\text{kN}$ )

$B$  : 擁壁の底版幅  $B = 0.850$  (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)

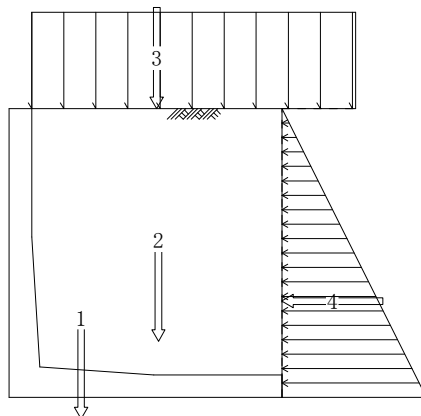
$d$  : つま先から合力の作用点までの距離 (m)

## 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<br>(kN) | 水平 H<br>(kN) | x<br>(m) | y<br>(m) | 抵抗 Mr<br>(kN・m) | 転倒 Mo<br>(kN・m) |
| 1            | 躯体    | 3.14         |              | 0.224    | 0.248    | 0.70            |                 |
| 2            | 裏込め土  | 12.10        |              | 0.465    | 0.490    | 5.63            |                 |
| 3            | 載荷重   | 7.80         |              | 0.460    | 0.900    | 3.59            |                 |
| 4            | 土圧    |              | 5.57         | 0.850    | 0.300    |                 | 1.67            |
| 合 計 $\Sigma$ |       | 23.04        | 5.57         |          |          | 9.92            | 1.67            |

《 荷重作用図 》



## 1) 滑動に対する安定

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{\Sigma V \cdot \mu + c \cdot B \cdot L}{\Sigma H} = \frac{23.04 \times 0.577 + 0.0 \times 0.850 \times 1.000}{5.57} \\
 &= 2.39 \geq F_{sa} = 1.5
 \end{aligned}$$

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

$$F_s = \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Mo} = \frac{9.92}{1.67} = 5.94 \geq F_{sa} = 1.50$$

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

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V} = \frac{9.92 - 1.67}{23.04} = 0.358 \text{ (m)}$$

合力Rの作用点の底版中央からの偏心距離

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{0.850}{2} - 0.358 = 0.067 \text{ (m)}$$

$$|e| = 0.067 \text{ (m)} \leq \frac{1}{6} \cdot B = 0.142 \text{ (m)}$$

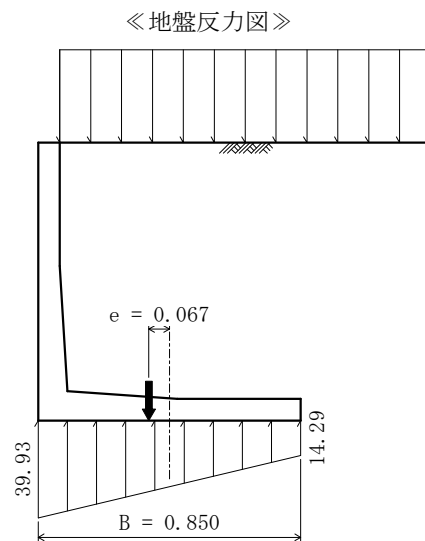
よって、偏心距離は安定条件を満足している。

## 3) 支持に対する安定

最大地盤反力度

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{\Sigma V}{B \cdot L} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{23.04}{0.850 \times 1.000} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 0.067}{0.850} \right) \\ q_2 &= \begin{cases} 39.93 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ 14.29 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{cases} \end{aligned}$$

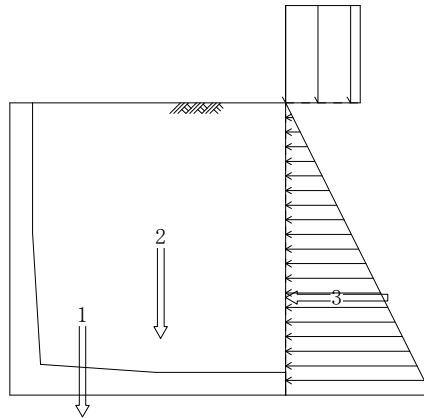
よって、上記の値以上の支持力が必要である。



## 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<br>(kN) | 水平 H<br>(kN) | x<br>(m) | y<br>(m) | 抵抗 Mr<br>(kN・m) | 転倒 Mo<br>(kN・m) |
| 1     | 躯体    | 3.14         |              | 0.224    | 0.248    | 0.70            |                 |
| 2     | 裏込め土  | 12.10        |              | 0.465    | 0.490    | 5.63            |                 |
| 3     | 土圧    |              | 5.57         | 0.850    | 0.300    |                 | 1.67            |
| 合 計 Σ |       | 15.24        | 5.57         |          |          | 6.33            | 1.67            |

《荷重作用図》



## 1) 滑動に対する安定

$$F_s = \frac{\Sigma V \cdot \mu + c \cdot B \cdot L}{\Sigma H} = \frac{15.24 \times 0.577 + 0.0 \times 0.850 \times 1.000}{5.57}$$

$$= 1.58 \geq F_{sa} = 1.5$$

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

$$F_s = \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Mo} = \frac{6.33}{1.67} = 3.79 \geq F_{sa} = 1.50$$

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

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V} = \frac{6.33 - 1.67}{15.24} = 0.306 \text{ (m)}$$

合力Rの作用点の底版中央からの偏心距離

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{0.850}{2} - 0.306 = 0.119 \text{ (m)}$$

$$|e| = 0.119 \text{ (m)} \leq \frac{1}{6} \cdot B = 0.142 \text{ (m)}$$

よって、偏心距離は安定条件を満足している。

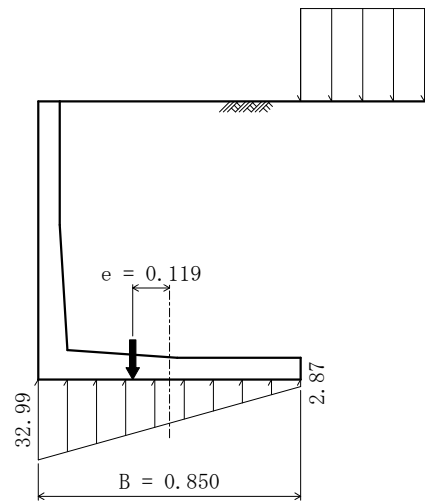
## 3) 支持に対する安定

最大地盤反力度

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{\Sigma V}{B \cdot L} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{15.24}{0.850 \times 1.000} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times 0.119}{0.850} \right) \\
 q_2 &= \begin{cases} 32.99 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ 2.87 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{cases}
 \end{aligned}$$

よって、上記の値以上の支持力が必要である。

《地盤反力図》



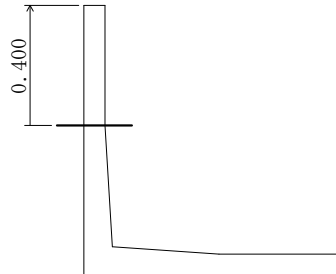


## §6 たて壁の部材断面設計

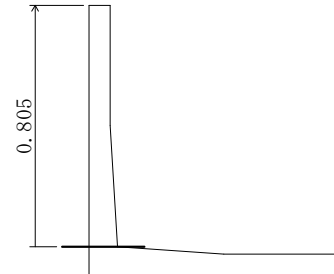
たて壁は、底版との接合部を固定端とする片持版で設計する。

## 6.1 断面検討位置

中間部位置



つけ根位置



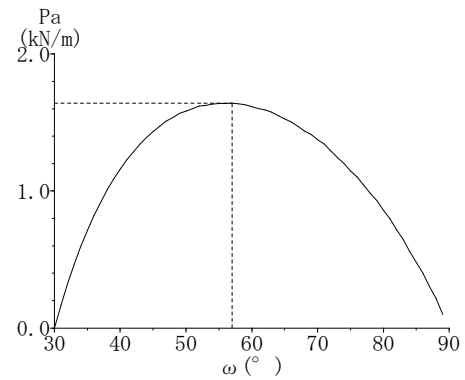
## 6.2 荷重の計算

たて壁に作用する荷重は、以下の荷重を考慮し、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

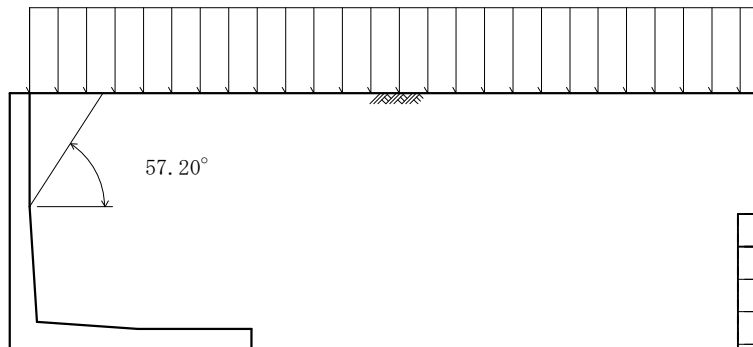
## 1) 中間部

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 0.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 W &= 3.57 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 2.58] \\
 \omega &= 57.20 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 \delta &= 20.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\
 \phi &= 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}
 \end{aligned}$$



最大主働土圧合力

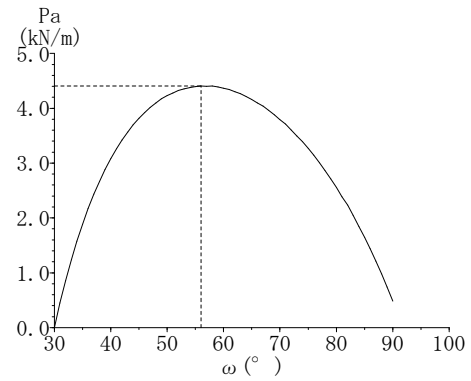
$$\begin{aligned}
 P_a &= \frac{3.57 \times \sin(57.20 - 30.00)}{\cos(57.20 - 30.00 - 20.00 - 0.00)} \\
 &= 1.64 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$



| $\omega$ | $P_a$ | $W$  |
|----------|-------|------|
| 62.00    | 1.593 | 2.94 |
| 61.00    | 1.600 | 3.05 |
| 60.00    | 1.615 | 3.18 |
| 59.00    | 1.630 | 3.32 |
| 58.00    | 1.636 | 3.45 |
| * 57.20  | 1.645 | 3.57 |
| 57.00    | 1.642 | 3.59 |
| 56.00    | 1.640 | 3.72 |
| 55.00    | 1.638 | 3.86 |
| 54.00    | 1.635 | 4.01 |
| 53.00    | 1.624 | 4.15 |

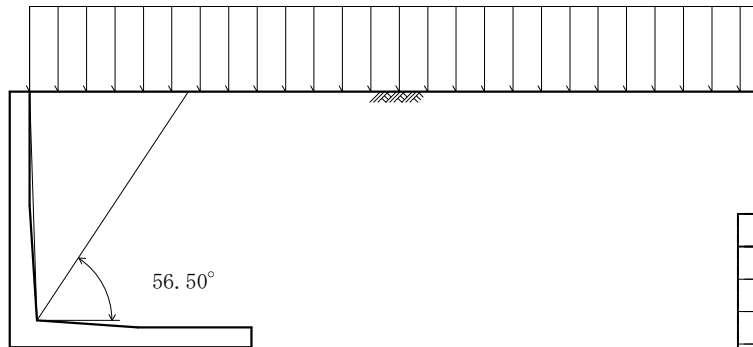
## 2) つけ根

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 1.78 (^{\circ}) \\
 W &= 9.85 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重: } 5.58] \\
 \omega &= 56.50 (^{\circ}) \\
 \delta &= 20.00 (^{\circ}) \\
 \phi &= 30.00 (^{\circ})
 \end{aligned}$$



## 最大主働土圧合力

$$\begin{aligned}
 Pa &= \frac{9.85 \times \sin(56.50 - 30.00)}{\cos(56.50 - 30.00 - 20.00 - 1.78)} \\
 &= 4.41 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$



| $\omega$ | Pa    | W     |
|----------|-------|-------|
| 61.00    | 4.341 | 8.32  |
| 60.00    | 4.365 | 8.64  |
| 59.00    | 4.388 | 8.98  |
| 58.00    | 4.406 | 9.33  |
| 57.00    | 4.404 | 9.66  |
| * 56.50  | 4.410 | 9.85  |
| 56.00    | 4.409 | 10.03 |
| 55.00    | 4.398 | 10.39 |
| 54.00    | 4.376 | 10.75 |
| 53.00    | 4.354 | 11.14 |
| 52.00    | 4.323 | 11.54 |

$$H = Pa \cdot \cos(\delta + \alpha) \cdot L$$

ここに、

L : 擁壁の奥行き (計算幅)      L = 1.000 (m)

|     | 土圧力<br>Pa<br>(kN/m) | 摩擦角<br>$\delta$<br>(°) | 傾斜角<br>$\alpha$<br>(°) | 水平荷重<br>H<br>(kN) | 作用位置<br>y<br>(m) |
|-----|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| 中間部 | 1.64                | 20.00                  | 0.00                   | 1.54              | 0.133            |
| つけ根 | 4.41                | 20.00                  | 1.78                   | 4.10              | 0.268            |

## 6.3 設計断面力

## (1) 中間部

せん断力

$$S = H = 1.54 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= H \cdot y = 1.54 \times 0.133 \\ &= 0.20 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

## (2) つけ根

せん断力

$$S = H = 4.10 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= H \cdot y = 4.10 \times 0.268 \\ &= 1.10 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

## 6.4 実応力度の計算

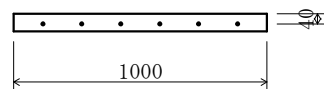
## (1) 中間部

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

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

$$\text{有効高さ} \quad d = 40 \text{ (mm)}$$

$$\begin{aligned} \text{鉄筋量} \quad A_s &= D6 - 6.5 \\ &= 2.06 \text{ (cm}^2\text{)} = 206 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$ 

中立軸

$$\begin{aligned} x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 206}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 40}{15 \times 206}} \right\} \\ &= 12.9 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

設計断面力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = 0.20 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$\text{せん断力} \quad S = 1.54 \text{ (kN)}$$

実応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 0.20 \times 10^6}{1000 \times 12.9 \times \left(40 - \frac{12.9}{3}\right)} \\ &= 0.87 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{0.20 \times 10^6}{206 \times \left(40 - \frac{12.9}{3}\right)} \\ &= 27.2 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{1.54 \times 10^3}{1000 \times 40} \\ &= 0.04 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \tau_{a1} = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

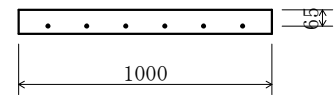
## (2) つけ根

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

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

$$\text{有効高さ} \quad d = 65 \text{ (mm)}$$

$$\begin{aligned} \text{鉄筋量} \quad A_s &= D6 - 6.5 \\ &= 2.06 \text{ (cm}^2\text{)} = 206 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$



$$\text{コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比} \quad n = 15$$

中 立 軸

$$\begin{aligned} x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 206}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 65}{15 \times 206}} \right\} \\ &= 17.2 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

設計断面力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = 1.10 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$\text{せん断力} \quad S = 4.10 \text{ (kN)}$$

実応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 1.10 \times 10^6}{1000 \times 17.2 \times \left(65 - \frac{17.2}{3}\right)} \\ &= 2.16 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{1.10 \times 10^6}{206 \times \left(65 - \frac{17.2}{3}\right)} \\ &= 90.1 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

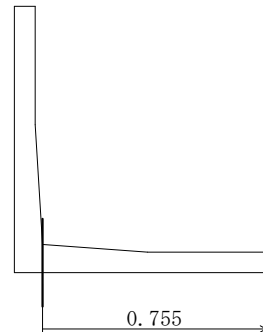
$$\begin{aligned} \tau &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{4.10 \times 10^3}{1000 \times 65} \\ &= 0.06 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \tau_{a1} = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

## §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 断面検討位置

断面検討位置



### 7.2 荷重の計算

かかと版に作用する荷重は、以下の荷重を考慮する。

#### (1) かかと版自重

| 記号 | 幅<br>(m)     | 高さ<br>(m) | 面積<br>A<br>(m <sup>2</sup> ) | 重心位置<br>x<br>(m) | 断面一次<br>モーメント<br>A・x (m <sup>3</sup> ) |
|----|--------------|-----------|------------------------------|------------------|--|
|    | 0.755        | 0.095     | 0.072                        | 0.378            | 0.0272                                 |
| a  | -1/2 × 0.355 | 0.025     | -0.004                       | 0.237            | -0.0009                                |
| b  | -            | 0.400     | 0.025                        | -0.010           | -0.0056                                |
| 合計 |              |           | 0.058                        |                  | 0.0207                                 |

作用位置

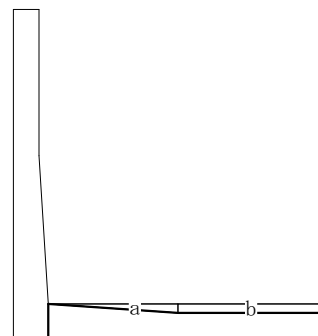
$$x = \frac{\sum A \cdot x}{\sum A} = \frac{0.0207}{0.058} = 0.357 \text{ (m)}$$

せん断力

$$S = A \cdot \gamma_c \cdot L = 0.058 \times 24.5 \times 1.000 = 1.42 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 1.42 \times 0.357 = 0.51 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (2) かかと版上の載荷土

| 記号  | 幅<br>(m) | 高さ<br>(m) | 面積<br>A<br>(m <sup>2</sup> ) | 重心位置<br>x<br>(m) | 断面一次<br>モーメント<br>A・x (m <sup>3</sup> ) |
|-----|----------|-----------|------------------------------|------------------|--|
|     | 0.755    | 0.830     | 0.627                        | 0.378            | 0.2370                                 |
| a   | -1/2     | 0.355     | 0.025                        | -0.004           | -0.0005                                |
| 合 計 |          |           | 0.623                        |                  | 0.2365                                 |

作用位置

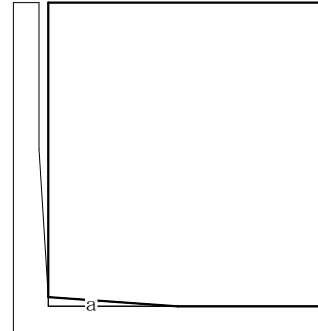
$$x = \frac{\Sigma A \cdot x}{\Sigma A} = \frac{0.2365}{0.623} = 0.380 \text{ (m)}$$

せん断力

$$S = A \cdot \gamma_s \cdot L = 0.623 \times 19.0 \times 1.000 = 11.84 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 11.84 \times 0.380 = 4.50 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (3) 地表面載荷重

荷重強度

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

せん断力

$$S = q \cdot b \cdot L = 10.00 \times 0.755 \times 1.000 = 7.55 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = 0.378 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 7.55 \times 0.378 = 2.85 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## (4) 地盤反力度

## 1) 載荷重あり

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 39.93 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 14.29 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 14.29 + (39.93 - 14.29) \times \frac{0.755}{0.850} \\ &= 37.06 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(37.06 + 14.29) \times 0.755 \times 1.000}{2} \\ &= 19.38 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.755}{3} \times \frac{2 \times 14.29 + 37.06}{14.29 + 37.06} \\ &= 0.322 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 19.38 \times 0.322 = 6.24 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 2) 載荷重なし

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 32.99 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 2.87 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 2.87 + (32.99 - 2.87) \times \frac{0.755}{0.850} \\ &= 29.62 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(29.62 + 2.87) \times 0.755 \times 1.000}{2} \\ &= 12.26 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.755}{3} \times \frac{2 \times 2.87 + 29.62}{2.87 + 29.62} \\ &= 0.274 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 12.26 \times 0.274 = 3.36 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## 7.3 設計断面力

## 1) 載荷重あり

| No | 荷 重 名        | せん断力<br>S<br>(kN) | 曲げモーメント<br>M<br>(kN・m) |
|----|--------------|-------------------|------------------------|
| 1  | かかと版自重       | 1.42              | 0.51                   |
| 2  | かかと版上の載荷土    | 11.84             | 4.50                   |
| 3  | 地盤反力         | -19.38            | -6.24                  |
| 4  | 自動車荷重        | 7.55              | 2.85                   |
|    | 合 計 $\Sigma$ | 1.43              | 1.62                   |

## 2) 載荷重なし

| No | 荷 重 名        | せん断力<br>S<br>(kN) | 曲げモーメント<br>M<br>(kN・m) |
|----|--------------|-------------------|------------------------|
| 1  | かかと版自重       | 1.42              | 0.51                   |
| 2  | かかと版上の載荷土    | 11.84             | 4.50                   |
| 3  | 地盤反力         | -12.26            | -3.36                  |
|    | 合 計 $\Sigma$ | 1.00              | 1.65                   |

断面計算に用いる曲げモーメントは、たて壁つけ根の曲げモーメント  $M_o = 1.10$  (kN・m) 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

$$S = 1.43 \text{ (kN)}$$

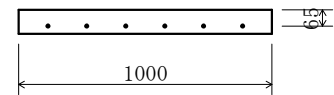
曲げモーメント

$$M = 1.10 \text{ (kN・m)}$$

## 7.4 実応力度の計算

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

$$\begin{aligned}\text{有効幅} \quad b &= 1000 \text{ (mm)} \\ \text{有効高さ} \quad d &= 65 \text{ (mm)} \\ \text{鉄筋量} \quad A_s &= D6 - 6.5 \\ &= 2.06 \text{ (cm}^2\text{)} = 206 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$



コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$

中 立 軸

$$\begin{aligned}x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 206}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 65}{15 \times 206}} \right\} \\ &= 17.2 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

設計断面力

$$\begin{aligned}\text{曲げモーメント} \quad M &= 1.10 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 1.43 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

実応力度

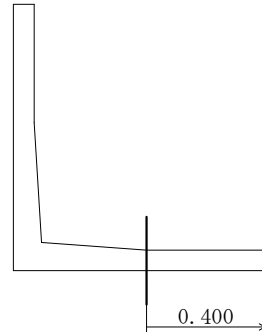
$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 1.10 \times 10^6}{1000 \times 17.2 \times \left(65 - \frac{17.2}{3}\right)} \\ &= 2.16 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \\ \sigma_s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{1.10 \times 10^6}{206 \times \left(65 - \frac{17.2}{3}\right)} \\ &= 90.1 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \\ \tau &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{1.43 \times 10^3}{1000 \times 65} \\ &= 0.02 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \tau_{a1} = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.}\end{aligned}$$

## §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 断面検討位置

断面検討位置



### 8.2 荷重の計算

かかと版に作用する荷重は、以下の荷重を考慮する。

#### (1) かかと版自重

面積

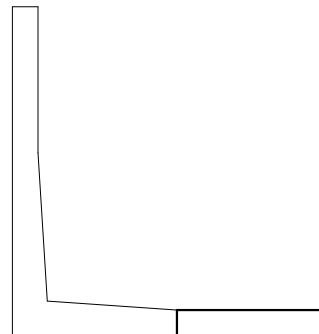
$$A = b \cdot h = 0.400 \times 0.070 = 0.028 \text{ (m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = A \cdot \gamma_c \cdot L = 0.028 \times 24.5 \times 1.000 = 0.69 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 0.69 \times 0.200 = 0.14 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (2) かかと版上の載荷土

面積

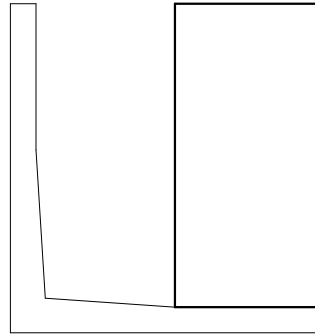
$$A = b \cdot h = 0.400 \times 0.830 = 0.332 \text{ (m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = A \cdot \gamma_s \cdot L = 0.332 \times 19.0 \times 1.000 = 6.31 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 6.31 \times 0.200 = 1.26 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



## (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

$$q_1 = 39.93 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 14.29 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 14.29 + (39.93 - 14.29) \times \frac{0.400}{0.850} \\ &= 26.36 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(26.36 + 14.29) \times 0.400 \times 1.000}{2} \\ &= 8.13 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.400}{3} \times \frac{2 \times 14.29 + 26.36}{14.29 + 26.36} \\ &= 0.180 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 8.13 \times 0.180 = 1.46 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 2) 荷重なし

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 32.99 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 2.87 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$q_3 = q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 2.87 + (32.99 - 2.87) \times \frac{0.400}{0.850}$$

$$= 17.04 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(17.04 + 2.87) \times 0.400 \times 1.000}{2}$$

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

作用位置

$$x = \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.400}{3} \times \frac{2 \times 2.87 + 17.04}{2.87 + 17.04}$$

$$= 0.153 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 3.98 \times 0.153 = 0.61 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 8.3 設計断面力

かかと版中間部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<br>S<br>(kN) | 曲げモーメント<br>M<br>(kN・m) |
|----|-----------|-------------------|------------------------|
| 1  | かかと版自重    | 0.69              | 0.14                   |
| 2  | かかと版上の載荷土 | 6.31              | 1.26                   |
| 3  | 地盤反力      | -8.13             | -1.46                  |
| 4  | 自動車荷重     | 4.00              | 0.80                   |
|    | 合 計 Σ     | 2.87              | 0.74                   |

## 2) 荷重なし

| No | 荷 重 名     | せん断力<br>S<br>(kN) | 曲げモーメント<br>M<br>(kN・m) |
|----|-----------|-------------------|------------------------|
| 1  | かかと版自重    | 0.69              | 0.14                   |
| 2  | かかと版上の載荷土 | 6.31              | 1.26                   |
| 3  | 地盤反力      | -3.98             | -0.61                  |
|    | 合 計 Σ     | 3.02              | 0.79                   |

実応力度計算には、以下の最大断面力を用いる。

せん断力

$$S = 3.02 \text{ (kN)}$$

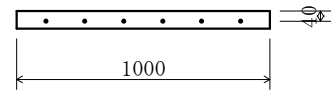
曲げモーメント

$$M = 0.79 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

## 8.4 実応力度の計算

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

$$\begin{aligned} \text{有効幅} \quad b &= 1000 \text{ (mm)} \\ \text{有効高さ} \quad d &= 40 \text{ (mm)} \\ \text{鉄筋量} \quad A_s &= D6 - 6.5 \\ &= 2.06 \text{ (cm}^2\text{)} = 206 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$



コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比  $n = 15$

中立軸

$$\begin{aligned} x &= \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} \right\} \\ &= \frac{15 \times 206}{1000} \times \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 1000 \times 40}{15 \times 206}} \right\} \\ &= 12.9 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

設計断面力

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント} \quad M &= 0.79 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 3.02 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

実応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 0.79 \times 10^6}{1000 \times 12.9 \times \left(40 - \frac{12.9}{3}\right)} \\ &= 3.43 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \\ \sigma_s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{0.79 \times 10^6}{206 \times \left(40 - \frac{12.9}{3}\right)} \\ &= 107.4 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \\ \tau &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{3.02 \times 10^3}{1000 \times 40} \\ &= 0.08 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \tau_{a1} = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$