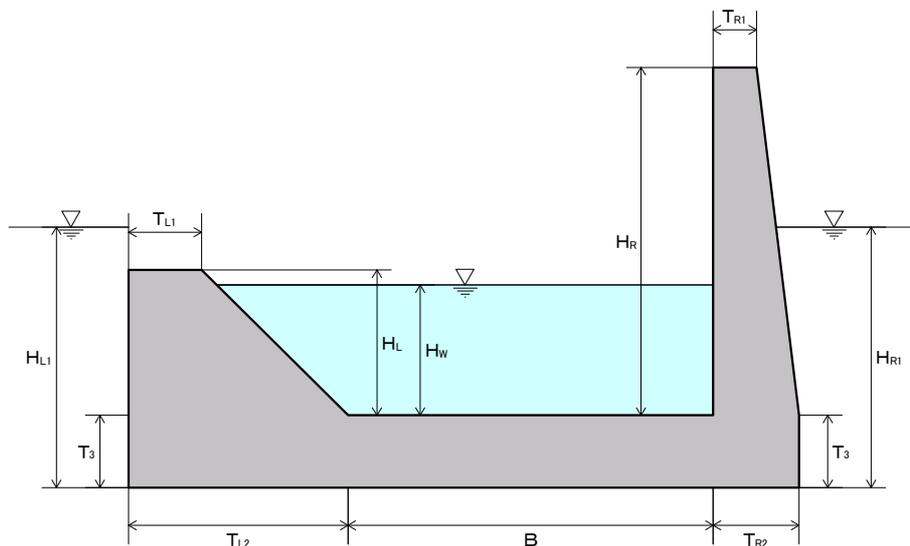


1. 設計条件

1.1 単位体積重量

| 項目 | 記号 | 値 | 単位 |
|----------|---------------|--------|-------------------|
| 鉄筋コンクリート | γ_{sc} | 24.500 | kN/m ³ |
| 湿潤土 | γ_t | 18.000 | kN/m ³ |
| 水中土 | γ_{ws} | 10.000 | kN/m ³ |
| 水 | γ_w | 9.800 | kN/m ³ |

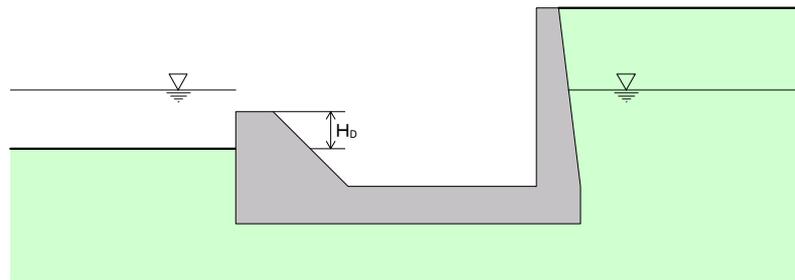
1.2 躯体形状



| 項目 | 記号 | 値 | 単位 | 備考 |
|------------|----------|------|----|----|
| 側壁高 (右側) | H_R | 2400 | mm | |
| 側壁高 (左側) | H_L | 1000 | mm | |
| 水路内幅 | B | 2500 | mm | |
| 側壁上部厚 (右側) | T_{R1} | 300 | mm | |
| 側壁下部厚 (右側) | T_{R2} | 590 | mm | |
| 側壁上部厚 (左側) | T_{L1} | 500 | mm | |
| 側壁下部厚 (左側) | T_{L2} | 1500 | mm | |
| 底版厚 | T_3 | 500 | mm | |
| 水路内水位 | H_w | 900 | mm | |
| 地下水位 (右側) | H_{R1} | 1800 | mm | |
| 地下水位 (左側) | H_{L1} | 1800 | mm | |

- ・ 右側壁の外側に傾斜を設け、内側は直とする。
- ・ 左側壁の内側に傾斜を設け、外側は直とする。

1.3 背面土形状



水路右側の背面土砂形状は、「フラット」に設定

水路左側の背面土砂形状は、「フラット」に設定

| 項目 | 記号 | 値 | 単位 | 備考 |
|-----------|----------------|-------|----|----|
| 側壁天端からの落差 | H _b | 0.500 | m | |

1.4 土質条件

土圧係数は、「クーロン土圧公式」にて算出する。

| 項目 | 記号 | 値 | 単位 | 備考 |
|-----------------------|-----------------|--------|----|----------|
| 土の内部摩擦角度 | ϕ | 30.000 | ° | |
| 側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (右側) | δ_R | 30.000 | ° | 計算値 |
| 側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (左側) | δ_L | 20.000 | ° | 計算値 |
| 壁背面の傾斜角 (右側) | θ_R | 84.289 | ° | 計算値 |
| 壁背面の傾斜角 (左側) | θ_L | 90.000 | ° | 計算値 |
| 壁背面土の傾斜角 (右側) | i_R | 0.000 | ° | 水平面 = 0° |
| 壁背面土の傾斜角 (左側) | i_L | 0.000 | ° | 水平面 = 0° |
| 主働土圧係数 (右側) | K _{AR} | 0.344 | | 計算値 |
| 主働土圧係数 (左側) | K _{AL} | 0.297 | | 計算値 |
| 受働土圧係数 (右側) | K _{PR} | 7.650 | | 計算値 |
| 受働土圧係数 (左側) | K _{PL} | 6.105 | | 計算値 |

【側壁面又は仮想背面との摩擦角】

・右側

側壁背面のコロビ「n」の算出

$$n = (T_{R2} - T_{R1}) / (H_R + T_3) = (590 - 300) / (2400 + 500) = 0.100$$

フーチングの長さ

$$T_B = 0.000 \text{ (m)}$$

$n \geq 0.100$ もしくは、 $T_B \geq 0.100$ のため

$$\delta_R = \phi = 30.000$$

・左側

側壁背面のコロビ「n」の算出

$$n = 0.000 \text{ (側壁背面が直のため)}$$

フーチングの長さ

$$T_B = 0.000 \text{ (m)}$$

$n < 0.100$ で、しかも $T_B < 0.100$ のため

$$\delta_L = 2/3 \phi = 20.000$$

【壁背面の傾斜角】

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{(H_R + T_3) / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(2400 + 500) / (590 - 300)\} \\ &= 84.289^\circ\end{aligned}$$

$$\theta_L = 90.000^\circ \quad (\text{左側壁背面が直のため})$$

【クーロン土圧公式】

・主働土圧係数

$$K_A = \frac{\sin^2(\theta - \theta_0 + \phi)}{\sin^2 \theta \cdot \cos \theta_0 \cdot \sin(\theta - \theta_0 - \delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - i - \theta_0)}{\sin(\theta - \theta_0 - \delta) \cdot \sin(\theta + i)}} \right\}^2}$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し左右の主働土圧係数(K_{AR} 、 K_{AL})を求める。

ただし、 $\phi - i - \theta_0 < 0$ の場合は、 $\sin(\phi - i - \theta_0) = 0$ とする。

常時の計算においては、地震時合成角度 $\theta_0 = 0$ とする。

・受働土圧係数

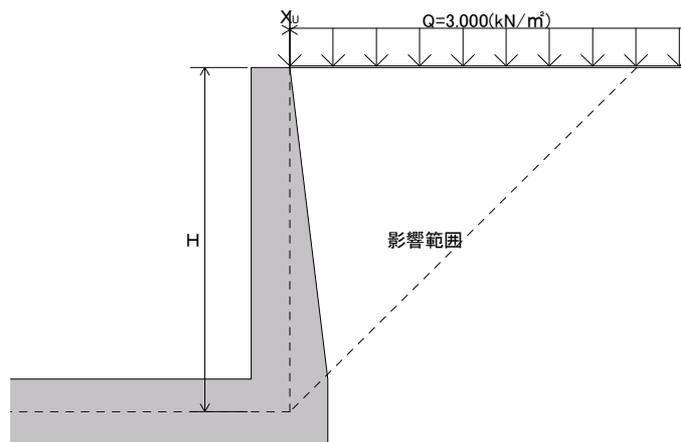
$$K_P = \frac{\sin^2(\theta + \theta_0 - \phi)}{\sin^2 \theta \cdot \cos \theta_0 \cdot \sin(\theta + \theta_0 + \delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + i - \theta_0)}{\sin(\theta + \theta_0 + \delta) \cdot \sin(\theta + i)}} \right\}^2}$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し左右の受働土圧係数(K_{PR} 、 K_{PL})を求める。

常時の計算においては、地震時合成角度 $\theta_0 = 0$ とする。

2 荷重データ

2.1 群集荷重



・群集荷重を考慮する。

| 項目 | 記号 | 値 | 単位 | 備考 |
|-----------|-------|-------|-----------------|----------------------------|
| 側壁外側からの距離 | X_u | 0.000 | m | |
| 等分布荷重 | Q | 3.000 | kN/m^2 | |
| 荷重作用位置 | X | 0.000 | m | X_u |
| 荷重作用範囲 | H | 2.650 | m | 壁高+底版厚/2 |
| 等分布荷重換算係数 | I_w | 1.000 | | フリューリッヒの地盤応力理論を応用したモーメント換算 |
| 換算後の等分布荷重 | q_u | 3.000 | kN/m^2 | $Q \cdot I_w$ |

$$\text{荷重作用位置 } X = 0.000$$

$$\begin{aligned} \text{荷重作用範囲 } H &= \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 2.400 + 0.500 / 2 \\ &= 2.650 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{換算後の等分布荷重 } q_u &= Q \cdot I_w = 3.000 \times 1.000 \\ &= 3.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left[1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right] \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \\ &= 1 + (0.000/2.650)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (0.000/2.650)^2\} \cdot \tan^{-1}(0.000/2.650) - 2/\pi \cdot (0.000/2.650) \\ &= 1.000 \end{aligned}$$

※ \tan^{-1} の計算は、ラジアン単位で計算。

3 安定計算

3.1 浮上に対する検討

1) 諸条件

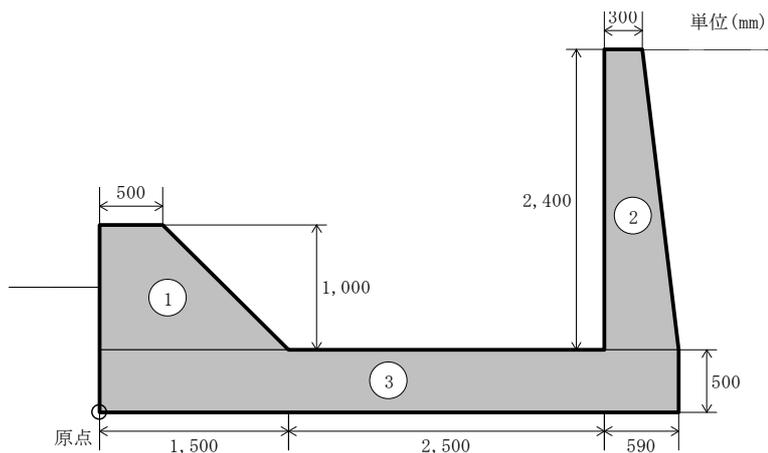
| 項目 | 記号 | 値 | 単位 | 備考 |
|-----------|----------|--------|-----------------|--|
| 安全率 | F_s | 1.200 | | |
| 地下水位 (右側) | H_{R1} | 1.800 | m | 底版下からの水位 |
| 地下水位 (左側) | H_{L1} | 1.800 | m | 底版下からの水位 |
| 静水圧 | P | 17.640 | kN/m^2 | $\gamma_w \cdot (H_{R1} + H_{L1}) / 2$ |
| 作用幅 | L | 4.590 | m | $B + T_{R2} + T_{L2}$ |

- ・フーチング重量を自重に含めない。
- ・水路内の水重量を自重に含めない。
- ・地下水圧を考慮する。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・浮力を無視する。

2) 作用する荷重の組み合わせ

| 項目 | 値 | 考慮 | | 採用値 | | 単位 | 備考 |
|------|-------|----|---|-----|---|-----------------|----|
| | | 左 | 右 | 左 | 右 | | |
| 群集荷重 | 3.000 | — | — | — | — | kN/m^2 | |
| 合計 | | | | — | — | kN/m^2 | |

3) 自重の算出



| 番号 | 計算式 | 荷重 (kN) | 荷重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|---|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x ($\text{kN} \cdot \text{m}$) | M_y ($\text{kN} \cdot \text{m}$) |
| 1 | $24.500 \times (1.500 + 0.500) \times 1.000 \div 2$ | 24.500 | 24.500 | | 0.542 | 0.917 | 13.279 | |
| 2 | $24.500 \times (0.590 + 0.300) \times 2.400 \div 2$ | 26.166 | 26.166 | | 4.230 | 1.570 | 110.682 | |
| 3 | $24.500 \times 4.590 \times 0.500$ | 56.228 | 56.228 | | 2.295 | 0.250 | 129.043 | |
| 合計 | | 106.894 | 106.894 | 0.000 | | | 253.004 | 0.000 |

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.800 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.400 + 0.500 - 0.000 - 1.800 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= H_L + T_3 - H_{DL} = 1.000 + 0.500 - 0.500 \quad (\text{水位よりも地盤位置が低い為}) \\
 &= 1.000 \text{ m} \\
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.344 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 6.811 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.344 \times 10.000 \times 1.800 + 6.811 \\
 &= 13.003 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} = 0.297 \times 10.000 \times 1.000 \\
 &= 2.970 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

- H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
 - H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
 - H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
 - H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
 - H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- ただし、水位線よりも地盤位置が低い場合には地盤までの高さ。

水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

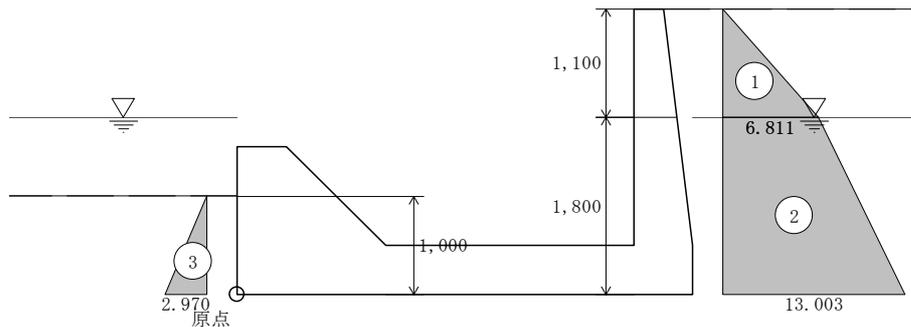
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(30.000 + 90 - 84.289) \\
 &= 0.584 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(30.000 + 90 - 84.289) \\
 &= 0.812
 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 90.000) \\
 &= 0.342 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 90.000) \\
 &= -0.940
 \end{aligned}$$

単位 (mm)



| 番号 | 計算式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $6.811 \times 1.100 \div 2$ | 3.746 | 2.188 | 3.042 | 4.590 | 2.167 | 10.043 | 6.592 |
| 2 | $(13.003 + 6.811) \times 1.800 \div 2$ | 17.833 | 10.414 | 14.480 | 4.590 | 0.806 | 47.800 | 11.671 |
| 3 | $2.970 \times 1.000 \div 2$ | 1.485 | 0.508 | -1.396 | | 0.333 | | -0.465 |
| 合計 | | 23.064 | 13.110 | 16.126 | | | 57.843 | 17.798 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 安全率の算出

浮上に対する検討は、式(1)の条件が満足しなければならない。

$$\begin{aligned} F_s &\leq (\Sigma V + P_v) / (P \cdot L) \quad \dots\dots\dots (1) \\ F_s &= (106.894 + 13.110 \times 0.5) / (17.640 \times 4.590) \geq 1.200 \\ &= 1.401 \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

ここに、

ΣV : 躯体の自重 (kN/m)

P_v : 土圧の壁面摩擦による鉛直成分 (kN/m)

ただし、浮上の検討においては安全側に考え、50%を計上する。

P : 静水圧 (kN/m²)

L : 作用幅 (m)

3.2 地盤支持力に対する検討

1) 諸条件

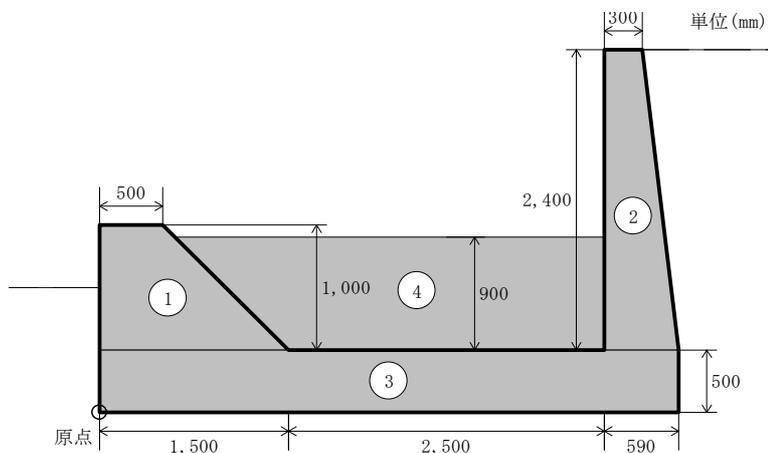
| 項目 | 記号 | 値 | 単位 | 備考 |
|-------|-------|---------|-------------------|----|
| 許容支持力 | q_a | 200.000 | kN/m ² | |

- ・フーチング重量を自重に含める。
- ・フーチング上の土砂重量を自重に含める。
- ・水路内の水重量を自重に含める。
- ・地下水圧を考慮しない。
- ・地下水位以下の土砂重量を湿潤土として計算する。
- ・浮力を無視する。

2) 作用する荷重の組み合わせ

| 項目 | 値 | 考慮 | | 採用値 | | 単位 | 備考 |
|------|-------|----|---|-----|---|-------------------|----|
| | | 左 | 右 | 左 | 右 | | |
| 群集荷重 | 3.000 | — | — | — | — | kN/m ² | |
| 合計 | | | | — | — | kN/m ² | |

3) 自重の算出



| 番号 | 計算式 | 荷重 (kN) | 荷重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|---|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $24.500 \times (1.500 + 0.500) \times 1.000 \div 2$ | 24.500 | 24.500 | | 0.542 | 0.917 | 13.279 | |
| 2 | $24.500 \times (0.590 + 0.300) \times 2.400 \div 2$ | 26.166 | 26.166 | | 4.230 | 1.570 | 110.682 | |
| 3 | $24.500 \times 4.590 \times 0.500$ | 56.228 | 56.228 | | 2.295 | 0.250 | 129.043 | |
| 4 | $9.800 \times (3.400 + 2.500) \times 0.900 \div 2$ | 26.019 | 26.019 | | 2.514 | 0.973 | 65.412 | |
| 合計 | | 132.913 | 132.913 | 0.000 | | | 318.416 | 0.000 |

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.800 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.400 + 0.500 - 0.000 - 1.800 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= H_L + T_3 - H_{DL} = 1.000 + 0.500 - 0.500 \quad (\text{水位よりも地盤位置が低い為}) \\
 &= 1.000 \text{ m} \\
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.344 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 6.811 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.344 \times 18.000 \times 1.800 + 6.811 \\
 &= 17.957 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} = 0.297 \times 18.000 \times 1.000 \\
 &= 5.346 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

- H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
 - H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
 - H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
 - H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
 - H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- ただし、水位線よりも地盤位置が低い場合には地盤までの高さ。

水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

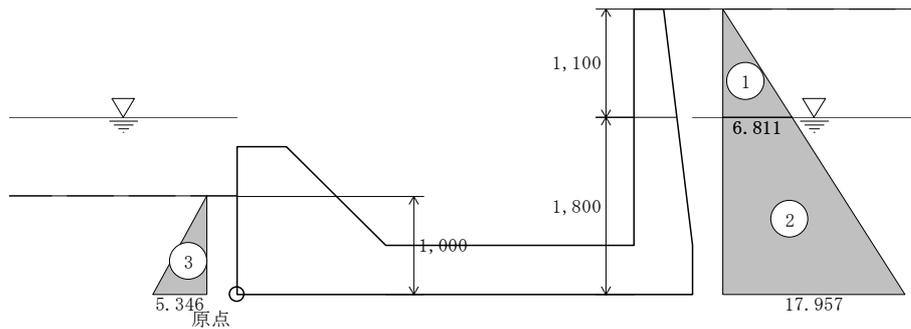
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(30.000 + 90 - 84.289) \\
 &= 0.584 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(30.000 + 90 - 84.289) \\
 &= 0.812
 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 90.000) \\
 &= 0.342 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 90.000) \\
 &= -0.940
 \end{aligned}$$

単位 (mm)



| 番号 | 計算式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $6.811 \times 1.100 \div 2$ | 3.746 | 2.188 | 3.042 | 4.590 | 2.167 | 10.043 | 6.592 |
| 2 | $(17.957 + 6.811) \times 1.800 \div 2$ | 22.291 | 13.018 | 18.100 | 4.590 | 0.765 | 59.753 | 13.847 |
| 3 | $5.346 \times 1.000 \div 2$ | 2.673 | 0.914 | -2.513 | | 0.333 | | -0.837 |
| 合計 | | 28.710 | 16.120 | 18.629 | | | 69.796 | 19.602 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 地盤支持力の検討

基礎地盤支持力の検討は、式(3)および式(4)による。

・合力の作用点が中央1/3内にあるとき

$$q_1 = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L) \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

$$q_2 = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

$$q_1 \leq q_a \text{ しかも } q_2 \leq q_a \quad \dots\dots\dots (3)$$

・合力の作用点が中央1/3以外にあるとき

$$q_{\max} = 4/3 \cdot \{ \Sigma V / (L - 2e) \} \leq q_a \quad \dots\dots\dots (4)$$

・共通

$$e = | L / 2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V |$$

ここに、

- q_1, q_2 : 底版の両端における反力強度 (kN/m²)
- q_{\max} : 最大地盤反力度 (kN/m²)
- q_a : 許容地盤支持力度 (kN/m²)
- L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)
- e : ΣV の作用点の偏心距離 (m)
- ΣV : 合力の鉛直分力 (kN/m)
土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。
- ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

| 項 目 | 外 力 | | モーメント | |
|----------|-----------|-----------|--------------------------|--------------------------|
| | V (kN) | H (kN) | M _x (kN・m) | M _y (kN・m) |
| 自 重 | 132.913 | | 318.416 | |
| 土圧および載荷重 | 16.120 | 18.629 | 69.796 | 19.602 |
| 合 計 | 149.033 | 18.629 | 388.212 | 19.602 |

$$e = | 4.590 / 2 - (388.212 - 19.602) / 149.033 |$$

$$= 0.178 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(2.295m)の1/3(0.765m)内にあるため、式(3)にて地盤反力を検討する。

$$q_1 = 149.033 / 4.590 \times (1 + 6 \times 0.178 / 4.590)$$

$$= 40.024 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 149.033 / 4.590 \times (1 - 6 \times 0.178 / 4.590)$$

$$= 24.914 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって、 $q_{\max} = 40.024 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ となる。

$$q_{\max} = 40.024 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 200.000 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

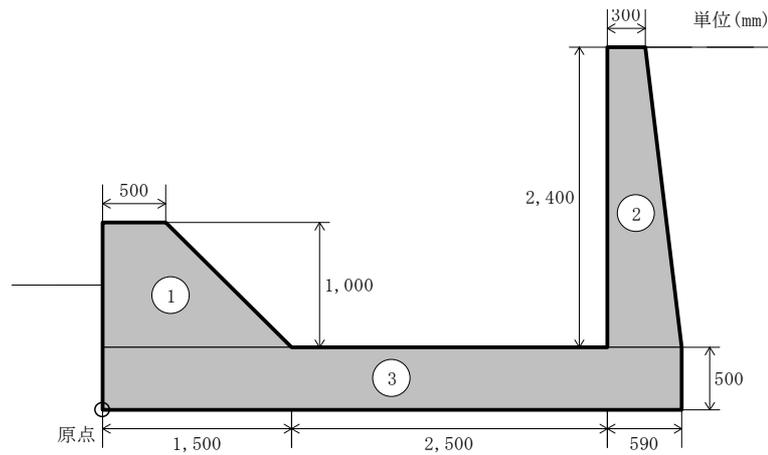
3.3 転倒に対する検討

- ・フーチング重量を自重に含める。
- ・フーチング上の土砂重量を自重に含める。
- ・水路内の水重量を自重に含めない。
- ・地下水圧を考慮する。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・浮力を考慮する。

1) 作用する荷重の組み合わせ

| 項目 | 値 | 考慮 | | 採用値 | | 単位 | 備考 |
|------|-------|----|---|-----|---|-------------------|----|
| | | 左 | 右 | 左 | 右 | | |
| 群集荷重 | 3.000 | — | — | — | — | kN/m ² | |
| 合計 | | | | | | kN/m ² | |

2) 自重の算出



| 番号 | 計算式 | 荷重 (kN) | 荷重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|---|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $24.500 \times (1.500 + 0.500) \times 1.000 \div 2$ | 24.500 | 24.500 | | 0.542 | 0.917 | 13.279 | |
| 2 | $24.500 \times (0.590 + 0.300) \times 2.400 \div 2$ | 26.166 | 26.166 | | 4.230 | 1.570 | 110.682 | |
| 3 | $24.500 \times 4.590 \times 0.500$ | 56.228 | 56.228 | | 2.295 | 0.250 | 129.043 | |
| 合計 | | 106.894 | 106.894 | 0.000 | | | 253.004 | 0.000 |

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

3) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$H_{R1} = 1.800 \text{ m}$$

$$H_{R2} = H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.400 + 0.500 - 0.000 - 1.800 = 1.100 \text{ m}$$

$$H_{L1} = H_L + T_3 - H_{DL} = 1.000 + 0.500 - 0.500 \quad (\text{水位よりも地盤位置が低い為}) = 1.000 \text{ m}$$

$$P_{H1} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.344 \times 18.000 \times 1.100 = 6.811 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.344 \times 10.000 \times 1.800 + 6.811 = 13.003 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H3} = K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} = 0.297 \times 10.000 \times 1.000 = 2.970 \text{ kN/m}^2$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

ただし、水位線よりも地盤位置が低い場合には地盤までの高さ。

水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

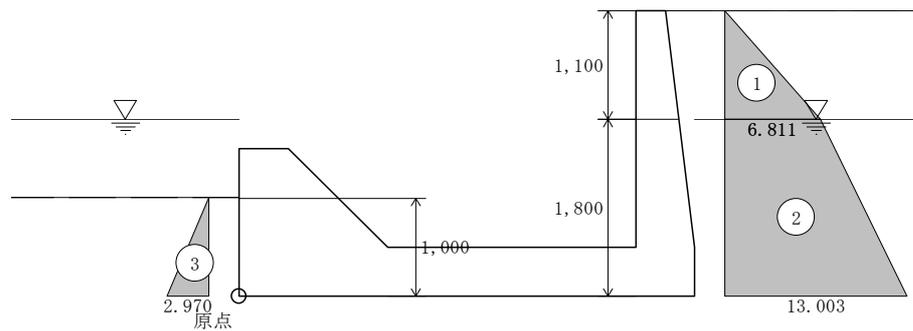
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(30.000 + 90 - 84.289) \\ &= 0.584 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(30.000 + 90 - 84.289) \\ &= 0.812 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 90.000) \\ &= 0.342 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 90.000) \\ &= -0.940 \end{aligned}$$

単位 (mm)

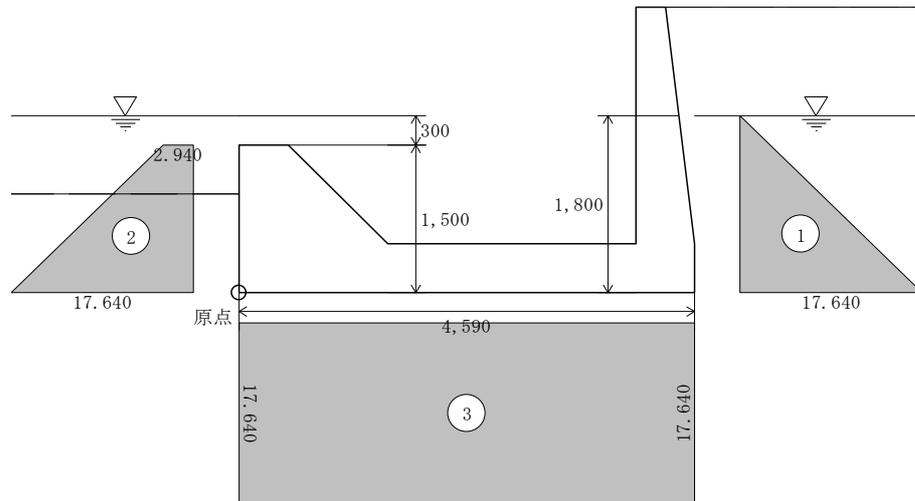


| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $6.811 \times 1.100 \div 2$ | 3.746 | 2.188 | 3.042 | 4.590 | 2.167 | 10.043 | 6.592 |
| 2 | $(13.003 + 6.811) \times 1.800 \div 2$ | 17.833 | 10.414 | 14.480 | 4.590 | 0.806 | 47.800 | 11.671 |
| 3 | $2.970 \times 1.000 \div 2$ | 1.485 | 0.508 | -1.396 | | 0.333 | | -0.465 |
| 合計 | | 23.064 | 13.110 | 16.126 | | | 57.843 | 17.798 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

4) 水圧の算出

$$\begin{aligned} H_{L1'} &= H_{L1} - (H_L + T_3) = 1.800 - (1.000 + 0.500) \quad (\text{水位よりも側壁が低い為}) \\ &= 0.300 \text{ m} \\ P_{H1} &= \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.800 \\ &= 17.640 \text{ kN/m}^2 \\ P_{H2} &= \gamma_w \cdot H_{L1'} = 9.800 \times 0.300 \\ &= 2.940 \text{ kN/m}^2 \\ P_{H3} &= \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 1.800 \\ &= 17.640 \text{ kN/m}^2 \\ P_{V1} &= \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.800 \\ &= 17.640 \text{ kN/m}^2 \\ P_{V2} &= \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 1.800 \\ &= 17.640 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $17.640 \times 1.800 \div 2$ | 15.876 | | 15.876 | 4.590 | 0.600 | | 9.526 |
| 2 | $(17.640 + 2.940) \times 1.500 \div 2$ | 15.435 | | -15.435 | | 0.571 | | -8.813 |
| 3 | 4.590×17.640 | 80.968 | -80.968 | | 2.295 | | -185.822 | |
| 合計 | | 112.279 | -80.968 | 0.441 | | | -185.822 | 0.713 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。但し、揚圧力の場合は底面に作用するためXは重心位置までの水平距離、Y=0となる。

5) 転倒に対する検討

構造物の転倒に対する安定条件は、以下の値を満足するものでなければならない。

- ① $L/2 < e$ ならば、構造物は転倒する。
 - ② $L/6 < e \leq L/2$ ならば、転倒はしないが構造物底面部に引張応力が生ずる。
- したがって、転倒に対する安定条件は、式(5)を満足させる必要がある。

$$\text{常 時} : e \leq L/6 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

- e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)
- L : 底面の長さ (作用幅) (m)
- ΣV : 全鉛直力 (kN/m)
土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。
- ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

| 項 目 | 外 力 | | モーメント | |
|----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| | V (kN) | H (kN) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 自 重 | 106.894 | | 253.004 | |
| 土圧および載荷重 | 13.110 | 16.126 | 57.843 | 17.798 |
| 水 圧 | -80.968 | 0.441 | -185.822 | 0.713 |
| 合 計 | 39.036 | 16.567 | 125.025 | 18.511 |

$$e = |4.590 / 2 - (125.025 - 18.511) / 39.036|$$

$$= 0.434 \text{ (m)}$$

$$L/6 = 4.590 / 6$$

$$= 0.765 \text{ (m)}$$

$$e = 0.434 \text{ (m)} \leq L/6 = 0.765 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

3.4 滑動に対する検討

1) 諸条件

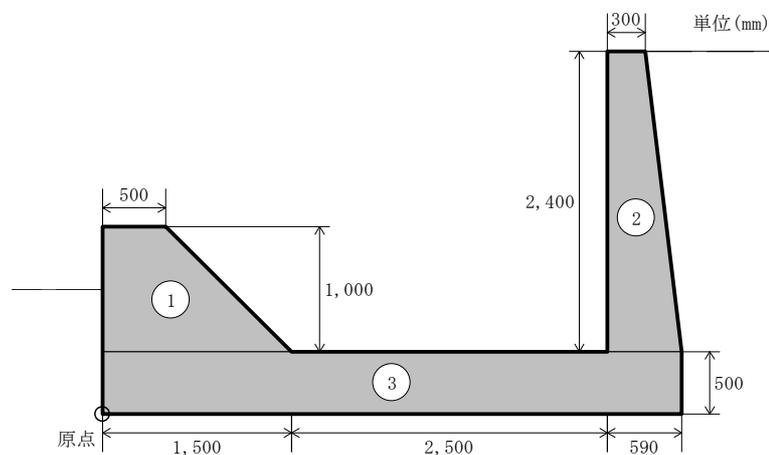
| 項目 | 記号 | 値 | 単位 | 備考 |
|-------------|-------|-------|----|-------------|
| 安全率 | F_s | 1.500 | | |
| 底面と地盤との摩擦係数 | f | 0.577 | | $\tan \phi$ |

- ・フーチング重量を自重に含める。
- ・フーチング上の土砂重量を自重に含める。
- ・水路内の水重量を自重に含めない。
- ・地下水圧を考慮する。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・浮力を考慮する。

2) 作用する荷重の組み合わせ

| 項目 | 値 | 考慮 | | 採用値 | | 単位 | 備考 |
|------|-------|----|---|-----|---|-----------------|----|
| | | 左 | 右 | 左 | 右 | | |
| 群集荷重 | 3.000 | — | — | — | — | kN/m^2 | |
| 合計 | | | | — | — | kN/m^2 | |

3) 自重の算出



| 番号 | 計算式 | 荷重 (kN) | 荷重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|---|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x ($\text{kN} \cdot \text{m}$) | M_y ($\text{kN} \cdot \text{m}$) |
| 1 | $24.500 \times (1.500 + 0.500) \times 1.000 \div 2$ | 24.500 | 24.500 | | 0.542 | 0.917 | 13.279 | |
| 2 | $24.500 \times (0.590 + 0.300) \times 2.400 \div 2$ | 26.166 | 26.166 | | 4.230 | 1.570 | 110.682 | |
| 3 | $24.500 \times 4.590 \times 0.500$ | 56.228 | 56.228 | | 2.295 | 0.250 | 129.043 | |
| 合計 | | 106.894 | 106.894 | 0.000 | | | 253.004 | 0.000 |

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.800 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.400 + 0.500 - 0.000 - 1.800 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= H_L + T_3 - H_{DL} = 1.000 + 0.500 - 0.500 \quad (\text{水位よりも地盤位置が低い為}) \\
 &= 1.000 \text{ m} \\
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.344 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 6.811 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.344 \times 10.000 \times 1.800 + 6.811 \\
 &= 13.003 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} = 0.297 \times 10.000 \times 1.000 \\
 &= 2.970 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

- H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
 - H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
 - H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
 - H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
 - H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- ただし、水位線よりも地盤位置が低い場合には地盤までの高さ。

水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

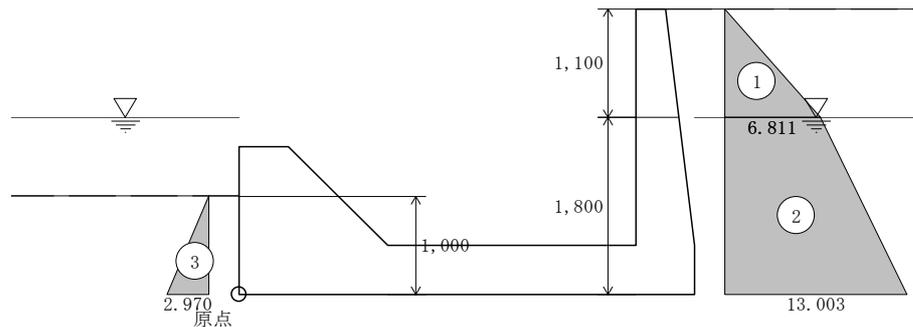
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(30.000 + 90 - 84.289) \\
 &= 0.584 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(30.000 + 90 - 84.289) \\
 &= 0.812
 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 90.000) \\
 &= 0.342 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 90.000) \\
 &= -0.940
 \end{aligned}$$

単位 (mm)



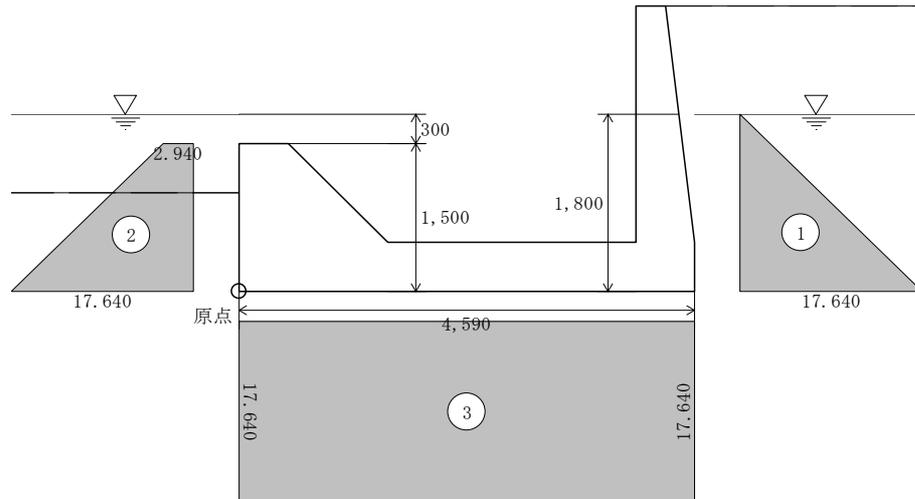
| 番号 | 計算式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $6.811 \times 1.100 \div 2$ | 3.746 | 2.188 | 3.042 | 4.590 | 2.167 | 10.043 | 6.592 |
| 2 | $(13.003 + 6.811) \times 1.800 \div 2$ | 17.833 | 10.414 | 14.480 | 4.590 | 0.806 | 47.800 | 11.671 |
| 3 | $2.970 \times 1.000 \div 2$ | 1.485 | 0.508 | -1.396 | | 0.333 | | -0.465 |
| 合計 | | 23.064 | 13.110 | 16.126 | | | 57.843 | 17.798 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水圧の算出

$$\begin{aligned}
 H_{L1'} &= H_{L1} - (H_L + T_3) = 1.800 - (1.000 + 0.500) \quad (\text{水位よりも側壁が低い為}) \\
 &= 0.300 \text{ m} \\
 P_{H1} &= \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.800 \\
 &= 17.640 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= \gamma_w \cdot H_{L1'} = 9.800 \times 0.300 \\
 &= 2.940 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 1.800 \\
 &= 17.640 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{V1} &= \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.800 \\
 &= 17.640 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{V2} &= \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 1.800 \\
 &= 17.640 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

単位(mm)



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $17.640 \times 1.800 \div 2$ | 15.876 | | 15.876 | 4.590 | 0.600 | | 9.526 |
| 2 | $(17.640 + 2.940) \times 1.500 \div 2$ | 15.435 | | -15.435 | | 0.571 | | -8.813 |
| 3 | 4.590×17.640 | 80.968 | -80.968 | | 2.295 | | -185.822 | |
| 合計 | | 112.279 | -80.968 | 0.441 | | | -185.822 | 0.713 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。但し、揚圧力の場合は底面に作用するためXは重心位置までの水平距離、Y=0となる。

6) 滑動に対する検討

滑動に対する安定条件は、式(6)を満足するものでなければならない。

$$F_s = R_H / \Sigma H \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_H = \Sigma V \cdot f$$

ここに、

R_H : 滑動抵抗力 (kN/m)

ΣH : 全水平力 (kN/m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

F_s : 安全率

f : 底面と基礎地盤との摩擦係数

$$f = \tan \phi$$

| 項 目 | 外 力 | | モーメント | |
|----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| | V (kN) | H (kN) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 自 重 | 106.894 | | 253.004 | |
| 土圧および載荷重 | 13.110 | 16.126 | 57.843 | 17.798 |
| 水 圧 | -80.968 | 0.441 | -185.822 | 0.713 |
| 合 計 | 39.036 | 16.567 | 125.025 | 18.511 |

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.500 \\ &= 39.036 \times \tan 30.000 / 16.567 \geq 1.500 \\ &= 39.036 \times 0.577 / 16.567 \geq 1.500 \\ &= 1.360 \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots \text{OUT} \end{aligned}$$

7) 反力の計算

滑動に対する検討で、式(6)を満足することができなかった。このため ΣH の値が正となっていることから左側に反力が生じるものとして計算する。ただし、反力は受働土圧を上回らないよう検討する。

反力は、式(7)から算出する。

$$P_{PH2} = F_s \cdot \Sigma H - \Sigma V \cdot f \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに、

P_{PH2} : 反力 (kN)

F_s : 安全率

ΣH : 全水平力 (反力側土圧を除く) (kN/m)

$$16.567 - (-1.396) = 17.963 \text{ (kN)}$$

ΣV : 全鉛直力 (反力側土圧を除く) (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

$$39.036 - 0.508 = 38.528 \text{ (kN)}$$

f : 底面と基礎地盤との摩擦係数

$$f = 0.577$$

$$\begin{aligned} P_{PH2} &= 1.500 \times 17.963 - 38.528 \times 0.577 \\ &= 4.714 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

次に受働土圧を算出し、反力 P_{PH2} が受働土圧を上回らないことを確認する。

$$H_{L1} = H_L + T_3 - H_{DL} = 1.000 + 0.500 - 0.500 \quad (\text{水位よりも地盤位置が低い為})$$

$$= 1.000 \text{ m}$$

$$P_{H1} = K_{PL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} = 61.05 \times 10.000 \times 1.000$$

$$= 61.050 \text{ kN/m}^2$$

ここに、

H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{L1} : 水路左側における底板下より地下水位線までの高さ (m)

ただし、水位線よりも地盤位置が低い場合には地盤までの高さ。

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

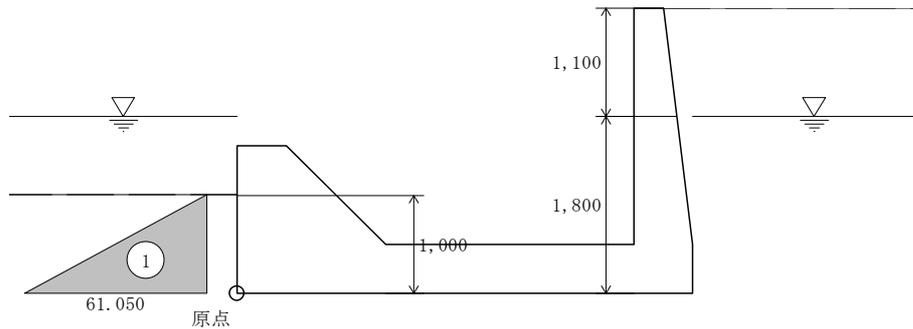
$$\text{鉛直方向} = \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 90.000)$$

$$= 0.342$$

$$\text{水平方向} = -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 90.000)$$

$$= -0.940$$

単位 (mm)



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|------------------------------|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_X (kN・m) | M_Y (kN・m) |
| 1 | $61.050 \times 1.000 \div 2$ | 30.525 | 10.440 | -28.694 | | 0.333 | | -9.555 |
| 合計 | | 30.525 | 10.440 | -28.694 | | | 0.000 | -9.555 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

$$\text{反力 } P_{PH2} = 4.714 \text{ (kN)} \leq \text{受働土圧 } P_{PH} = 28.694 \text{ (kN)} \quad \dots \dots \dots \text{ OK}$$

なお、反力が作用した場合の安定検討を以下に記す。

反力が生じる際の滑動に対する安定条件は、式(8)を満足するものでなければならない。

$$F_s = (\Sigma V \cdot f + P_{PH2}) / \Sigma H \geq 1.500 \quad \dots \dots \dots (8)$$

反力を考慮した際の滑動に対する安定計算を行う。

$$F_s = (\Sigma V \cdot f + P_{PH2}) / \Sigma H \geq 1.500$$

$$= (38.528 \times 0.577 + 4.714) / 17.963 \geq 1.500$$

$$= 1.500 \geq 1.500 \quad \dots \dots \dots \text{ OK}$$

その他の安定計算における土圧には、土圧載荷重一覧表より受働側の主働土圧を除き、代わりに反力を作用させた値を用いて再度検討を行う。

| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_X (kN・m) | M_Y (kN・m) |
| 1 | $6.811 \times 1.100 \div 2$ | 3.746 | 2.188 | 3.042 | 4.590 | 2.167 | 10.043 | 6.592 |
| 2 | $(13.003 + 6.811) \times 1.800 \div 2$ | 17.833 | 10.414 | 14.480 | 4.590 | 0.806 | 47.800 | 11.671 |
| 3 | 反 力 | | | -4.714 | | 0.333 | | -1.570 |
| 合計 | | 21.579 | 12.602 | 12.808 | | | 57.843 | 16.693 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

以上の結果から外力、及びモーメントを再集計する。

| 項 目 | 外 力 | | モーメント | |
|----------|-----------|-----------|--------------------------|--------------------------|
| | V (kN) | H (kN) | M _x (kN・m) | M _y (kN・m) |
| 自 重 | 106.894 | | 253.004 | |
| 土圧および載荷重 | 12.602 | 12.808 | 57.843 | 16.693 |
| 水 圧 | -80.968 | 0.441 | -185.822 | 0.713 |
| 合 計 | 38.528 | 13.249 | 125.025 | 17.406 |

・ 転倒に対する検討

$$e = L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V = 4.590 / 2 - (125.025 - 17.406) / 38.528$$

$$= 0.498 \text{ (m)} \leq L/6 = 0.765 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

・ 地盤支持力に対する検討

偏心距離が中央(2.295m)の1/3(0.765m)内にあるため次式にて地盤反力を求める。

$$q_1 = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L) = 38.528 / 4.590 \times (1 + 6 \times 0.498 / 4.590)$$

$$= 13.858 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) = 38.528 / 4.590 \times (1 - 6 \times 0.498 / 4.590)$$

$$= 2.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって、 $q_{\max} = 13.858 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ となる。

$$q_{\max} = 13.858 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 200.000 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

3.5 総合判定（常時の安定計算）

- ・浮上に対する検討の結果

浮上に対する検討で計算された安全率=1.401が、設定された安全率=1.200以上となるため。

…………… **OK**

- ・地盤支持力に対する検討の結果

算出された最大地盤反力 40.024(kN/m²)が、設定されている許容支持力 200.000(kN/m²)以下のため。

…………… **OK**

- ・転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.434(m)が、基礎面の長さ 4.590(m)の1/6 以下にあるため。

…………… **OK**

- ・滑動に対する検討の結果

滑動に対する検討で計算された安全率=1.360が、設定された安全率=1.500より下回っているため反力が生じるものとして計算する。

滑動の検討時における全水平力の値が、正である事から反力は水路左側に生じるものとして算出する。

同様に反力が生じる側の受働土圧を算出し、反力がその値を超えないことを確認する。

結果、反力=4.714(kN/m)に対し、受働土圧=28.694(kN/m)となり反力が、受働土圧以下のため反力を期待することが出来る。

…………… **OK**

受働側の主働土圧の代わりに反力を作用させ再度安定計算を行う。

- ・滑動に対する検討の結果（反力作用時）

再計算された安全率=1.500が、設定された安全率=1.500以上となるため。

…………… **OK**

- ・転倒に対する検討の結果（反力作用時）

算出された偏心距離 0.498(m)が、基礎面の長さ 4.590(m)の1/6 以下にあるため。

…………… **OK**

- ・地盤支持力に対する検討の結果（反力作用時）

算出された最大地盤反力 13.858(kN/m²)が、設定されている許容支持力 200.000(kN/m²)以下のため。

…………… **OK**

4 部材断面の検討

4.1 荷重の組み合わせ（荷重ケース）

| 荷重 | | 項目 | 部材断面の検討 | | | 備考 |
|-------------|-----------|-------|---------|------|------|---------|
| | | | ケースⅠ | ケースⅡ | ケースⅢ | |
| 自重 | | | ○ | ○ | ○ | |
| 土圧及び 載荷重 | 埋戻しの状態 | 湿潤状態 | ○ | | ○ | 地下水位より上 |
| | | 飽和状態 | ○ | | | 地下水位より下 |
| | 路面荷重 | 盛土荷重 | ○ | | | |
| | | 自動車荷重 | ○ | | | |
| | | 群集荷重 | ○ | | | |
| | | 雪荷重 | ○ | | | |
| | | その他 | | | | |
| | 水路上面荷重 | | | | | |
| 凍上圧 | | | | | | |
| 地下水 | 側壁に作用する水圧 | ○ | | | | |
| | 揚圧力 | ○ | | | | |
| フルーム内の充滿水 | | | ○ | ○ | | |

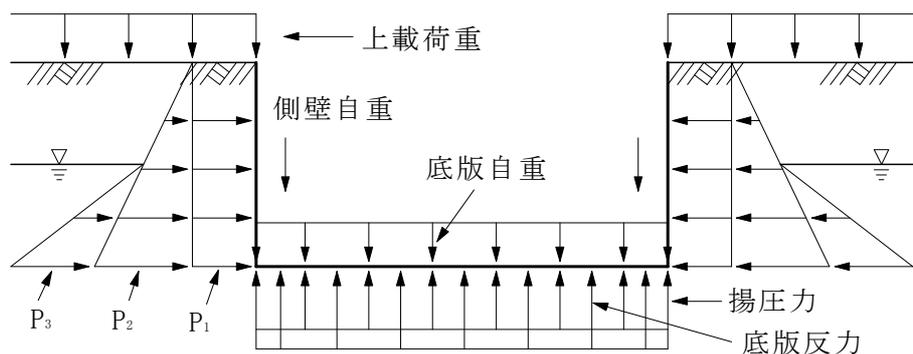
ケースⅠ：側壁、底版の各部材の外側に最大曲げモーメントが生ずる場合。

ケースⅡ：側壁、底版の各部材の内側に最大曲げモーメントが生ずる場合。

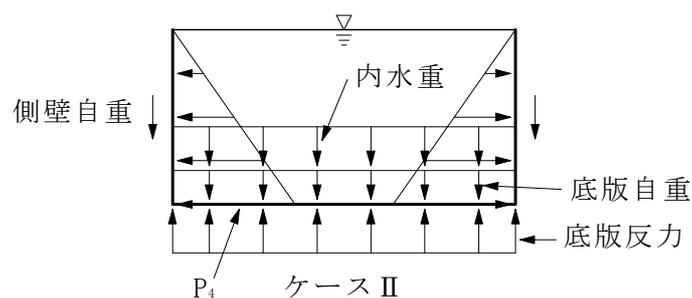
（側壁の埋戻し土の反力が期待できない場合）

ケースⅢ：側壁、底版の各部材の内側に最大曲げモーメントが生ずる場合。

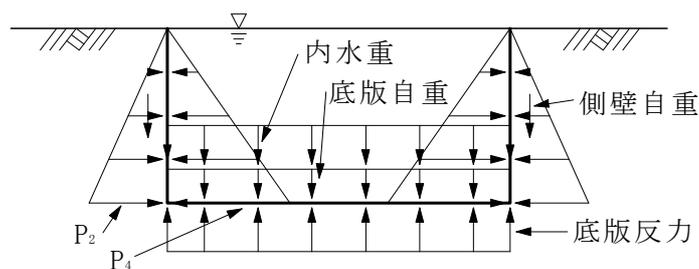
（側壁の埋戻し土の反力が期待できる場合）



ケースⅠ



ケースⅡ



ケースⅢ

【仮想背面との摩擦角 常時】

- ・左右共通

部材計算時の壁面摩擦角 δ の値は $(2/3)\phi$ とする。

$$\delta = 2/3\phi = 20.000$$

【壁背面の傾斜角】

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{(H_R + T_3) / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(2400 + 500) / (590 - 300)\} \\ &= 84.289^\circ\end{aligned}$$

$$\theta_L = 90.000^\circ \quad (\text{左側壁背面が直のため})$$

【クーロン土圧公式】

- ・主動土圧係数

$$K_A = \frac{\sin^2(\theta - \theta_0 + \phi)}{\sin^2\theta \cdot \cos\theta_0 \cdot \sin(\theta - \theta_0 - \delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - i - \theta_0)}{\sin(\theta - \theta_0 - \delta) \cdot \sin(\theta + i)}} \right\}^2}$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し左右の主動土圧係数(K_{AR} 、 K_{AL})を求める。

ただし、 $\phi - i - \theta_0 < 0$ の場合は、 $\sin(\phi - i - \theta_0) = 0$ とする。

常時の計算においては、地震時合成角度 $\theta_0 = 0$ とする。

構造計算時における主動土圧係数を次に記す。

$$K_{AR} = 0.341$$

$$K_{AL} = 0.297$$

また、荷重ケースⅢにおいては、内部摩擦角 30° におけるの主動土圧の値を上限としているため、その時の値を次に記す。

- ・左右共通

$$\phi = 30.000$$

- ・右側

$$\delta = 20.000$$

$$K_{AR30} = 0.341$$

- ・左側

$$\delta = 20.000$$

$$K_{AL30} = 0.297$$

5 部材断面力計算

5.1 荷重組み合わせパターン（常時：ケース I）

1) 検討位置

| | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 右側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | hd (m) | ho (m) | hi (m) | ha (m) |
| | ① | 側壁高の 1/3 | 1.767 | 1.767 | 0.667 | — | — |
| | ② | 底版の上面 | 2.400 | 2.400 | 1.300 | — | — |
| 左側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | hd (m) | ho (m) | hi (m) | ha (m) |
| | ④ | 側壁高の 1/3 | 0.833 | 0.333 | 1.133 | — | — |
| | ⑤ | 底版の上面 | 1.000 | 0.500 | 1.300 | — | — |
| ⑥ | 側壁付根 | 1.250 | 0.750 | 1.550 | — | — | |
| 底板 | 記号 | 位置 | LL (m) | | LR (m) | | |
| | ⑦ | 左側壁付け根 | 0.000 | | | | |
| | ⑧ | 左側壁内面 | 0.750 | | | | |
| | ⑨ | 最大モーメント | 1.479 | | | | |
| | ⑩ | 右側壁内面 | 3.250 | | | | |
| | ⑪ | 右側壁付け根 | 3.545 | | | | |

h : 天端からの距離

hd : 土圧作用高さ $hd = h - \text{天端から地盤までの落差}$

ho : 影響地下水位 $ho = h + \text{地下水位} - \text{側壁高} - \text{底版厚}$

hi : 影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

ha : 内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は hi)}$

LL : 左端からの距離

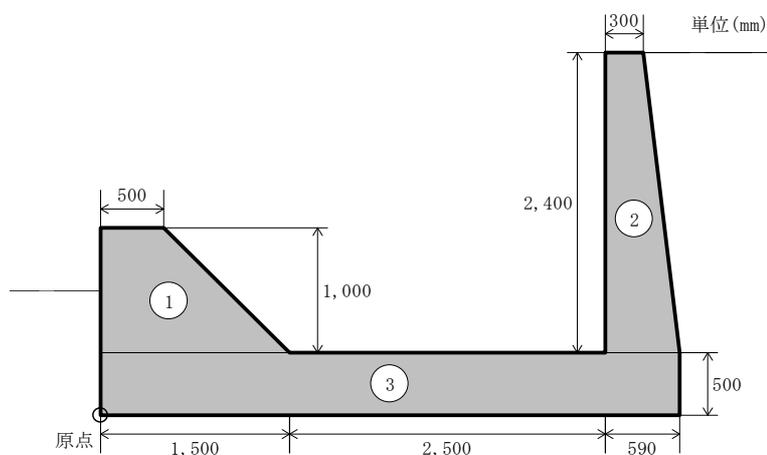
LR : 右端からの距離

2) 上載荷重

| 項目名 | 値 (kN/m ²) | 水路左側 | | 水路右側 | |
|-------|---------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| | | 計上 | 採用値 (kN/m ²) | 計上 | 採用値 (kN/m ²) |
| 盛土荷重 | — | | — | | — |
| 自動車荷重 | — | | — | | — |
| 群集荷重 | 3.000 | | — | ○ | 3.000 |
| 積雪荷重 | — | | — | | — |
| 任意荷重 | — | | — | | — |
| 合計 | | | — | | 3.000 |

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|---|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $24.500 \times (1.500 + 0.500) \times 1.000 \div 2$ | 24.500 | 24.500 | | 0.542 | 0.917 | 13.279 | |
| 2 | $24.500 \times (0.590 + 0.300) \times 2.400 \div 2$ | 26.166 | 26.166 | | 4.230 | 1.570 | 110.682 | |
| 3 | $24.500 \times 4.590 \times 0.500$ | 56.228 | 56.228 | | 2.295 | 0.250 | 129.043 | |
| 合計 | | 106.894 | 106.894 | 0.000 | | | 253.004 | 0.000 |

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

側壁及び底版自重により生じる底版反力の内、底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用方向が反対で同値であることから相殺させ、それ以外の自重による底版反力のみによって計算する。

上記表より底版自重及び内水重を除いた自重の鉛直成分を次にまとめる。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{①} + \text{②} + \gamma_{sc} \cdot (T_{R2} + T_{L2}) \cdot T_3 / 2 \\
 &= 24.500 + 26.166 + 24.500 \times (0.590 + 1.500) \times 0.500 / 2 \\
 &= 63.467
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R0} &= H_{R1} - T_3 / 2 = 1.800 - 0.500 / 2 \\
 &= 1.550 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.400 + 0.500 - 0.000 - 1.800 \\
 &= 1.100 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{L1} &= H_L + T_3 - H_{DL} - T_3 / 2 = 1.000 + 0.500 - 0.500 - 0.500 / 2 \quad (\text{水位よりも地盤位置が低い為}) \\
 &= 0.750 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot q_R = 0.341 \times 3.000 \\
 &= 1.023 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.341 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 6.752 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{H3} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R0} + P_{H2} = 0.341 \times 10.000 \times 1.550 + 6.752 \\
 &= 12.038 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{H4} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} = 0.297 \times 10.000 \times 0.750 \\
 &= 2.228 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)

q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)

H_{R0} : 水路右側における基準面から地下水位線までの高さ (m)

H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

H_{L1} : 水路左側における基準面より地下水位線までの高さ (m)

ただし、水位線よりも地盤位置が低い場合には地盤までの高さ。

水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 84.289) \\
 &= 0.434
 \end{aligned}$$

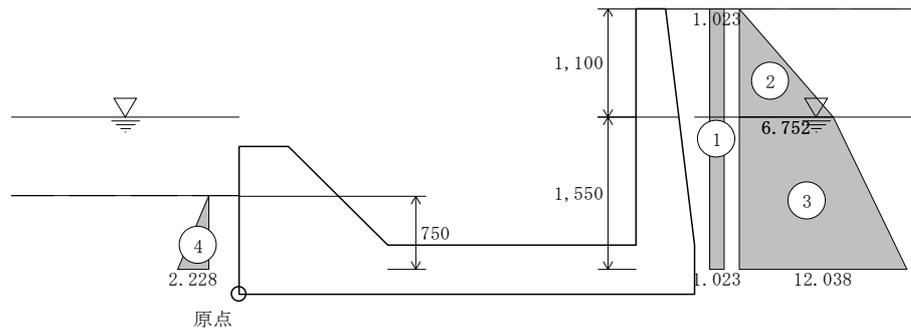
$$\begin{aligned}
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 84.289) \\
 &= 0.901
 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 90.000) \\
 &= 0.342
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 90.000) \\
 &= -0.940
 \end{aligned}$$



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | 1.023×2.650 | 2.711 | 1.177 | 2.443 | 4.590 | 1.575 | 5.402 | 3.848 |
| 2 | $6.752 \times 1.100 \div 2$ | 3.714 | 1.612 | 3.346 | 4.590 | 2.167 | 7.399 | 7.251 |
| 3 | $(12.038 + 6.752) \times 1.550 \div 2$ | 14.562 | 6.320 | 13.120 | 4.590 | 0.952 | 29.009 | 12.490 |
| 4 | $2.228 \times 0.750 \div 2$ | 0.836 | 0.286 | -0.786 | | 0.500 | | -0.393 |
| 合計 | | 21.823 | 9.395 | 18.123 | | | 41.810 | 23.196 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水圧の算出

$$H_{L1'} = H_{L1} - (H_L + T_3) = 1.800 - (1.000 + 0.500) \quad (\text{水位よりも側壁が低い為})$$

$$= 0.300 \text{ m}$$

$$P_{H1} = \gamma_w (H_{R1} - T_3 / 2) = 9.800 \times (1.800 - 0.500 / 2)$$

$$= 15.190 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = \gamma_w \cdot H_{L1'} = 9.800 \times 0.300$$

$$= 2.940 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H3} = \gamma_w (H_{L1} - T_3 / 2) = 9.800 \times (1.800 - 0.500 / 2)$$

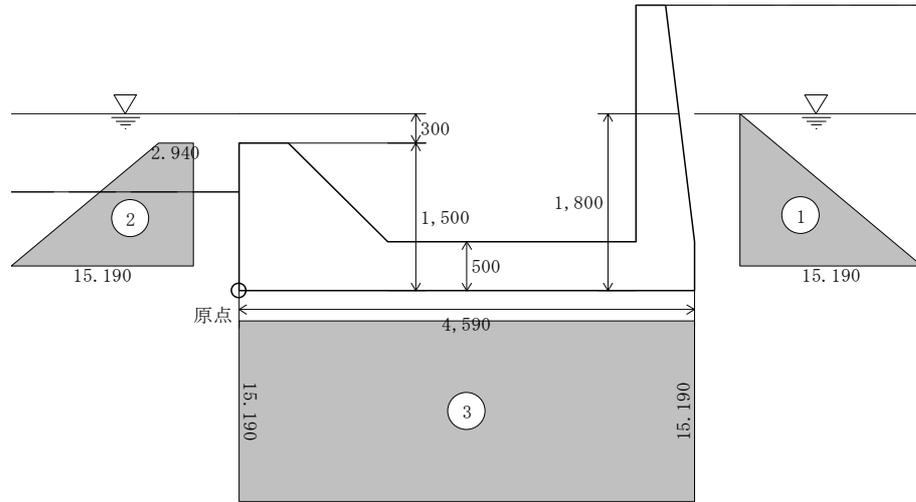
$$= 15.190 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V1} = \gamma_w (H_{R1} - T_3 / 2) = 9.800 \times (1.800 - 0.500 / 2)$$

$$= 15.190 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w (H_{L1} - T_3 / 2) = 9.800 \times (1.800 - 0.500 / 2)$$

$$= 15.190 \text{ kN/m}^2$$



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $15.190 \times 1.550 \div 2$ | 11.772 | | 11.772 | 4.590 | 0.767 | | 9.029 |
| 2 | $(15.190 + 2.940) \times 1.250 \div 2$ | 11.331 | | -11.331 | | 0.734 | | -8.317 |
| 3 | 4.590×15.190 | 69.722 | -69.722 | | 2.295 | | -160.012 | |
| 合計 | | 92.825 | -69.722 | 0.441 | | | -160.012 | 0.712 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。但し、揚圧力の場合は底面に作用するためXは重心位置までの水平距離、Y=0となる。

6) 偏心距離の算出

以下の式に従い偏心距離を求める。

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

| 項 目 | 外 力 | | モーメント | | 反 力 鉛直成分 (kN/m) |
|----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| | V (kN) | H (kN) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) | |
| 自 重 | 106.894 | | 253.004 | | 63.467 |
| 土圧および載荷重 | 9.395 | 18.123 | 41.810 | 23.196 | 9.395 |
| 水 圧 | -69.722 | 0.441 | -160.012 | 0.712 | |
| 合 計 | 46.567 | 18.564 | 134.802 | 23.908 | 72.862 |

$$\begin{aligned}
 e &= 4.590 / 2 - (134.802 - 23.908) / 46.567 \\
 &= -0.086 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.773m)の1/3(0.591m)内にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$\begin{aligned}
 q_R &= \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) \\
 q_L &= \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 q_R, q_L &: \text{底版の両端における反力強度 (kN/m}^2\text{)} \\
 L &: \text{基礎面の長さ (作用幅) (m)} \\
 e &: \Sigma V \text{の作用点の偏心距離 (m)} \\
 \Sigma V &: \text{合力の鉛直分力 (kN/m)}
 \end{aligned}$$

但し、このときの基礎面の長さ（作用幅）は、左右側壁の中心間の距離とし、合力の鉛直分力は側壁に関する自重とする。底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用する方向が反対で同値であることから相殺される。また、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。浮力（又は揚圧力）は、側壁及び底版自重により生じる底版反力より小さいので、底版反力のみを考慮する。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 72.862 / 3.545 \times (1 - 6 \times -0.086 / 3.545) \\
 &= 23.545 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 72.862 / 3.545 \times (1 + 6 \times -0.086 / 3.545) \\
 &= 17.562 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

7) 断面力計算

断面① 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot K_{AR} \cdot h_o^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.767^2 + 3.000 \times 1.767) \times 0.341 \times \cos 20.000 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.341 \times 0.667^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.667^2 \\
 &= 12.313 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot K_{AR} \cdot h_o^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.767^3 + 1/2 \times 3.000 \times 1.767^2) \times 0.341 \times \cos 20.000 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.341 \times 0.667^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.667^3 \\
 &= 7.162 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面② 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot K_{AR} \cdot h_o^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 2.400^2 + 3.000 \times 2.400) \times 0.341 \times \cos 20.000 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.341 \times 1.300^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 1.300^2 \\
 &= 25.033 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot K_{AR} \cdot h_o^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 2.400^3 + 1/2 \times 3.000 \times 2.400^2) \times 0.341 \times \cos 20.000 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.341 \times 1.300^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 1.300^3 \\
 &= 18.707 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面③ 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot K_{AR} \cdot h_o^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 2.650^2 + 3.000 \times 2.650) \times 0.341 \times \cos 20.000 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.341 \times 1.550^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 1.550^2 \\
 &= 31.493 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot K_{AR} \cdot h_o^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 2.650^3 + 1/2 \times 3.000 \times 2.650^2) \times 0.341 \times \cos 20.000 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.341 \times 1.550^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 1.550^3 \\
 &= 25.756 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

左側壁は、主働土圧のみで、滑動に対する安全率を確保することが出来ないため、反対側の側壁に作用する主働土圧に対し反力が生じている。

このため、左側壁の断面力は反力により計算を行う。

$$\begin{aligned}
 P_{H2} &= 2 \cdot P_{PH2} / H = 2 \times 4.714 / 0.750 \\
 &= 12.571 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= P_{H2} / H = 12.571 / 0.750 \\
 &= 16.761 \text{ (kN/m}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

ここに、

P_{PH2} : 側壁に生じる反力 (kN/m)

H : 反力を受ける側壁の高さ (m)

P_{H2} : 側壁に生じる反力が三角形分布と仮定する時の最大荷重強度 (kN/m²)

P_2 : 側壁に生じる反力が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m³)

断面④ 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= 1/2 \times 16.761 \times 0.333^2 + 1/2 \times 9.800 \times 1.133^2 \\
 &= 7.219 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= 1/6 \times 16.761 \times 0.333^3 + 1/6 \times 9.800 \times 1.133^3 \\
 &= 2.479 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑤ 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= 1/2 \times 16.761 \times 0.500^2 + 1/2 \times 9.800 \times 1.300^2 \\
 &= 10.376 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= 1/6 \times 16.761 \times 0.500^3 + 1/6 \times 9.800 \times 1.300^3 \\
 &= 3.938 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑥ 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= 1/2 \times 16.761 \times 0.750^2 + 1/2 \times 9.800 \times 1.550^2 \\
 &= 16.486 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= 1/6 \times 16.761 \times 0.750^3 + 1/6 \times 9.800 \times 1.550^3 \\
 &= 7.261 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑦ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T7} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.545 \times (3.545 - 2 \times 0.000) + (23.545 - 17.562) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.545^2) + (25.756 - 7.261) / 3.545 \\
 &= -32.981 \text{ (kN)} \\
 M_{T7} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (25.756 - 7.261) \times 0.000 / 3.545 + 7.261 + 1/6 \times 0.000 \times (3.545 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.545) \times (23.545 - 17.562) - 3 \times 23.545\} \\
 &= 7.261 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑧ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T8} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.545 \times (3.545 - 2 \times 0.750) + (23.545 - 17.562) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 0.750^2 / 3.545^2) + (25.756 - 7.261) / 3.545 \\
 &= -15.797 \text{ (kN)} \\
 M_{T8} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (25.756 - 7.261) \times 0.750 / 3.545 + 7.261 + 1/6 \times 0.750 \times (3.545 - 0.750) \times \{(1 + 0.750 / 3.545) \times (23.545 - 17.562) - 3 \times 23.545\} \\
 &= -10.972 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑨ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T9} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.545 \times (3.545 - 2 \times 1.479) + (23.545 - 17.562) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 1.479^2 / 3.545^2) + (25.756 - 7.261) / 3.545 \\
 &= 0.000 \text{ (kN)} \\
 M_{T9} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (25.756 - 7.261) \times 1.479 / 3.545 + 7.261 + 1/6 \times 1.479 \times (3.545 - 1.479) \times \{(1 + 1.479 / 3.545) \times (23.545 - 17.562) - 3 \times 23.545\} \\
 &= -16.677 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑩ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T10} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.545 \times (3.545 - 2 \times 3.250) + (23.545 - 17.562) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 3.250^2 / 3.545^2) + (25.756 - 7.261) / 3.545 \\
 &= 34.627 \text{ (kN)} \\
 M_{T10} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (25.756 - 7.261) \times 3.250 / 3.545 + 7.261 + 1/6 \times 3.250 \times (3.545 - 3.250) \times \{(1 + 3.250 / 3.545) \times (23.545 - 17.562) - 3 \times 23.545\} \\
 &= 14.763 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑩ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T11} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6}) / B_L \\
 &= -1/2 \times 23.545 \times (3.545 - 2 \times 3.545) + (23.545 - 17.562) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 3.545^2 / 3.545^2) + (25.756 - 7.261) / 3.545 \\
 &= 39.881 \text{ (kN)} \\
 M_{T11} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (25.756 - 7.261) \times 3.545 / 3.545 + 7.261 + 1/6 \times 3.545 \times (3.545 - 3.545) \times \{(1 + 3.545 / 3.545) \times (23.545 - 17.562) - 3 \times 23.545\} \\
 &= 25.756 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

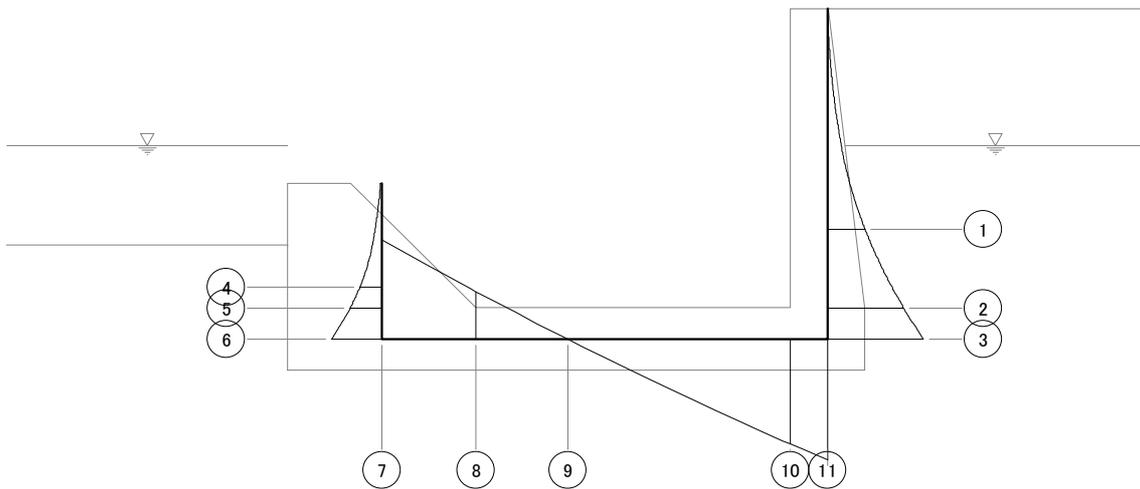
8) 断面力一覧

| 右側壁 | 記号 | 位置 | h(m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
|-----|--------|----------|--------|-------------|------------------|
| | ① | 側壁高の 1/3 | 1.767 | 12.313 | 7.162 |
| | ② | 底版の上面 | 2.400 | 25.033 | 18.707 |
| ③ | 側壁付根 | 2.650 | 31.493 | 25.756 | |
| 左側壁 | 記号 | 位置 | h(m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
| | ④ | 側壁高の 1/3 | 0.833 | 7.219 | 2.479 |
| | ⑤ | 底版の上面 | 1.000 | 10.376 | 3.938 |
| ⑥ | 側壁付根 | 1.250 | 16.486 | 7.261 | |
| 底版 | 記号 | 位置 | χ (m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
| | ⑦ | 左側壁付け根 | 0.000 | -32.981 | 7.261 |
| | ⑧ | 左側壁内面 | 0.750 | -15.797 | -10.972 |
| | ⑨ | 最大モーメント | 1.479 | 0.000 | -16.677 |
| | ⑩ | 右側壁内面 | 3.250 | 34.627 | 14.763 |
| ⑪ | 右側壁付け根 | 3.545 | 39.881 | 25.756 | |

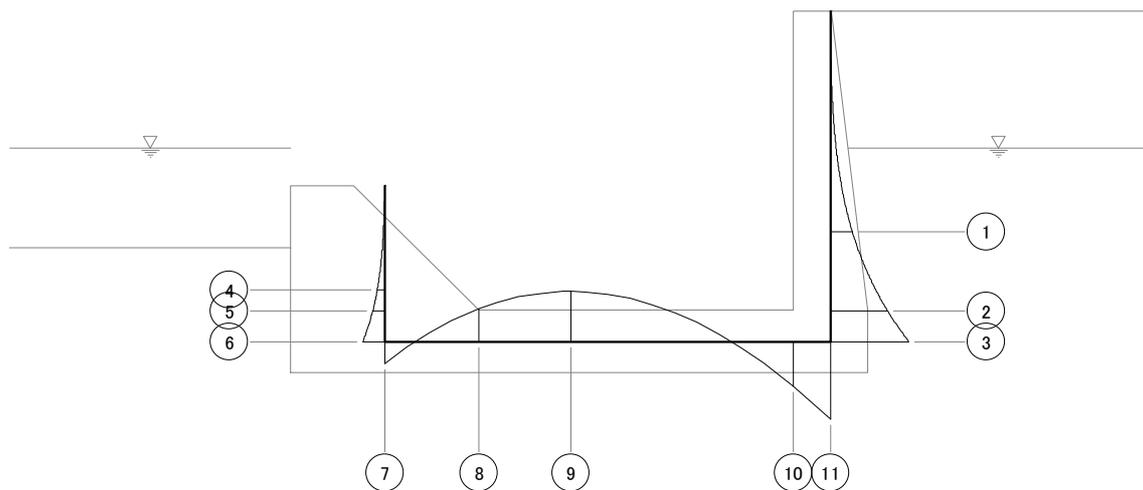
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

9) せん断力図



10) 曲げモーメント図



5.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケースⅡ）

1) 検討位置

| 右側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | hd (m) | ho (m) | hi (m) | ha (m) |
|-----|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | ① | 側壁高の1/3 | 1.767 | — | — | 0.267 | 0.267 |
| | ② | 底版の上面 | 2.400 | — | — | 0.900 | 0.900 |
| ③ | 側壁付根 | 2.650 | — | — | 0.900 | 1.150 | |
| 左側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | hd (m) | ho (m) | hi (m) | ha (m) |
| | ④ | 側壁高の1/3 | 0.833 | — | — | 0.733 | 0.733 |
| | ⑤ | 底版の上面 | 1.000 | — | — | 0.900 | 0.900 |
| ⑥ | 側壁付根 | 1.250 | — | — | 0.900 | 1.150 | |
| 底板 | 記号 | 位置 | LL (m) | | LR (m) | | |
| | ⑦ | 左側壁付け根 | 0.000 | | | | |
| | ⑧ | 左側壁内面 | 0.750 | | | | |
| | ⑨ | 最大モーメント | 1.722 | | | | |
| | ⑩ | 右側壁内面 | 3.250 | | | | |
| ⑪ | 右側壁付け根 | 3.545 | | | | | |

h : 天端からの距離

hd: 土圧作用高さ $hd = h - \text{天端から地盤までの落差}$

ho: 影響地下水位 $ho = h + \text{地下水位} - \text{側壁高} - \text{底板厚}$

hi: 影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

ha: 内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は hi)}$

LL: 左端からの距離

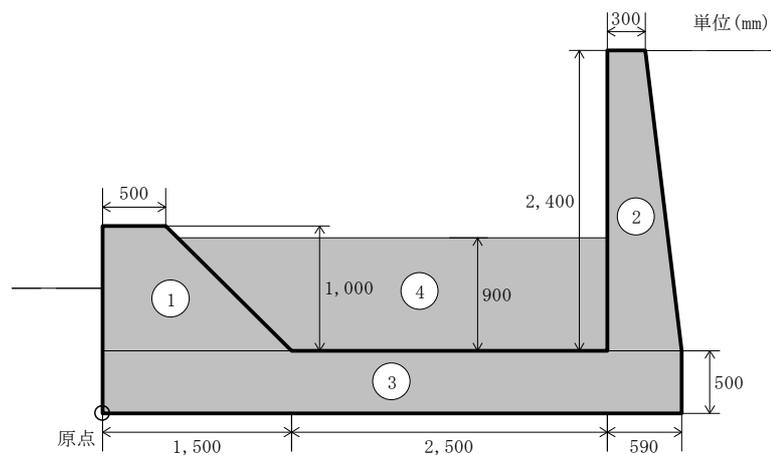
LR: 右端からの距離

2) 上載荷重

| 項目名 | 値 (kN/m ²) | 水路左側 | | 水路右側 | |
|-------|---------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| | | 計上 | 採用値 (kN/m ²) | 計上 | 採用値 (kN/m ²) |
| 盛土荷重 | — | | — | | — |
| 自動車荷重 | — | | — | | — |
| 群集荷重 | 3.000 | | — | | — |
| 積雪荷重 | — | | — | | — |
| 任意荷重 | — | | — | | — |
| 合計 | | | — | | — |

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|---|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $24.500 \times (1.500 + 0.500) \times 1.000 \div 2$ | 24.500 | 24.500 | | 0.542 | 0.917 | 13.279 | |
| 2 | $24.500 \times (0.590 + 0.300) \times 2.400 \div 2$ | 26.166 | 26.166 | | 4.230 | 1.570 | 110.682 | |
| 3 | $24.500 \times 4.590 \times 0.500$ | 56.228 | 56.228 | | 2.295 | 0.250 | 129.043 | |
| 4 | $9.800 \times (3.400 + 2.500) \times 0.900 \div 2$ | 26.019 | 26.019 | | 2.514 | 0.973 | 65.412 | |
| 合計 | | 132.913 | 132.913 | 0.000 | | | 318.416 | 0.000 |

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

側壁及び底版自重により生じる底版反力の内、底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用方向が反対で同値であることから相殺させ、それ以外の自重による底版反力のみによって計算する。

上記表より底版自重及び内水重を除いた自重の鉛直成分を次にまとめる。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{①} + \text{②} + \gamma_{sc} \cdot (T_{R2} + T_{L2}) \cdot T_3 / 2 \\
 &= 24.500 + 26.166 + 24.500 \times (0.590 + 1.500) \times 0.500 / 2 \\
 &= 63.467
 \end{aligned}$$

4) 偏心距離の算出

以下の式に従い偏心距離を求める。

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

| 項 目 | 外 力 | | モーメント | | 反 力 鉛直成分 (kN/m) |
|-----|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| | V (kN) | H (kN) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) | |
| 自 重 | 132.913 | | 318.416 | | 63.467 |
| 合 計 | 132.913 | 0.000 | 318.416 | 0.000 | 63.467 |

$$\begin{aligned}
 e &= 4.590 / 2 - (318.416 - 0.000) / 132.913 \\
 &= -0.101 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.773m)の1/3(0.591m)内にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$\begin{aligned}
 q_R &= \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) \\
 q_L &= \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 q_R, q_L &: \text{底版の両端における反力強度 (kN/m}^2\text{)} \\
 L &: \text{基礎面の長さ (作用幅) (m)} \\
 e &: \Sigma V \text{の作用点の偏心距離 (m)} \\
 \Sigma V &: \text{合力の鉛直分力 (kN/m)}
 \end{aligned}$$

但し、このときの基礎面の長さ（作用幅）は、左右側壁の中心間の距離とし、合力の鉛直分力は側壁に関する自重とする。底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用する方向が反対で同値であることから相殺される。また、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 63.467 / 3.545 \times (1 - 6 \times -0.101 / 3.545) \\
 &= 20.964 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 63.467 / 3.545 \times (1 + 6 \times -0.101 / 3.545) \\
 &= 14.843 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

5) 断面力計算

断面① 右側壁

$$\begin{aligned}S_{S1} &= - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= - (1/2 \times 9.800 \times 0.267^2) \\ &= -0.349 \text{ (kN)} \\ M_{S1} &= - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= - (1/6 \times 9.800 \times 0.267^3) \\ &= -0.031 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

断面② 右側壁

$$\begin{aligned}S_{S2} &= - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= - (1/2 \times 9.800 \times 0.900^2) \\ &= -3.969 \text{ (kN)} \\ M_{S2} &= - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= - (1/6 \times 9.800 \times 0.900^3) \\ &= -1.191 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

断面③ 右側壁

$$\begin{aligned}S_{S3} &= - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= - (1/2 \times 9.800 \times 0.900^2) \\ &= -3.969 \text{ (kN)} \\ M_{S3} &= - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= - \{1/6 \times 9.800 \times 0.900^2 \times (3 \times 1.150 - 2 \times 0.900)\} \\ &= -2.183 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

左側壁は、主働土圧のみで、滑動に対する安全率を確保することが出来ないため、反対側の側壁に作用する主働土圧に対し反力が生じている。

このため、左側壁の断面力は反力により計算を行う。

$$\begin{aligned}P_{H2} &= 2 \cdot P_{PH2} / H = 2 \times 4.714 / 0.750 \\ &= 12.571 \text{ (kN/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_2 &= P_{H2} / H = 12.571 / 0.750 \\ &= 16.761 \text{ (kN/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

ここに、

P_{PH2} : 側壁に生じる反力 (kN/m)

H : 反力を受ける側壁の高さ (m)

P_{H2} : 側壁に生じる反力が三角形分布と仮定する時の最大荷重強度 (kN/m²)

P_2 : 側壁に生じる反力が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m³)

断面④ 左側壁

$$\begin{aligned}S_{S4} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 16.761 \times 0.000^2 - (1/2 \times 9.800 \times 0.733^2) \\ &= -2.633 \text{ (kN)} \\ M_{S4} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 16.761 \times 0.000^3 - (1/6 \times 9.800 \times 0.733^3) \\ &= -0.643 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

断面⑤ 左側壁

$$\begin{aligned}S_{S5} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 16.761 \times 0.000^2 - (1/2 \times 9.800 \times 0.900^2) \\ &= -3.969 \text{ (kN)} \\ M_{S5} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 16.761 \times 0.000^3 - (1/6 \times 9.800 \times 0.900^3) \\ &= -1.191 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

断面⑥ 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= 1/2 \times 16.761 \times 0.000^2 - (1/2 \times 9.800 \times 0.900^2) \\
 &= -3.969 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2(3h_a - 2h_i)\} \\
 &= 1/6 \times 16.761 \times 0.000^3 - \{1/6 \times 9.800 \times 0.900^2 \times (3 \times 1.150 - 2 \times 0.900)\} \\
 &= -2.183 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑦ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T7} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 20.964 \times (3.545 - 2 \times 0.000) + (20.964 - 14.843) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.545^2) + (-2.183 - -2.183) / 3.545 \\
 &= -33.542 \text{ (kN)} \\
 M_{T7} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (-2.183 - -2.183) \times 0.000 / 3.545 + -2.183 + 1/6 \times 0.000 \times (3.545 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.545) \times (20.964 - 14.843) - 3 \times 20.964\} \\
 &= -2.183 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑧ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T8} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 20.964 \times (3.545 - 2 \times 0.750) + (20.964 - 14.843) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 0.750^2 / 3.545^2) + (-2.183 - -2.183) / 3.545 \\
 &= -18.305 \text{ (kN)} \\
 M_{T8} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (-2.183 - -2.183) \times 0.750 / 3.545 + -2.183 + 1/6 \times 0.750 \times (3.545 - 0.750) \times \{(1 + 0.750 / 3.545) \times (20.964 - 14.843) - 3 \times 20.964\} \\
 &= -21.565 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑨ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T9} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 20.964 \times (3.545 - 2 \times 1.722) + (20.964 - 14.843) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 1.722^2 / 3.545^2) + (-2.183 - -2.183) / 3.545 \\
 &= 0.000 \text{ (kN)} \\
 M_{T9} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (-2.183 - -2.183) \times 1.722 / 3.545 + -2.183 + 1/6 \times 1.722 \times (3.545 - 1.722) \times \{(1 + 1.722 / 3.545) \times (20.964 - 14.843) - 3 \times 20.964\} \\
 &= -30.330 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑩ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T10} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 20.964 \times (3.545 - 2 \times 3.250) + (20.964 - 14.843) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 3.250^2 / 3.545^2) + (-2.183 - -2.183) / 3.545 \\
 &= 25.472 \text{ (kN)} \\
 M_{T10} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (-2.183 - -2.183) \times 3.250 / 3.545 + -2.183 + 1/6 \times 3.250 \times (3.545 - 3.250) \times \{(1 + 3.250 / 3.545) \times (20.964 - 14.843) - 3 \times 20.964\} \\
 &= -10.358 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑪ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T11} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 20.964 \times (3.545 - 2 \times 3.545) + (20.964 - 14.843) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 3.545^2 / 3.545^2) + (-2.183 - -2.183) / 3.545 \\
 &= 29.926 \text{ (kN)} \\
 M_{T11} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (-2.183 - -2.183) \times 3.545 / 3.545 + -2.183 + 1/6 \times 3.545 \times (3.545 - 3.545) \times \{(1 + 3.545 / 3.545) \times (20.964 - 14.843) - 3 \times 20.964\} \\
 &= -2.183 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

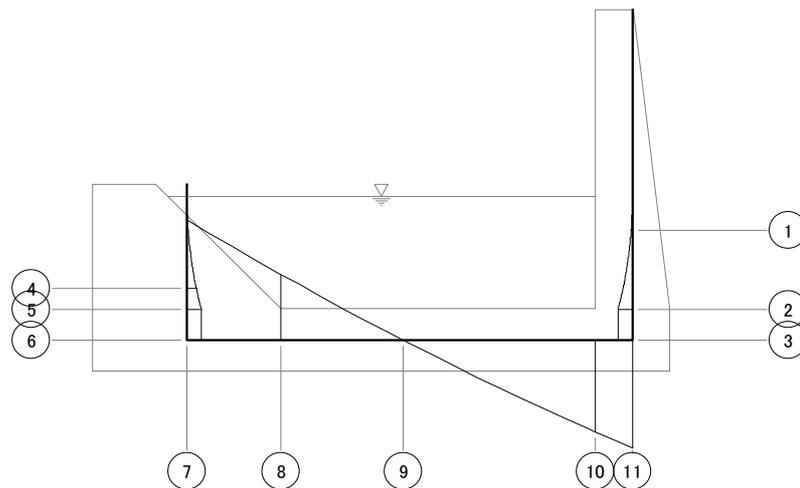
6) 断面力一覧

| 右側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
|-----|----|------------|------------|-------------|------------------|
| | ① | 側壁高の 1 / 3 | 1.767 | -0.349 | -0.031 |
| | ② | 底版の上面 | 2.400 | -3.969 | -1.191 |
| | ③ | 側壁付根 | 2.650 | -3.969 | -2.183 |
| 左側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
| | ④ | 側壁高の 1 / 3 | 0.833 | -2.633 | -0.643 |
| | ⑤ | 底版の上面 | 1.000 | -3.969 | -1.191 |
| | ⑥ | 側壁付根 | 1.250 | -3.969 | -2.183 |
| 底板 | 記号 | 位置 | χ (m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
| | ⑦ | 左側壁付け根 | 0.000 | -33.542 | -2.183 |
| | ⑧ | 左側壁内面 | 0.750 | -18.305 | -21.565 |
| | ⑨ | 最大モーメント | 1.722 | 0.000 | -30.330 |
| | ⑩ | 右側壁内面 | 3.250 | 25.472 | -10.358 |
| | ⑪ | 右側壁付け根 | 3.545 | 29.926 | -2.183 |

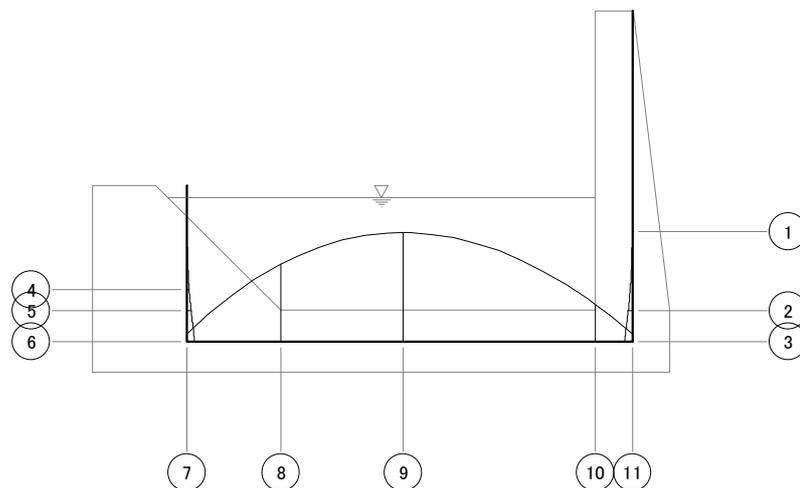
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

7) せん断力図



8) 曲げモーメント図



5.3 荷重組み合わせパターン（常時：ケースⅢ）

1) 検討位置

| 右側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | hd (m) | ho (m) | hi (m) | ha (m) |
|-----|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | ① | 側壁高の 1 / 3 | 1.767 | 1.767 | — | 0.267 | 0.267 |
| | ② | 底版の上面 | 2.400 | 2.400 | — | 0.900 | 0.900 |
| ③ | 側壁付根 | 2.650 | 2.650 | — | 0.900 | 1.150 | |
| 左側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | hd (m) | ho (m) | hi (m) | ha (m) |
| | ④ | 側壁高の 1 / 3 | 0.833 | 0.333 | — | 0.733 | 0.733 |
| | ⑤ | 底版の上面 | 1.000 | 0.500 | — | 0.900 | 0.900 |
| ⑥ | 側壁付根 | 1.250 | 0.750 | — | 0.900 | 1.150 | |
| 底板 | 記号 | 位置 | LL (m) | | LR (m) | | |
| | ⑦ | 左側壁付け根 | 0.000 | | | | |
| | ⑧ | 左側壁内面 | 0.750 | | | | |
| | ⑨ | 最大モーメント | 1.504 | | | | |
| | ⑩ | 右側壁内面 | 3.250 | | | | |
| ⑪ | 右側壁付け根 | 3.545 | | | | | |

h : 天端からの距離

hd: 土圧作用高さ $hd = h - \text{天端から地盤までの落差}$

ho: 影響地下水位 $ho = h + \text{地下水位} - \text{側壁高} - \text{底板厚}$

hi: 影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

ha: 内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は hi)}$

LL: 左端からの距離

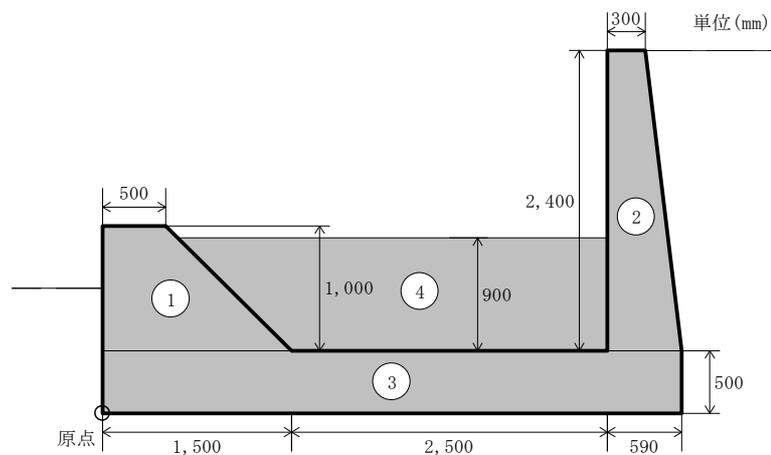
LR: 右端からの距離

2) 上載荷重

| 項目名 | 値 (kN/m ²) | 水路左側 | | 水路右側 | |
|-------|---------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| | | 計上 | 採用値 (kN/m ²) | 計上 | 採用値 (kN/m ²) |
| 盛土荷重 | — | | — | | — |
| 自動車荷重 | — | | — | | — |
| 群集荷重 | 3.000 | | — | | — |
| 積雪荷重 | — | | — | | — |
| 任意荷重 | — | | — | | — |
| 合計 | | | — | | — |

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|---|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $24.500 \times (1.500 + 0.500) \times 1.000 \div 2$ | 24.500 | 24.500 | | 0.542 | 0.917 | 13.279 | |
| 2 | $24.500 \times (0.590 + 0.300) \times 2.400 \div 2$ | 26.166 | 26.166 | | 4.230 | 1.570 | 110.682 | |
| 3 | $24.500 \times 4.590 \times 0.500$ | 56.228 | 56.228 | | 2.295 | 0.250 | 129.043 | |
| 4 | $9.800 \times (3.400 + 2.500) \times 0.900 \div 2$ | 26.019 | 26.019 | | 2.514 | 0.973 | 65.412 | |
| 合計 | | 132.913 | 132.913 | 0.000 | | | 318.416 | 0.000 |

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

側壁及び底版自重により生じる底版反力の内、底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用方向が反対で同値であることから相殺させ、それ以外の自重による底版反力のみによって計算する。

上記表より底版自重及び内水重を除いた自重の鉛直成分を次にまとめる。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{①} + \text{②} + \gamma_{sc} \cdot (T_{R2} + T_{L2}) \cdot T_3 / 2 \\
 &= 24.500 + 26.166 + 24.500 \times (0.590 + 1.500) \times 0.500 / 2 \\
 &= 63.467
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出

ケースⅢにおいて、水路外側に生じる外力は荷重として作用していると考えられ、その大きさは主働土圧とする。ただし、この場合の土圧係数は内部摩擦角 30° の場合の値を上限とする。

内部摩擦角 30° の時の主働土圧係数

$$\text{右側 } K_{AR30} = 0.341$$

$$\text{左側 } K_{AL30} = 0.297$$

$$\text{右側 } K_{AR} = 0.341 \leq K_{AR30} = 0.341$$

$$\text{左側 } K_{AL} = 0.297 \leq K_{AL30} = 0.297$$

したがって主働土圧係数は各々

$$\text{右側 } K_{AR} = 0.341$$

$$\text{左側 } K_{AL} = 0.297$$

とし、水路外側の主働土圧を求める。

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R0} &= H_{R1} - T_3 / 2 = 1.800 - 0.500 / 2 \\
 &= 1.550 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.400 + 0.500 - 0.000 - 1.800 \\
 &= 1.100 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{L1} &= H_L + T_3 - H_{DL} - T_3 / 2 = 1.000 + 0.500 - 0.500 - 0.500 / 2 \quad (\text{水位よりも地盤位置が低い為}) \\
 &= 0.750 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.341 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 6.752 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R0} + P_{H1} = 0.341 \times 18.000 \times 1.550 + 6.752 \\
 &= 16.266 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{H3} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} = 0.297 \times 18.000 \times 0.750 \\
 &= 4.010 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{R0} : 水路右側における基準面から地下水位線までの高さ (m)

H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

H_{L1} : 水路左側における基準面より地下水位線までの高さ (m)

ただし、水位線よりも地盤位置が低い場合には地盤までの高さ。

水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

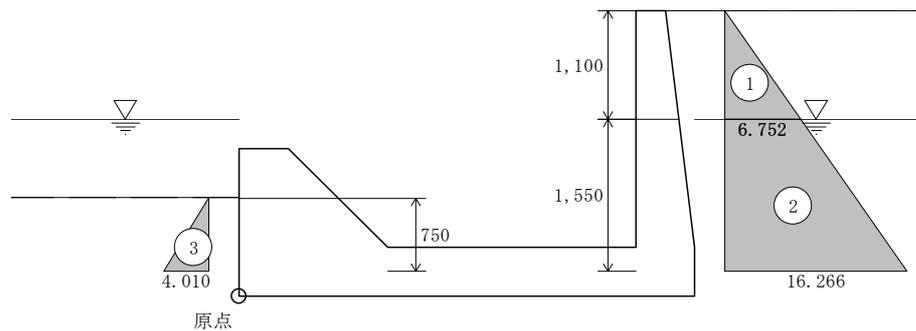
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 84.289) \\ &= 0.434 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 84.289) \\ &= 0.901 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 90.000) \\ &= 0.342 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 90.000) \\ &= -0.940 \end{aligned}$$

単位 (mm)



| 番号 | 計 算 式 | 荷重 (kN) | 荷 重 | | アーム長 | | モーメント | |
|----|--|---------|---------|---------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | 鉛直 (kN) | 水平 (kN) | ΔX (m) | ΔY (m) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) |
| 1 | $6.752 \times 1.100 \div 2$ | 3.714 | 1.612 | 3.346 | 4.590 | 2.167 | 7.399 | 7.251 |
| 2 | $(16.266 + 6.752) \times 1.550 \div 2$ | 17.839 | 7.742 | 16.073 | 4.590 | 0.918 | 35.536 | 14.755 |
| 3 | $4.010 \times 0.750 \div 2$ | 1.504 | 0.514 | -1.414 | | 0.500 | | -0.707 |
| 合計 | | 23.057 | 9.868 | 18.005 | | | 42.935 | 21.299 |

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 偏心距離の算出

以下の式に従い偏心距離を求める。

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

| 項 目 | 外 力 | | モーメント | | 反 力 鉛直成分 (kN/m) |
|----------|---------|--------|--------------|--------------|-----------------------|
| | V (kN) | H (kN) | M_x (kN・m) | M_y (kN・m) | |
| 自 重 | 132.913 | | 318.416 | | 63.467 |
| 土圧および載荷重 | 9.868 | 18.005 | 42.935 | 21.299 | 9.868 |
| 合 計 | 142.781 | 18.005 | 361.351 | 21.299 | 73.335 |

$$\begin{aligned}
 e &= 4.590 / 2 - (361.351 - 21.299) / 142.781 \\
 &= -0.087 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.773m)の1/3(0.591m)内にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$\begin{aligned}
 q_R &= \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) \\
 q_L &= \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 q_R, q_L &: \text{底版の両端における反力強度 (kN/m}^2\text{)} \\
 L &: \text{基礎面の長さ (作用幅) (m)} \\
 e &: \Sigma V \text{の作用点の偏心距離 (m)} \\
 \Sigma V &: \text{合力の鉛直分力 (kN/m)}
 \end{aligned}$$

但し、このときの基礎面の長さ（作用幅）は、左右側壁の中心間の距離とし、合力の鉛直分力は側壁に関する自重とする。底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用する方向が反対で同値であることから相殺される。また、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 73.335 / 3.545 \times (1 - 6 \times -0.087 / 3.545) \\
 &= 23.733 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 73.335 / 3.545 \times (1 + 6 \times -0.087 / 3.545) \\
 &= 17.641 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

6) 断面力計算

断面① 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 18.000 \times 1.767^2 \times 0.341 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.267^2) \\ &= 8.655 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 18.000 \times 1.767^3 \times 0.341 \times \cos 20.000 - (1/6 \times 9.800 \times 0.267^3) \\ &= 5.273 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面② 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 18.000 \times 2.400^2 \times 0.341 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.900^2) \\ &= 12.642 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 18.000 \times 2.400^3 \times 0.341 \times \cos 20.000 - (1/6 \times 9.800 \times 0.900^3) \\ &= 12.098 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面③ 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 18.000 \times 2.650^2 \times 0.341 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.900^2) \\ &= 16.283 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= 1/6 \times 18.000 \times 2.650^3 \times 0.341 \times \cos 20.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 0.900^2 \times (3 \times 1.150 - 2 \times 0.900)\} \\ &= 15.707 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

左側壁は、主働土圧のみで、滑動に対する安全率を確保することが出来ないため、反対側の側壁に作用する主働土圧に対し反力が生じている。

このため、左側壁の断面力は反力により計算を行う。

$$\begin{aligned} P_{H2} &= 2 \cdot P_{PH2} / H = 2 \times 4.714 / 0.750 \\ &= 12.571 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= P_{H2} / H = 12.571 / 0.750 \\ &= 16.761 \text{ (kN/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_{PH2} : 側壁に生じる反力 (kN/m)

H : 反力を受ける側壁の高さ (m)

P_{H2} : 側壁に生じる反力が三角形分布と仮定する時の最大荷重強度 (kN/m²)

P_2 : 側壁に生じる反力が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m³)

断面④ 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 16.761 \times 0.333^2 - (1/2 \times 9.800 \times 0.733^2) \\ &= -1.703 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 16.761 \times 0.333^3 - (1/6 \times 9.800 \times 0.733^3) \\ &= -0.540 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面⑤ 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S5} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 16.761 \times 0.500^2 - (1/2 \times 9.800 \times 0.900^2) \\ &= -1.874 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S5} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 16.761 \times 0.500^3 - (1/6 \times 9.800 \times 0.900^3) \\ &= -0.842 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面⑥ 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= 1/2 \cdot P_2 \cdot h_d^2 - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= 1/2 \times 16.761 \times 0.750^2 - (1/2 \times 9.800 \times 0.900^2) \\
 &= 0.745 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= 1/6 \cdot P_2 \cdot h_d^3 - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2(3h_a - 2h_i)\} \\
 &= 1/6 \times 16.761 \times 0.750^3 - \{1/6 \times 9.800 \times 0.900^2 \times (3 \times 1.150 - 2 \times 0.900)\} \\
 &= -1.004 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑦ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T7} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.733 \times (3.545 - 2 \times 0.000) + (23.733 - 17.641) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.545^2) + (15.707 - -1.004) / 3.545 \\
 &= -33.753 \text{ (kN)} \\
 M_{T7} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (15.707 - -1.004) \times 0.000 / 3.545 + -1.004 + 1/6 \times 0.000 \times (3.545 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.545) \times (23.733 - 17.641) - 3 \times 23.733\} \\
 &= -1.004 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑧ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T8} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.733 \times (3.545 - 2 \times 0.750) + (23.733 - 17.641) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 0.750^2 / 3.545^2) + (15.707 - -1.004) / 3.545 \\
 &= -16.437 \text{ (kN)} \\
 M_{T8} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (15.707 - -1.004) \times 0.750 / 3.545 + -1.004 + 1/6 \times 0.750 \times (3.545 - 0.750) \times \{(1 + 0.750 / 3.545) \times (23.733 - 17.641) - 3 \times 23.733\} \\
 &= -19.765 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑨ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T9} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.733 \times (3.545 - 2 \times 1.504) + (23.733 - 17.641) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 1.504^2 / 3.545^2) + (15.707 - -1.004) / 3.545 \\
 &= 0.000 \text{ (kN)} \\
 M_{T9} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (15.707 - -1.004) \times 1.504 / 3.545 + -1.004 + 1/6 \times 1.504 \times (3.545 - 1.504) \times \{(1 + 1.504 / 3.545) \times (23.733 - 17.641) - 3 \times 23.733\} \\
 &= -25.901 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑩ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T10} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.733 \times (3.545 - 2 \times 3.250) + (23.733 - 17.641) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 3.250^2 / 3.545^2) + (15.707 - -1.004) / 3.545 \\
 &= 34.303 \text{ (kN)} \\
 M_{T10} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (15.707 - -1.004) \times 3.250 / 3.545 + -1.004 + 1/6 \times 3.250 \times (3.545 - 3.250) \times \{(1 + 3.250 / 3.545) \times (23.733 - 17.641) - 3 \times 23.733\} \\
 &= 4.805 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面⑪ 底版

$$\begin{aligned}
 S_{T11} &= -1/2 \cdot q_R \cdot (B_L - 2\chi) + (q_R - q_L) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{S3} - M_{S6})/B_L \\
 &= -1/2 \times 23.733 \times (3.545 - 2 \times 3.545) + (23.733 - 17.641) \times 3.545 \times 1/2 \times (1/3 - 3.545^2 / 3.545^2) + (15.707 - -1.004) / 3.545 \\
 &= 39.582 \text{ (kN)} \\
 M_{T11} &= (M_{S3} - M_{S6}) \cdot \chi / B_L + M_{S6} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_R - q_L) - 3q_R\} \\
 &= (15.707 - -1.004) \times 3.545 / 3.545 + -1.004 + 1/6 \times 3.545 \times (3.545 - 3.545) \times \{(1 + 3.545 / 3.545) \times (23.733 - 17.641) - 3 \times 23.733\} \\
 &= 15.707 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

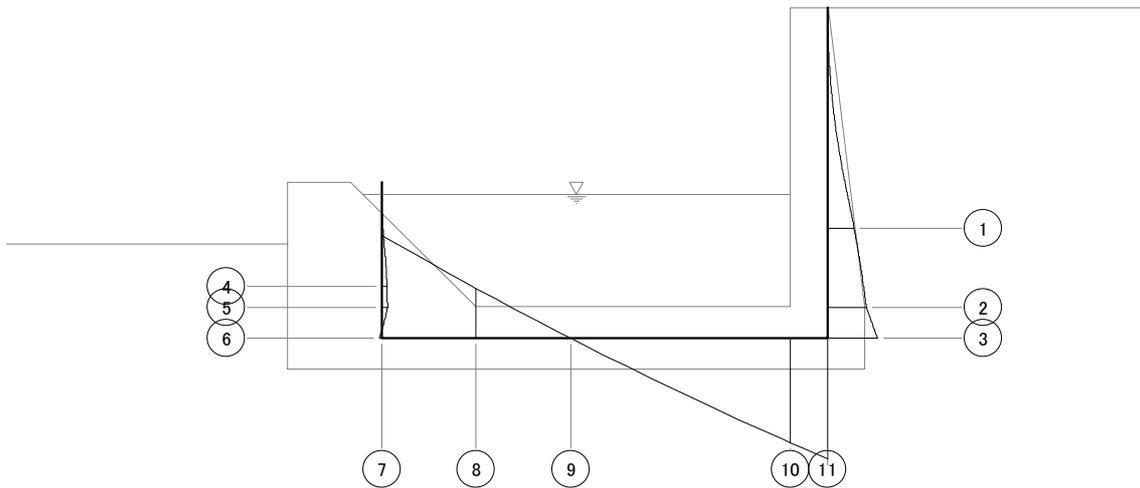
7) 断面力一覧

| 右側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
|-----|----|------------|------------|-------------|------------------|
| | ① | 側壁高の 1 / 3 | 1.767 | 8.655 | 5.273 |
| | ② | 底版の上面 | 2.400 | 12.642 | 12.098 |
| | ③ | 側壁付根 | 2.650 | 16.283 | 15.707 |
| 左側壁 | 記号 | 位置 | h (m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
| | ④ | 側壁高の 1 / 3 | 0.833 | -1.703 | -0.540 |
| | ⑤ | 底版の上面 | 1.000 | -1.874 | -0.842 |
| | ⑥ | 側壁付根 | 1.250 | 0.745 | -1.004 |
| 底板 | 記号 | 位置 | χ (m) | せん断力 S (kN) | 曲げモーメント M (kN・m) |
| | ⑦ | 左側壁付け根 | 0.000 | -33.753 | -1.004 |
| | ⑧ | 左側壁内面 | 0.750 | -16.437 | -19.765 |
| | ⑨ | 最大モーメント | 1.504 | 0.000 | -25.901 |
| | ⑩ | 右側壁内面 | 3.250 | 34.303 | 4.805 |
| | ⑪ | 右側壁付け根 | 3.545 | 39.582 | 15.707 |

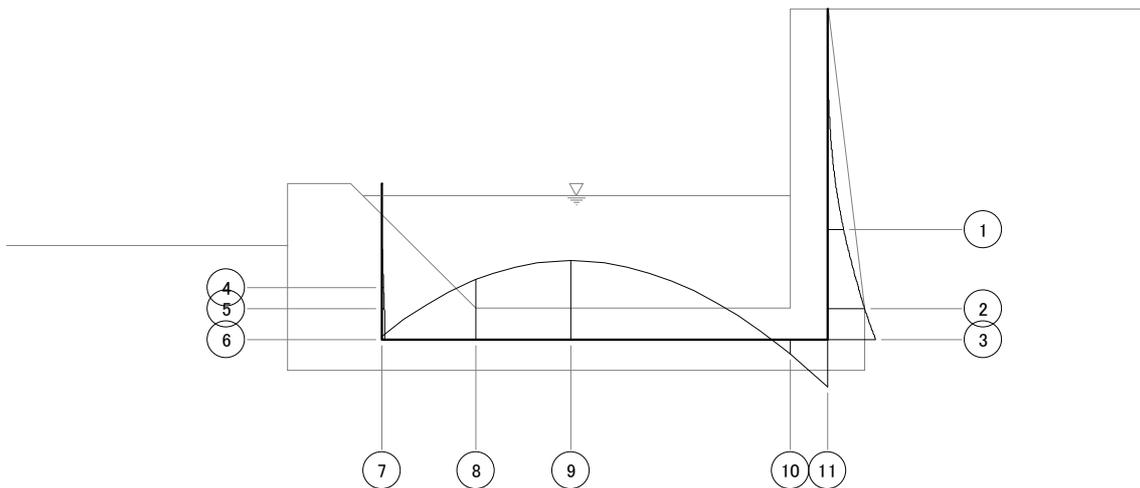
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

8) せん断力図



9) 曲げモーメント図



6 段落とし位置の計算

6.1 右側壁

側壁の鉄筋量を半減する位置は、水路の場合 $1/2A_s(A_{s2})$ に対する鉄筋の応力度が許容応力度 σ_{sa} に等しくなる位置に定着長 $(\ell_d + \ell_s)$ を加えた長さ ℓ_1 とする。

1) 基本定着長の算出

引張鉄筋の基本定着長 ℓ_d は、次式により求める。ただし、この値は 20ϕ 以上とする。

$$\begin{aligned}\ell_d &= \alpha \cdot f_{yd} / (4 \cdot f_{bod}) \cdot \phi \\ f_{bod} &= 0.28 f_{ck}^{2/3} / \gamma_c \\ k_c &= C_b / \phi + 15 A_t / (s \cdot \phi)\end{aligned}$$

ここに、

ℓ_d : 引張り鉄筋の基本定着長(mm)

ϕ : 主鉄筋の直径(mm)

f_{yd} : 鉄筋の設計引張り降伏強度

f_{bod} : コンクリートの設計付着強度(N/mm²)

γ_c は1.3として計算する。

f_{ck} : 設計基準強度(N/mm²)

α : 1.0 ($k_c \leq 1.0$ の場合)

0.9 ($1.0 < k_c \leq 1.5$ の場合)

0.8 ($1.5 < k_c \leq 2.0$ の場合)

0.7 ($2.0 < k_c \leq 2.5$ の場合)

0.6 ($2.5 < k_c$ の場合)

C_b : 主鉄筋の下側のかぶりの値と定着する鉄筋のあきの半分の値とを比べ小さい値(mm)

A_t : 仮定される割裂破壊断面に垂直な横方向鉄筋の断面積(mm²)

s : 横方向鉄筋の中心間隔(mm)

C_b 値の計算表

| 鉄筋 呼び径 | 鉄筋直径 ϕ (mm) | 鉄筋 断面積 A_t (mm ²) | 鉄筋 かぶり C (mm) | 鉄筋 中心間隔 s (mm) | 鉄筋の 空き a (mm) | 鉄筋の空 きの半分 $a/2$ (mm) | C と $a/2$ 小さい値 C_b (mm) |
|-----------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| D16 | 16 | — | 50 | 500 | 484 | 242.0 | 50.0 |

$$\begin{aligned}k_c &= C_b / \phi + 15 A_t / (s \cdot \phi) = 50.0 / 16 + (15 \times 0) / (500 \times 16) \\ &= 3.13\end{aligned}$$

$$\alpha = 0.6 \quad (2.5 < k_c \text{ より})$$

$$f_{yd} = 295.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{ck} = 21.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}f_{bod} &= 0.28 f_{ck}^{2/3} / \gamma_c = 0.28 \times 21.0^{(2/3)} / 1.3 \\ &= 1.64 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\ell_d &= \alpha \cdot f_{yd} / (4 \cdot f_{bod}) \cdot \phi \\ &= 0.6 \times 295.0 / (4 \times 1.64) \times \phi \\ &= 26.99 \phi\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore & 26.99 \phi \text{ とする。} \\ & = 26.99 \times 16 = 432 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

2) 釣り合い応力位置の算出と段落とし位置の算出

鉄筋量を減じた (A_{s2}) 時の応力度 (σ_{s2}) が許容応力度 (σ_{sa}) に等しくなる位置 (h_{s2}) を求める。

h_{s2} の位置は曲げモーメントや部材厚により変化するため、比較計算を行い σ_{sa} を越えない近似値になる位置をcm単位で求めた。その時の天端からの位置 (h_{s2}) と外力を次表にまとめる。

| 荷重ケース | | 天端からの距離 h_{s2} (m) | 部材有効高さ $d [l_s]$ (m) | 曲げモーメント M (N/mm ²) | 引張応力度 σ_{s2} (N/mm ²) | 段落し位置 (切り上げ) l_1 (m) |
|-------|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|------------------------------|
| 常時 | ケースⅠ | 2.380 | 0.538 | 18.212 | 175.970 | 1.240 |
| | ケースⅢ | 2.380 | 0.538 | 11.847 | 114.470 | 1.240 |

立ち上げ鉄筋量 $A_{s2} = 199.0$ (mm²) $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 2.650$ (m)

$l_1 = h_{s1} - h_{s2} + l_d + l_s$ $l_d = 0.432$ (m) $h_{s3} = h_{s2} - l_d - l_s$

上記結果より、段落とし鉄筋長 $l_1 = 1.24$ (m) 天端からの位置 $h_{s3} = 1.41$ (m)

6.2 左側壁

段落としの位置を側壁高さの1/2の位置に設定する。

$$h_{s3} = H / 2 = 1000 / 2 \\ = 500 \text{ (mm)}$$

$$l_1 = (H + T_3) / 2 = (1000 + 500) / 2 \\ = 750 \text{ (mm)}$$

ここに、

H : 側壁高さ (mm)

T₃ : 底版厚 (mm)

h_{s3} : 天端から鉄筋量を低減する位置までの距離 (mm)

l_1 : 底版中央から鉄筋量を低減する位置までの距離 (mm)

6.3 断面検討位置

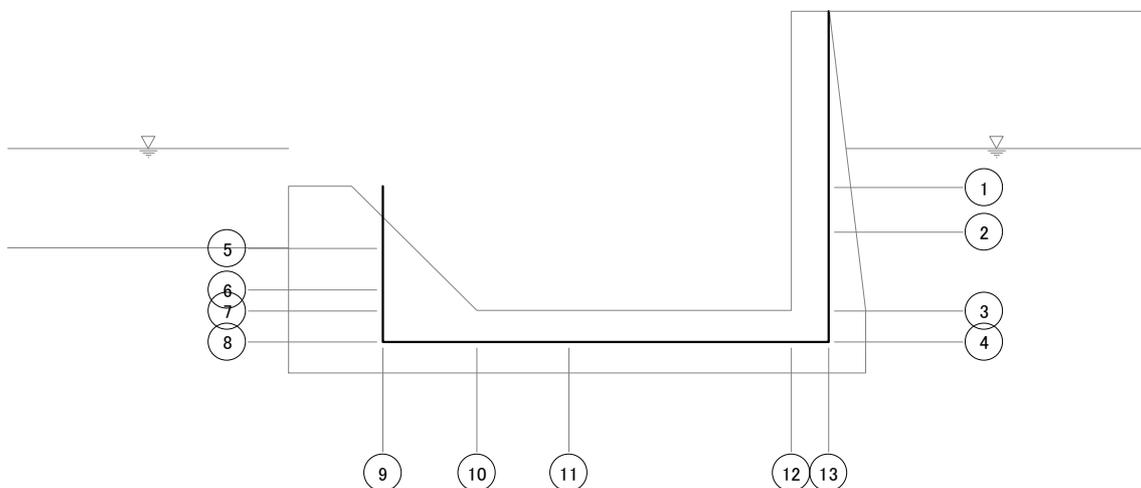
| | | | |
|-----|----|------------|-------|
| 右側壁 | 記号 | 位置 | h (m) |
| | ① | 段落し位置 | 1.410 |
| | ② | 側壁高の 1 / 3 | 1.767 |
| | | 釣合い応力位置 | 2.380 |
| | ③ | 底版の上面 | 2.400 |
| | ④ | 側壁付根 | 2.650 |
| 左側壁 | 記号 | 位置 | h (m) |
| | ⑤ | 段落し位置 | 0.500 |
| | ⑥ | 側壁高の 1 / 3 | 0.833 |
| | ⑦ | 底版の上面 | 1.000 |
| | ⑧ | 側壁付根 | 1.250 |

7 応力度計算

7.1 荷重組み合わせパターン（常時：ケース I）

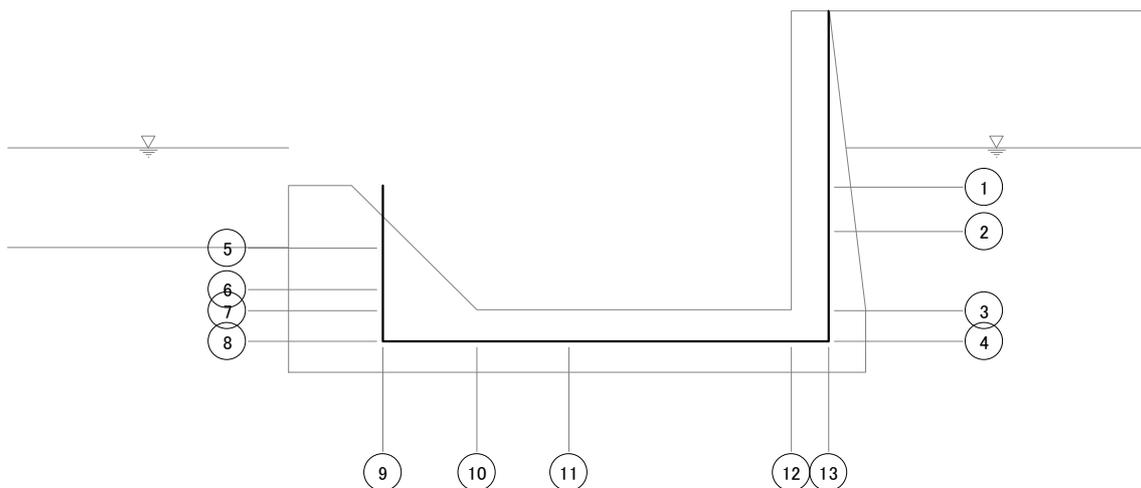
1) 応力度計算表

| | | 許容値 | 右側壁 | | | | 左側壁 | | | |
|-----------------|---|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 検討位置 H (m) | | | 1.410 | 1.767 | 2.400 | 2.650 | 0.500 | 0.833 | 1.000 | 1.250 |
| 断面力 | 曲げモーメント M (kN・m) | | 3.686 | 7.162 | 18.707 | 25.756 | 0.836 | 2.479 | 3.938 | 7.261 |
| | せん断力 S (kN) | | 7.437 | 12.313 | 25.033 | 31.493 | 3.136 | 7.219 | 10.376 | 16.486 |
| 部材 | 単位部材幅 b (mm) | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | 部材厚 h (mm) | | 470 | 514 | 590 | 590 | 1000 | 1333 | 1500 | 1500 |
| 配筋計画 | 引張側 かぶり c (mm) | | 50 | 50 | 50 | 50 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| | 圧縮側 かぶり c' (mm) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 引張側 鉄筋・ピッチ | | D16@1000 | D16@500 | D16@500 | D16@500 | D10@1000 | D10@500 | D10@500 | D10@500 |
| | 圧縮側 鉄筋・ピッチ | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 断面力方向及び引張鉄筋 内・外 | | | 外側 | 外側 | 外側 | 外側 | 外側 | 外側 | 外側 | 外側 |
| データ | 引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²) | | 199 | 397 | 397 | 397 | 71 | 143 | 143 | 143 |
| | 圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 鉄筋周長 U (mm) | | 100 | 100 | 100 | 100 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | 有効部材厚 d (mm) | | 420 | 464 | 540 | 540 | 850 | 1183 | 1350 | 1350 |
| | 圧縮側かぶり d' (mm) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 係数 | ヤング係数比 n | | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| | 引張鉄筋比 p | | 0.00047 | 0.00086 | 0.00074 | 0.00074 | 0.00008 | 0.00012 | 0.00011 | 0.00011 |
| | 圧縮鉄筋比 p' | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 中立軸比 k | | 0.11190 | 0.14824 | 0.13831 | 0.13831 | 0.04780 | 0.05823 | 0.05582 | 0.05582 |
| | 応力軸比 j | | 0.96270 | 0.95059 | 0.95390 | 0.95390 | 0.98407 | 0.98059 | 0.98139 | 0.98139 |
| | 係数 L _c | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 中立軸の位置 χ (mm) | | 47.00 | 68.78 | 74.69 | 74.69 | 40.63 | 68.89 | 75.36 | 75.36 |
| 計算結果 | 曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²) | 8.000 | 0.388 | 0.472 | 0.973 | 1.339 | 0.049 | 0.062 | 0.079 | 0.145 |
| | 引張応力度 σ _s (N/mm ²) | 176.000 | 45.810 | 40.901 | 91.478 | 125.948 | 14.077 | 14.944 | 20.786 | 38.325 |
| | 圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²) | 176.000 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | せん断応力度 τ (N/mm ²) | 0.420 | 0.018 | 0.028 | 0.049 | 0.061 | 0.004 | 0.006 | 0.008 | 0.012 |
| | 付着応力度 τ _o (N/mm ²) | 1.500 | 0.184 | 0.279 | 0.486 | 0.611 | 0.062 | 0.104 | 0.131 | 0.207 |
| 判 定 | | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| 計 算 式 | | | 単鉄筋計算 | | | | 単鉄筋計算 | | | |



2) 応力度計算表

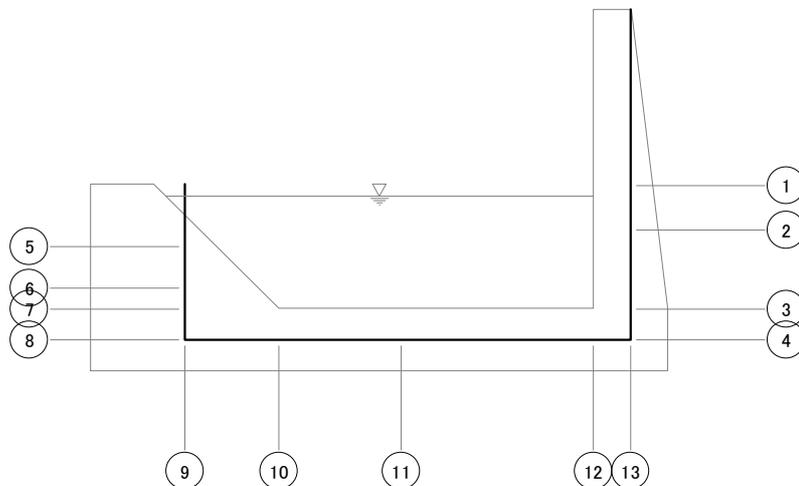
| | | 許容値 | 底 版 | | | | |
|-----------------|---|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | ⑨ | ⑩ | ⑪ | ⑫ | ⑬ |
| 検討位置 H (m) | | | 0.000 | 0.750 | 1.479 | 3.250 | 3.545 |
| 断面力 | 曲げモーメント M (kN・m) | | 7.261 | -10.972 | -16.677 | 14.763 | 25.756 |
| | せん断力 S (kN) | | -32.981 | -15.797 | 0.000 | 34.627 | 39.881 |
| 部材 | 単位部材幅 b (mm) | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | 部材厚 h (mm) | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 配筋計画 | 引張側 かぶり c (mm) | | 150 | 350 | 350 | 150 | 150 |
| | 圧縮側 かぶり c' (mm) | | — | — | — | — | — |
| | 引張側 鉄筋・ピッチ | | D22@250 | D22@250 | D22@250 | D22@250 | D22@250 |
| | 圧縮側 鉄筋・ピッチ | | — | — | — | — | — |
| 断面力方向及び引張鉄筋 内・外 | | | 外側 | 内側 | 内側 | 外側 | 外側 |
| データ | 引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²) | | 1548 | 1548 | 1548 | 1548 | 1548 |
| | 圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²) | | — | — | — | — | — |
| | 鉄筋周長 U (mm) | | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 |
| | 有効部材厚 d (mm) | | 350 | 150 | 150 | 350 | 350 |
| | 圧縮側かぶり d' (mm) | | — | — | — | — | — |
| 係数 | ヤング係数比 n | | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| | 引張鉄筋比 ρ | | 0.00442 | 0.01032 | 0.01032 | 0.00442 | 0.00442 |
| | 圧縮鉄筋比 ρ' | | — | — | — | — | — |
| | 中立軸比 k | | 0.30383 | 0.42275 | 0.42275 | 0.30383 | 0.30383 |
| | 応力軸比 j | | 0.89872 | 0.85908 | 0.85908 | 0.89872 | 0.89872 |
| | 係数 L _c | | — | — | — | — | — |
| | 中立軸の位置 χ (mm) | | 106.34 | 63.41 | 63.41 | 106.34 | 106.34 |
| 計算結果 | 曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²) | 8.000 | 0.434 | 2.685 | 4.082 | 0.883 | 1.540 |
| | 引張応力度 σ _s (N/mm ²) | 176.000 | 14.912 | 55.003 | 83.603 | 30.319 | 52.895 |
| | 圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²) | 176.000 | — | — | — | — | — |
| | せん断応力度 τ (N/mm ²) | 0.420 | 0.105 | 0.123 | 0.000 | 0.110 | 0.127 |
| | 付着応力度 τ _o (N/mm ²) | 1.500 | 0.374 | 0.438 | 0.000 | 0.393 | 0.453 |
| 判 定 | | | OK | OK | OK | OK | OK |
| 計 算 式 | | | 単鉄筋計算 | | | | |



7.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケースⅡ）

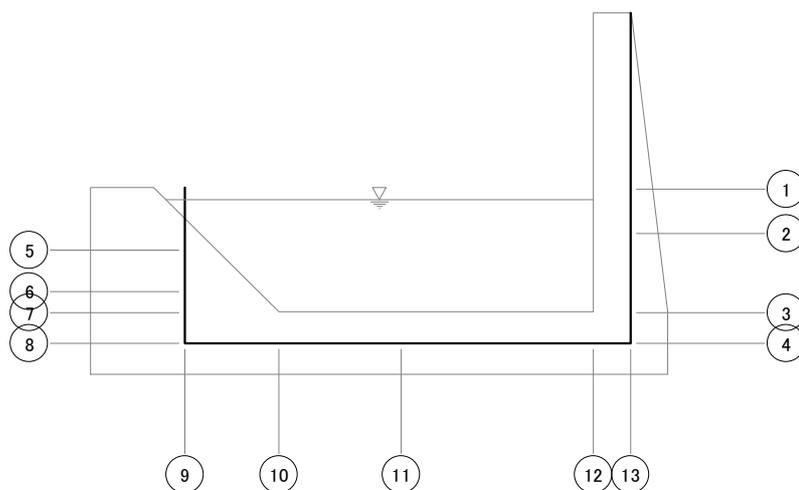
1) 応力度計算表

| | | 許容値 | 右側壁 | | | | 左側壁 | | | |
|-----------------|---|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 検討位置 H (m) | | | 1.410 | 1.767 | 2.400 | 2.650 | 0.500 | 0.833 | 1.000 | 1.250 |
| 断面力 | 曲げモーメント M (kN・m) | | 0.000 | -0.031 | -1.191 | -2.183 | -0.105 | -0.643 | -1.191 | -2.183 |
| | せん断力 S (kN) | | 0.000 | -0.349 | -3.969 | -3.969 | -0.784 | -2.633 | -3.969 | -3.969 |
| 部材 | 単位部材幅 b (mm) | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | 部材厚 h (mm) | | 470 | 514 | 590 | 590 | 1000 | 1333 | 1500 | 1500 |
| 配筋計画 | 引張側 かぶり c (mm) | | 50 | 464 | 540 | 540 | 850 | 1183 | 1350 | 1350 |
| | 圧縮側 かぶり c' (mm) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 引張側 鉄筋・ピッチ | | D16@1000 | D16@500 | D16@500 | D16@500 | D10@1000 | D10@500 | D10@500 | D10@500 |
| | 圧縮側 鉄筋・ピッチ | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 断面力方向及び引張鉄筋 内・外 | | | 外側 | 内側 | 内側 | 内側 | 内側 | 内側 | 内側 | 内側 |
| データ | 引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²) | | 199 | 397 | 397 | 397 | 71 | 143 | 143 | 143 |
| | 圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 鉄筋周長 U (mm) | | 100 | 100 | 100 | 100 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | 有効部材厚 d (mm) | | 420 | 50 | 50 | 50 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| | 圧縮側かぶり d' (mm) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 係数 | ヤング係数比 n | | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| | 引張鉄筋比 p | | 0.00047 | 0.00794 | 0.00794 | 0.00794 | 0.00047 | 0.00095 | 0.00095 | 0.00095 |
| | 圧縮鉄筋比 p' | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 中立軸比 k | | 0.11190 | 0.38328 | 0.38328 | 0.38328 | 0.11190 | 0.15517 | 0.15517 | 0.15517 |
| | 応力軸比 j | | 0.96270 | 0.87224 | 0.87224 | 0.87224 | 0.96270 | 0.94828 | 0.94828 | 0.94828 |
| | 係数 L_c | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 中立軸の位置 χ (mm) | | 47.00 | 19.16 | 19.16 | 19.16 | 16.79 | 23.28 | 23.28 | 23.28 |
| 計算結果 | 曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²) | 8.000 | 0.000 | 0.074 | 2.850 | 5.224 | 0.087 | 0.388 | 0.719 | 1.319 |
| | 引張応力度 σ_s (N/mm ²) | 176.000 | 0.000 | 1.790 | 68.788 | 126.083 | 10.241 | 31.612 | 58.553 | 107.322 |
| | 圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²) | 176.000 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | せん断応力度 τ (N/mm ²) | 0.420 | 0.000 | 0.008 | 0.091 | 0.091 | 0.005 | 0.019 | 0.028 | 0.028 |
| | 付着応力度 τ_o (N/mm ²) | 1.500 | 0.000 | 0.080 | 0.910 | 0.910 | 0.090 | 0.309 | 0.465 | 0.465 |
| 判定 | | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| 計算式 | | | 単鉄筋計算 | | | | 単鉄筋計算 | | | |



2) 応力度計算表

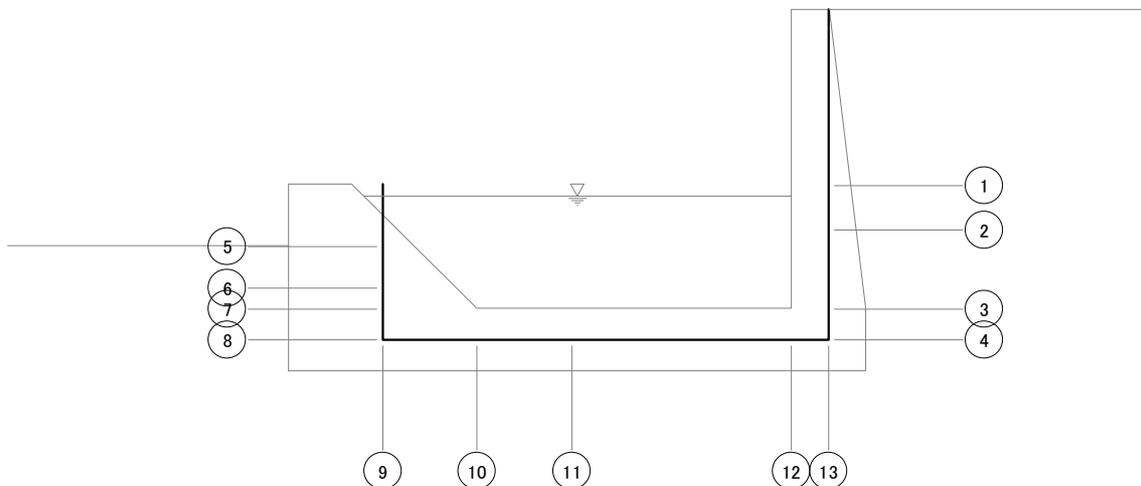
| | | 許容値 | 底 版 | | | | |
|------------|---|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | ⑨ | ⑩ | ⑪ | ⑫ | ⑬ |
| 検討位置 H (m) | | | 0.000 | 0.750 | 1.722 | 3.250 | 3.545 |
| 断面力 | 曲げモーメント M (kN・m) | | -2.183 | -21.565 | -30.330 | -10.358 | -2.183 |
| | せん断力 S (kN) | | -33.542 | -18.305 | 0.000 | 25.472 | 29.926 |
| 部材 | 単位部材幅 b (mm) | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | 部材厚 h (mm) | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 配筋計画 | 引張側 かぶり c (mm) | | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 |
| | 圧縮側 かぶり c' (mm) | | — | — | — | — | — |
| | 引張側 鉄筋・ピッチ | | D22@250 | D22@250 | D22@250 | D22@250 | D22@250 |
| | 圧縮側 鉄筋・ピッチ | | — | — | — | — | — |
| | 断面力方向及び引張鉄筋 内・外 | | 内側 | 内側 | 内側 | 内側 | 内側 |
| データ | 引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²) | | 1548 | 1548 | 1548 | 1548 | 1548 |
| | 圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²) | | — | — | — | — | — |
| | 鉄筋周長 U (mm) | | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 |
| | 有効部材厚 d (mm) | | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| | 圧縮側かぶり d' (mm) | | — | — | — | — | — |
| 係数 | ヤング係数比 n | | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| | 引張鉄筋比 p | | 0.01032 | 0.01032 | 0.01032 | 0.01032 | 0.01032 |
| | 圧縮鉄筋比 p' | | — | — | — | — | — |
| | 中立軸比 k | | 0.42275 | 0.42275 | 0.42275 | 0.42275 | 0.42275 |
| | 応力軸比 j | | 0.85908 | 0.85908 | 0.85908 | 0.85908 | 0.85908 |
| | 係数 L _c | | — | — | — | — | — |
| | 中立軸の位置 χ (mm) | | 63.41 | 63.41 | 63.41 | 63.41 | 63.41 |
| 計算結果 | 曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²) | 8.000 | 0.534 | 5.278 | 7.423 | 2.535 | 0.534 |
| | 引張応力度 σ _s (N/mm ²) | 176.000 | 10.944 | 108.107 | 152.047 | 51.925 | 10.944 |
| | 圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²) | 176.000 | — | — | — | — | — |
| | せん断応力度 τ (N/mm ²) | 0.420 | 0.260 | 0.142 | 0.000 | 0.198 | 0.232 |
| | 付着応力度 τ _o (N/mm ²) | 1.500 | 0.930 | 0.507 | 0.000 | 0.706 | 0.829 |
| 判 定 | | | OK | OK | OK | OK | OK |
| 計 算 式 | | | 単鉄筋計算 | | | | |



7.3 荷重組み合わせパターン（常時：ケースⅢ）

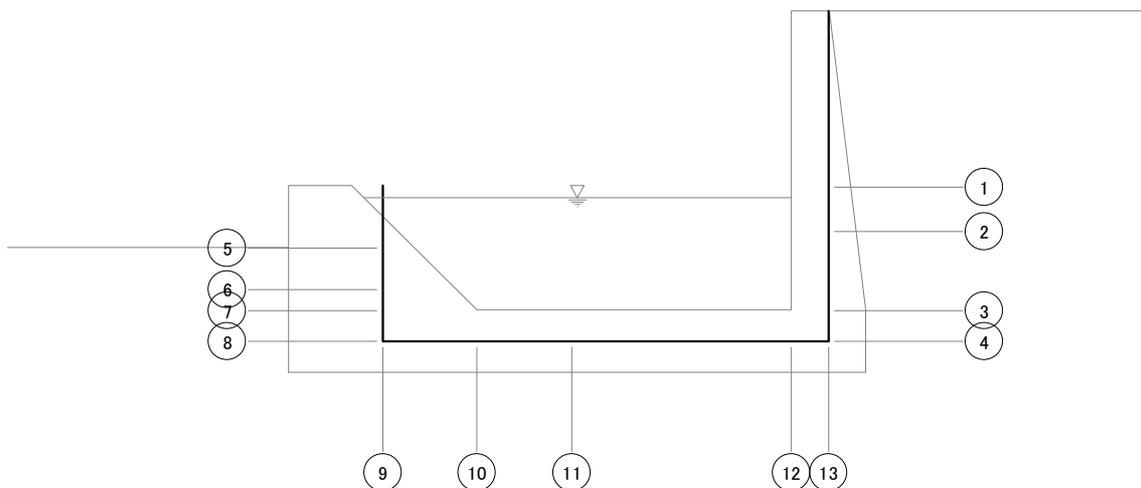
1) 応力度計算表

| | | 許容値 | 右側壁 | | | | 左側壁 | | | |
|-----------------|---|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 検討位置 H (m) | | | 1.410 | 1.767 | 2.400 | 2.650 | 0.500 | 0.833 | 1.000 | 1.250 |
| 断面力 | 曲げモーメント M (kN・m) | | 2.695 | 5.273 | 12.098 | 15.707 | -0.105 | -0.540 | -0.842 | -1.004 |
| | せん断力 S (kN) | | 5.734 | 8.655 | 12.642 | 16.283 | -0.784 | -1.703 | -1.874 | 0.745 |
| 部材 | 単位部材幅 b (mm) | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | 部材厚 h (mm) | | 470 | 514 | 590 | 590 | 1000 | 1333 | 1500 | 1500 |
| 配筋計画 | 引張側 かぶり c (mm) | | 50 | 50 | 50 | 50 | 850 | 1183 | 1350 | 1350 |
| | 圧縮側 かぶり c' (mm) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 引張側 鉄筋・ピッチ | | D16@1000 | D16@500 | D16@500 | D16@500 | D10@1000 | D10@500 | D10@500 | D10@500 |
| | 圧縮側 鉄筋・ピッチ | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 断面力方向及び引張鉄筋 内・外 | | | 外側 | 外側 | 外側 | 外側 | 内側 | 内側 | 内側 | 内側 |
| データ | 引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²) | | 199 | 397 | 397 | 397 | 71 | 143 | 143 | 143 |
| | 圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 鉄筋周長 U (mm) | | 100 | 100 | 100 | 100 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | 有効部材厚 d (mm) | | 420 | 464 | 540 | 540 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| | 圧縮側かぶり d' (mm) | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 係数 | ヤング係数比 n | | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| | 引張鉄筋比 p | | 0.00047 | 0.00086 | 0.00074 | 0.00074 | 0.00047 | 0.00095 | 0.00095 | 0.00095 |
| | 圧縮鉄筋比 p' | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 中立軸比 k | | 0.11190 | 0.14824 | 0.13831 | 0.13831 | 0.11190 | 0.15517 | 0.15517 | 0.15517 |
| | 応力軸比 j | | 0.96270 | 0.95059 | 0.95390 | 0.95390 | 0.96270 | 0.94828 | 0.94828 | 0.94828 |
| | 係数 L _c | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 中立軸の位置 χ (mm) | | 47.00 | 68.78 | 74.69 | 74.69 | 16.79 | 23.28 | 23.28 | 23.28 |
| 計算結果 | 曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²) | 8.000 | 0.284 | 0.348 | 0.629 | 0.817 | 0.087 | 0.326 | 0.509 | 0.607 |
| | 引張応力度 σ _s (N/mm ²) | 176.000 | 33.494 | 30.113 | 59.160 | 76.808 | 10.241 | 26.548 | 41.395 | 49.359 |
| | 圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²) | 176.000 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | せん断応力度 τ (N/mm ²) | 0.420 | 0.014 | 0.020 | 0.025 | 0.032 | 0.005 | 0.012 | 0.013 | 0.005 |
| | 付着応力度 τ _o (N/mm ²) | 1.500 | 0.142 | 0.196 | 0.245 | 0.316 | 0.090 | 0.200 | 0.220 | 0.087 |
| 判定 | | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| 計算式 | | | 単鉄筋計算 | | | | 単鉄筋計算 | | | |

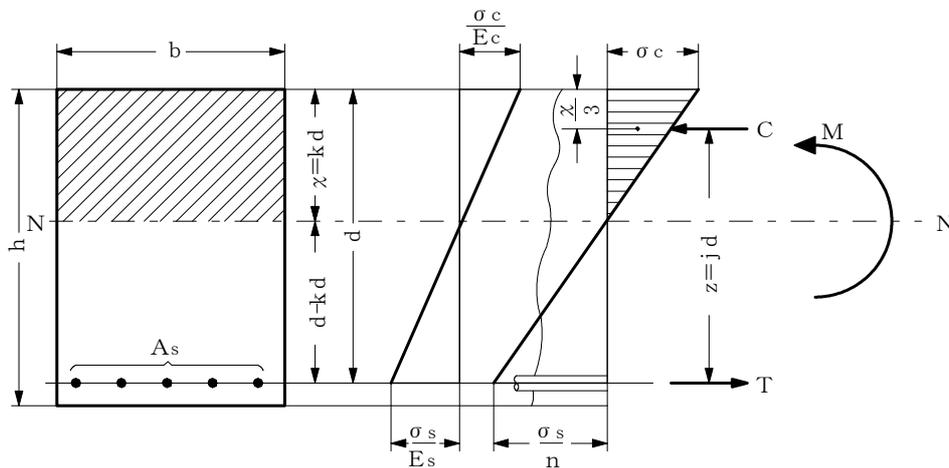


2) 応力度計算表

| | | 許容値 | 底 版 | | | | |
|------------|---|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | ⑨ | ⑩ | ⑪ | ⑫ | ⑬ |
| 検討位置 H (m) | | | 0.000 | 0.750 | 1.504 | 3.250 | 3.545 |
| 断面力 | 曲げモーメント M (kN・m) | | -1.004 | -19.765 | -25.901 | 4.805 | 15.707 |
| | せん断力 S (kN) | | -33.753 | -16.437 | 0.000 | 34.303 | 39.582 |
| 部材 | 単位部材幅 b (mm) | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | 部材厚 h (mm) | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 配筋計画 | 引張側 かぶり c (mm) | | 350 | 350 | 350 | 150 | 150 |
| | 圧縮側 かぶり c' (mm) | | — | — | — | — | — |
| | 引張側 鉄筋・ピッチ | | D22@250 | D22@250 | D22@250 | D22@250 | D22@250 |
| | 圧縮側 鉄筋・ピッチ | | — | — | — | — | — |
| | 断面力方向及び引張鉄筋 内・外 | | 内側 | 内側 | 内側 | 外側 | 外側 |
| データ | 引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²) | | 1548 | 1548 | 1548 | 1548 | 1548 |
| | 圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²) | | — | — | — | — | — |
| | 鉄筋周長 U (mm) | | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 |
| | 有効部材厚 d (mm) | | 150 | 150 | 150 | 350 | 350 |
| | 圧縮側かぶり d' (mm) | | — | — | — | — | — |
| 係数 | ヤング係数比 n | | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| | 引張鉄筋比 p | | 0.01032 | 0.01032 | 0.01032 | 0.00442 | 0.00442 |
| | 圧縮鉄筋比 p' | | — | — | — | — | — |
| | 中立軸比 k | | 0.42275 | 0.42275 | 0.42275 | 0.30383 | 0.30383 |
| | 応力軸比 j | | 0.85908 | 0.85908 | 0.85908 | 0.89872 | 0.89872 |
| | 係数 L _c | | — | — | — | — | — |
| | 中立軸の位置 χ (mm) | | 63.41 | 63.41 | 63.41 | 106.34 | 106.34 |
| 計算結果 | 曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²) | 8.000 | 0.246 | 4.838 | 6.339 | 0.287 | 0.939 |
| | 引張応力度 σ _s (N/mm ²) | 176.000 | 5.033 | 99.083 | 129.844 | 9.868 | 32.257 |
| | 圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²) | 176.000 | — | — | — | — | — |
| | せん断応力度 τ (N/mm ²) | 0.420 | 0.262 | 0.128 | 0.000 | 0.109 | 0.126 |
| | 付着応力度 τ _o (N/mm ²) | 1.500 | 0.935 | 0.456 | 0.000 | 0.389 | 0.449 |
| 判 定 | | | OK | OK | OK | OK | OK |
| 計 算 式 | | | 単鉄筋計算 | | | | |



単鉄筋の算定式



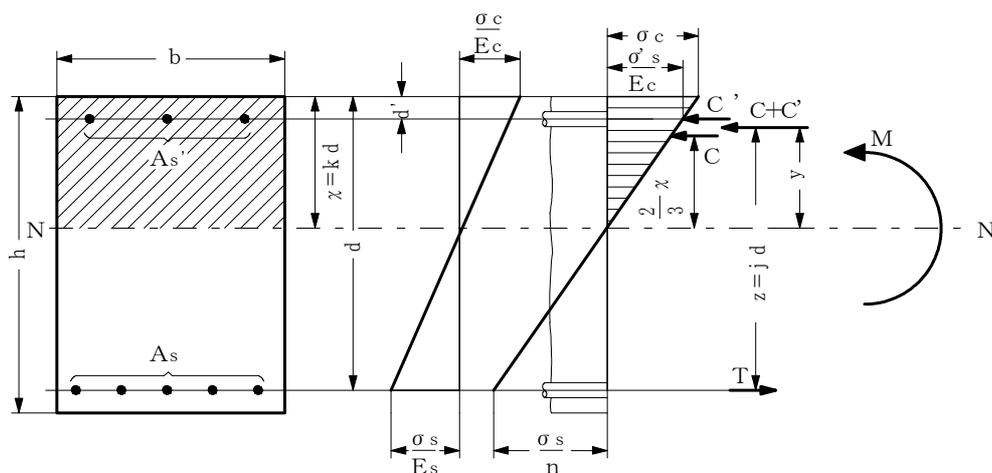
$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$k = \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad j = 1 - \frac{k}{3}$$

$$\sigma_c = \frac{2M}{k \cdot j \cdot b \cdot d^2} \quad \tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d}$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \quad \tau_0 = \frac{S}{U \cdot j \cdot d}$$

複鉄筋の算定式



$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$p' = \frac{A_s'}{b \cdot d}$$

$$k = \sqrt{2n \left(p + p' \frac{d'}{d} \right) + n^2 (p + p')^2} - n (p + p')$$

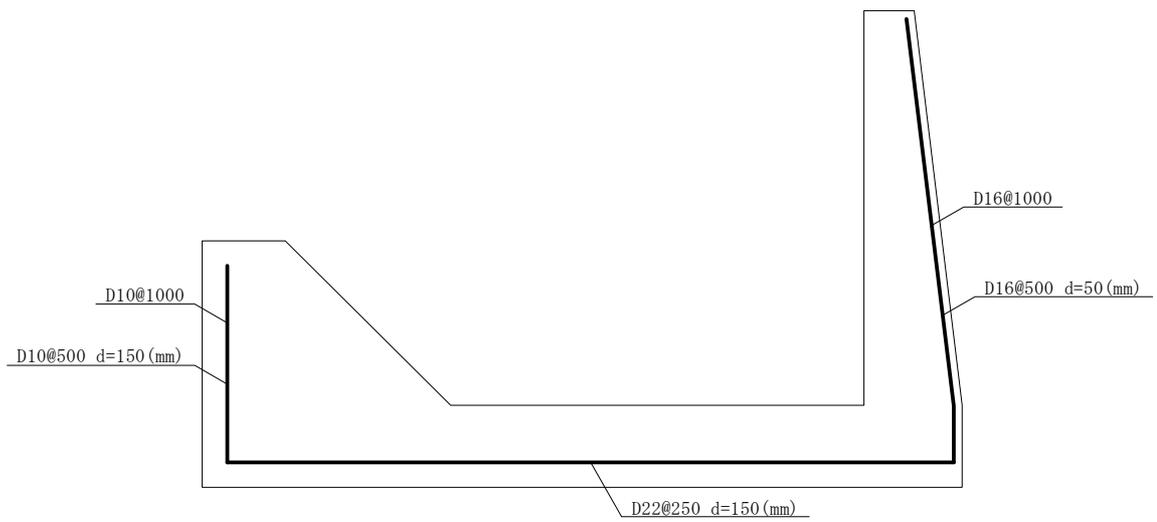
$$j = \frac{k^2 \left(1 - \frac{k}{3} \right) + 2n p' \left(k - \frac{d'}{d} \right) \left(1 - \frac{d'}{d} \right)}{k^2 + 2n p' \left(k - \frac{d'}{d} \right)}$$

$$\sigma_c = \frac{M}{b \cdot d^2 \cdot L_c} \quad L_c = \frac{k}{2} \left(1 - \frac{k}{3} \right) + \frac{n p'}{k} \left(k - \frac{d'}{d} \right) \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$$

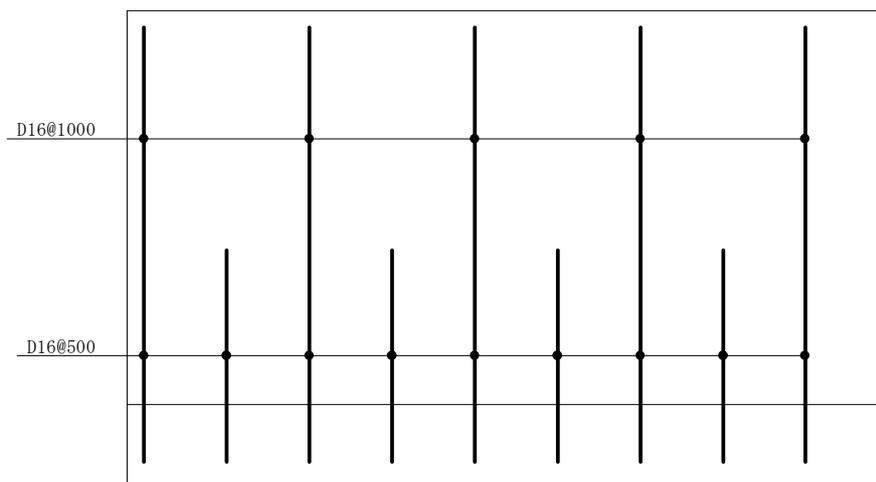
$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \quad \tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d} \quad \tau_0 = \frac{S}{U \cdot j \cdot d}$$

7. 配筋图

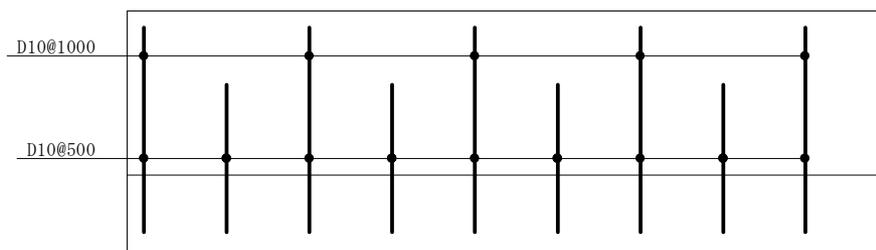
1) 正面图



2) 右侧壁图



3) 左侧壁图

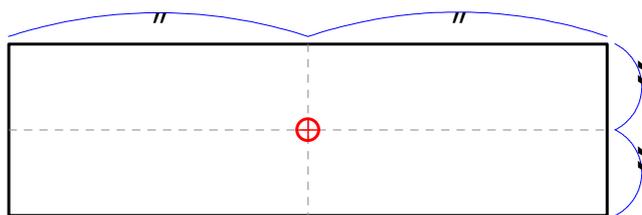


参考資料 重心の計算

1. 長方形の重心

長方形の重心は、水平・垂直共に辺長の1/2の位置となる。

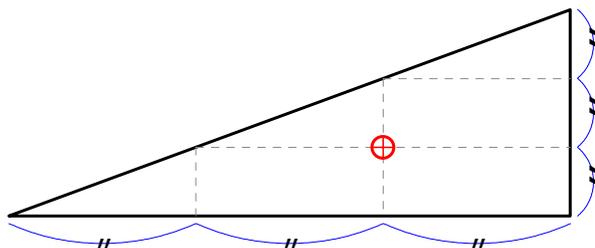
丸は重心の位置を示す。



2. 直角三角形の重心

直角三角形の重心は、水平・垂直共に直角をなす角より辺長の1/3の位置となる。

丸は重心の位置を示す。



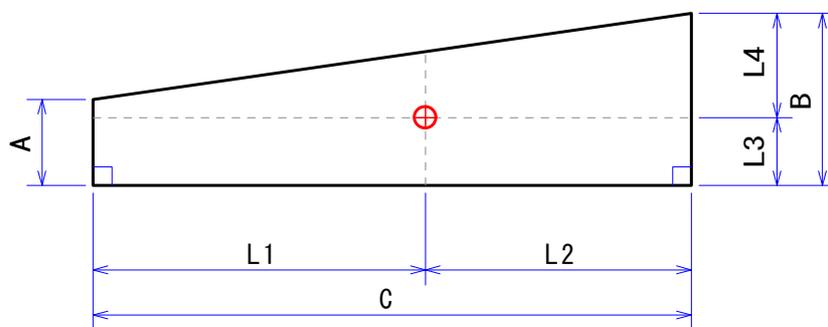
3. 台形（直角のある台形）の重心

二つの直角を含む台形の基点から重心までの距離は、基点の位置や台形の向きにより縦横それぞれの計算式が異なる。

各点から重心までの距離を求める式を以下に示す。

台形の向きや基点の位置に応じて適時読み替えを行う。

丸は重心の位置を示す。



$$L1 = \frac{C}{3} \cdot \frac{A + 2B}{A + B}$$

$$L3 = \frac{1}{3} \left(A + B - \frac{A \cdot B}{A + B} \right)$$

$$L2 = \frac{C}{3} \cdot \frac{2A + B}{A + B}$$

$$L4 = \frac{1}{3} \left(2B - \frac{A^2}{A + B} \right)$$