

CLP (H) 800 × (B) 800 × (L) 2000

2011 年 4 月

千葉窯業株式会社

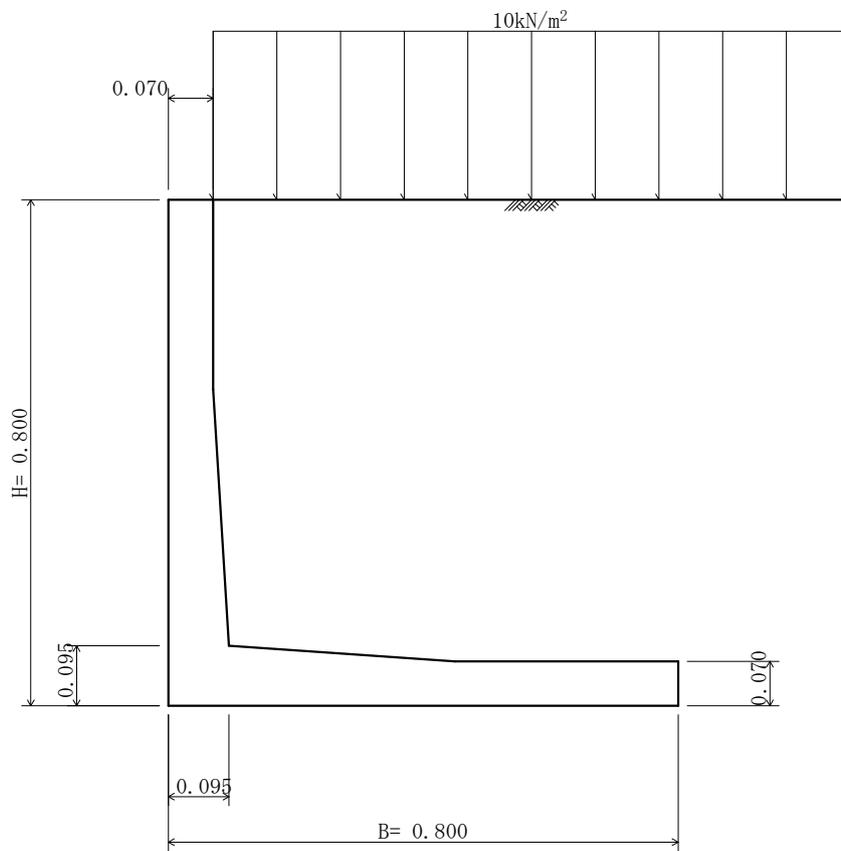
目 次

| | |
|----------------------------|----|
| § 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 | 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 |

§ 2 一般形状寸法図

2.1 一般図

製品名 : CLP (H)800×(B)800



§3 計算結果

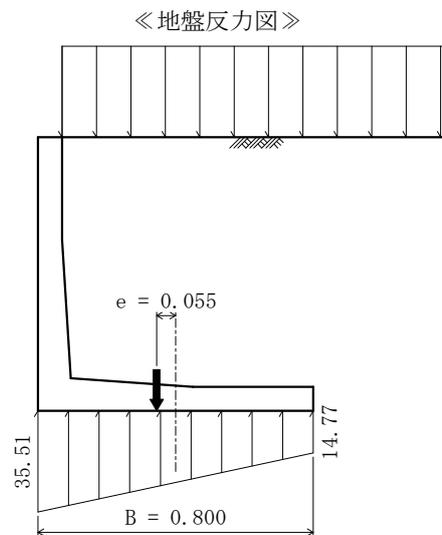
3.1 安定計算結果

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 ΣV (kN) | 水平荷重 ΣH (kN) | 偏心距離 e (m) | 転倒 安全率 F_s | 滑動 安全率 F_s | 地盤反力度 (kN/m ²) | | 判定 |
|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|-------|-------|
| | | | | | q_1 | q_2 | |
| 20.11 | 4.70 | 0.055 | 6.54 | 2.47 | 35.51 | 14.77 | O. K. |
| 許 容 値 | | 0.133 | 1.50 | 1.50 | | | |

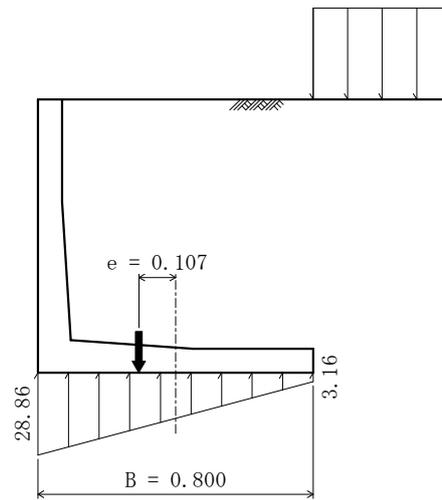


3.1.2 載荷重なし

(1) 安定計算

| 鉛直荷重 ΣV (kN) | 水平荷重 ΣH (kN) | 偏心距離 e (m) | 転倒 安全率 F_s | 滑動 安全率 F_s | 地盤反力度 q_1 q_2 (kN/m ²) | | 判定 |
|----------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------|--|------|-------|
| 12.81 | 4.70 | 0.107 | 4.00 | 1.57 | 28.86 | 3.16 | 0. K. |
| 許容値 | | 0.133 | 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) | 40 | 65 |
| | | As (mm ²) | D6 - 6.5 206 | D6 - 6.5 206 |
| | | x (mm) | 12.9 | 17.2 |
| | 断 面 力 | 曲げモーメント M (N・mm) | 0.11 × 10 ⁶ | 0.80 × 10 ⁶ |
| | | せん断力 S (N) | 1.08 × 10 ³ | 3.41 × 10 ³ |
| | コンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm ²) | σ _c | 0.48 | 1.57 |
| | | σ _{ca} | 10.00 | 10.00 |
| | 鉄筋の 曲げ引張応力度 (N/mm ²) | σ _s | 15.0 | 65.5 |
| | | σ _{sa} | 160 | 160 |
| | コンクリートの せん断応力度 (N/mm ²) | τ | 0.03 | 0.05 |
| | | τ _{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) | 65 | 40 |
| | | As (mm ²) | D6 - 6.5 206 | D6 - 6.5 206 |
| | | x (mm) | 17.2 | 12.9 |
| | 断 面 力 | 曲げモーメント M (N・mm) | 0.80 × 10 ⁶ | 0.54 × 10 ⁶ |
| | | せん断力 S (N) | 1.22 × 10 ³ | 2.40 × 10 ³ |
| | コンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm ²) | σ _c | 1.57 | 2.35 |
| | | σ _{ca} | 10.00 | 10.00 |
| | 鉄筋の 曲げ引張応力度 (N/mm ²) | σ _s | 65.5 | 73.4 |
| | | σ _{sa} | 160 | 160 |
| | コンクリートの せん断応力度 (N/mm ²) | τ | 0.02 | 0.06 |
| | | τ _{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。

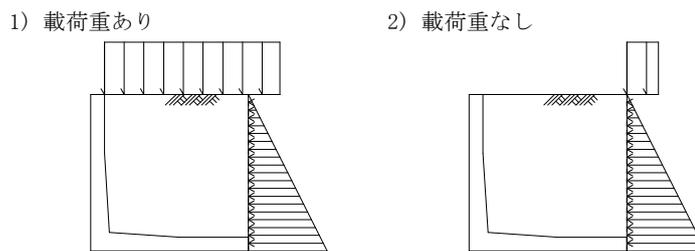
- ・自 重
- ・載 荷 重
- ・土 圧

4.1 荷重の組合せ

以下の組合せについて設計を行う。

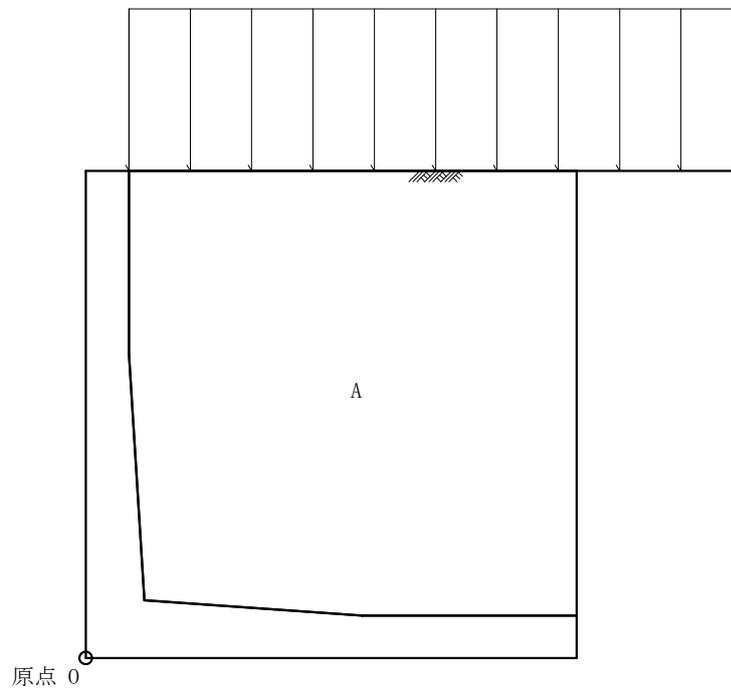
常 時 自重（+載荷重）+土圧

4.1.1 荷重の組合せ一覧



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 ²) | 重心位置 | | 断面一次モーメント | |
|----|----------|-----------|------------------------------|----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | | | | x (m) | y (m) | A・x (m ³) | A・y (m ³) |
| | 0.800 | 0.800 | = 0.640 | 0.400 | 0.400 | 0.2560 | 0.2560 |
| a | - | 0.025 | × 0.300 = -0.008 | 0.083 | 0.650 | -0.0007 | -0.0052 |
| b | -1/2 | × 0.025 | × 0.405 = -0.005 | 0.087 | 0.365 | -0.0004 | -0.0018 |
| c | - | 0.355 | × 0.705 = -0.250 | 0.273 | 0.448 | -0.0683 | -0.1120 |
| d | -1/2 | × 0.355 | × 0.025 = -0.004 | 0.332 | 0.087 | -0.0013 | -0.0003 |
| e | - | 0.350 | × 0.730 = -0.256 | 0.625 | 0.435 | -0.1600 | -0.1114 |
| 合計 | | | 0.117 | | | 0.0253 | 0.0253 |

体積

$$V_0 = \Sigma A \cdot L = 0.117 \times 1.000 = 0.117 \text{ (m}^3\text{)}$$

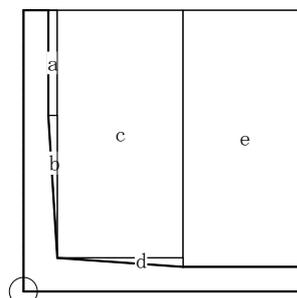
荷重

$$V = V_0 \cdot \gamma_c = 0.117 \times 24.5 = 2.87 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{\Sigma A \cdot x}{\Sigma A} = \frac{0.0253}{0.117} = 0.216 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{\Sigma A \cdot y}{\Sigma A} = \frac{0.0253}{0.117} = 0.216 \text{ (m)}$$



(2) 載荷土

1) 裏込め土

| 記号 | 幅 (m) | 高さ (m) | 面積 A (m ²) | 重心位置 | | 断面一次モーメント | |
|----|----------|-----------|------------------------------|----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | | | | x (m) | y (m) | A・x (m ³) | A・y (m ³) |
| | 0.730 | 0.730 | = 0.533 | 0.435 | 0.435 | 0.2319 | 0.2319 |
| 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 | | | 0.523 | | | 0.2305 | 0.2303 |

体積

$$V_0 = \Sigma A \cdot L = 0.523 \times 1.000 = 0.523 \text{ (m}^3\text{)}$$

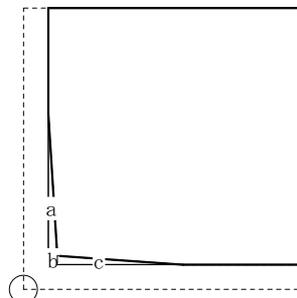
荷重

$$V = V_0 \cdot \gamma_s = 0.523 \times 19.0 = 9.94 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{\Sigma A \cdot x}{\Sigma A} = \frac{0.2305}{0.523} = 0.441 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{\Sigma A \cdot y}{\Sigma A} = \frac{0.2303}{0.523} = 0.440 \text{ (m)}$$



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

$$V = q \cdot b \cdot L = 10.0 \times 0.730 \times 1.000 = 7.30 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = B - \frac{b}{2} = 0.800 - \frac{0.730}{2} = 0.435 \text{ (m)}$$

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)
- ω : すべり角 (°)
- ϕ : 裏込め土のせん断抵抗角 (°)
- δ : 壁面摩擦角 (°)
- α : 土圧作用面と鉛直面のなす角 (°)

鉛直荷重・水平荷重

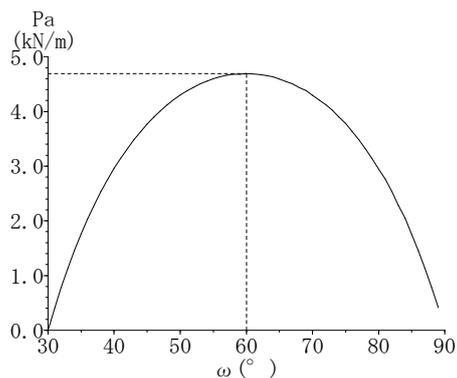
$$V = Pa \cdot \sin(\delta + \alpha) \cdot L$$

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

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 (m)

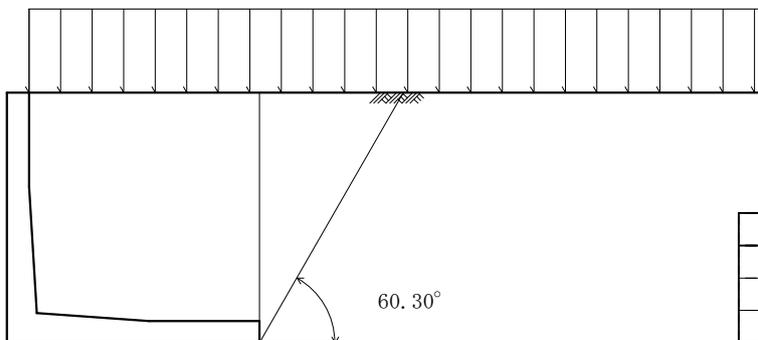
$h = 0.800 \text{ (m)}$
 $\alpha = 0.00 \text{ (}^\circ\text{)}$
 $W = 8.04 \text{ (kN/m)}$ [載荷重 : 4.56]
 $\omega = 60.30 \text{ (}^\circ\text{)}$
 $\delta = 0.00 \text{ (}^\circ\text{)}$
 $\phi = 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}$



最大主働土圧合力

$$Pa = \frac{8.04 \times \sin(60.30 - 30.00)}{\cos(60.30 - 30.00 - 0.00 - 0.00)}$$

$$= 4.70 \text{ (kN/m)}$$



| ω | Pa | W |
|----------|-------|------|
| 65.00 | 4.593 | 6.56 |
| 64.00 | 4.634 | 6.87 |
| 63.00 | 4.656 | 7.17 |
| 62.00 | 4.674 | 7.48 |
| 61.00 | 4.687 | 7.80 |
| * 60.30 | 4.698 | 8.04 |
| 60.00 | 4.694 | 8.13 |
| 59.00 | 4.684 | 8.45 |
| 58.00 | 4.679 | 8.80 |
| 57.00 | 4.662 | 9.15 |
| 56.00 | 4.633 | 9.50 |

鉛直荷重

$$V = 4.70 \times \sin(0.00 - 0.00) \times 1.000 = 0.00 \text{ (kN)}$$

水平荷重

$$H = 4.70 \times \cos(0.00 - 0.00) \times 1.000 = 4.70 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = 0.800 \text{ (m)}$$

$$y = \frac{0.800}{3} = 0.267 \text{ (m)}$$

§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 $F_{sa} = 1.50$

ΣV : 底版下面における全鉛直荷重 (kN)

ΣH : 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/m²)

B : 擁壁の底版幅 $B = 0.800$ (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

ΣMr : 抵抗モーメント (kN・m)

ΣMo : 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、

ΣV : 底版下面における全鉛直荷重 (kN)

ΣMr : つま先まわりの抵抗モーメント (kN・m)

ΣMo : つま先まわりの転倒モーメント (kN・m)

B : 擁壁の底版幅 $B = 0.800$ (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、

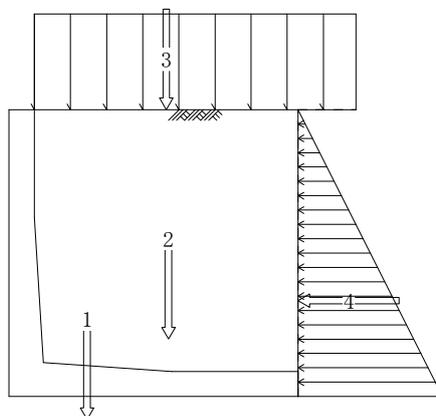
- q_1, q_2 : 地盤反力度 (kN/m²)
- ΣV : 鉛直荷重 (kN)
- B : 擁壁の底版幅 $B = 0.800$ (m)
- L : 擁壁の奥行 (計算幅) $L = 1.000$ (m)
- e : 合力の作用点の底版中央からの偏心距離 (m)
- d : つま先から合力の作用点までの距離 (m)

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 | 2.87 | | 0.216 | 0.216 | 0.62 | |
| 2 | 裏込め土 | 9.94 | | 0.441 | 0.440 | 4.38 | |
| 3 | 載荷重 | 7.30 | | 0.435 | 0.800 | 3.18 | |
| 4 | 土圧 | | 4.70 | 0.800 | 0.267 | | 1.25 |
| 合計 Σ | | 20.11 | 4.70 | | | 8.18 | 1.25 |

《荷重作用図》



1) 滑動に対する安定

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{\Sigma V \cdot \mu + c \cdot B \cdot L}{\Sigma H} = \frac{20.11 \times 0.577 + 0.0 \times 0.800 \times 1.000}{4.70} \\
 &= 2.47 \geq F_{sa} = 1.5
 \end{aligned}$$

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

$$F_s = \frac{\sum M_r}{\sum M_o} = \frac{8.18}{1.25} = 6.54 \geq F_{sa} = 1.50$$

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

$$d = \frac{\sum M_r - \sum M_o}{\sum V} = \frac{8.18 - 1.25}{20.11} = 0.345 \text{ (m)}$$

合力Rの作用点の底版中央からの偏心距離

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{0.800}{2} - 0.345 = 0.055 \text{ (m)}$$

$$|e| = 0.055 \text{ (m)} \leq \frac{1}{6} \cdot B = 0.133 \text{ (m)}$$

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

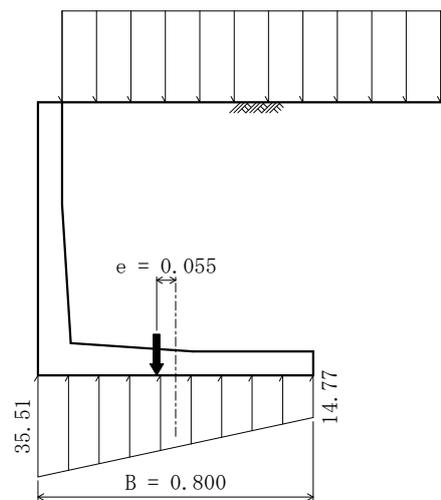
最大地盤反力度

$$q_1 = \frac{\sum V}{B \cdot L} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{20.11}{0.800 \times 1.000} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 0.055}{0.800} \right)$$

$$= \begin{cases} 35.51 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ 14.77 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{cases}$$

よって、上記の値以上の支持力が必要である。

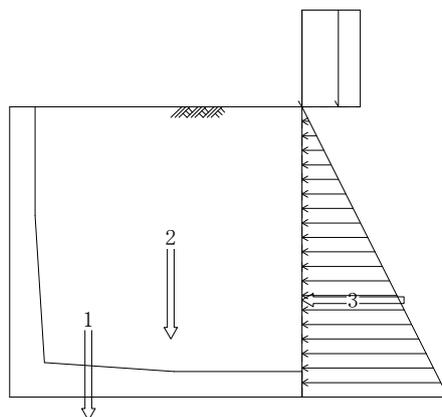
《地盤反力図》



5.2.2 荷重重なし

| 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 | 2.87 | | 0.216 | 0.216 | 0.62 | |
| 2 | 裏込め土 | 9.94 | | 0.441 | 0.440 | 4.38 | |
| 3 | 土圧 | | 4.70 | 0.800 | 0.267 | | 1.25 |
| 合計 Σ | | 12.81 | 4.70 | | | 5.00 | 1.25 |

《荷重作用図》



1) 滑動に対する安定

$$F_s = \frac{\Sigma V \cdot \mu + c \cdot B \cdot L}{\Sigma H} = \frac{12.81 \times 0.577 + 0.0 \times 0.800 \times 1.000}{4.70}$$

$$= 1.57 \geq F_{sa} = 1.5$$

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

$$F_s = \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Mo} = \frac{5.00}{1.25} = 4.00 \geq F_{sa} = 1.50$$

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

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V} = \frac{5.00 - 1.25}{12.81} = 0.293 \text{ (m)}$$

合力Rの作用点の底版中央からの偏心距離

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{0.800}{2} - 0.293 = 0.107 \text{ (m)}$$

$$|e| = 0.107 \text{ (m)} \leq \frac{1}{6} \cdot B = 0.133 \text{ (m)}$$

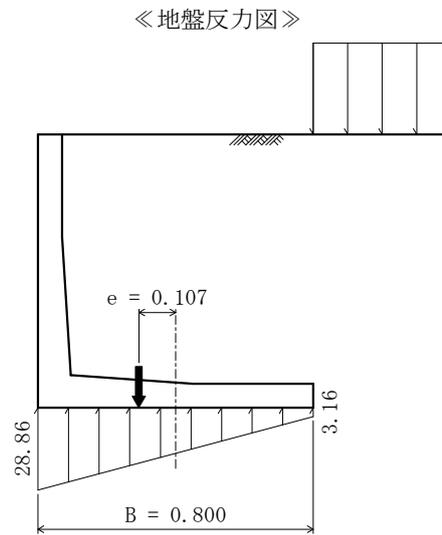
よって、偏心距離は安定条件を満足している。

3) 支持に対する安定

最大地盤反力度

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{\Sigma V}{B \cdot L} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{12.81}{0.800 \times 1.000} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 0.107}{0.800} \right) \\
 q_2 &= \begin{cases} 28.86 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ 3.16 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{cases}
 \end{aligned}$$

よって、上記の値以上の支持力が必要である。

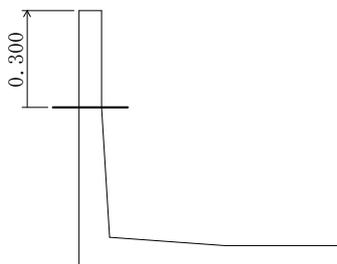


§6 たて壁の部材断面設計

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



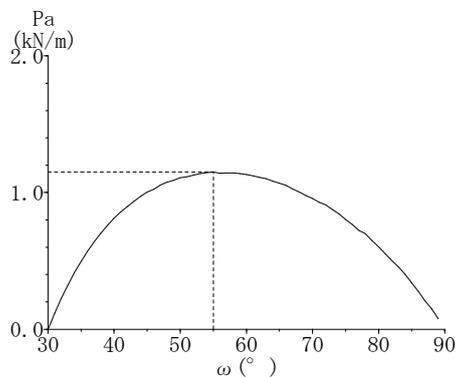
6.2 荷重の計算

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

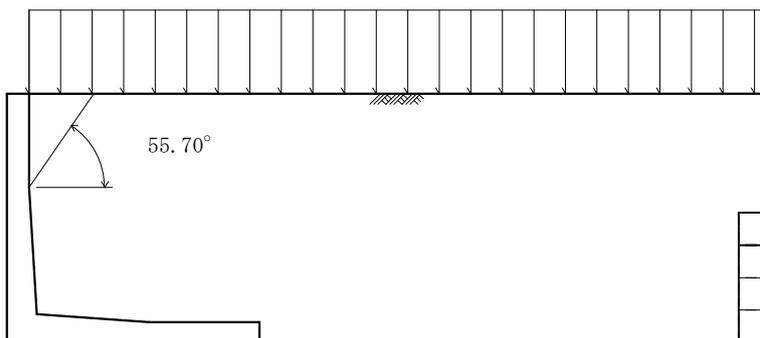
1) 中間部

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\ W &= 2.64 \text{ (kN/m)} \text{ [載荷重 : 2.05]} \\ \omega &= 55.70 \text{ (}^\circ\text{)} \\ \delta &= 20.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\ \phi &= 30.00 \text{ (}^\circ\text{)} \end{aligned}$$



最大主働土圧合力

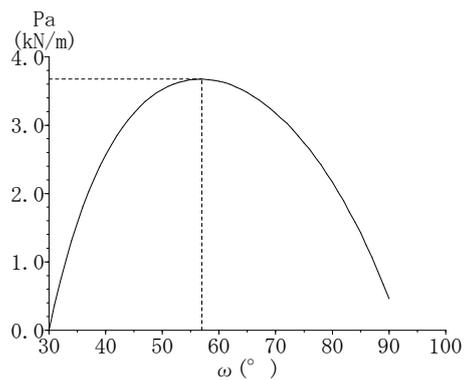
$$\begin{aligned} Pa &= \frac{2.64 \times \sin(55.70 - 30.00)}{\cos(55.70 - 30.00 - 20.00 - 0.00)} \\ &= 1.15 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$



| ω | Pa | W |
|----------|-------|------|
| 60.00 | 1.132 | 2.23 |
| 59.00 | 1.139 | 2.32 |
| 58.00 | 1.143 | 2.41 |
| 57.00 | 1.143 | 2.50 |
| 56.00 | 1.142 | 2.59 |
| * 55.70 | 1.151 | 2.64 |
| 55.00 | 1.150 | 2.71 |
| 54.00 | 1.146 | 2.81 |
| 53.00 | 1.139 | 2.91 |
| 52.00 | 1.128 | 3.01 |
| 51.00 | 1.115 | 3.11 |

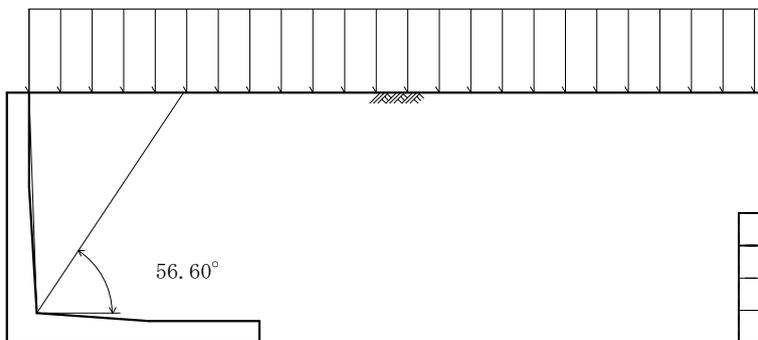
2) つけ根

$$\begin{aligned}\alpha &= 2.03 \text{ (}^\circ\text{)} \\ W &= 8.19 \text{ (kN/m)} \quad [\text{載荷重 : } 4.90] \\ \omega &= 56.60 \text{ (}^\circ\text{)} \\ \delta &= 20.00 \text{ (}^\circ\text{)} \\ \phi &= 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}\end{aligned}$$



最大主働土圧合力

$$\begin{aligned}Pa &= \frac{8.19 \times \sin(56.60 - 30.00)}{\cos(56.60 - 30.00 - 20.00 - 2.03)} \\ &= 3.68 \text{ (kN/m)}\end{aligned}$$



| ω | Pa | W |
|----------|-------|------|
| 61.00 | 3.624 | 6.95 |
| 60.00 | 3.640 | 7.21 |
| 59.00 | 3.658 | 7.49 |
| 58.00 | 3.668 | 7.77 |
| 57.00 | 3.673 | 8.06 |
| * 56.60 | 3.679 | 8.19 |
| 56.00 | 3.669 | 8.35 |
| 55.00 | 3.665 | 8.66 |
| 54.00 | 3.647 | 8.96 |
| 53.00 | 3.630 | 9.29 |
| 52.00 | 3.600 | 9.61 |

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

ここに、

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

| | 土圧力 Pa (kN/m) | 摩擦角 δ ($^\circ$) | 傾斜角 α ($^\circ$) | 水平荷重 H (kN) | 作用位置 y (m) |
|-----|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------|------------------|
| 中間部 | 1.15 | 20.00 | 0.00 | 1.08 | 0.100 |
| つけ根 | 3.68 | 20.00 | 2.03 | 3.41 | 0.235 |

6.3 設計断面力

(1) 中間部

せん断力

$$S = H = 1.08 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= H \cdot y = 1.08 \times 0.100 \\ &= 0.11 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

(2) つけ根

せん断力

$$S = H = 3.41 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

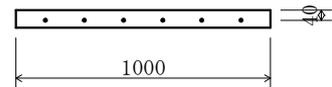
$$\begin{aligned} M &= H \cdot y = 3.41 \times 0.235 \\ &= 0.80 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

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。

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

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

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント} \quad M &= 0.11 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 1.08 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

実応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 0.11 \times 10^6}{1000 \times 12.9 \times \left(40 - \frac{12.9}{3}\right)} \\ &= 0.48 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

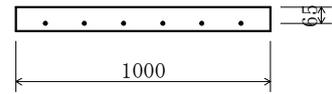
$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{0.11 \times 10^6}{206 \times \left(40 - \frac{12.9}{3}\right)} \\ &= 15.0 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{1.08 \times 10^3}{1000 \times 40} \\ &= 0.03 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \tau_{a1} = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(2) つけ根

単鉄筋長方形断面で計算を行う。

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



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

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント} \quad M &= 0.80 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 3.41 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

実応力度

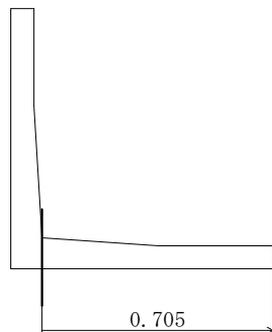
$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 0.80 \times 10^6}{1000 \times 17.2 \times \left(65 - \frac{17.2}{3}\right)} \\ &= 1.57 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \\ \sigma_s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{0.80 \times 10^6}{206 \times \left(65 - \frac{17.2}{3}\right)} \\ &= 65.5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \\ \tau &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{3.41 \times 10^3}{1000 \times 65} \\ &= 0.05 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \tau_{a1} = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

§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 (m) | 高さ (m) | 面積 A (m ²) | 重心位置 x (m) | 断面一次モーメント A・x (m ³) |
|----|--------------|---------------|------------------------|------------|---------------------------------|
| | 0.705 | 0.095 | 0.067 | 0.353 | 0.0237 |
| a | -1/2 × 0.355 | 0.025 | -0.004 | 0.237 | -0.0009 |
| b | - | 0.350 × 0.025 | -0.009 | 0.530 | -0.0048 |
| 合計 | | | 0.054 | | 0.0180 |

作用位置

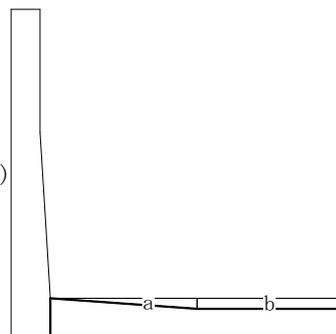
$$x = \frac{\sum A \cdot x}{\sum A} = \frac{0.0180}{0.054} = 0.333 \text{ (m)}$$

せん断力

$$S = A \cdot \gamma_c \cdot L = 0.054 \times 24.5 \times 1.000 = 1.32 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 1.32 \times 0.333 = 0.44 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



(2) かかと版上の載荷土

| 記号 | 幅 (m) | 高さ (m) | 面積 A (m ²) | 重心位置 x (m) | 断面一次 モーメント A・x (m ³) |
|----|----------|-----------|------------------------------|------------------|--|
| | 0.705 | 0.730 | 0.515 | 0.353 | 0.1818 |
| a | -1/2 | 0.355 | 0.025 | -0.004 | -0.0005 |
| 合計 | | | 0.511 | | 0.1813 |

作用位置

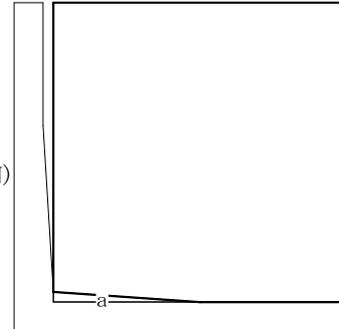
$$x = \frac{\sum A \cdot x}{\sum A} = \frac{0.1813}{0.511} = 0.355 \text{ (m)}$$

せん断力

$$S = A \cdot \gamma_s \cdot L = 0.511 \times 19.0 \times 1.000 = 9.71 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 9.71 \times 0.355 = 3.45 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



(3) 地表面載荷重

荷重強度

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

せん断力

$$S = q \cdot b \cdot L = 10.00 \times 0.705 \times 1.000 = 7.05 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = 0.353 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 7.05 \times 0.353 = 2.49 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

(4) 地盤反力度

1) 荷重あり

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 35.51 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 14.77 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$q_3 = q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 14.77 + (35.51 - 14.77) \times \frac{0.705}{0.800}$$

$$= 33.05 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(33.05 + 14.77) \times 0.705 \times 1.000}{2}$$

$$= 16.86 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.705}{3} \times \frac{2 \times 14.77 + 33.05}{14.77 + 33.05}$$

$$= 0.308 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 16.86 \times 0.308 = 5.19 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

2) 荷重なし

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 28.86 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 3.16 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$q_3 = q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 3.16 + (28.86 - 3.16) \times \frac{0.705}{0.800}$$

$$= 25.81 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(25.81 + 3.16) \times 0.705 \times 1.000}{2}$$

$$= 10.21 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.705}{3} \times \frac{2 \times 3.16 + 25.81}{3.16 + 25.81}$$

$$= 0.261 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 10.21 \times 0.261 = 2.66 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

7.3 設計断面力

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 | 1.32 | 0.44 |
| 2 | かかと版上の載荷土 | 9.71 | 3.45 |
| 3 | 地盤反力 | -16.86 | -5.19 |
| 4 | 自動車荷重 | 7.05 | 2.49 |
| | 合 計 Σ | 1.22 | 1.19 |

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 | 1.32 | 0.44 |
| 2 | かかと版上の載荷土 | 9.71 | 3.45 |
| 3 | 地盤反力 | -10.21 | -2.66 |
| | 合 計 Σ | 0.82 | 1.23 |

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 $M_o = 0.80$ (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

$$S = 1.22 \text{ (kN)}$$

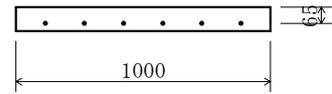
曲げモーメント

$$M = 0.80 \text{ (kN・m)}$$

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

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント} \quad M &= 0.80 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 1.22 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

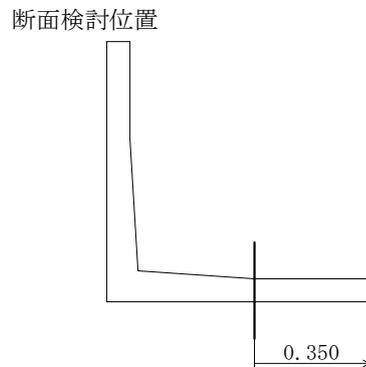
実応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 0.80 \times 10^6}{1000 \times 17.2 \times \left(65 - \frac{17.2}{3}\right)} \\ &= 1.57 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \\ \sigma_s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{0.80 \times 10^6}{206 \times \left(65 - \frac{17.2}{3}\right)} \\ &= 65.5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \\ \tau &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{1.22 \times 10^3}{1000 \times 65} \\ &= 0.02 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \tau_{a1} = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

§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



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

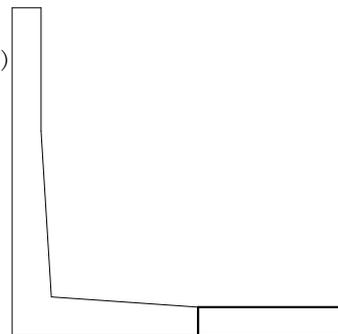
$$A = b \cdot h = 0.350 \times 0.070 = 0.025 \text{ (m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = A \cdot \gamma_c \cdot L = 0.025 \times 24.5 \times 1.000 = 0.61 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 0.61 \times 0.175 = 0.11 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



(2) かかと版上の載荷土

面積

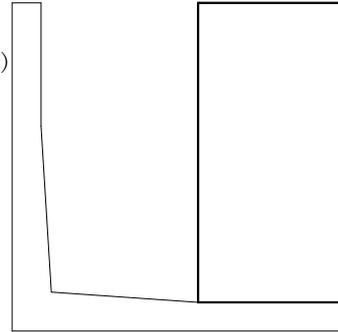
$$A = b \cdot h = 0.350 \times 0.730 = 0.256 \text{ (m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = A \cdot \gamma_s \cdot L = 0.256 \times 19.0 \times 1.000 = 4.86 \text{ (kN)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 4.86 \times 0.175 = 0.85 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



(3) 地表面載荷重

荷重強度

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

せん断力

$$S = q \cdot b \cdot L = 10.00 \times 0.350 \times 1.000 = 3.50 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = 0.175 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 3.50 \times 0.175 = 0.61 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

(4) 地盤反力度

1) 載荷重あり

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 35.51 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 14.77 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$\begin{aligned} q_3 &= q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 14.77 + (35.51 - 14.77) \times \frac{0.350}{0.800} \\ &= 23.84 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(23.84 + 14.77) \times 0.350 \times 1.000}{2} \\ &= 6.76 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

作用位置

$$\begin{aligned} x &= \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.350}{3} \times \frac{2 \times 14.77 + 23.84}{14.77 + 23.84} \\ &= 0.161 \text{ (m)} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 6.76 \times 0.161 = 1.09 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

2) 荷重なし

『安定計算』の結果より

$$q_1 = 28.86 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 3.16 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

かかと版検討位置での地盤反力度

$$q_3 = q_2 + (q_1 - q_2) \cdot \frac{l_2}{B} = 3.16 + (28.86 - 3.16) \times \frac{0.350}{0.800}$$

$$= 14.40 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

せん断力

$$S = \frac{(q_3 + q_2) \cdot l_2 \cdot L}{2} = \frac{(14.40 + 3.16) \times 0.350 \times 1.000}{2}$$

$$= 3.07 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$x = \frac{l_2}{3} \cdot \frac{2 \cdot q_2 + q_3}{q_2 + q_3} = \frac{0.350}{3} \times \frac{2 \times 3.16 + 14.40}{3.16 + 14.40}$$

$$= 0.138 \text{ (m)}$$

曲げモーメント

$$M = S \cdot x = 3.07 \times 0.138 = 0.42 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

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 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
|----|-----------|-------------------|------------------------|
| 1 | かかと版自重 | 0.61 | 0.11 |
| 2 | かかと版上の載荷土 | 4.86 | 0.85 |
| 3 | 地盤反力 | -6.76 | -1.09 |
| 4 | 自動車荷重 | 3.50 | 0.61 |
| | 合 計 Σ | 2.21 | 0.48 |

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 | 0.61 | 0.11 |
| 2 | かかと版上の載荷土 | 4.86 | 0.85 |
| 3 | 地盤反力 | -3.07 | -0.42 |
| | 合 計 Σ | 2.40 | 0.54 |

実応力度計算には、以下の最大断面力を用いる。

せん断力

$$S = 2.40 \text{ (kN)}$$

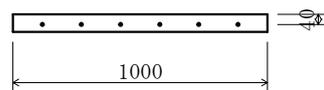
曲げモーメント

$$M = 0.54 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

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

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント} \quad M &= 0.54 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{せん断力} \quad S &= 2.40 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

実応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 0.54 \times 10^6}{1000 \times 12.9 \times \left(40 - \frac{12.9}{3}\right)} \\ &= 2.35 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 10.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{M}{A_s \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{0.54 \times 10^6}{206 \times \left(40 - \frac{12.9}{3}\right)} \\ &= 73.4 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{sa} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{S}{b \cdot d} = \frac{2.40 \times 10^3}{1000 \times 40} \\ &= 0.06 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \tau_{a1} = 0.45 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$