

# 水路設計計算システム

Ver6.0

適用基準

土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」  
基準書 技術書 (H26/3)

出力例

鉄筋コンクリート水路構造計算書  
(安定計算および部材断面計算)

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先 : 大阪事務所 (技術サービス)

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

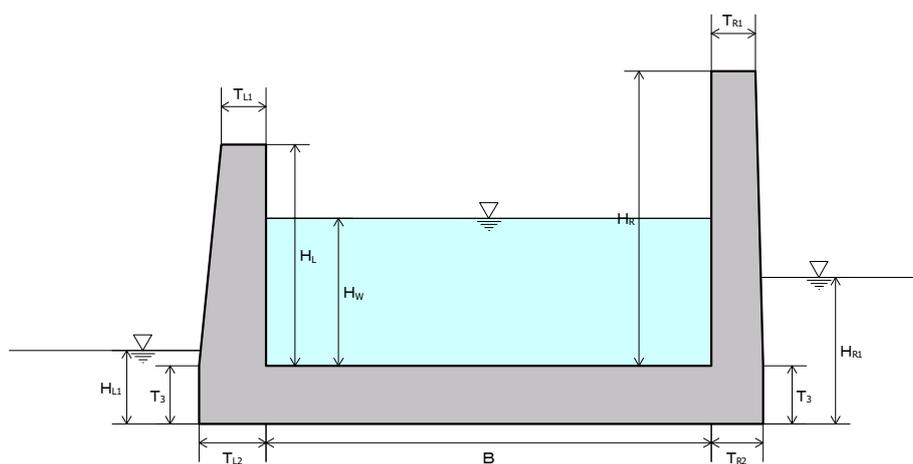
<http://www.sipc.co.jp> [mail@sipc.co.jp](mailto:mail@sipc.co.jp)

# 1. 設計条件

## 1.1 単位体積重量

項目	記号	値	単位
フルーム(躯体)	$\gamma_{sc}$	24.500	kN/m <sup>3</sup>
湿潤土	$\gamma_t$	18.000	kN/m <sup>3</sup>
水中土	$\gamma_{ws}$	10.000	kN/m <sup>3</sup>
水	$\gamma_w$	9.800	kN/m <sup>3</sup>

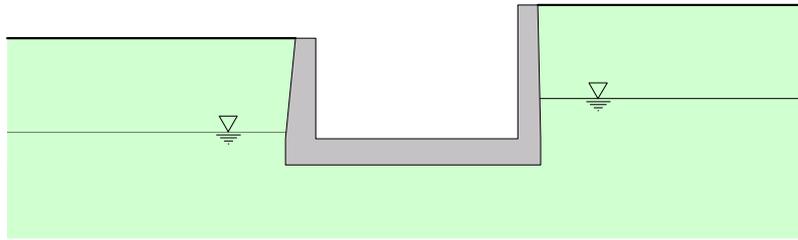
## 1.2 躯体形状



項目	記号	値	単位	備考
側壁高(右側)	$H_R$	2000	mm	
側壁高(左側)	$H_L$	1500	mm	
水路内幅	$B$	3000	mm	
側壁上部厚(右側)	$T_{R1}$	300	mm	
側壁下部厚(右側)	$T_{R2}$	350	mm	
側壁上部厚(左側)	$T_{L1}$	300	mm	
側壁下部厚(左側)	$T_{L2}$	450	mm	
底版厚	$T_3$	400	mm	
水路内水位	$H_w$	1000	mm	
地下水位(右側)	$H_{R1}$	1000	mm	
地下水位(左側)	$H_{L1}$	500	mm	

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

### 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

### 1.4 土質条件

土圧公式は、「試行くさび法」にて算出する。

項目	記号	値	単位	備考
土の内部摩擦角度	$\phi_R$	30.000	°	右側
土の内部摩擦角度	$\phi_L$	25.000	°	左側
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (右側)	$\delta_R$	20.000	°	計算値
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (左側)	$\delta_L$	16.667	°	計算値
壁背面の傾斜角 (右側)	$\theta_R$	88.807	°	計算値
壁背面の傾斜角 (左側)	$\theta_L$	85.486	°	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

$$n = (T_{R2} - T_{R1}) / (H_R + T_3) = (350 - 300) / (2000 + 400) = 0.021$$

張出しの長さ

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

$n < 0.100$  で、しかも  $T_B < 0.100$  のため

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

##### ・左側

側壁背面のコロビ「n」の算出

$$n = (T_{L2} - T_{L1}) / (H_L + T_3) = (450 - 300) / (1500 + 400) = 0.079$$

張出しの長さ

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

$n < 0.100$  で、しかも  $T_B < 0.100$  のため

$$\delta_L = 2/3 \phi = 16.667$$

**【壁背面の傾斜角】**

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{(H_R + T_3) / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(2000 + 400) / (350 - 300)\} \\ &= 88.807^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_L &= \tan^{-1}\{(H_L + T_3) / (T_{L2} - T_{L1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(1500 + 400) / (450 - 300)\} \\ &= 85.486^\circ\end{aligned}$$

**【試行くさび法】**

## ・主働土圧

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta_0)}{\cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 $\omega$ の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最大値を主働土圧( $P_{AR}$ 、 $P_{AL}$ )とする。

ここに、

$\omega$  : すべり面が水平面となす角 ( $^\circ$ )

$W$  : 土くさびの重量 (上載荷重を含む) (kN/m)

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

$$P_P = \frac{\sin(\omega + \phi - \theta_0)}{\cos(\omega + \phi + \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 $\omega$ の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最小値を受働土圧( $P_{PR}$ 、 $P_{PL}$ )とする。

ここに、

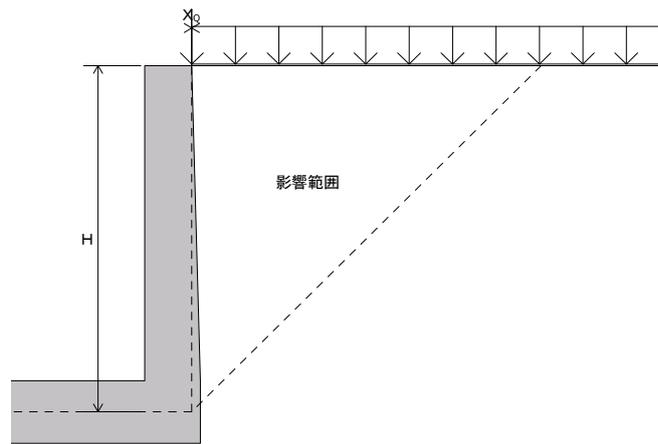
$\omega$  : すべり面が水平面となす角 ( $^\circ$ )

$W$  : 土くさびの重量 (上載荷重を含む) (kN/m)

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 自動車荷重



項目	記号	値		単位	備考
		左側	右側		
法肩からの距離	$X_q$	0.000	—	m	
等分布荷重	$Q$	10.000	—	kN/m <sup>2</sup>	左側：T-25
荷重作用位置	$X$	0.000	—	m	
荷重作用範囲	$H$	1.700	—	m	
法高	$H_0$	—	—	m	
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	$q_q$	10.000	—	kN/m <sup>2</sup>	$Q \cdot I_w$

・左側

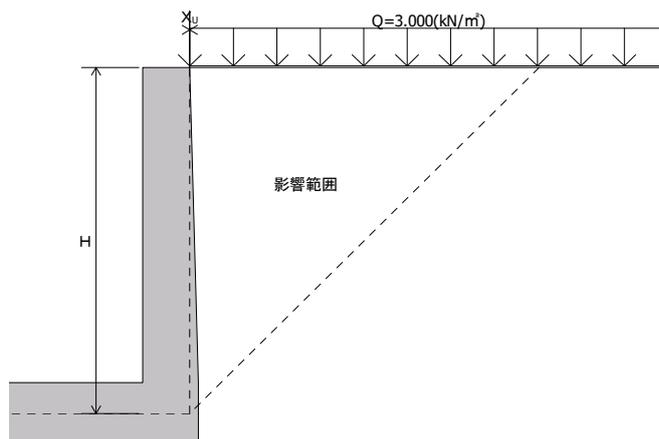
$$\text{荷重作用位置 } X = 0.000$$

$$\begin{aligned} \text{荷重作用範囲 } H &= \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 1.500 + 0.400 / 2 \\ &= 1.700 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{換算後の等分布荷重 } q_q &= Q \cdot I_w = 10.000 \times 1.000 \\ &= 10.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= 1 + \left( \frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left( \frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left( \frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left( \frac{X}{H} \right) \\ &= 1 + (0.000/1.700)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (0.000/1.700)^2\} \cdot \tan^{-1}(0.000/1.700) - 2/\pi \cdot (0.000/1.700) \\ &= 1.000 \end{aligned}$$

## 2.2 群集荷重



項目	記号	値		単位	備考
		左側	右側		
側壁外側からの距離	$X_u$	—	0.000	m	
等分布荷重	$Q$	—	3.000	kN/m <sup>2</sup>	
荷重作用位置	$X$	—	0.000	m	$X_u$
荷重作用範囲	$H$	—	2.200	m	
法高	$H_0$	—	—	m	
等分布荷重換算係数	$I_w$	—	1.000		フリ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 <sup>2</sup>	$Q \cdot I_w$

・右側

荷重作用位置  $X = 0.000$

荷重作用範囲  $H = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 2.000 + 0.400 / 2$   
 $= 2.200$

換算後の等分布荷重  $q_u = Q \cdot I_w = 3.000 \times 1.000$   
 $= 3.000$

$$\begin{aligned}
 I_w &= 1 + \left( \frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left( \frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left( \frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left( \frac{X}{H} \right) \\
 &= 1 + (0.000/2.200)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (0.000/2.200)^2\} \cdot \tan^{-1}(0.000/2.200) - 2/\pi \cdot (0.000/2.200) \\
 &= 1.000
 \end{aligned}$$

### 3 安定計算

#### 3.1 浮上に対する検討

##### 1) 諸条件

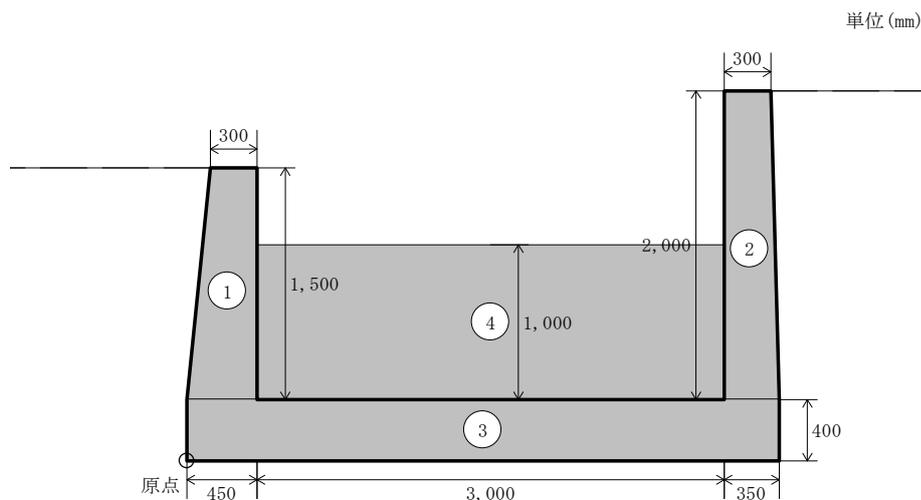
項目	記号	値	単位	備考
安全率	$F_s$	1.200		
地下水位(右側)	$H_{R1}$	1.000	m	底版下からの水位
地下水位(左側)	$H_{L1}$	0.500	m	底版下からの水位
静水圧	$P$	7.350	$\text{kN/m}^2$	$\gamma_w \cdot (H_{R1} + H_{L1}) / 2$
作用幅	$L$	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$

- ・張出し重量を自重に含めない。
- ・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水中土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を含めない。

##### 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		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	—	—	—	—	$\text{kN/m}^2$	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	$\text{kN/m}^2$	
合計						$\text{kN/m}^2$	

##### 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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )	$M_y$ ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	0.000			189.206	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

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_A$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	41.014	0.342/1.000	14.027
52.000	1.905	0.395	1.875	38.240	0.375/1.000	14.340
54.000	1.775	0.368	1.744	35.630	0.407/0.999	14.516
56.000	1.651	0.342	1.619	33.138	0.438/0.996	14.573
56.199	1.639	0.339	1.607	32.892	0.441/0.996	14.564
<b>56.200</b>	<b>1.639</b>	<b>0.339</b>	<b>1.607</b>	<b>32.892</b>	<b>0.442/0.996</b>	<b>14.597</b>
56.201	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
57.000	1.591	0.329	1.559	31.928	0.454/0.995	14.568
58.000	1.533	0.317	1.500	30.764	0.469/0.993	14.530

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	28.446	0.423/0.998	12.057
52.000	1.425	0.098	1.484	26.630	0.454/0.995	12.151
53.000	1.378	0.095	1.432	25.754	0.469/0.993	12.164
53.719	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
<b>53.720</b>	<b>1.345</b>	<b>0.092</b>	<b>1.395</b>	<b>25.130</b>	<b>0.481/0.991</b>	<b>12.197</b>
53.721	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
54.000	1.333	0.091	1.380	24.904	0.485/0.991	12.188
56.000	1.245	0.085	1.282	23.260	0.515/0.985	12.161
58.000	1.162	0.079	1.187	21.706	0.545/0.979	12.084

$A_1, A_2$ は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

$A_1$  : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

$A_2$  : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

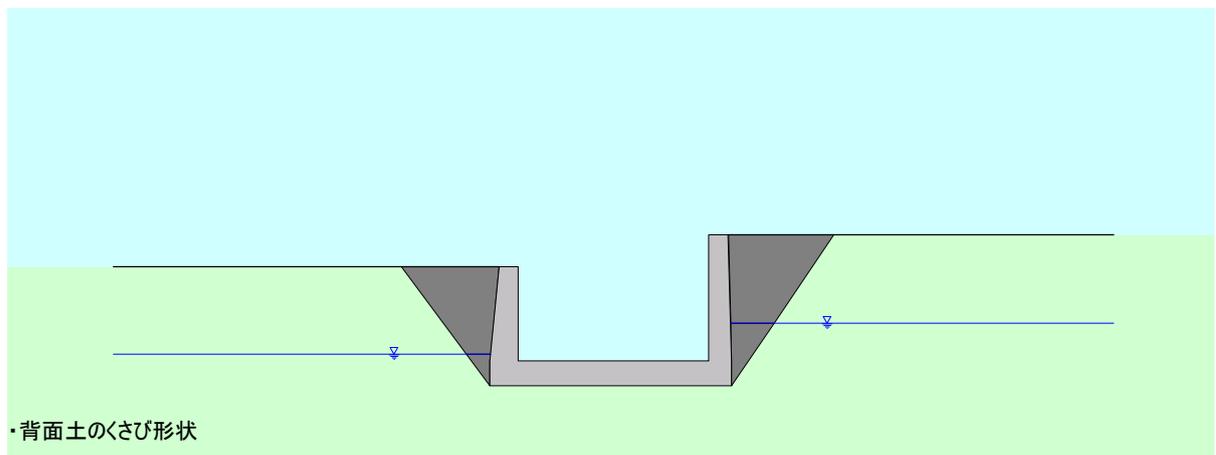
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

$P_A$  : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 56.200(°)、左 53.720(°)となり、主働土圧は右 14.597(kN/m)、左 12.197(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

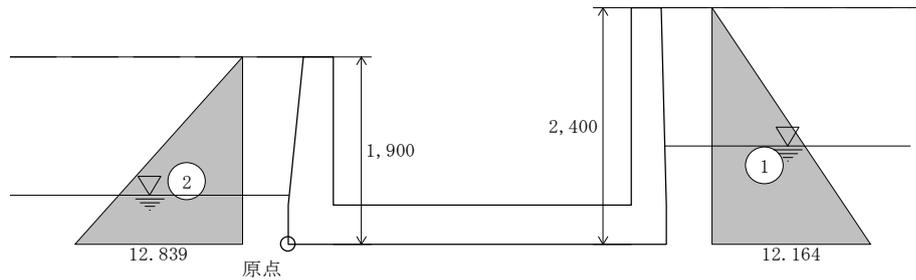
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$12.164 \times 2.400 \div 2$	14.597	5.284	13.604	3.800	0.800	20.079	10.883
2	$12.839 \times 1.900 \div 2$	12.197	4.403	-11.368		0.633		-7.196
合計		26.794	9.687	2.236			20.079	3.687

「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) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	$\Delta X$	$\Delta Y$	$M_x$	$M_y$
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m <sup>3</sup> )	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
2	蓋版上面へのT-14後輪荷重	55.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		99.100	0.000			86.019	0.000

## 6) 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。

$$F_s \leq (\Sigma V + P_v) / (P \cdot L) \dots\dots\dots (1)$$

$$F_s = (96.346 + 99.100 + 9.687 \times 0.5) / (7.350 \times 3.800) \geq 1.200$$
$$= 7.171 \geq 1.200 \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

ここに、

$\Sigma V$  : 躯体の自重(水路上面荷重を含む) (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/m<sup>2</sup>)

$L$  : 作用幅 (m)

### 3.2 地盤支持力に対する検討

#### 1) 諸条件

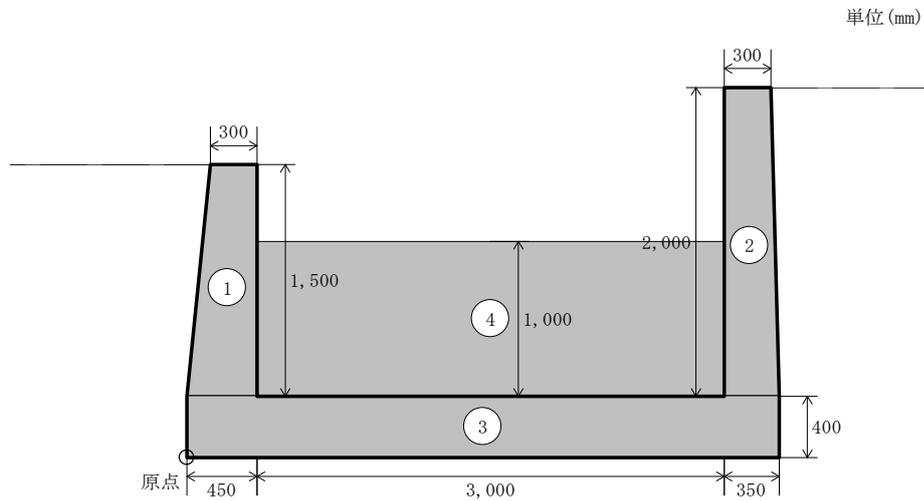
項目	記号	値	単位	備考
許容支持力	$q_a$	382.410	kN/m <sup>2</sup>	

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し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。
- ・鉛直力に浮力を含めない。

#### 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		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	○	—	10.000	—	kN/m <sup>2</sup>	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m <sup>2</sup>	
合計				10.000	—	kN/m <sup>2</sup>	

#### 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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN·m)	$M_y$ (kN·m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	0.000			189.206	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

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_A$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	44.406	0.342/1.000	15.187
52.000	1.905	0.395	1.875	41.400	0.375/1.000	15.525
54.000	1.775	0.368	1.744	38.574	0.407/0.999	15.715
56.000	1.651	0.342	1.619	35.874	0.438/0.996	15.776
56.199	1.639	0.339	1.607	35.604	0.441/0.996	15.764
<b>56.200</b>	<b>1.639</b>	<b>0.339</b>	<b>1.607</b>	<b>35.604</b>	<b>0.442/0.996</b>	<b>15.800</b>
56.201	1.639	0.339	1.607	35.604	0.442/0.996	15.800
57.000	1.591	0.329	1.559	34.560	0.454/0.995	15.769
58.000	1.533	0.317	1.500	33.300	0.469/0.993	15.728

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	45.229	0.423/0.998	19.170
52.000	1.425	0.098	1.484	42.258	0.454/0.995	19.282
53.000	1.378	0.095	1.432	40.832	0.469/0.993	19.285
53.391	1.360	0.093	1.412	40.269	0.475/0.992	19.282
<b>53.392</b>	<b>1.360</b>	<b>0.093</b>	<b>1.411</b>	<b>40.269</b>	<b>0.476/0.992</b>	<b>19.323</b>
53.393	1.360	0.093	1.411	40.268	0.476/0.992	19.322
54.000	1.333	0.091	1.380	39.436	0.485/0.991	19.300
56.000	1.245	0.085	1.282	36.756	0.515/0.985	19.218
58.000	1.162	0.079	1.187	34.211	0.545/0.979	19.045

$A_1, A_2$ は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = (A_1 + A_2) \times \gamma_t + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

$A_1$  : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

$A_2$  : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

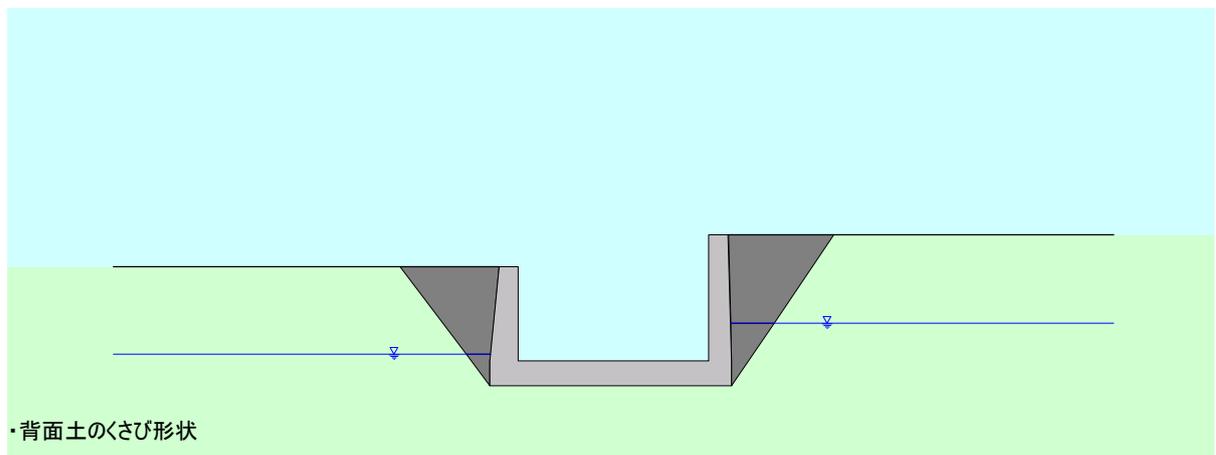
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

$P_A$  : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 56.200(°)、左 53.392(°)となり、主働土圧は右 15.800(kN/m)、左 19.323(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

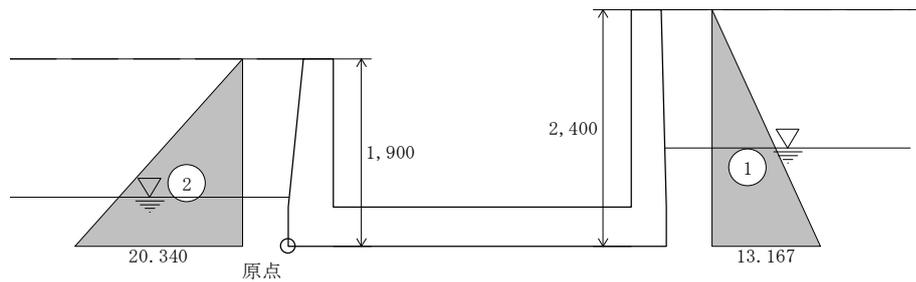
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_X$ (kN・m)	$M_Y$ (kN・m)
1	$13.167 \times 2.400 \div 2$	15.800	5.720	14.726	3.800	0.800	21.736	11.781
2	$20.340 \times 1.900 \div 2$	19.323	6.976	-18.009		0.633		-11.400
合計		35.123	12.696	-3.283			21.736	0.381

「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) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	$\Delta X$	$\Delta Y$	$M_X$	$M_Y$
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m <sup>3</sup> )	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
2	蓋版上面へのT-14後輪荷重	55.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		99.100	0.000			86.019	0.000

## 6) 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/m<sup>2</sup>)
- $q_{\max}$  : 最大地盤反力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- $q_a$  : 許容地盤支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- $L$  : 基礎面の長さ (作用幅) (m)
- $e$  :  $\Sigma V$ の作用点の偏心距離 (m)
- $\Sigma V$  : 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。
- $\Sigma M_x$  : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- $\Sigma M_y$  : 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 <sub>x</sub> (kN・m)	M <sub>y</sub> (kN・m)
自 重	96.346		189.206	
土圧および載荷重	12.696	-3.283	21.736	0.381
水路上面荷重	99.100		86.019	
合 計	208.142	-3.283	296.961	0.381

$$e = | 3.800 / 2 - (296.961 - 0.381) / 208.142 |$$

$$= 0.475 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.900m)の1/3(0.633m)内にあるため、式(3)にて地盤反力を検討する。

$$q_1 = 208.142 / 3.800 \times (1 + 6 \times 0.475 / 3.800)$$

$$= 95.855 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 208.142 / 3.800 \times (1 - 6 \times 0.475 / 3.800)$$

$$= 13.694 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって、 $q_{\max} = 95.855 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ となる。

$$q_{\max} = 95.855 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 382.410 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

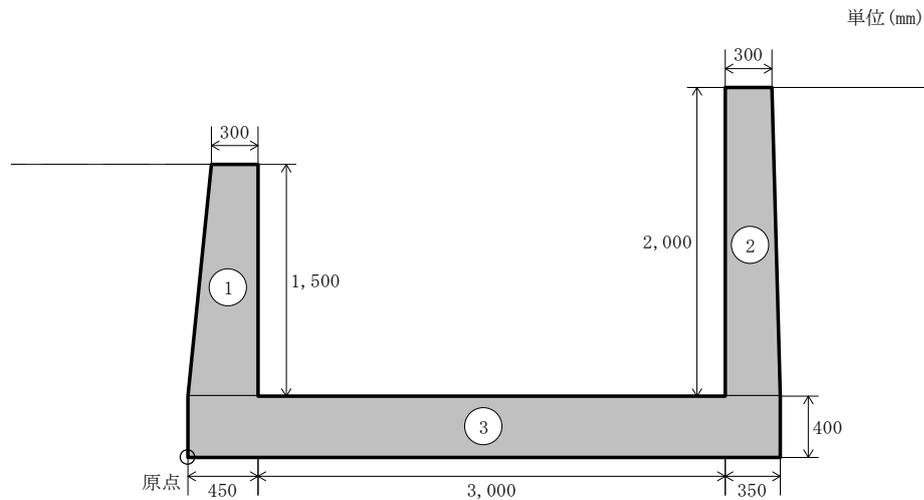
### 3.3 転倒に対する検討

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し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。
- ・鉛直力に浮力を考慮する。

#### 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		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	○	—	10.000	—	kN/m <sup>2</sup>	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m <sup>2</sup>	
合計				10.000	—	kN/m <sup>2</sup>	

#### 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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
合計		66.946	66.946	0.000			131.876	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

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_A$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	41.014	0.342/1.000	14.027
52.000	1.905	0.395	1.875	38.240	0.375/1.000	14.340
54.000	1.775	0.368	1.744	35.630	0.407/0.999	14.516
56.000	1.651	0.342	1.619	33.138	0.438/0.996	14.573
56.199	1.639	0.339	1.607	32.892	0.441/0.996	14.564
<b>56.200</b>	<b>1.639</b>	<b>0.339</b>	<b>1.607</b>	<b>32.892</b>	<b>0.442/0.996</b>	<b>14.597</b>
56.201	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
57.000	1.591	0.329	1.559	31.928	0.454/0.995	14.568
58.000	1.533	0.317	1.500	30.764	0.469/0.993	14.530

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	44.389	0.423/0.998	18.814
52.000	1.425	0.098	1.484	41.474	0.454/0.995	18.924
53.000	1.378	0.095	1.432	40.072	0.469/0.993	18.926
53.391	1.360	0.093	1.412	39.525	0.475/0.992	18.926
<b>53.392</b>	<b>1.360</b>	<b>0.093</b>	<b>1.411</b>	<b>39.525</b>	<b>0.476/0.992</b>	<b>18.966</b>
53.393	1.360	0.093	1.411	39.524	0.476/0.992	18.965
54.000	1.333	0.091	1.380	38.708	0.485/0.991	18.944
56.000	1.245	0.085	1.282	36.076	0.515/0.985	18.862
58.000	1.162	0.079	1.187	33.579	0.545/0.979	18.693

$A_1, A_2$ は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

$A_1$  : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

$A_2$  : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

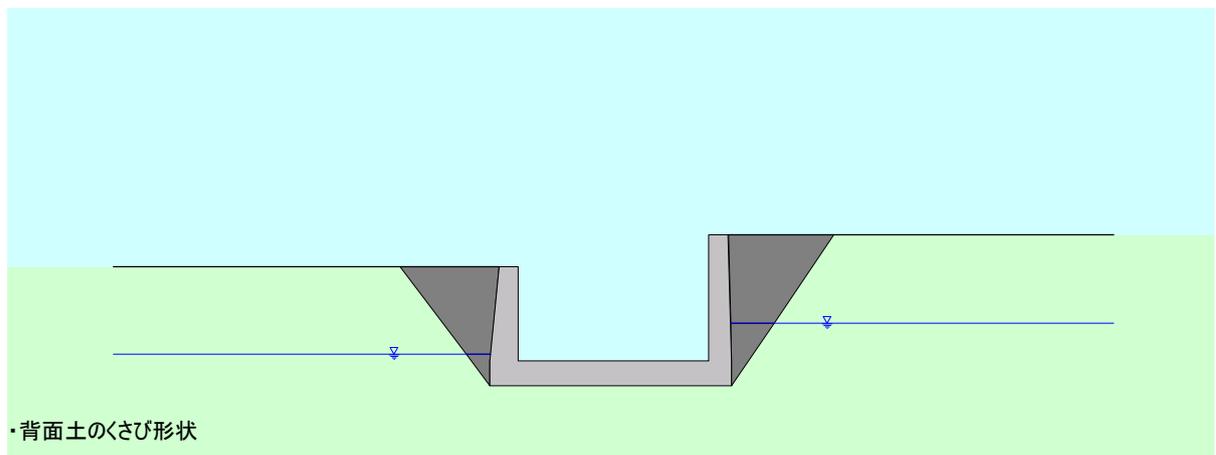
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

$P_A$  : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 56.200(°)、左 53.392(°)となり、主働土圧は右 14.597(kN/m)、左 18.966(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

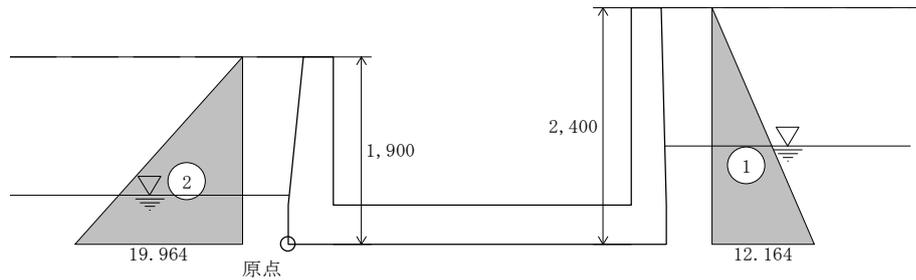
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$12.164 \times 2.400 \div 2$	14.597	5.284	13.604	3.800	0.800	20.079	10.883
2	$19.964 \times 1.900 \div 2$	18.966	6.847	-17.676		0.633		-11.189
合計		33.563	12.131	-4.072			20.079	-0.306

「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。

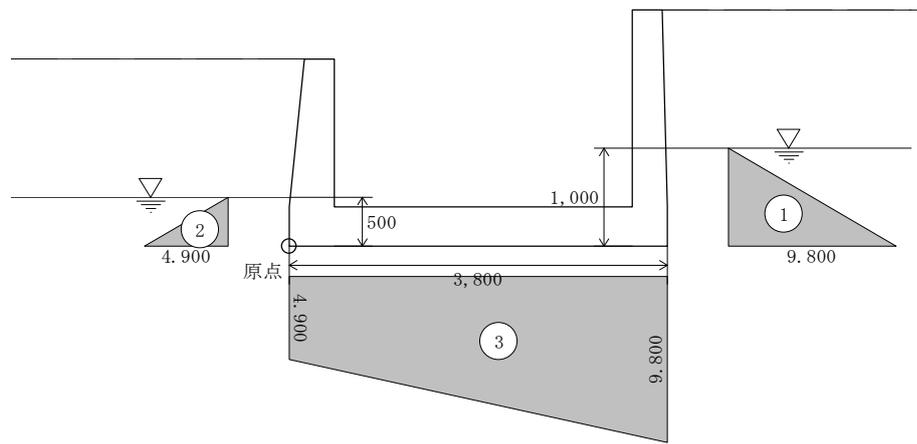
#### 4) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	$\Delta X$	$\Delta Y$	$M_x$	$M_y$
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m <sup>3</sup> )	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
合計		44.100	0.000			85.995	0.000

#### 5) 水圧の算出

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「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) 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)

$\Sigma V$  : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

$\Sigma M_x$  : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

$\Sigma M_y$  : 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	66.946		131.876	
土圧および載荷重	12.131	-4.072	20.079	-0.306
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427
水路上面荷重	44.100		85.995	
合 計	95.247	-0.397	178.990	1.121

$$e = |3.800 / 2 - (178.990 - 1.121) / 95.247|$$

$$= 0.033 \text{ (m)}$$

$$L/6 = 3.800 / 6$$

$$= 0.633 \text{ (m)}$$

$$e = 0.033 \text{ (m)} \leq L/6 = 0.633 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

### 3.4 滑動に対する検討

#### 1) 諸条件

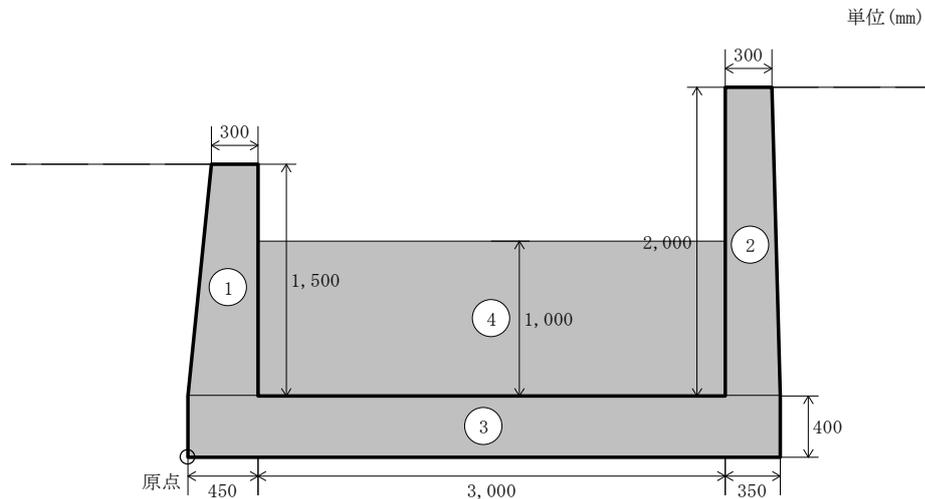
項目	記号	値	単位	備考
安全率	$F_s$	1.500		
底面と地盤との摩擦係数	$F$	0.577		$\tan \phi$

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し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。
- ・地下水圧を考慮する。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を考慮する。

#### 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		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m <sup>2</sup>	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m <sup>2</sup>	
合計						kN/m <sup>2</sup>	

#### 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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	0.000			189.206	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

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_A$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	41.014	0.342/1.000	14.027
52.000	1.905	0.395	1.875	38.240	0.375/1.000	14.340
54.000	1.775	0.368	1.744	35.630	0.407/0.999	14.516
56.000	1.651	0.342	1.619	33.138	0.438/0.996	14.573
56.199	1.639	0.339	1.607	32.892	0.441/0.996	14.564
<b>56.200</b>	<b>1.639</b>	<b>0.339</b>	<b>1.607</b>	<b>32.892</b>	<b>0.442/0.996</b>	<b>14.597</b>
56.201	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
57.000	1.591	0.329	1.559	31.928	0.454/0.995	14.568
58.000	1.533	0.317	1.500	30.764	0.469/0.993	14.530

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	28.446	0.423/0.998	12.057
52.000	1.425	0.098	1.484	26.630	0.454/0.995	12.151
53.000	1.378	0.095	1.432	25.754	0.469/0.993	12.164
53.719	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
<b>53.720</b>	<b>1.345</b>	<b>0.092</b>	<b>1.395</b>	<b>25.130</b>	<b>0.481/0.991</b>	<b>12.197</b>
53.721	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
54.000	1.333	0.091	1.380	24.904	0.485/0.991	12.188
56.000	1.245	0.085	1.282	23.260	0.515/0.985	12.161
58.000	1.162	0.079	1.187	21.706	0.545/0.979	12.084

$A_1, A_2$ は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

$A_1$  : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

$A_2$  : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

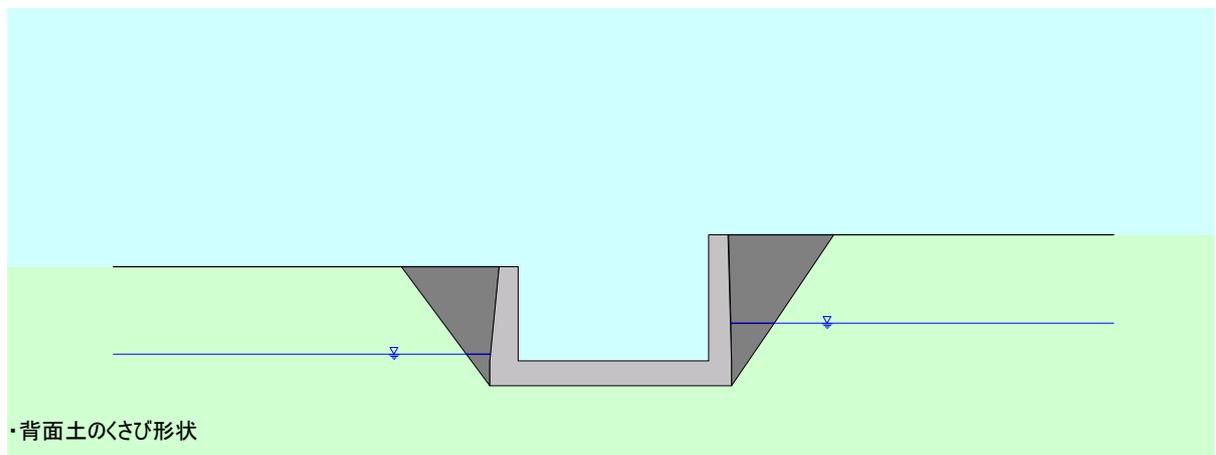
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

$P_A$  : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 56.200(°)、左 53.720(°)となり、主働土圧は右 14.597(kN/m)、左 12.197(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

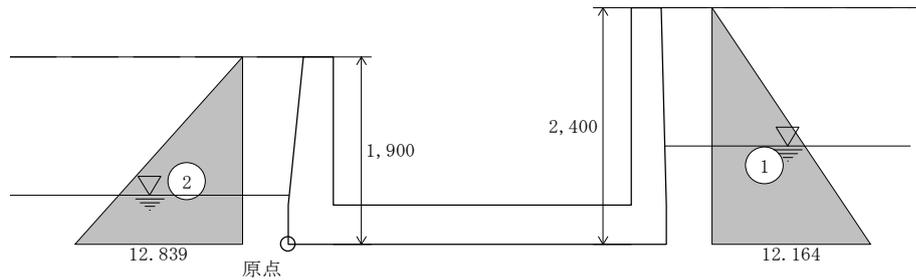
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

単位 (mm)



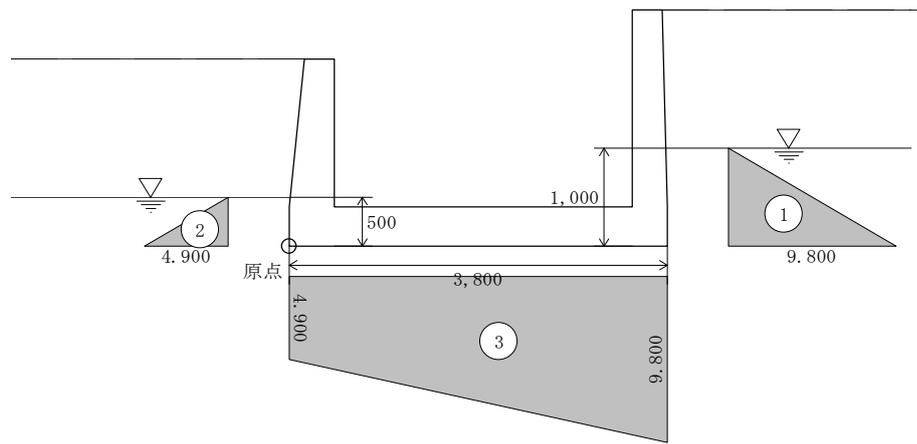
番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$12.164 \times 2.400 \div 2$	14.597	5.284	13.604	3.800	0.800	20.079	10.883
2	$12.839 \times 1.900 \div 2$	12.197	4.403	-11.368		0.633		-7.196
合計		26.794	9.687	2.236			20.079	3.687

「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

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「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)

$\Sigma H$  : 全水平力 (kN/m)

$\Sigma V$  : 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・浮力も含む。

$F_s$  : 安全率

$F$  : 底面と基礎地盤との摩擦係数

$$F = \tan \phi$$

ただし、 $\phi = \phi_R$

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
自 重	96.346		189.206	
土圧および載荷重	9.687	2.236	20.079	3.687
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427
合 計	78.103	5.911	150.325	5.114

$$\phi = \phi_R = 30.000$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.500 \\ &= 78.103 \times \tan 30.000 / 5.911 \geq 1.500 \\ &= 78.103 \times 0.577 / 5.911 \geq 1.500 \\ &= 7.624 \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

### 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=7.171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 95.855(kN/m<sup>2</sup>)が、設定されている許容支持力 382.410(kN/m<sup>2</sup>)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 0.033(m)が、基礎面の長さ 3.800(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=7.624が、設定された安全率=1.500以上となるため。

…………… **OK**

## 4 地震時の設計条件

土圧公式は、「試行くさび法」にて算出する。

項 目	記号	値	単位	備 考
設計水平震度	$K_h$	0.160		
設計鉛直震度	$K_v$	0.000		
土の内部摩擦角度	$\phi_R$	30.000	°	右側
土の内部摩擦角度	$\phi_L$	25.000	°	左側
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角（右側）	$\delta_R$	15.000	°	計算値
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角（左側）	$\delta_L$	12.500	°	計算値
壁背面の傾斜角（右側）	$\theta_R$	88.807	°	計算値
壁背面の傾斜角（左側）	$\theta_L$	85.486	°	計算値
地震時合成角度	$\theta_0$	9.090	°	計算値

### 【側壁面又は仮想背面との摩擦角】

地震時における壁面摩擦角の値は、壁面の傾斜や張出しの有無に関係なく  
 $\delta = 1/2\phi$ とする。

#### ・右側

したがって、 $\delta_R = 15.000$

#### ・左側

したがって、 $\delta_L = 12.500$

### 【壁背面の傾斜角】

側壁背面の傾斜角の計算は、「設計条件」－「土質条件」を参照。

### 【地震時合成角】

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \tan^{-1}\{K_h / (1 - K_v)\} \\ &= \tan^{-1}\{0.160 / (1.0 - 0.000)\} \\ &= 9.090\end{aligned}$$

### 【試行くさび法】

#### ・主働土圧

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta_0)}{\cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 $\omega$ の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最大値を主働土圧（ $P_{AER}$ 、 $P_{AEL}$ ）とする。

#### ・受働土圧

$$P_P = \frac{\sin(\omega + \phi - \theta_0)}{\cos(\omega + \phi + \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 $\omega$ の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最小値を受働土圧（ $P_{PER}$ 、 $P_{PEL}$ ）とする。

## 5 地震時安定計算

### 5.1 地盤支持力に対する検討（地震時）

#### 1) 諸条件

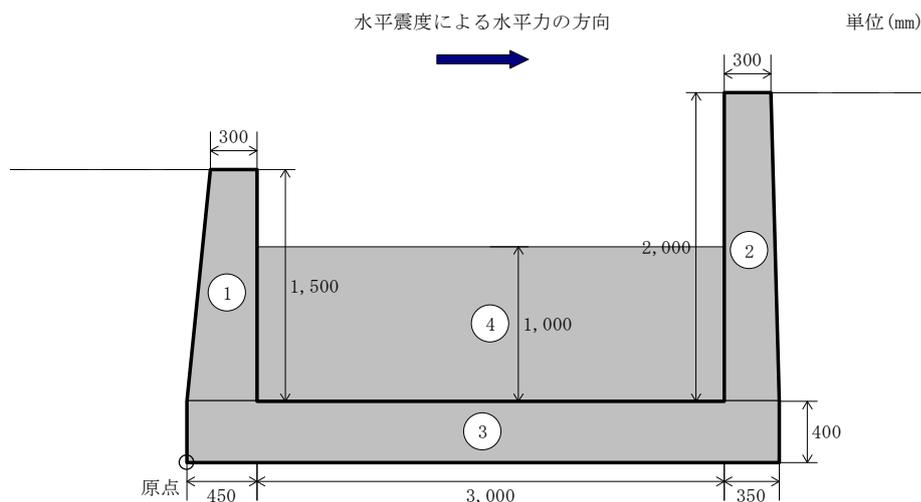
項目	記号	値	単位	備考
地震時許容支持力	$q_a$	573.615	kN/m <sup>2</sup>	

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し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。
- ・鉛直力に浮力を含まない。
- ・地震時動水圧を考慮する。

#### 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		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	○	—	10.000	—	kN/m <sup>2</sup>	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m <sup>2</sup>	
合計				10.000	—	kN/m <sup>2</sup>	

#### 3) 自重の算出



地震時の自重計算において水平震度を考慮しているため、自重に設計水平震度を乗じたものを水平力とする。（但し、水路内の水には水平震度が生じないものとする。）

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_X$ (kN・m)	$M_Y$ (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781	-2.205	0.260	1.100	3.583	-2.426
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925	-2.548	3.613	1.374	57.537	-3.501
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	-5.958	1.900	0.200	70.756	-1.192
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	-10.711			189.206	-7.119

「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（地震時）

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_{AE}$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
40.000	2.882	0.600	2.860	62.676	0.327/0.982	20.871
42.000	2.689	0.560	2.665	58.482	0.360/0.985	21.374
44.000	2.510	0.522	2.485	54.576	0.392/0.987	21.676
46.000	2.344	0.487	2.318	50.958	0.424/0.987	21.891
47.000	2.265	0.471	2.238	49.248	0.440/0.987	21.955
47.119	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
<b>47.120</b>	<b>2.256</b>	<b>0.469</b>	<b>2.229</b>	<b>49.050</b>	<b>0.442/0.987</b>	<b>21.966</b>
47.121	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
48.000	2.188	0.455	2.161	47.574	0.455/0.987	21.931

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
40.000	2.114	0.149	2.264	63.377	0.408/0.987	26.198
42.000	1.978	0.139	2.110	59.208	0.440/0.987	26.395
43.000	1.914	0.135	2.038	57.257	0.455/0.987	26.395
43.393	1.889	0.133	2.010	56.493	0.461/0.987	26.386
<b>43.394</b>	<b>1.889</b>	<b>0.133</b>	<b>2.010</b>	<b>56.492</b>	<b>0.462/0.987</b>	<b>26.443</b>
43.395	1.889	0.133	2.010	56.491	0.462/0.987	26.443
44.000	1.852	0.130	1.968	55.351	0.471/0.987	26.414
46.000	1.734	0.121	1.835	51.738	0.501/0.985	26.315
48.000	1.625	0.113	1.711	48.392	0.531/0.982	26.167

$A_1, A_2$ は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = (A_1 + A_2) \times \gamma_t + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

$A_1$  : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

$A_2$  : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

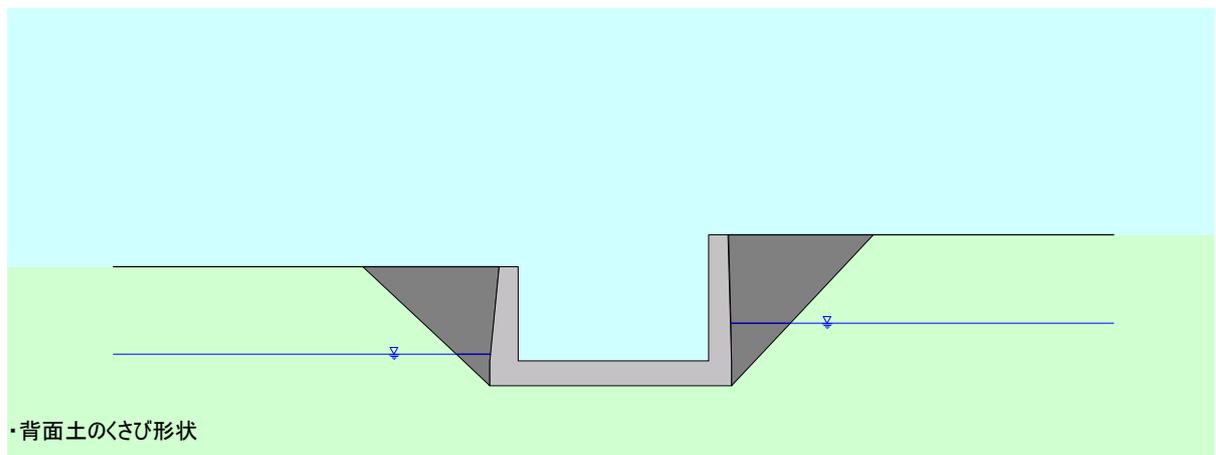
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

$P_A$  : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 47.120(°)、左 43.394(°)となり、主働土圧は右 21.966(kN/m)、左 26.443(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.279 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.960 \end{aligned}$$

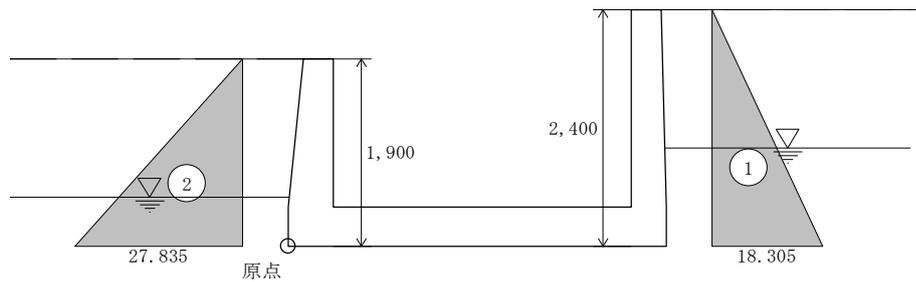
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= 0.293 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$18.305 \times 2.400 \div 2$	21.966	6.129	21.087	3.800	0.800	23.290	16.870
2	$27.835 \times 1.900 \div 2$	26.443	7.748	-25.280		0.633		-16.002
合計		48.409	13.877	-4.193			23.290	0.868

「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) 地震時における地盤支持力の検討

地震時においては、設計水平震度により躯体に対し水平力が生じる。この水平力により、躯体の底版に偏心荷重が作用する。

そのため、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/m<sup>2</sup>)
- $q_{\max}$  : 最大地盤反力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- $q_a$  : 許容地盤支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- $L$  : 基礎面の長さ (作用幅) (m)
- $e$  :  $\Sigma V$ の作用点の偏心距離 (m)
- $\Sigma V$  : 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。
- $\Sigma M_x$  : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- $\Sigma M_y$  : 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 <sub>x</sub> (kN・m)	M <sub>y</sub> (kN・m)
自 重	96.346	-10.711	189.206	-7.119
土圧および載荷重	13.877	-4.193	23.290	0.868
水 圧		-1.830		-1.464
合 計	110.223	-16.734	212.496	-7.715

$$e = |3.800 / 2 - \{212.496 - (-7.715)\} / 110.223| = 0.098 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.900m)の1/3(0.633m)内にあるため、式(3)にて地盤反力を検討する。

$$q_1 = 110.223 / 3.800 \times (1 + 6 \times 0.098 / 3.800) = 33.494 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 110.223 / 3.800 \times (1 - 6 \times 0.098 / 3.800) = 24.518 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって、 $q_{\max} = 33.494 \text{ (kN/m}^2\text{)}$  となる。

$$q_{\max} = 33.494 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 573.615 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

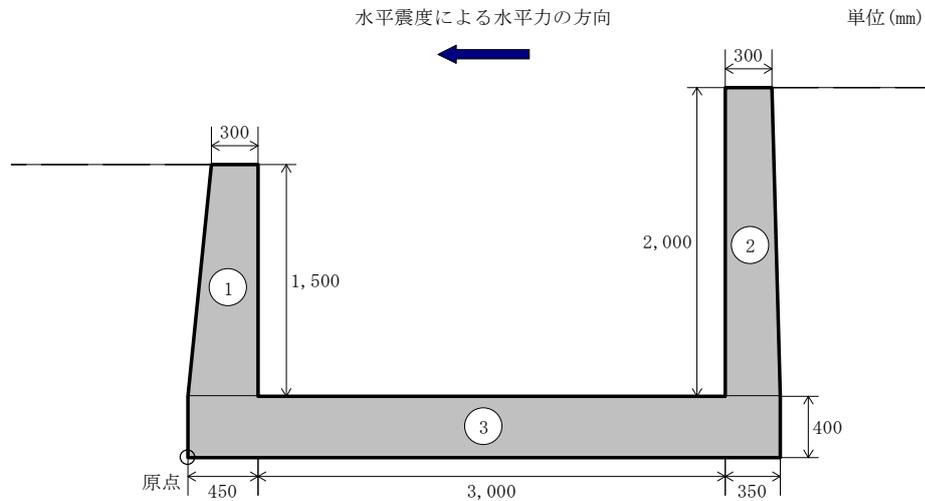
## 5.2 転倒に対する検討（地震時）

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し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。
- ・鉛直力に浮力を考慮する。
- ・地震時動水圧を考慮する。

### 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		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m <sup>2</sup>	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m <sup>2</sup>	
合計				—	—	kN/m <sup>2</sup>	

### 2) 自重の算出



地震時の自重計算において水平震度を考慮しているため、自重に設計水平震度を乗じたものを水平力とする。（但し、水路内の水には水平震度が生じないものとする。）

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781	2.205	0.260	1.100	3.583	2.426
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925	2.548	3.613	1.374	57.537	3.501
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	5.958	1.900	0.200	70.756	1.192
合計		66.946	66.946	10.711			131.876	7.119

「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（地震時）

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_{AE}$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
40.000	2.882	0.600	2.860	57.876	0.327/0.982	19.272
42.000	2.689	0.560	2.665	54.002	0.360/0.985	19.737
44.000	2.510	0.522	2.485	50.400	0.392/0.987	20.017
46.000	2.344	0.487	2.318	47.062	0.424/0.987	20.217
47.000	2.265	0.471	2.238	45.480	0.440/0.987	20.275
47.119	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
<b>47.120</b>	<b>2.256</b>	<b>0.469</b>	<b>2.229</b>	<b>45.298</b>	<b>0.442/0.987</b>	<b>20.285</b>
47.121	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
48.000	2.188	0.455	2.161	43.934	0.455/0.987	20.253

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
40.000	2.114	0.149	2.264	39.542	0.408/0.987	16.346
42.000	1.978	0.139	2.110	36.994	0.440/0.987	16.492
43.000	1.914	0.135	2.038	35.802	0.455/0.987	16.504
43.399	1.889	0.133	2.009	35.332	0.462/0.987	16.538
<b>43.400</b>	<b>1.889</b>	<b>0.133</b>	<b>2.009</b>	<b>35.332</b>	<b>0.462/0.987</b>	<b>16.538</b>
43.401	1.888	0.133	2.009	35.314	0.462/0.987	16.530
44.000	1.852	0.130	1.968	34.636	0.471/0.987	16.528
46.000	1.734	0.121	1.835	32.422	0.501/0.985	16.491
48.000	1.625	0.113	1.711	30.380	0.531/0.982	16.427

$A_1, A_2$ は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

$A_1$  : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

$A_2$  : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

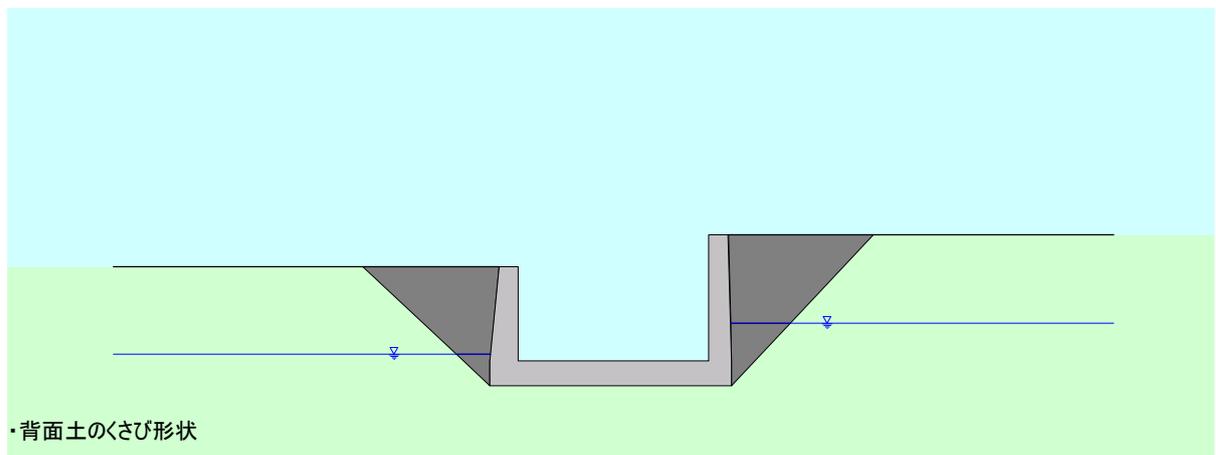
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

$P_A$  : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 47.120(°)、左 43.400(°)となり、主働土圧は右 20.285(kN/m)、左 16.538(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

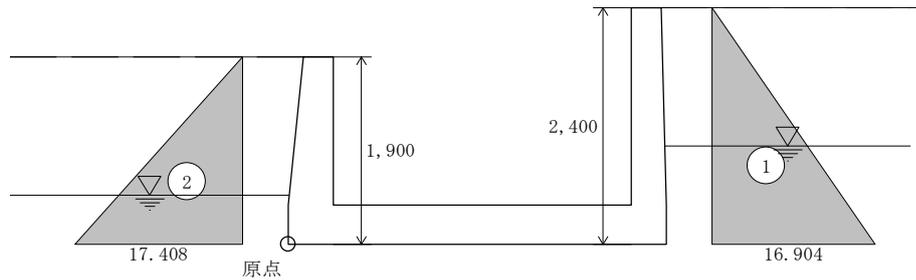
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.279 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.960 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= 0.293 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

単位 (mm)

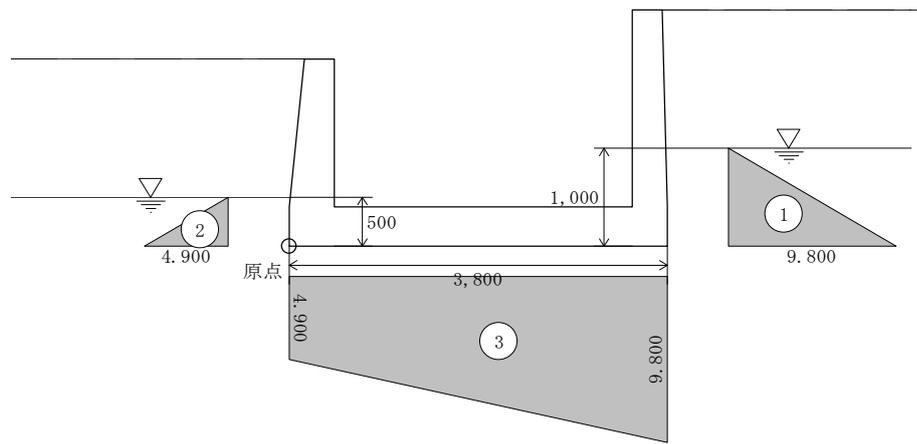


番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$16.904 \times 2.400 \div 2$	20.285	5.660	19.474	3.800	0.800	21.508	15.579
2	$17.408 \times 1.900 \div 2$	16.538	4.846	-15.810		0.633		-10.008
合計		36.823	10.506	3.664			21.508	5.571

「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

$$\begin{aligned} P_{V1} &= \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2 \\ P_{V2} &= \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「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) 地震時における転倒に対する検討

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。

$$\text{地震時} : e \leq L/3 \quad \dots\dots\dots (5)$$

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

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)
- $\Sigma V$  : 全鉛直力 (kN/m)  
土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。
- $\Sigma M_x$  : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- $\Sigma M_y$  : 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	66.946	10.711	131.876	7.119
土圧および載荷重	10.506	3.664	21.508	5.571
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427
合 計	49.522	18.050	94.424	14.117

$$e = |3.800 / 2 - (94.424 - 14.117) / 49.522|$$

$$= 0.278 \text{ (m)}$$

$$L/3 = 3.800 / 3$$

$$= 1.267 \text{ (m)}$$

$$e = 0.278 \text{ (m)} \leq L/3 = 1.267 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

### 5.3 総合判定（地震時の安定計算）

- ・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  $33.494 \text{ (kN/m}^2\text{)}$  が、設定されている許容支持力  $573.615 \text{ (kN/m}^2\text{)}$  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  $0.278 \text{ (m)}$  が、基礎面の長さ  $3.800 \text{ (m)}$  の  $1/3$  以下にあるため。

…………… **OK**

## 6 部材断面の検討

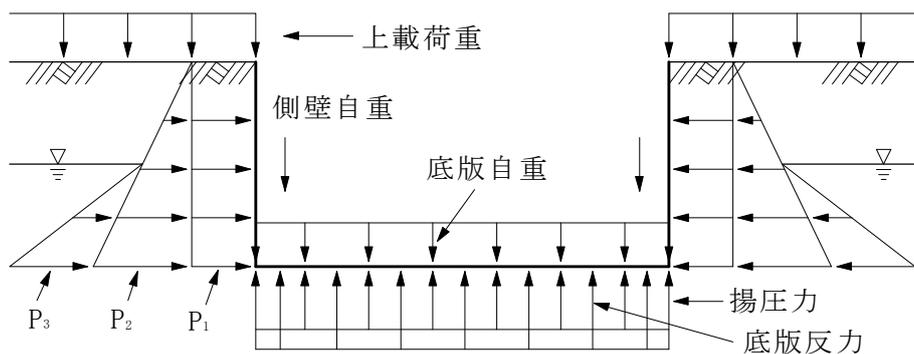
### 6.1 荷重の組み合わせ（荷重ケース）

荷重		項目	部材断面の検討		備考
			ケース 1	ケース 3	
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		99.100 ( 44.100)	99.100 ( 44.100)	( )内は地震時
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			○		
計算種別			常時/地震時	常時/地震時	

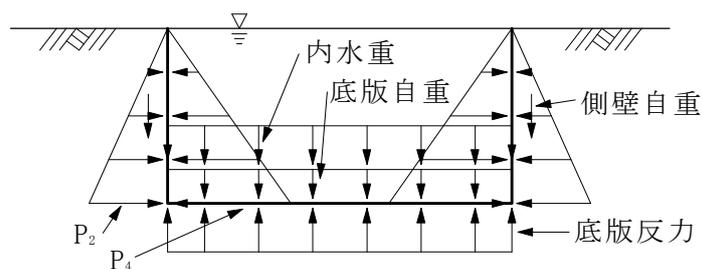
ケース 1：側壁、底版の各部材の外側に最大曲げモーメントが生ずる場合。

ケース 3：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 III

**【仮想背面との摩擦角 常時】**

## ・右側

部材計算時の壁面摩擦角  $\delta$  の値は  $(2/3)\phi$  とする。

張出しの長さ

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

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

## ・左側

張出しの長さ

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

$$\delta_L = 2/3\phi = 16.667$$

**【壁背面の傾斜角】**

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{(H_R + T_3) / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(2000 + 400) / (350 - 300)\} \\ &= 88.807^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_L &= \tan^{-1}\{(H_L + T_3) / (T_{L2} - T_{L1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(1500 + 400) / (450 - 300)\} \\ &= 85.486^\circ\end{aligned}$$

**【試行くさび法】**

## ・主働土圧

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta_0)}{\cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 $\omega$  の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最大値を主働土圧 ( $P_{AR}$ 、 $P_{AL}$ ) とする。

ここに、

$\omega$  : すべり面が水平面となす角 ( $^\circ$ )

$W$  : 土くさびの重量 (上載荷重を含む) (kN/m)

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

**【仮想背面との摩擦角 地震時】**

地震時における部材計算時の壁面摩擦角  $\delta$  の値は  $(1/2)\phi$  とする。

## ・右側

したがって、 $\delta_R = 15.000$

## ・左側

したがって、 $\delta_L = 12.500$

**【壁背面の傾斜角】**

側壁背面の傾斜角の計算は、「設計条件」 - 「土質条件」を参照。

**【地震時合成角】**

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \tan^{-1}\{K_h / (1 - K_v)\} \\ &= \tan^{-1}\{0.160 / (1.0 - 0.000)\} \\ &= 9.090\end{aligned}$$

## ・主働土圧

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta_0)}{\cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 $\omega$  の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最大値を主働土圧 ( $P_{AER}$ 、 $P_{AEL}$ ) とする。

## 7 部材断面力計算

### 7.1 荷重組み合わせパターン（常時：ケース1）

#### 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	1.467	1.467	0.067	—	—
	2	底版の上面	2.000	2.000	0.600	—	—
3	側壁付根	2.200	2.200	0.800	—	—	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)
	4	側壁高の1/3	1.133	1.133	—	—	—
	5	底版の上面	1.500	1.500	0.100	—	—
6	側壁付根	1.700	1.700	0.300	—	—	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		
	8	最大モーメント	1.354		2.046		
	9	反力ゼロの位置	2.961		0.439		
10	右側壁付け根	3.400		0.000			

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

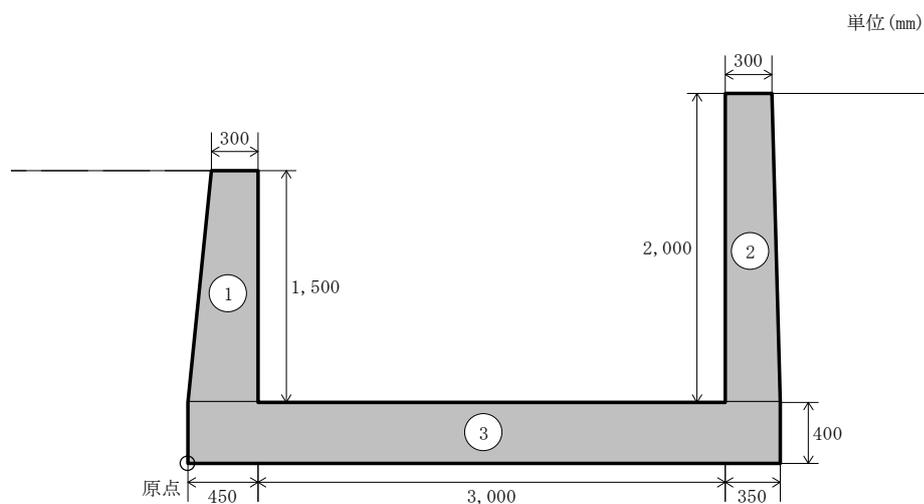
LR: 右端からの距離

#### 2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m <sup>2</sup> )	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m <sup>2</sup> )	計上	採用値 (kN/m <sup>2</sup> )
盛土荷重	—		—		—
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	○	10.000		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—	○	3.000
積雪荷重	—		—		—
任意荷重	—		—		—
合計		10.000		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/m<sup>2</sup>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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
合計		66.946	66.946	0.000			131.876	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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} \\
 &= 13.781 + 15.925 \\
 &= 29.706
 \end{aligned}$$

#### 4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_A$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	47.056	0.342/1.000	16.093
52.000	1.905	0.395	1.875	43.865	0.375/1.000	16.449
54.000	1.775	0.368	1.744	40.861	0.407/0.999	16.647
56.000	1.651	0.342	1.619	37.994	0.438/0.996	16.708
56.199	1.639	0.339	1.607	37.712	0.441/0.996	16.698
<b>56.200</b>	<b>1.639</b>	<b>0.339</b>	<b>1.607</b>	<b>37.712</b>	<b>0.442/0.996</b>	<b>16.736</b>
56.201	1.639	0.339	1.607	37.712	0.442/0.996	16.736
57.000	1.591	0.329	1.559	36.604	0.454/0.995	16.702
58.000	1.533	0.317	1.500	35.263	0.469/0.993	16.655

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	44.389	0.423/0.998	18.814
52.000	1.425	0.098	1.484	41.474	0.454/0.995	18.924
53.000	1.378	0.095	1.432	40.072	0.469/0.993	18.926
53.391	1.360	0.093	1.412	39.525	0.475/0.992	18.926
<b>53.392</b>	<b>1.360</b>	<b>0.093</b>	<b>1.411</b>	<b>39.525</b>	<b>0.476/0.992</b>	<b>18.966</b>
53.393	1.360	0.093	1.411	39.524	0.476/0.992	18.965
54.000	1.333	0.091	1.380	38.708	0.485/0.991	18.944
56.000	1.245	0.085	1.282	36.076	0.515/0.985	18.862
58.000	1.162	0.079	1.187	33.579	0.545/0.979	18.693

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A<sub>1</sub> : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

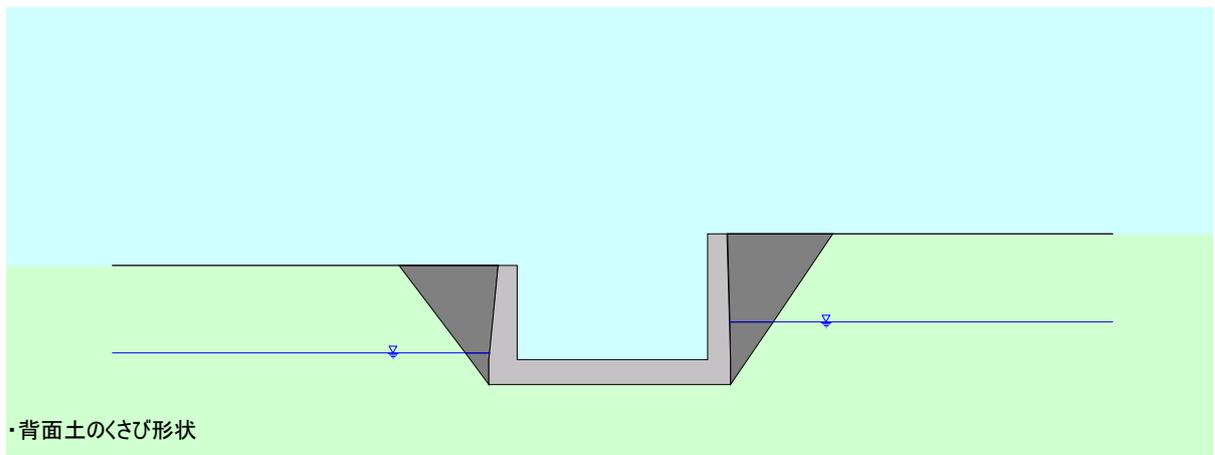
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P<sub>A</sub> : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 56.200(°)、左 53.392(°)となり、主働土圧は右 16.736(kN/m)、左 18.966(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

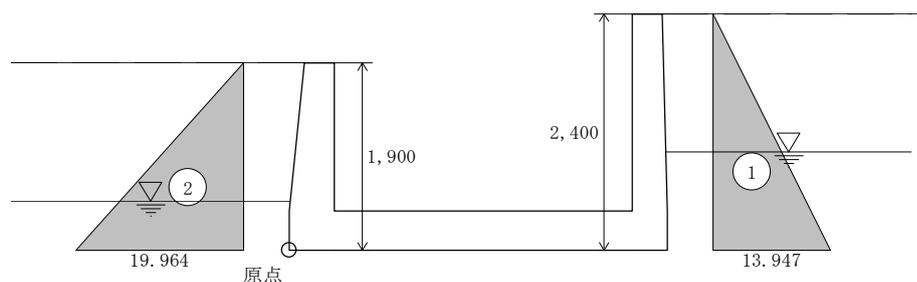
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$13.947 \times 2.400 \div 2$	16.736	6.058	15.598	3.800	0.800	23.020	12.478
2	$19.964 \times 1.900 \div 2$	18.966	6.847	-17.676		0.633		-11.189
合計		35.702	12.905	-2.078			23.020	1.289

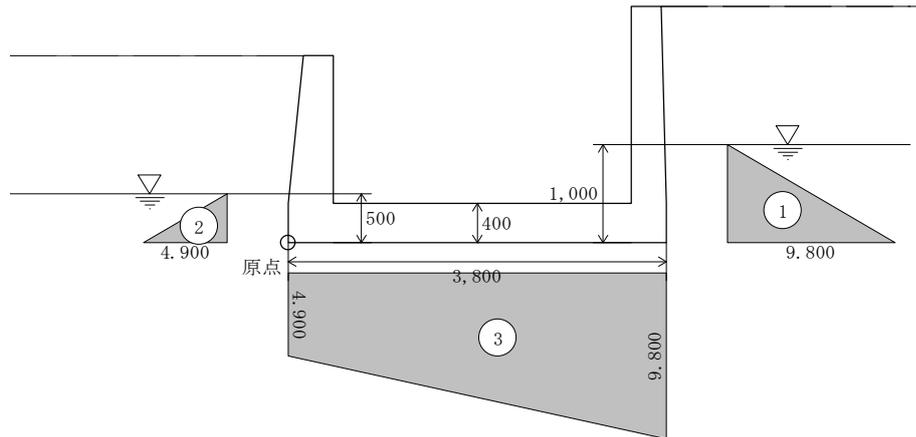
「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

### 5) 水圧の算出

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「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) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	$\Delta X$	$\Delta Y$	$M_x$	$M_y$
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m <sup>3</sup> )	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
2	蓋版上面へのT-14後輪荷重	55.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		99.100	0.000			85.995	0.000

## 7) 偏心距離および底版反力の算出

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)

$\Sigma V$  : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

$\Sigma M_x$  : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

$\Sigma M_y$  : 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		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)	
自 重	66.946		131.876		29.706
土圧および載荷重	12.905	-2.078	23.020	1.289	12.905
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427	
水路上面荷重	99.100		85.995		99.100
合 計	151.021	1.597	181.931	2.716	141.711

$$e = 3.800 / 2 - (181.931 - 2.716) / 151.021$$

$$= 0.713 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.700m)の1/3(0.567m)外にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$q = 4/3 \cdot \{\Sigma V / (L - 2e)\}$$

ここに、

$q$  : 底版の反力強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$L$  : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

$e$  :  $\Sigma V$ の作用点の偏心距離[絶対値] (m)

$\Sigma V$  : 合力の鉛直分力 (kN/m)

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水路上面に生じる荷重とする。

但し、張出しを含む場合には、張出し部分にも底版反力が生じるとして、作用幅を張出し端部とし、張出し上部の土砂も自重に含める。

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。

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。

また、水路上面に上載荷重 $Q_c=99.100$ が生じるものとする。

以上により、底版反力は底版反力鉛直成分の合計値を用いて計算を行う。

$$q_L = 4 / 3 \cdot \{141.711 / (3.400 - 2 \times 0.713)\}$$

$$= 95.718 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

このときの底盤反力は、三角形にて作用する。その時の三角形の作用幅は、次式にて求まる。

$$L_q = 3(L/2 - e) = 3 \times (3.400 / 2 - 0.713)$$

$$= 2.961 \text{ (m)}$$

## 8) 側壁の断面力計算

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 16.736 / 2.200^2 \\ &= 6.916 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

$P_A$  : 主働土圧 (kN/m)

$H$  : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

$P_{AM}$  : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 6.916 \times 1.467^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.067^2 \\ &= 7.015 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 6.916 \times 1.467^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.067^3 \\ &= 3.420 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 6.916 \times 2.000^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.600^2 \\ &= 14.761 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 6.916 \times 2.000^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.600^3 \\ &= 9.018 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 6.916 \times 2.200^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.800^2 \\ &= 18.863 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 6.916 \times 2.200^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.800^3 \\ &= 12.369 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 18.966 / 1.700^2 \\ &= 13.125 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

$P_A$  : 主働土圧 (kN/m)

$H$  : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

$P_{AM}$  : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L \\ &= 1/2 \times 13.125 \times 1.133^2 \times \cos 16.667 \\ &= 8.070 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L \\ &= 1/6 \times 13.125 \times 1.133^3 \times \cos 16.667 \\ &= 3.048 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S5} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 13.125 \times 1.500^2 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.100^2 \\ &= 14.195 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S5} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 13.125 \times 1.500^3 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.100^3 \\ &= 7.074 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S6} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 13.125 \times 1.700^2 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 \\ &= 18.610 \text{ (kN)} \\ M_{S6} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 13.125 \times 1.700^3 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.300^3 \\ &= 10.340 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

## 9) 底版の断面力計算

側壁底部の曲げモーメントを底版端部に生じる材端モーメントとして底版の計算を行う。

・右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 12.369 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 10.340 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= L_q \cdot q_L \cdot \{L_q / (3B_L) - 1\} / 2 + q_L \cdot \chi \cdot \{1 - \chi / (2L_q)\} + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) - 1\} / 2 + 95.718 \times 0.000 \times \{1 - 0.000 / (2 \times 2.961)\} \\ &\quad + (12.369 - 10.340) / 3.400 \\ &= -99.976 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= L_q \cdot q_L \cdot \chi \cdot \{L_q / (3B_L) + \chi / L_q - \chi^2 / (3q_L^2) - 1\} / 2 + (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times 0.000 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) + 0.000 / 2.961 - 0.000^2 / (3 \times 2.961^2) - 1\} \\ &\quad / 2 + (12.369 - 10.340) \times 0.000 / 3.400 + 10.340 \\ &= 10.340 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= L_q \cdot q_L \cdot \{L_q / (3B_L) - 1\} / 2 + q_L \cdot \chi \cdot \{1 - \chi / (2L_q)\} + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) - 1\} / 2 + 95.718 \times 1.354 \times \{1 - 1.354 / (2 \times 2.961)\} \\ &\quad + (12.369 - 10.340) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= L_q \cdot q_L \cdot \chi \cdot \{L_q / (3B_L) + \chi / L_q - \chi^2 / (3q_L^2) - 1\} / 2 + (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times 1.354 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) + 1.354 / 2.961 - 1.354^2 / (3 \times 2.961^2) - 1\} \\ &\quad / 2 + (12.369 - 10.340) \times 1.354 / 3.400 + 10.340 \\ &= -50.661 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= L_q \cdot q_L \cdot \{L_q / (3B_L) - 1\} / 2 + q_L \cdot \chi \cdot \{1 - \chi / (2L_q)\} + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) - 1\} / 2 + 95.718 \times 2.961 \times \{1 - 2.961 / (2 \times 2.961)\} \\ &\quad + (12.369 - 10.340) / 3.400 \\ &= 41.734 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= L_q \cdot q_L \cdot \chi \cdot \{L_q / (3B_L) + \chi / L_q - \chi^2 / (3q_L^2) - 1\} / 2 + (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times 2.961 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) + 2.961 / 2.961 - 2.961^2 / (3 \times 2.961^2) - 1\} \\ &\quad / 2 + (12.369 - 10.340) \times 2.961 / 3.400 + 10.340 \\ &= -5.952 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

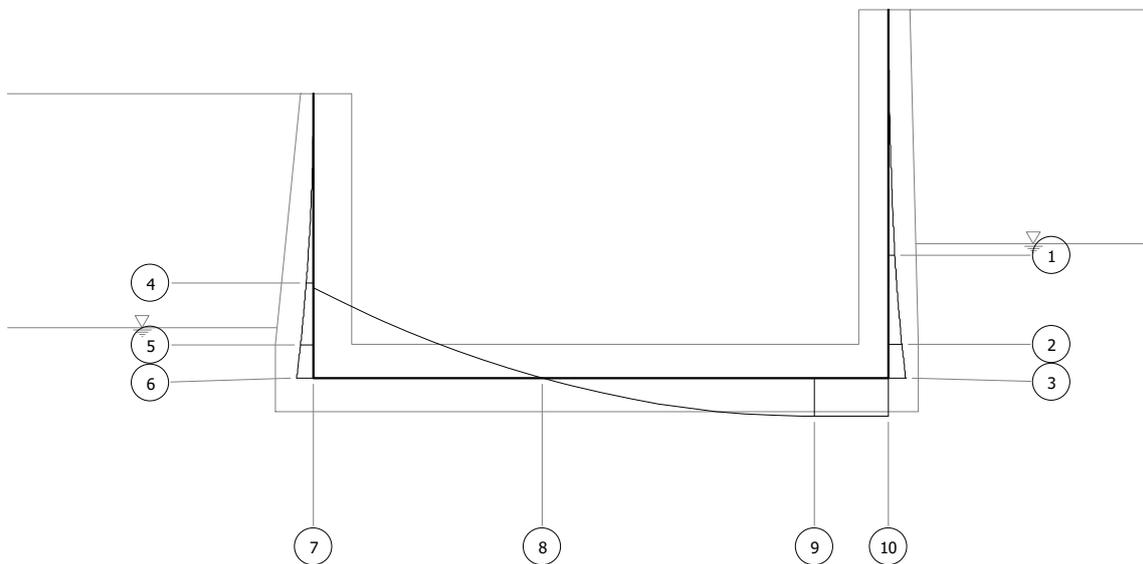
$$\begin{aligned} S_{T10} &= q_L \cdot L_q^2 / (6B_L) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= 95.718 \times 2.961^2 / (6 \times 3.400) + (12.369 - 10.340) / 3.400 \\ &= 41.734 \text{ (kN)} \\ M_{T10} &= q_L \cdot L_q^2 \cdot \chi \cdot (1 / B_L - 1 / \chi) / 6 + (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_L \\ &= 95.718 \times 2.961^2 \times 3.400 \times (1 / 3.400 - 1 / 3.400) / 6 + (12.369 - 10.340) \times 3.400 / \\ &\quad 3.400 + 10.340 \\ &= 12.369 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

### 10) 断面力一覧

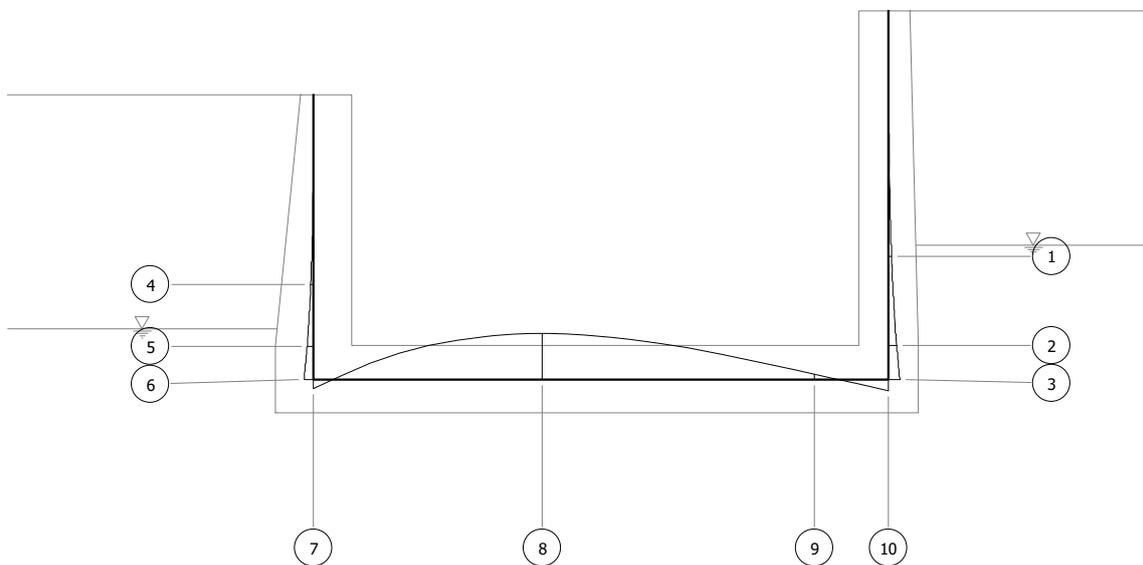
右側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	1	側壁高の 1 / 3	1.467	7.015	3.420
	2	底版の上面	2.000	14.761	9.018
	3	側壁付根	2.200	18.863	12.369
左側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	4	側壁高の 1 / 3	1.133	8.070	3.048
	5	底版の上面	1.500	14.195	7.074
	6	側壁付根	1.700	18.610	10.340
底版	記号	位置	$x$ (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	7	左側壁付け根	0.000	-99.976	10.340
	8	最大モーメント	1.354	0.000	-50.661
	9	反力ゼロの位置	2.961	41.734	-5.952
10	右側壁付け根	3.400	41.734	12.369	

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

### 11) せん断力図



### 12) 曲げモーメント図



## 7.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケース3）

### 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	1.467	1.467	—	0.467	0.467
	2	底版の上面	2.000	2.000	—	1.000	1.000
3	側壁付根	2.200	2.200	—	1.000	1.200	
左側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	4	側壁高の1/3	1.133	1.133	—	0.633	0.633
	5	底版の上面	1.500	1.500	—	1.000	1.000
6	側壁付根	1.700	1.700	—	1.000	1.200	
底版	記号	位置	LL (m)		LR (m)		
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		
	8	最大モーメント	1.448		1.952		
9	右側壁付け根	3.400		0.000			

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

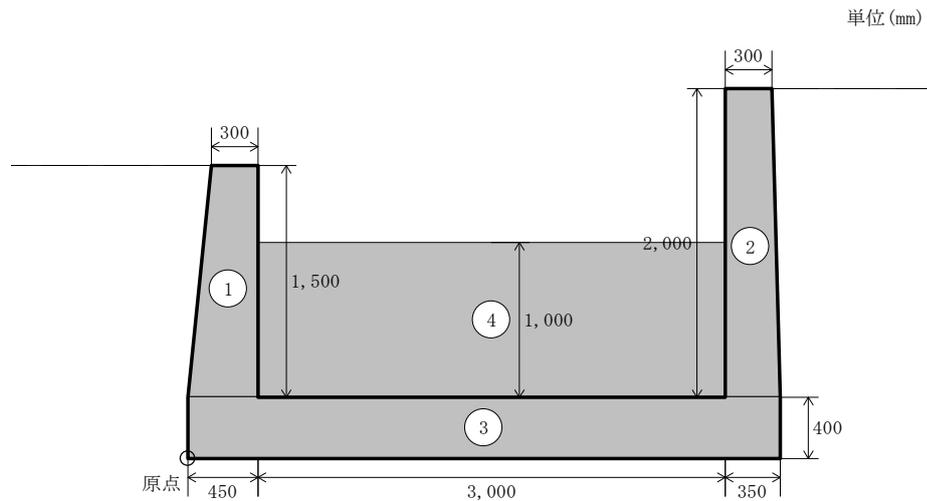
LR：右端からの距離

### 2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m <sup>2</sup> )	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m <sup>2</sup> )	計上	採用値 (kN/m <sup>2</sup> )
盛土荷重	—		—		—
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000		—		—
群集荷重	L: 0.000 R: 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/m<sup>2</sup>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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	0.000			189.206	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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} \\
 &= 13.781 + 15.925 \\
 &= 29.706
 \end{aligned}$$

#### 4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_A$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	44.406	0.342/1.000	15.187
52.000	1.905	0.395	1.875	41.400	0.375/1.000	15.525
54.000	1.775	0.368	1.744	38.574	0.407/0.999	15.715
56.000	1.651	0.342	1.619	35.874	0.438/0.996	15.776
56.199	1.639	0.339	1.607	35.604	0.441/0.996	15.764
<b>56.200</b>	<b>1.639</b>	<b>0.339</b>	<b>1.607</b>	<b>35.604</b>	<b>0.442/0.996</b>	<b>15.800</b>
56.201	1.639	0.339	1.607	35.604	0.442/0.996	15.800
57.000	1.591	0.329	1.559	34.560	0.454/0.995	15.769
58.000	1.533	0.317	1.500	33.300	0.469/0.993	15.728

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	29.286	0.423/0.998	12.413
52.000	1.425	0.098	1.484	27.414	0.454/0.995	12.508
54.000	1.333	0.091	1.380	25.632	0.485/0.991	12.544
54.111	1.328	0.091	1.375	25.542	0.487/0.990	12.565
<b>54.112</b>	<b>1.328</b>	<b>0.091</b>	<b>1.375</b>	<b>25.542</b>	<b>0.487/0.990</b>	<b>12.565</b>
54.113	1.328	0.091	1.375	25.542	0.487/0.990	12.565
55.000	1.288	0.088	1.330	24.768	0.500/0.988	12.534
56.000	1.245	0.085	1.282	23.940	0.515/0.985	12.517
58.000	1.162	0.079	1.187	22.338	0.545/0.979	12.435

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = (A_1 + A_2) \times \gamma_t + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A<sub>1</sub> : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

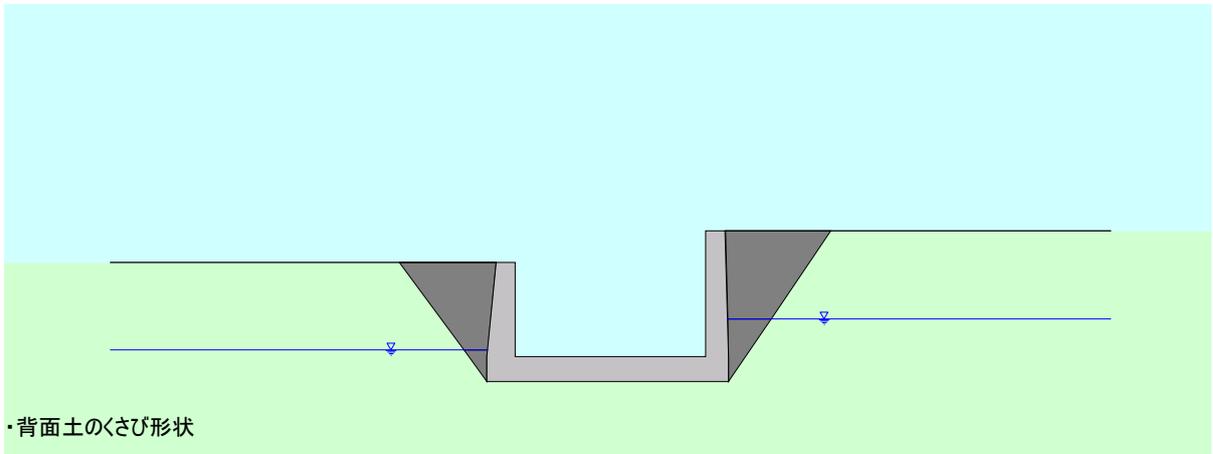
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P<sub>A</sub> : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 56.200(°)、左 54.112(°)となり、主働土圧は右 15.800(kN/m)、左 12.565(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

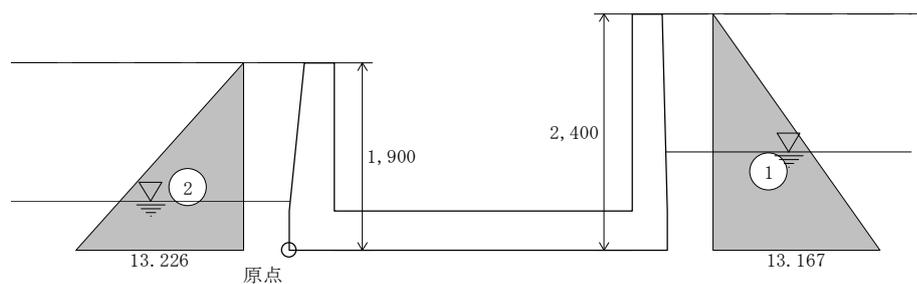
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$13.167 \times 2.400 \div 2$	15.800	5.720	14.726	3.800	0.800	21.736	11.781
2	$13.226 \times 1.900 \div 2$	12.565	4.536	-11.711		0.633		-7.413
合計		28.365	10.256	3.015			21.736	4.368

「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) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	$\Delta X$	$\Delta Y$	$M_x$	$M_y$
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m×0.5m×1.0m×25.4kN/m <sup>3</sup> )	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
2	蓋版上面へのT-14後輪荷重	55.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		99.100	0.000			85.995	0.000

### 6) 偏心距離および底版反力の算出

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)

$\Sigma V$  : 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。

$\Sigma M_x$  : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

$\Sigma M_y$  : 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		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)	
自 重	96.346		189.206		29.706
土圧および載荷重	10.256	3.015	21.736	4.368	10.256
水路上面荷重	99.100		85.995		99.100
合 計	205.702	3.015	296.937	4.368	139.062

$$\begin{aligned}
 e &= 3.800 / 2 - (296.937 - 4.368) / 205.702 \\
 &= 0.478 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.700m)の1/3(0.567m)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、

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

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水路上面に生じる荷重とする。

但し、張出しを含む場合には、張出し部分にも底版反力が生じるとして、作用幅を張出し端部とし、張出し上部の土砂も自重に含める。

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、水路上面に上載荷重 $Q_c=99.100$ が生じるものとする。

以上により、底版反力は底版反力鉛直成分の合計値を用いて計算を行う。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 139.062 / 3.400 \times (1 - 6 \times 0.478 / 3.400) \\
 &= 6.400 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 139.062 / 3.400 \times (1 + 6 \times 0.478 / 3.400) \\
 &= 75.401 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

## 7) 側壁の断面力計算

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 15.800 / 2.200^2 \\ &= 6.529 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

$P_A$  : 主働土圧 (kN/m)

$H$  : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

$P_{AM}$  : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 6.529 \times 1.467^2 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.467^2) \\ &= 5.533 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 6.529 \times 1.467^3 \times \cos 20.000 - (1/6 \times 9.800 \times 0.467^3) \\ &= 3.062 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 6.529 \times 2.000^2 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\ &= 7.370 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 6.529 \times 2.000^3 \times \cos 20.000 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) \\ &= 6.547 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 6.529 \times 2.200^2 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\ &= 9.947 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= 1/6 \times 6.529 \times 2.200^3 \times \cos 20.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} \\ &= 8.275 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 12.565 / 1.700^2 \\ &= 8.696 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

$P_A$  : 主働土圧 (kN/m)

$H$  : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

$P_{AM}$  : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 8.696 \times 1.133^2 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 0.633^2) \\ &= 3.383 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 8.696 \times 1.133^3 \times \cos 16.667 - (1/6 \times 9.800 \times 0.633^3) \\ &= 1.605 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S5} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 8.696 \times 1.500^2 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\ &= 4.471 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S5} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 8.696 \times 1.500^3 \times \cos 16.667 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) \\ &= 3.052 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S6} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 8.696 \times 1.700^2 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\ &= 7.137 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S6} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= 1/6 \times 8.696 \times 1.700^3 \times \cos 16.667 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} \\ &= 4.208 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

## 8) 底版の断面力計算

側壁底部の曲げモーメントを底版端部に生じる材端モーメントとして底版の計算を行う。

・右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 8.275 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 4.208 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 75.401 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (75.401 - 6.400) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (8.275 - 4.208) / 3.400 \\ &= -87.885 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (8.275 - 4.208) \times 0.000 / 3.400 + 4.208 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (75.401 - 6.400) - 3 \times 75.401\} \\ &= 4.208 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 75.401 \times (3.400 - 2 \times 1.448) + (75.401 - 6.400) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.448^2 / 3.400^2) + (8.275 - 4.208) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (8.275 - 4.208) \times 1.448 / 3.400 + 4.208 + 1/6 \times 1.448 \times (3.400 - 1.448) \times \{(1 + 1.448 / 3.400) \times (75.401 - 6.400) - 3 \times 75.401\} \\ &= -54.272 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 75.401 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (75.401 - 6.400) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (8.275 - 4.208) / 3.400 \\ &= 51.177 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (8.275 - 4.208) \times 3.400 / 3.400 + 4.208 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (75.401 - 6.400) - 3 \times 75.401\} \\ &= 8.275 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

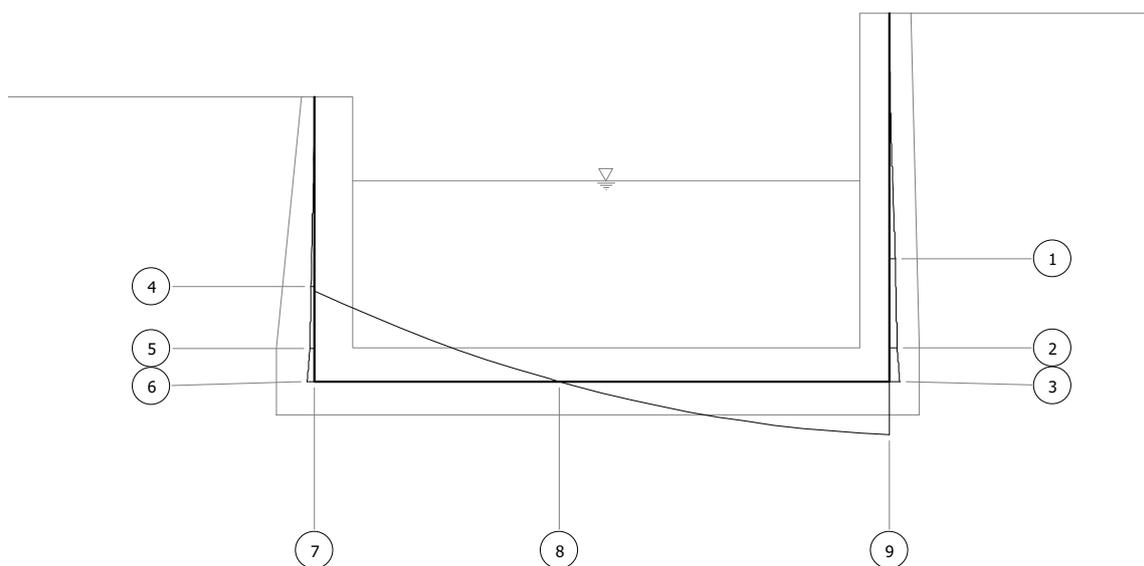
## 9) 断面力一覧

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	1.467	5.533	3.062
2	底版の上面	2.000	7.370	6.547	
3	側壁付根	2.200	9.947	8.275	
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	1.133	3.383	1.605
	5	底版の上面	1.500	4.471	3.052
6	側壁付根	1.700	7.137	4.208	
底版	記号	位置	$\chi$ (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	-87.885	4.208
	8	最大モーメント	1.448	0.000	-54.272
9	右側壁付け根	3.400	51.177	8.275	

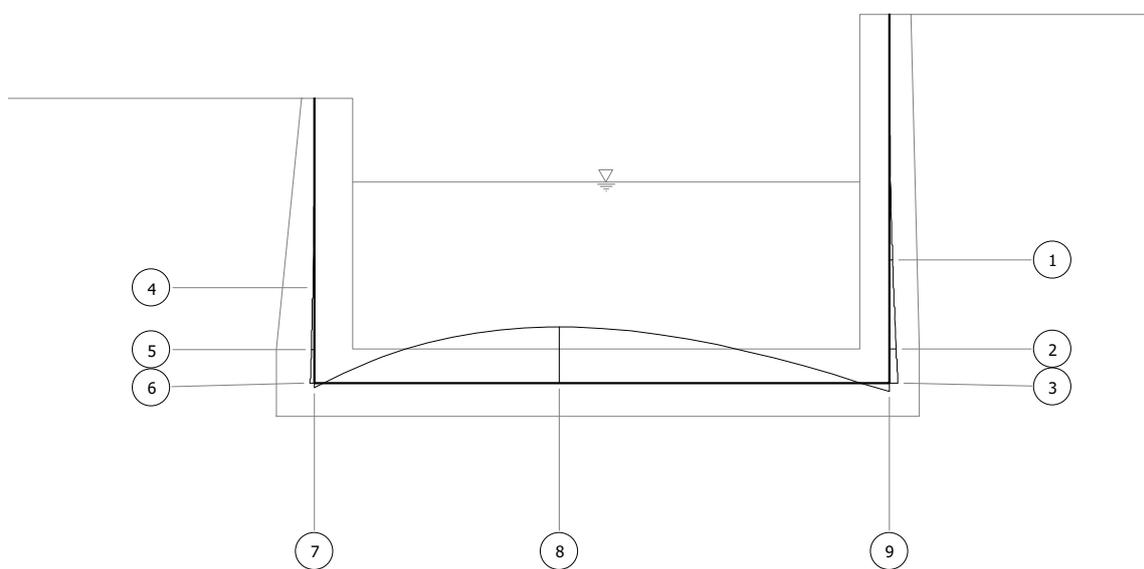
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

10) せん断力図



11) 曲げモーメント図



### 7.3 全動水圧の算出

動水圧の公式はWestergaard式を採用する。

$$P_{ew} = \frac{7}{12} K_h \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

$$H_{ew} = \frac{2}{5} H$$

ここに、 $P_{ew}$ ：構造物に作用する全地震時動水圧 (kN)

$K_h$ ：設計水平震度

$\gamma_w$ ：水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$H$ ：水深 (m)

$H_{ew}$ ：水路底面から地震時動水圧の合力作用点までの深さ (m)

構造計算時の照査位置が動水圧作用範囲内にある場合には、上記 $H_{ew}$ の公式より動水圧を放物形と仮定し、各照査位置までの面積と図心を算出する。

動水圧＝放物線の面積として式を置き換えることにより、水深位置における動水圧強度を導き出すことが出来る。

$$\frac{7}{12} K_h \cdot \gamma_w \cdot H^2 = \frac{2}{3} B_H \cdot H$$

$$B_H = \frac{7}{8} K_h \cdot \gamma_w \cdot H$$

ここに、 $B_H$ ：水深位置における動水圧強度 (kN/m<sup>2</sup>)

さらに、各照査位置の動水圧も放物線の公式にあてはめる事により導き出すことが出来る。放物線の公式  $y = a \cdot \chi^2$  の  $y$  を水深  $H$  とし  $\chi$  を水深位置における動水圧強度  $B_H$  とすることで、定数  $a = H / B_H^2$  として求まる。

また、導き出された定数  $a$  により照査位置  $h$  における動水圧強度  $B_h$  は、 $B_h = (h / a)^{0.5}$  として求められ、地震時動水圧  $P_{ew}$  は放物線面積の公式より、 $P_{ew} = 2/3 \cdot B_h \cdot h$  となる。

ここで、 $B_h$  を置き換えさらに定数  $a$  と  $B_H$  も置き換えることにより、照査位置  $h$  における地震時動水圧の公式を導き出すことが出来る。下記に導き出した公式を記す。

$$\begin{aligned} P_{ew} &= \frac{2}{3} B_h \cdot h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{a}} \cdot h \\ &= \frac{2}{3} \cdot \frac{h^{1.5}}{\sqrt{H}} \cdot B_H \\ &= \frac{2}{3} \cdot \frac{h^{1.5}}{\sqrt{H}} \cdot \frac{7}{8} K_h \cdot \gamma_w \cdot H \\ &= \frac{7}{12} K_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{H} \cdot h^{1.5} \end{aligned}$$

ここに、 $P_{ew}$ ：照査位置における地震時動水圧 (kN)

$h$ ：水面からの深さ (照査位置) (m)

$B_h$ ：照査位置  $h$  における動水圧強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$a$ ：放物線係数

ただし、照査位置が水深位置より深い場合には、Westergaard式で求めた地震時動水圧を採用する。また構造計算時の作用方向は、安全を考え照査位置毎に内外の土圧や水圧の大なる向きに慣性方向を一致させた計算を行う。

## 7.4 地震時慣性力の算出

地震時慣性力は、躯体の質量に設計水平震度(0.160)を乗じたものとする。

慣性力に対する反力は、水平土圧を慣性力の合力と釣り合うように、水路天端の地表面と底板軸線の間に三角形分布するものとして作用させる。

左右側壁に生じる慣性力反力の作用長を以下に記す。

・右側壁

$$H_{PR} = H_R + T_3 / 2 - H_{DR} = 2.000 + 0.400 / 2 - 0.000 = 2.200 \text{ (m)}$$

・左側壁

$$H_{PL} = H_L + T_3 / 2 - H_{DL} = 1.500 + 0.400 / 2 - 0.000 = 1.700 \text{ (m)}$$

各荷重ケースにおける、慣性力および慣性力による反力強度を次に記す。

その際に、水路上面荷重(蓋版荷重)が含まれている荷重ケースの場合には、その上面荷重も躯体の一部として自重に加える。

また、土圧を考慮していない荷重ケースにおいては、土圧による反力が生じないとして、軀対自重の慣性力による反力も生じないと考える。

荷重ケース		ケース 1	ケース 3
躯体自重	kN	66.946	66.946
自重慣性力	kN	10.711	10.711
水路上面荷重水平力	kN	7.056	7.056
右側慣性力強度	kN/m <sup>2</sup>	7.342	7.342
左側慣性力強度	kN/m <sup>2</sup>	12.295	12.295

慣性力による反力強度の式を以下に記す。

$$P_{PH} = 2(P_H + P_{CH}) / H_{PR}^2 \quad (\text{右側の場合、左側の場合は} H_{PL})$$

$$P_H = P \cdot K_h$$

ここに、 $P_{PH}$  : 地震時慣性力による反力強度(慣性力強度) (kN/m<sup>2</sup>)

$P_H$  : 地震時慣性力による水平力(自重慣性力) (kN)

$P_{CH}$  : 水路上面荷重による水平力 (kN)

$P$  : 軀対自重 (kN)

$H_{PR}$  : 右側壁に生じる反力の作用長 (m)

$H_{PL}$  : 左側壁に生じる反力の作用長 (m)

・ケース 1

$$P_{H1} = 66.946 \times 0.160 = 10.711 \text{ (kN)}$$

$$P_{PHR1} = 2 \times (10.711 + 7.056) / 2.200^2 = 7.342 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{PHL1} = 2 \times (10.711 + 7.056) / 1.700^2 = 12.295 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・ケース 3

$$P_{H2} = 66.946 \times 0.160 = 10.711 \text{ (kN)}$$

$$P_{PHR2} = 2 \times (10.711 + 7.056) / 2.200^2 = 7.342 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{PHL2} = 2 \times (10.711 + 7.056) / 1.700^2 = 12.295 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

慣性力による、側壁に対するせん断力や曲げモーメントは、片持ち梁に対する三角形荷重として計算を行う。

$$S = 1/2 \cdot P_{PH} \cdot h_d^2$$

$$M = 1/6 \cdot P_{PH} \cdot h_d^3$$

ここに、 $S$  : せん断力 (kN)

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$h_d$  : 土圧作用高さ(地表面から照査位置までの深さ) (m)

## 7.5 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース1）

### 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	1.467	1.467	0.067	—	—
	2	底版の上面	2.000	2.000	0.600	—	—
3	側壁付根	2.200	2.200	0.800	—	—	
左側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	4	側壁高の1/3	1.133	1.133	—	—	—
	5	底版の上面	1.500	1.500	0.100	—	—
6	側壁付根	1.700	1.700	0.300	—	—	
底版	記号	位置	LL (m)		LR (m)		
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		
	8	最大モーメント	1.446		1.954		
9	右側壁付け根	3.400		0.000			

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

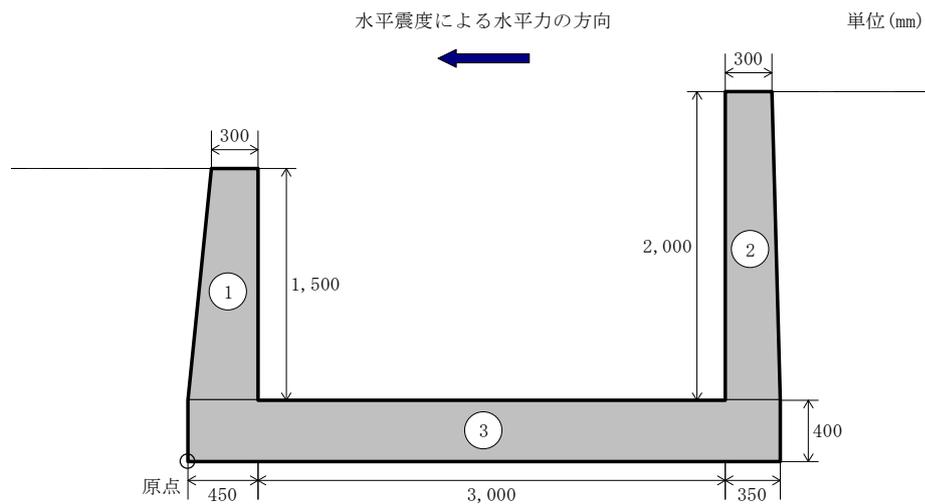
LR：右端からの距離

### 2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m <sup>2</sup> )	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m <sup>2</sup> )	計上	採用値 (kN/m <sup>2</sup> )
盛土荷重	—		—		—
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000		—		—
群集荷重	L: 0.000 R: 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/m<sup>2</sup>を見込む

### 3) 自重の算出



地震時の自重計算において水平震度を考慮しているため、自重に設計水平震度を乗じたものを水平力とする。（但し、水路内の水には水平震度が生じないものとする。）

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781	2.205	0.260	1.100	3.583	2.426
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925	2.548	3.613	1.374	57.537	3.501
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	5.958	1.900	0.200	70.756	1.192
合計		66.946	66.946	10.711			131.876	7.119

「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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} \\
 &= 13.781 + 15.925 \\
 &= 29.706
 \end{aligned}$$

#### 4) 土圧および載荷重の算出（地震時）

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_{AE}$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
40.000	2.882	0.600	2.860	57.876	0.327/0.982	19.272
42.000	2.689	0.560	2.665	54.002	0.360/0.985	19.737
44.000	2.510	0.522	2.485	50.400	0.392/0.987	20.017
46.000	2.344	0.487	2.318	47.062	0.424/0.987	20.217
47.000	2.265	0.471	2.238	45.480	0.440/0.987	20.275
47.119	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
47.120	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
47.121	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
48.000	2.188	0.455	2.161	43.934	0.455/0.987	20.253

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
40.000	2.114	0.149	2.264	39.542	0.408/0.987	16.346
42.000	1.978	0.139	2.110	36.994	0.440/0.987	16.492
43.000	1.914	0.135	2.038	35.802	0.455/0.987	16.504
43.399	1.889	0.133	2.009	35.332	0.462/0.987	16.538
43.400	1.889	0.133	2.009	35.332	0.462/0.987	16.538
43.401	1.888	0.133	2.009	35.314	0.462/0.987	16.530
44.000	1.852	0.130	1.968	34.636	0.471/0.987	16.528
46.000	1.734	0.121	1.835	32.422	0.501/0.985	16.491
48.000	1.625	0.113	1.711	30.380	0.531/0.982	16.427

$A_1, A_2$ は、座標法により算出。

$L$ は、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

$A_1$  : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

$A_2$  : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

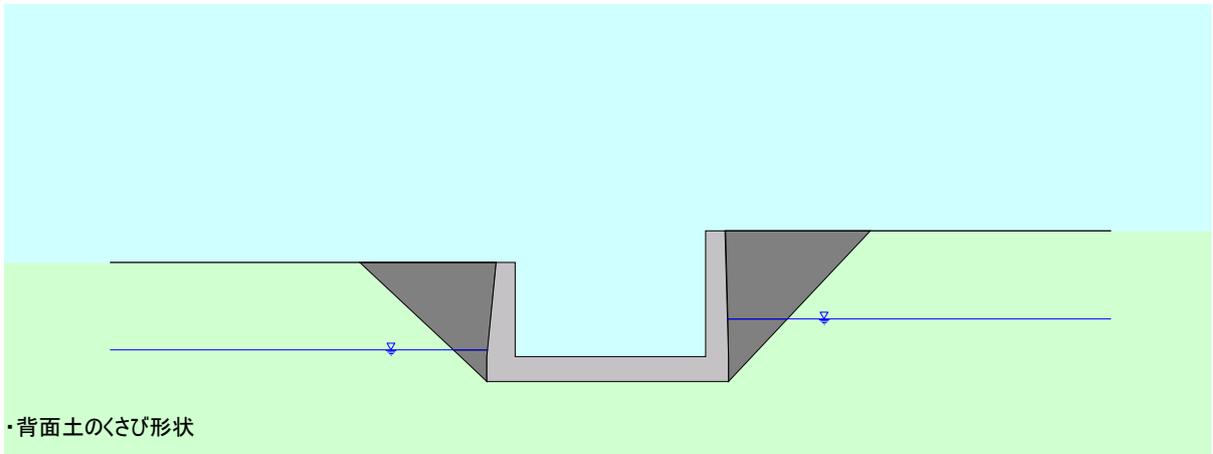
$L$  : 荷重作用長(m)

$W$  : くさび重量(kN/m)

$K$  : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

$P_A$  : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 47.120(°)、左 43.400(°)となり、主働土圧は右 20.285(kN/m)、左 16.538(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.279 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.960 \end{aligned}$$

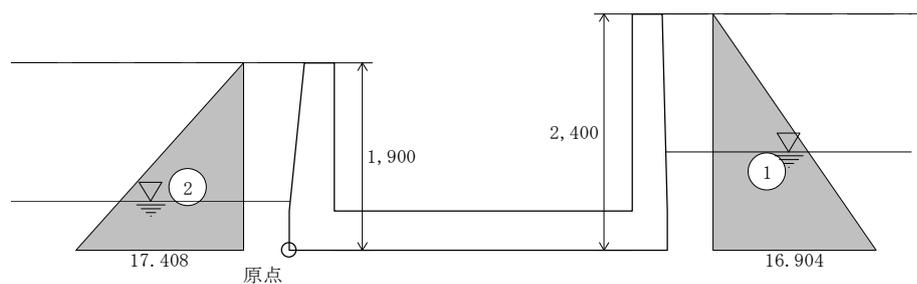
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= 0.293 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$16.904 \times 2.400 \div 2$	20.285	5.660	19.474	3.800	0.800	21.508	15.579
2	$17.408 \times 1.900 \div 2$	16.538	4.846	-15.810		0.633		-10.008
合計		36.823	10.506	3.664			21.508	5.571

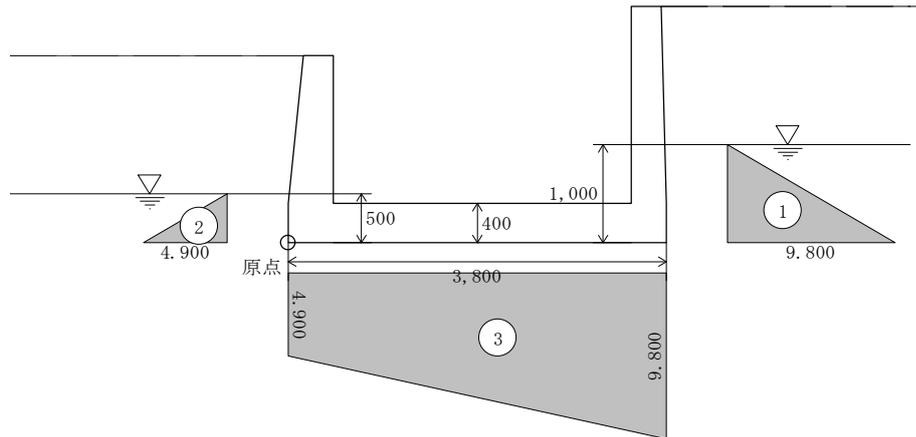
「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

### 5) 水圧の算出

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「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) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	$\Delta X$	$\Delta Y$	$M_x$	$M_y$
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m³)	44.100	7.056	1.950	2.550	85.995	17.993
合計		44.100	7.056			85.995	17.993

## 7) 偏心距離および底版反力の算出

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)

$\Sigma V$  : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

$\Sigma M_x$  : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

$\Sigma M_y$  : 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		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)	
自 重	66.946	10.711	131.876	7.119	29.706
土圧および載荷重	10.506	3.664	21.508	5.571	10.506
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427	
水路上面荷重	44.100	7.056	85.995	17.993	44.100
合 計	93.622	25.106	180.419	32.110	84.312

$$e = 3.800 / 2 - \{180.419 - (32.110)\} / 93.622$$

$$= 0.316 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.700m)の1/3(0.567m)内にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$q_R = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$q_L = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

ここに、

$q_R, q_L$  : 底版の両端における反力強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$L$  : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

$e$  :  $\Sigma V$ の作用点の偏心距離 (m)

$\Sigma V$  : 合力の鉛直分力 (kN/m)

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水路上面に生じる荷重とする。

但し、張出しを含む場合には、張出し部分にも底版反力が生じるとして、作用幅を張出し端部とし、張出し上部の土砂も自重に含める。

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。

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。

また、水路上面に上載荷重 $Q_c=44.100$ が生じるものとする。

以上により、底版反力は底版反力鉛直成分の合計値を用いて計算を行う。

$$q_R = 84.312 / 3.400 \times (1 - 6 \times 0.316 / 3.400)$$

$$= 10.969 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_L = 84.312 / 3.400 \times (1 + 6 \times 0.316 / 3.400)$$

$$= 38.626 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

## 8) 側壁の断面力計算

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 20.285 / 2.200^2 \\ &= 8.382 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

$P_A$  : 主働土圧 (kN/m)

$H$  : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

$P_{AM}$  : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 8.382 \times 1.467^2 \times \cos 15.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.067^2 + 1/2 \times 7.342 \times 1.467^2 \\ &= 16.634 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 8.382 \times 1.467^3 \times \cos 15.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.067^3 + 1/6 \times 7.342 \times 1.467^3 \\ &= 8.124 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 8.382 \times 2.000^2 \times \cos 15.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.600^2 + 1/2 \times 7.342 \times 2.000^2 \\ &= 32.641 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 8.382 \times 2.000^3 \times \cos 15.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.600^3 + 1/6 \times 7.342 \times 2.000^3 \\ &= 20.937 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 8.382 \times 2.200^2 \times \cos 15.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.800^2 + 1/2 \times 7.342 \times 2.200^2 \\ &= 40.498 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 8.382 \times 2.200^3 \times \cos 15.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.800^3 + 1/6 \times 7.342 \times 2.200^3 \\ &= 28.235 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 16.538 / 1.700^2 \\ &= 11.445 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

$P_A$  : 主働土圧 (kN/m)

$H$  : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

$P_{AM}$  : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 11.445 \times 1.133^2 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 12.295 \times 1.133^2 \\ &= 15.063 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 11.445 \times 1.133^3 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 12.295 \times 1.133^3 \\ &= 5.689 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S5} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 11.445 \times 1.500^2 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.100^2 + 1/2 \times 12.295 \times 1.500^2 \\ &= 26.451 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S5} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 11.445 \times 1.500^3 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.100^3 + 1/6 \times 12.295 \times 1.500^3 \\ &= 13.203 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S6} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 11.445 \times 1.700^2 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 + 1/2 \times 12.295 \times 1.700^2 \\ &= 34.353 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S6} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 11.445 \times 1.700^3 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.300^3 + 1/6 \times 12.295 \times 1.700^3 \\ &= 19.261 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

## 9) 底版の断面力計算

側壁底部の曲げモーメントを底版端部に生じる材端モーメントとして底版の計算を行う。

・右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 28.235 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 19.261 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 38.626 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (38.626 - 10.969) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (28.235 - 19.261) / 3.400 \\ &= -47.352 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (28.235 - 19.261) \times 0.000 / 3.400 + 19.261 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (38.626 - 10.969) - 3 \times 38.626\} \\ &= 19.261 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 38.626 \times (3.400 - 2 \times 1.446) + (38.626 - 10.969) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.446^2 / 3.400^2) + (28.235 - 19.261) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (28.235 - 19.261) \times 1.446 / 3.400 + 19.261 + 1/6 \times 1.446 \times (3.400 - 1.446) \times \{(1 + 1.446 / 3.400) \times (38.626 - 10.969) - 3 \times 38.626\} \\ &= -12.928 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 38.626 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (38.626 - 10.969) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (28.235 - 19.261) / 3.400 \\ &= 36.959 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (28.235 - 19.261) \times 3.400 / 3.400 + 19.261 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (38.626 - 10.969) - 3 \times 38.626\} \\ &= 28.235 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

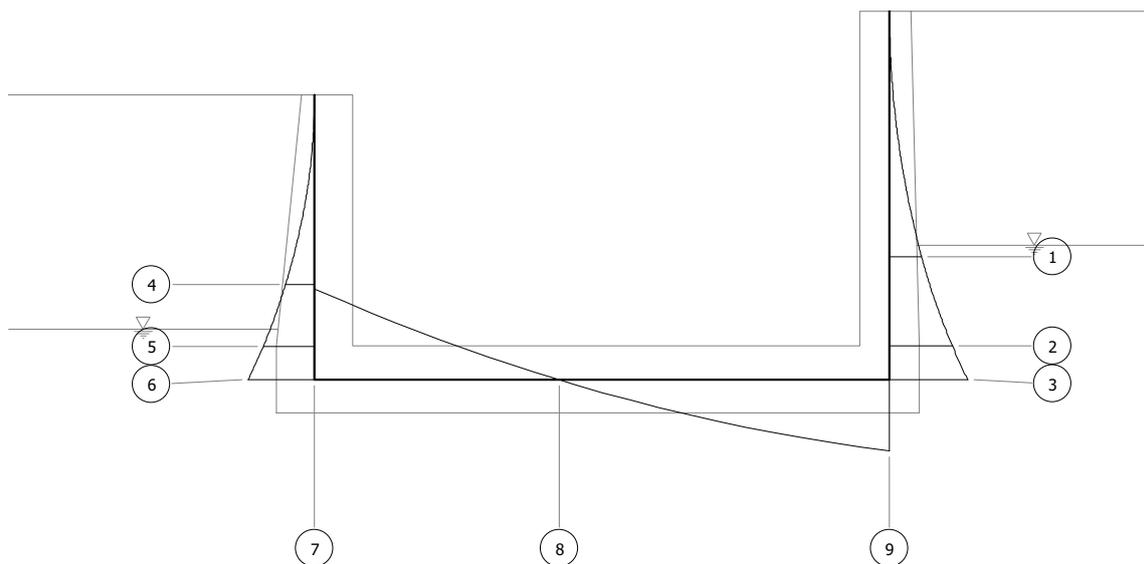
## 10) 断面力一覧

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	1.467	16.634	8.124
2	底版の上面	2.000	32.641	20.937	
3	側壁付根	2.200	40.498	28.235	
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	1.133	15.063	5.689
	5	底版の上面	1.500	26.451	13.203
6	側壁付根	1.700	34.353	19.261	
底版	記号	位置	$\chi$ (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	-47.352	19.261
	8	最大モーメント	1.446	0.000	-12.928
9	右側壁付け根	3.400	36.959	28.235	

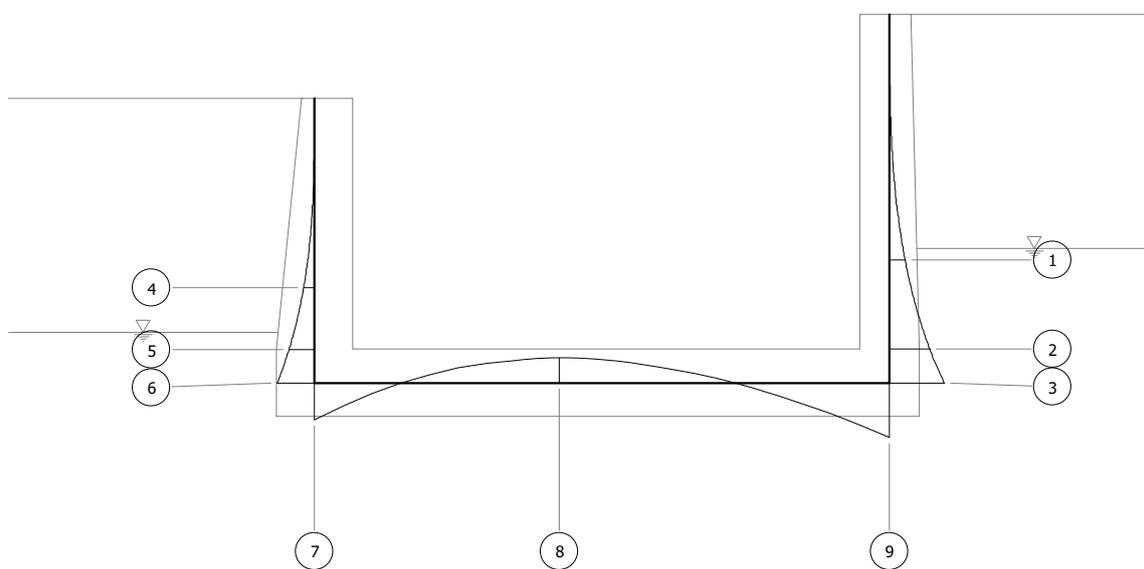
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

11) せん断力図



12) 曲げモーメント図



## 7.6 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース3）

### 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	1.467	1.467	---	0.467	0.467
	2	底版の上面	2.000	2.000	---	1.000	1.000
3	側壁付根	2.200	2.200	---	1.000	1.200	
左側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	4	側壁高の1/3	1.133	1.133	---	0.633	0.633
	5	底版の上面	1.500	1.500	---	1.000	1.000
6	側壁付根	1.700	1.700	---	1.000	1.200	
底版	記号	位置	LL (m)		LR (m)		
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		
	8	最大モーメント	1.588		1.812		
9	右側壁付け根	3.400		0.000			

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

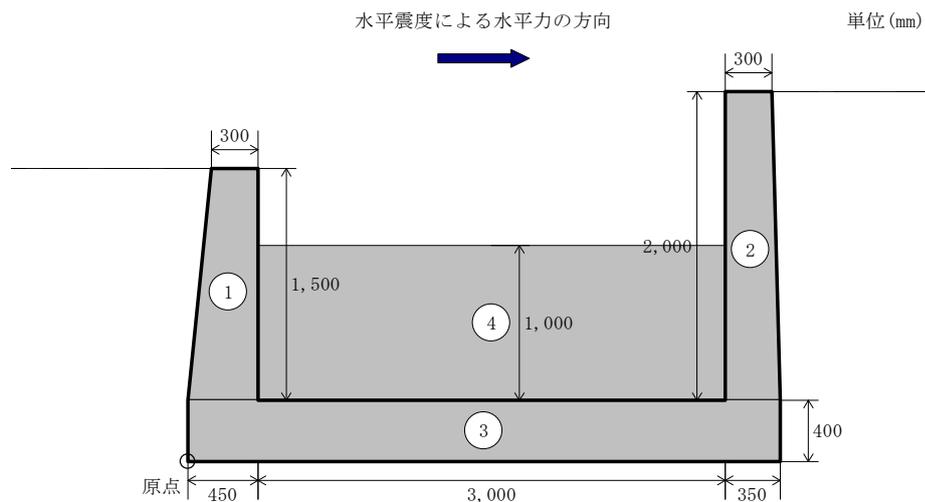
LR: 右端からの距離

### 2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m <sup>2</sup> )	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m <sup>2</sup> )	計上	採用値 (kN/m <sup>2</sup> )
盛土荷重	---		---		---
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000		---		---
群集荷重	L: 0.000 R: 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/m<sup>2</sup>を見込む

### 3) 自重の算出



地震時の自重計算において水平震度を考慮しているため、自重に設計水平震度を乗じたものを水平力とする。（但し、水路内の水には水平震度が生じないものとする。）

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781	-2.205	0.260	1.100	3.583	-2.426
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925	-2.548	3.613	1.374	57.537	-3.501
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	-5.958	1.900	0.200	70.756	-1.192
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	-10.711			189.206	-7.119

「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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} \\
 &= 13.781 + 15.925 \\
 &= 29.706
 \end{aligned}$$

#### 4) 土圧および載荷重の算出（地震時）

主働土圧の算出

すべり角度 $\omega$ を変化させ、土圧 $P_{AE}$ を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

$\omega$ を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
40.000	2.882	0.600	2.860	62.676	0.327/0.982	20.871
42.000	2.689	0.560	2.665	58.482	0.360/0.985	21.374
44.000	2.510	0.522	2.485	54.576	0.392/0.987	21.676
46.000	2.344	0.487	2.318	50.958	0.424/0.987	21.891
47.000	2.265	0.471	2.238	49.248	0.440/0.987	21.955
47.119	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
<b>47.120</b>	<b>2.256</b>	<b>0.469</b>	<b>2.229</b>	<b>49.050</b>	<b>0.442/0.987</b>	<b>21.966</b>
47.121	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
48.000	2.188	0.455	2.161	47.574	0.455/0.987	21.931

水路左側

$\omega$ (°)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$A_2$ (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (kN/m)	K	$P_A$ (kN/m)
40.000	2.114	0.149	2.264	40.734	0.408/0.987	16.838
42.000	1.978	0.139	2.110	38.106	0.440/0.987	16.987
43.000	1.914	0.135	2.038	36.882	0.455/0.987	17.002
43.399	1.889	0.133	2.009	36.396	0.462/0.987	17.036
<b>43.400</b>	<b>1.889</b>	<b>0.133</b>	<b>2.009</b>	<b>36.396</b>	<b>0.462/0.987</b>	<b>17.036</b>
43.401	1.888	0.133	2.009	36.378	0.462/0.987	17.028
44.000	1.852	0.130	1.968	35.676	0.471/0.987	17.025
46.000	1.734	0.121	1.835	33.390	0.501/0.985	16.983
48.000	1.625	0.113	1.711	31.284	0.531/0.982	16.916

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = (A_1 + A_2) \times \gamma_t + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

$\omega$  : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A<sub>1</sub> : 湿潤土面積(m<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> : 水中土面積(m<sup>2</sup>)

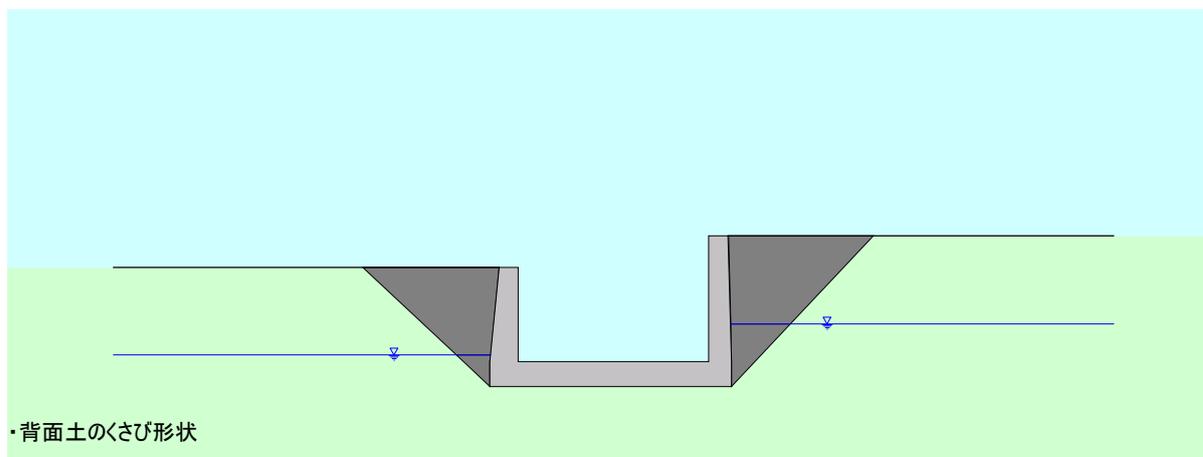
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数  $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P<sub>A</sub> : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 $\omega$ の値は、右 47.120(°)、左 43.400(°)となり、主働土圧は右 21.966(kN/m)、左 17.036(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.279 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.960 \end{aligned}$$

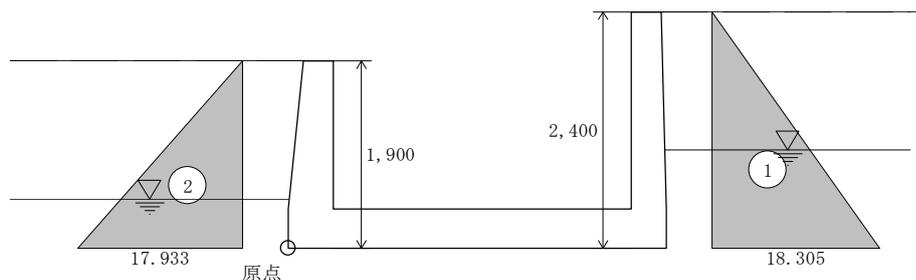
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= 0.293 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

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)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)
1	$18.305 \times 2.400 \div 2$	21.966	6.129	21.087	3.800	0.800	23.290	16.870
2	$17.933 \times 1.900 \div 2$	17.036	4.992	-16.286		0.633		-10.309
合計		39.002	11.121	4.801			23.290	6.561

「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) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	$\Delta X$	$\Delta Y$	$M_x$	$M_y$
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m×0.5m×1.0m×25.4kN/m <sup>3</sup> )	44.100	7.056	1.950	2.550	85.995	17.993
合計		44.100	7.056			85.995	17.993

### 6) 偏心距離および底版反力の算出

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)

$\Sigma V$  : 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。

$\Sigma M_x$  : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

$\Sigma M_y$  : 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		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	$M_x$ (kN・m)	$M_y$ (kN・m)	
自 重	96.346	-10.711	189.206	-7.119	29.706
土圧および載荷重	11.121	4.801	23.290	6.561	11.121
水 圧		-1.830		-1.464	
水路上面荷重	44.100	7.056	85.995	17.993	44.100
合 計	151.567	-0.684	298.491	15.971	84.927

$$\begin{aligned}
 e &= 3.800 / 2 - \{298.491 - (15.971)\} / 151.567 \\
 &= 0.036 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.700m)の1/3(0.567m)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、

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

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水路上面に生じる荷重とする。

但し、張出しを含む場合には、張出し部分にも底版反力が生じるとして、作用幅を張出し端部とし、張出し上部の土砂も自重に含める。

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、水路上面に上載荷重 $Q_c=44.100$ が生じるものとする。

以上により、底版反力は底版反力鉛直成分の合計値を用いて計算を行う。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 84.927 / 3.400 \times (1 - 6 \times 0.036 / 3.400) \\
 &= 23.392 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 84.927 / 3.400 \times (1 + 6 \times 0.036 / 3.400) \\
 &= 26.565 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

## 7) 側壁の断面力計算

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 21.966 / 2.200^2 \\ &= 9.077 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

$P_A$  : 主働土圧 (kN/m)

$H$  : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

$P_{AM}$  : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 9.077 \times 1.467^2 \times \cos 15.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.467^2) + 1/2 \times 7.342 \times 1.467^2 \\ &= 16.266 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 9.077 \times 1.467^3 \times \cos 15.000 - (1/6 \times 9.800 \times 0.467^3) + 1/6 \times 7.342 \times 1.467^3 \\ &= 8.310 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 9.077 \times 2.000^2 \times \cos 15.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times 7.342 \times 2.000^2 \\ &= 27.319 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 9.077 \times 2.000^3 \times \cos 15.000 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) + 1/6 \times 7.342 \times 2.000^3 \\ &= 19.846 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 9.077 \times 2.200^2 \times \cos 15.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times 7.342 \times 2.200^2 \\ &= 34.086 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 9.077 \times 2.200^3 \times \cos 15.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} + 1/6 \\ &\quad \times 7.342 \times 2.200^3 \\ &= 25.976 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 17.036 / 1.700^2 \\ &= 11.790 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

$P_A$  : 主働土圧 (kN/m)

$H$  : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

$P_{AM}$  : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 11.790 \times 1.133^2 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \times 0.633^2) + 1/2 \times 12.295 \times 1.133^2 \\ &= 13.315 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 11.790 \times 1.133^3 \times \cos 12.500 - (1/6 \times 9.800 \times 0.633^3) + 1/6 \times 12.295 \times 1.133^3 \\ &= 5.356 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\
 &= 1/2 \times 11.790 \times 1.500^2 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times 12.295 \times 1.500^2 \\
 &= 21.881 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\
 &= 1/6 \times 11.790 \times 1.500^3 \times \cos 12.500 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) + 1/6 \times 12.295 \times 1.500^3 \\
 &= 11.757 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\
 &= 1/2 \times 11.790 \times 1.700^2 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times 12.295 \times 1.700^2 \\
 &= 29.498 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\
 &= 1/6 \times 11.790 \times 1.700^3 \times \cos 12.500 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} + \\
 &\quad 1/6 \times 12.295 \times 1.700^3 \\
 &= 16.880 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

## 8) 地震時動水圧の算出

### 8-1 右側壁外側

地震時動水圧が生じていないため計算対象外

### 8-2 右側壁内側

$$\begin{aligned} h_t &= H_R - H_w = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ (m)} \\ h_b &= H_R = 2.000 \text{ (m)} \\ h_w &= h_b - h_t = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ (m)} \\ P_{ew} &= 7/12 \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^2 = 7/12 \times 0.160 \times 9.800 \times 1.000^2 = 0.915 \text{ (kN)} \\ y &= h_b - 2/5 \cdot h_w = 2.000 - 2/5 \times 1.000 = 1.600 \text{ (m)} \end{aligned}$$

### 8-3 左側壁外側

地震時動水圧が生じていないため計算対象外

### 8-4 左側壁内側

$$\begin{aligned} h_t &= H_L - H_w = 1.500 - 1.000 = 0.500 \text{ (m)} \\ h_b &= H_L = 1.500 \text{ (m)} \\ h_w &= h_b - h_t = 1.500 - 0.500 = 1.000 \text{ (m)} \\ P_{ew} &= 7/12 \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^2 = 7/12 \times 0.160 \times 9.800 \times 1.000^2 = 0.915 \text{ (kN)} \\ y &= h_b - 2/5 \cdot h_w = 1.500 - 2/5 \times 1.000 = 1.100 \text{ (m)} \end{aligned}$$

ここに、 $h_t$  : 地震時動水圧作用位置上部 (天端からの距離) (m)  
 $h_b$  : 地震時動水圧作用位置下部 (天端からの距離) (m)  
 $h_w$  : 地震時動水圧作用高さ (m)  
 $P_{ew}$  : 地震時動水圧 (kN)  
 $y$  : 天端から地震時動水圧合力位置までの長さ (m)

上記結果を下記表にまとめる。

位置	動水圧範囲			動水圧	アーム長
	$h_t$	$h_b$	$h_w$	$P_{ew}$	$y$
右	外側	—	—	—	—
	内側	1.000	2.000	1.000	0.915
左	外側	—	—	—	—
	内側	0.500	1.500	1.000	0.915

## 9) 照査位置での動水圧と動水圧による応力算出

地震時動水圧が生じている側壁とその面に対して、各照査位置毎に地震時動水圧を求め、それによって生じるせん断力と曲げモーメントを算出し先に求めた照査位置毎のせん断力と曲げモーメントに加える。

その際、地震時動水圧の方向は地震により正負反転すると考え内外の動水圧をせん断力、曲げモーメントが大きくなる向きに加減算する事とする。

ゆえに、地震時動水圧の算出は内外にかかわらず、正の向きで算出する。

### 9-1 右側壁内側

断面1  $h_t < h < h_b$  のため

$$\begin{aligned} P_{ei} &= 7/12 K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^{0.5} (h - h_t)^{1.5} = 7/12 \times 0.160 \times 9.800 \times 1.000^{0.5} \times (1.467 - 1.000)^{1.5} \\ &= 0.292 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$Y_{ei} = 2/5 (h - h_t) = 2/5 \times (1.467 - 1.000) = 0.187 \text{ (m)}$$

断面2  $h \geq h_b$  のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.915 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = h - y = 2.000 - 1.600 = 0.400 \text{ (m)}$$

断面3  $h \geq h_b$  のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.915 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = h - y = 2.200 - 1.600 = 0.600 \text{ (m)}$$

9-2 左側壁内側

断面4  $h_t < h < h_b$ のため

$$P_{ei} = 7/12 K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^{0.5} (h - h_t)^{1.5} = 7/12 \times 0.160 \times 9.800 \times 1.000^{0.5} \times (1.133 - 0.500)^{1.5} \\ = 0.461 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = 2/5 (h - h_t) = 2/5 \times (1.133 - 0.500) = 0.253 \text{ (m)}$$

断面5  $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.915 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = h - y = 1.500 - 1.100 = 0.400 \text{ (m)}$$

断面6  $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.915 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = h - y = 1.700 - 1.100 = 0.600 \text{ (m)}$$

ここに、 $h$  : 天端から照査位置までの距離 (m)

$P_{eo}$  : 側壁外側に生じる地震時動水圧 (kN)

$P_{ei}$  : 側壁内側に生じる地震時動水圧 (kN)

$Y_{eo}$  : 側壁外側に生じる地震時動水圧の合力から照査位置までの距離 (m)

$Y_{ei}$  : 側壁内側に生じる地震時動水圧の合力から照査位置までの距離 (m)

上記結果を下記表にまとめ、せん断力と曲げモーメントを集計する。

右側壁	記号	位置	h (m)	$P_{eo}$ (kN)	$P_{ei}$ (kN)	$Y_{eo}$ (m)	$Y_{ei}$ (m)	$S_e$ (kN)	$M_e$ (kN・m)	$S_s$ (kN)	$M_s$ (kN・m)	S (kN)	M (kN・m)
	1	側壁高の1/3	1.467	—	0.292	—	0.187	0.292	0.055	16.266	8.310	16.558	8.365
2	底版の上面	2.000	—	0.915	—	0.400	0.915	0.366	27.319	19.846	28.234	20.212	
3	側壁付根	2.200	—	0.915	—	0.600	0.915	0.549	34.086	25.976	35.001	26.525	
左側壁	記号	位置	h (m)	$P_{eo}$ (kN)	$P_{ei}$ (kN)	$Y_{eo}$ (m)	$Y_{ei}$ (m)	$S_e$ (kN)	$M_e$ (kN・m)	$S_s$ (kN)	$M_s$ (kN・m)	S (kN)	M (kN・m)
	4	側壁高の1/3	1.133	—	0.461	—	0.253	0.461	0.117	13.315	5.356	13.776	5.473
5	底版の上面	1.500	—	0.915	—	0.400	0.915	0.366	21.881	11.757	22.796	12.123	
6	側壁付根	1.700	—	0.915	—	0.600	0.915	0.549	29.498	16.880	30.413	17.429	

ここに、 $S_e$  : 地震時動水圧によるせん断力  $S_e = P_{eo} + P_{ei}$

$M_e$  : 地震時動水圧による曲げモーメント  $M_e = P_{eo} \times Y_{eo} + P_{ei} \times Y_{ei}$

$S_s$  : 上記を除く側壁に作用するせん断力 ≪ 「7) 側壁の断面力計算」より ≫

$M_s$  : 上記を除く側壁に作用する曲げモーメント ≪ 「7) 側壁の断面力計算」より ≫

S : 側壁に作用するせん断力合計

M : 側壁に作用する曲げモーメント合計

以降の計算および判定で用いるせん断力と曲げモーメントは、上記一覧表のSとMを用いる。

## 10) 底版の断面力計算

側壁底部の曲げモーメントを底版端部に生じる材端モーメントとして底版の計算を行う。

・右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} - 2 \times 0.549 = 26.525 - 2 \times 0.549 = 25.427 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

上記式中の「 $2 \times 0.549$ 」は、底版部計算時に地震時動水圧の作用方向が同時に同じ向きに働いている状態になるように側壁端部の曲げモーメントを調整している。 $2$ は2倍を表し $0.549$ は側壁端部に作用させた動水圧による曲げモーメントの値である。

(側壁計算時には、動水圧の向きは側壁に対してモーメントが大きくなるようにしているため左右での向きが異なる。)

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 17.429 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 26.565 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (26.565 - 23.392) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (25.427 - 17.429) / 3.400 \\ &= -41.010 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (25.427 - 17.429) \times 0.000 / 3.400 + 17.429 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (26.565 - 23.392) - 3 \times 26.565\} \\ &= 17.429 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 26.565 \times (3.400 - 2 \times 1.588) + (26.565 - 23.392) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.588^2 / 3.400^2) + (25.427 - 17.429) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (25.427 - 17.429) \times 1.588 / 3.400 + 17.429 + 1/6 \times 1.588 \times (3.400 - 1.588) \times \{(1 + 1.588 / 3.400) \times (26.565 - 23.392) - 3 \times 26.565\} \\ &= -14.823 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 26.565 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (26.565 - 23.392) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (25.427 - 17.429) / 3.400 \\ &= 43.917 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (25.427 - 17.429) \times 3.400 / 3.400 + 17.429 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (26.565 - 23.392) - 3 \times 26.565\} \\ &= 25.427 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

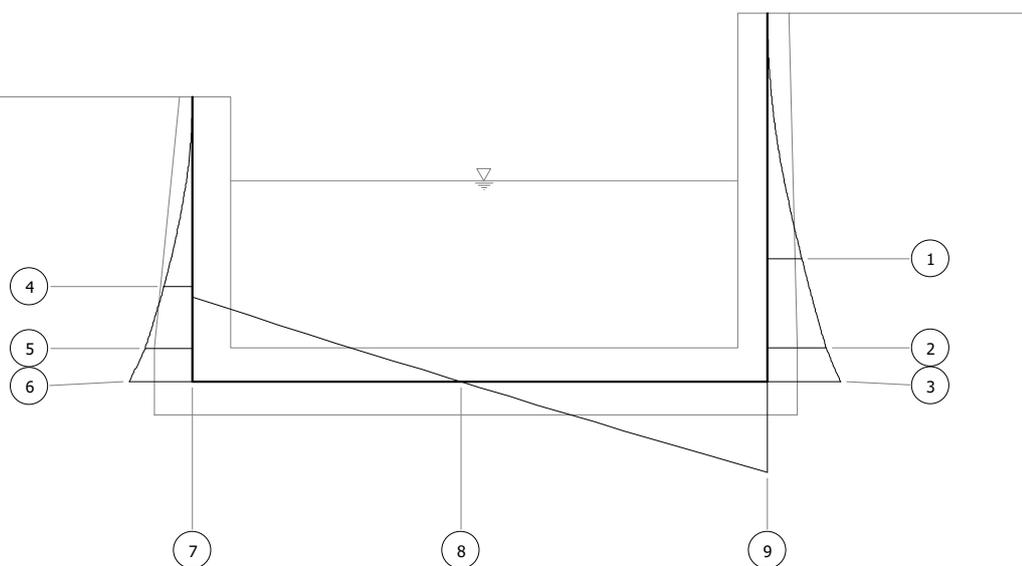
## 11) 断面力一覧

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	1.467	16.558	8.365
2	底版の上面	2.000	28.234	20.212	
3	側壁付根	2.200	35.001	26.525	
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	1.133	13.776	5.473
	5	底版の上面	1.500	22.796	12.123
6	側壁付根	1.700	30.413	17.429	
底版	記号	位置	$\chi$ (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	-41.010	17.429
	8	最大モーメント	1.588	0.000	-14.823
9	右側壁付け根	3.400	43.917	25.427	

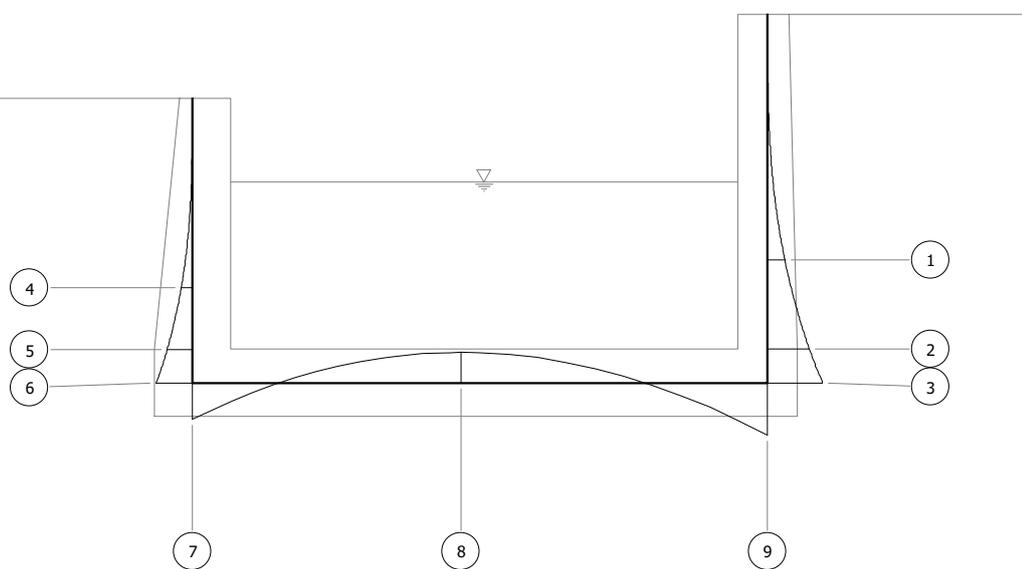
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

12) せん断力図



13) 曲げモーメント図



## 8 段落とし位置の計算

### 8.1 右側壁外側

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 $\sigma_{sa}$ に等しくなる位置に定着長 $(L_d+L_s)$ 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 $20\phi$ 以上とする。

$$L_d = \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi$$

ここに、

$L_d$  : 引張り鉄筋の基本定着長(mm)

$\phi$  : 主鉄筋の直径(mm)

$\sigma_{sa}$  : 鉄筋の基本定着長を算出する場合の許容引張り応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_{oa}$  : コンクリートの許容付着応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} L_d &= \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi \\ &= 176.0 / (4 \times 1.60) \times \phi \\ &= 27.50 \phi \\ \therefore & 28\phi \text{とする。} \\ &= 28 \times 19 = 532 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

#### 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 $(\sigma_{s2})$ が許容応力度 $(\sigma_{sa})$ 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 $\sigma_{sa}$ 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。

また鉄筋の段落とし位置は、常時・地震時を比較し鉄筋長が長くなる方を採用する。

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 <sup>2</sup> )	引張応力度 $\sigma_{s2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	段落し位置 (切り上げ) $L_1$ (m)
常時	ケース 1	2.200	0.290	12.369	80.206	0.830
	ケース 3	2.200	0.290	8.275	53.659	0.830
地震時	ケース 1	2.200	0.290	28.235	183.088	0.830
	ケース 3	2.200	0.290	26.525	171.999	0.830

立ち上げ鉄筋量  $A_{s2} = 573.0(\text{mm}^2)$      $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 2.200(\text{m})$

$L_1 = h_{s1} - h_{s2} + L_d + L_s$      $L_d = 0.532(\text{m})$      $h_{s3} = h_{s2} - L_d - L_s$

上記結果より、段落とし鉄筋長  $L_1 = 0.83(\text{m})$     天端からの位置  $h_{s3} = 1.37(\text{m})$

### 8.2 右側壁内側

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 $\sigma_{sa}$ に等しくなる位置に定着長 $(L_d+L_s)$ を加えた長さ $L_1$ とする。

#### 1) 基本定着長の算出

$$\begin{aligned} L_d &= \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi \\ &= 176.0 / (4 \times 1.60) \times \phi \\ &= 27.50 \phi \\ \therefore & 28\phi \text{とする。} \\ &= 28 \times 19 = 532 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

#### 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 $(\sigma_{s2})$ が許容応力度 $(\sigma_{sa})$ に達しないため、釣り合い位置を付根として計算を行う。

釣り合い位置  $h_{s2} = 2.200(\text{m})$

部材有効高さ  $L_s = 0.290(\text{m})$

立ち上げ鉄筋量  $A_{s2} = 573.0(\text{mm}^2)$      $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 2.200(\text{m})$

$L_1 = h_{s1} - h_{s2} + L_d + L_s$      $L_d = 0.532(\text{m})$      $h_{s3} = h_{s2} - L_d - L_s$

上記結果より、段落とし鉄筋長  $L_1 = 0.83(\text{m})$     天端からの位置  $h_{s3} = 1.37(\text{m})$

### 8.3 左側壁外側

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 $\sigma_{sa}$ に等しくなる位置に定着長 $(L_d+L_s)$ を加えた長さ $L_1$ とする。

#### 1) 基本定着長の算出

$$\begin{aligned} L_d &= \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi \\ &= 176.0 / (4 \times 1.60) \times \phi \\ &= 27.50 \phi \\ \therefore & 28 \phi \text{ とする。} \\ &= 28 \times 19 = 532 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

#### 2) 釣り合い応力位置の算出と段落とし位置の算出

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 <sup>2</sup> )	引張応力度 $\sigma_{s2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	段落し位置 (切り上げ) $L_1$ (m)
常時	ケース 1	1.700	0.390	10.340	49.383	0.930
	ケース 3	1.700	0.390	4.208	20.097	0.930
地震時	ケース 1	1.700	0.390	19.261	91.989	0.930
	ケース 3	1.700	0.390	17.429	83.239	0.930

立ち上げ鉄筋量  $A_{s2} = 573.0(\text{mm}^2)$      $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 1.700(\text{m})$   
 $L_1 = h_{s1} - h_{s2} + L_d + L_s$      $L_d = 0.532(\text{m})$      $h_{s3} = h_{s2} - L_d - L_s$   
 上記結果より、段落とし鉄筋長  $L_1 = 0.93(\text{m})$     天端からの位置  $h_{s3} = 0.77(\text{m})$

### 8.4 左側壁内側

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 $\sigma_{sa}$ に等しくなる位置に定着長 $(L_d+L_s)$ を加えた長さ $L_1$ とする。

#### 1) 基本定着長の算出

$$\begin{aligned} L_d &= \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi \\ &= 176.0 / (4 \times 1.60) \times \phi \\ &= 27.50 \phi \\ \therefore & 28 \phi \text{ とする。} \\ &= 28 \times 19 = 532 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

#### 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 $(\sigma_{s2})$ が許容応力度 $(\sigma_{sa})$ に達しないため、釣り合い位置を付根として計算を行う。

釣り合い位置  $h_{s2} = 1.700(\text{m})$   
 部材有効高さ  $L_s = 0.390(\text{m})$   
 立ち上げ鉄筋量  $A_{s2} = 573.0(\text{mm}^2)$      $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 1.700(\text{m})$   
 $L_1 = h_{s1} - h_{s2} + L_d + L_s$      $L_d = 0.532(\text{m})$      $h_{s3} = h_{s2} - L_d - L_s$   
 上記結果より、段落とし鉄筋長  $L_1 = 0.93(\text{m})$     天端からの位置  $h_{s3} = 0.77(\text{m})$

### 8.5 断面検討位置

右側壁	記号	位置	h(m)
	1	段落し位置	1.370
	2	側壁高の1/3	1.467
	3	底版の上面	2.000
	4	釣り合い応力位置 側壁付根	2.200
左側壁	記号	位置	h(m)
	5	段落し位置	0.770
	6	側壁高の1/3	1.133
	7	底版の上面	1.500
	8	釣り合い応力位置 側壁付根	1.700

## 9 部材厚の算出

- ・軸線が鉛直の場合

$$W = (T_2 - T_1) \cdot h / H + T_1$$

ただし、 $h > H$ の場合は、 $W = T_2$

ここに、

- W : 部材厚 (mm)  
h : 側壁天端から照査位置までの鉛直距離 (mm)  
T<sub>1</sub> : 側壁天端の水平幅 (mm)  
T<sub>2</sub> : 側壁下端の水平幅 (mm)  
H : 側壁天端から側壁下端までの鉛直距離 (mm)

- ・右側壁部材厚一覧表

No	照査位置 h (mm)	部材厚 W (mm)
1	1,370	334
2	1,467	337
3	2,000	350
4	2,200	350

- ・左側壁部材厚一覧表

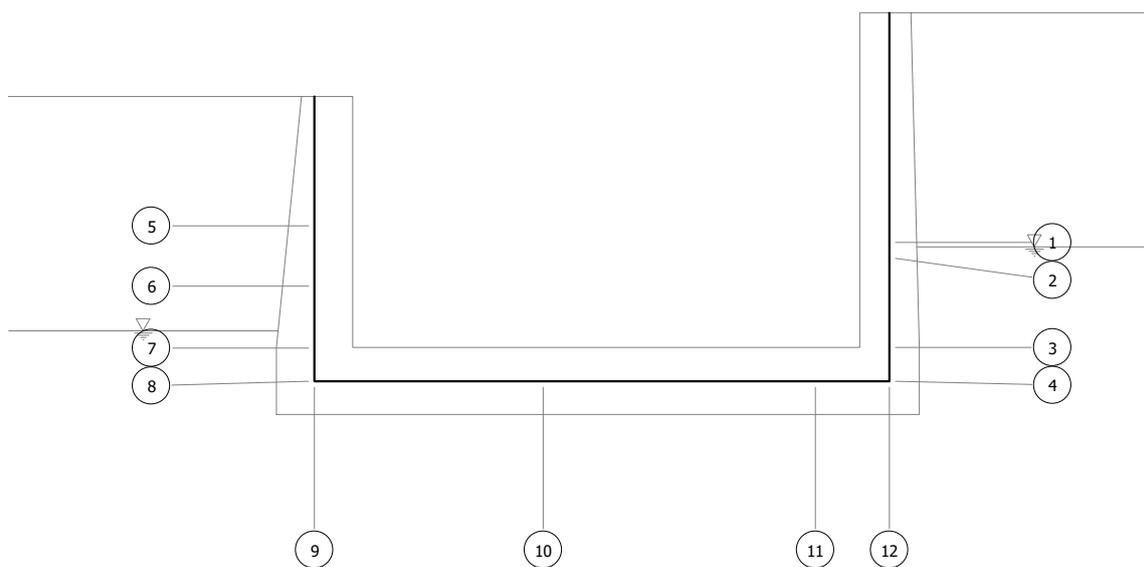
No	照査位置 h (mm)	部材厚 W (mm)
1	770	377
2	1,133	413
3	1,500	450
4	1,700	450

# 10 応力度計算(鉄筋)

## 10.1 荷重組み合わせパターン(常時: ケース1)

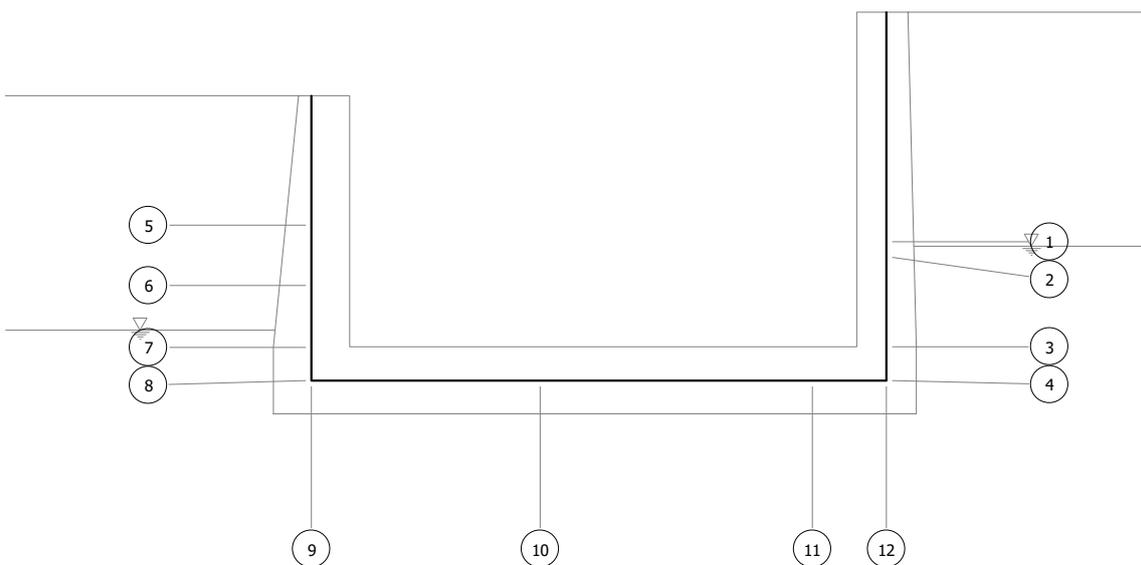
### 1) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	右側壁				左側壁			
			1	2	3	4	5	6	7	8
検討位置 H (m)			1.370	1.467	2.000	2.200	0.770	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		2.785	3.420	9.018	12.369	0.957	3.048	7.074	10.340
	せん断力 S (kN)		6.099	7.015	14.761	18.863	3.728	8.070	14.195	18.610
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		334	337	350	350	377	413	450	450
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60	60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@500	D19@250	D19@250	D19@250	D19@500	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側							
データ	引張側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )		573	1146	1146	1146	573	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> ' (mm <sup>2</sup> )		—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		274	277	290	290	317	353	390	390
	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		0.00209	0.00414	0.00395	0.00395	0.00181	0.00325	0.00294	0.00294
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.22100	0.29575	0.29005	0.29005	0.20745	0.26728	0.25614	0.25614
	応力軸比 j		0.92633	0.90142	0.90332	0.90332	0.93085	0.91091	0.91462	0.91462
	係数 L <sub>c</sub>		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		60.55	81.92	84.11	84.11	65.76	94.35	99.89	99.89
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	9.000	0.362	0.334	0.819	1.123	0.099	0.201	0.397	0.580
	引張応力度 σ <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	176.000	19.149	11.952	30.039	41.201	5.660	8.271	17.305	25.295
	圧縮応力度 σ <sub>s</sub> ' (N/mm <sup>2</sup> )	176.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm <sup>2</sup> )	0.450	0.024	0.028	0.056	0.072	0.013	0.025	0.040	0.052
	付着応力度 τ <sub>o</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	1.600	0.100	0.117	0.235	0.300	0.053	0.105	0.166	0.217
判 定			OK							
計 算 式			単鉄筋計算				単鉄筋計算			



2) 応力度計算表(鉄筋)

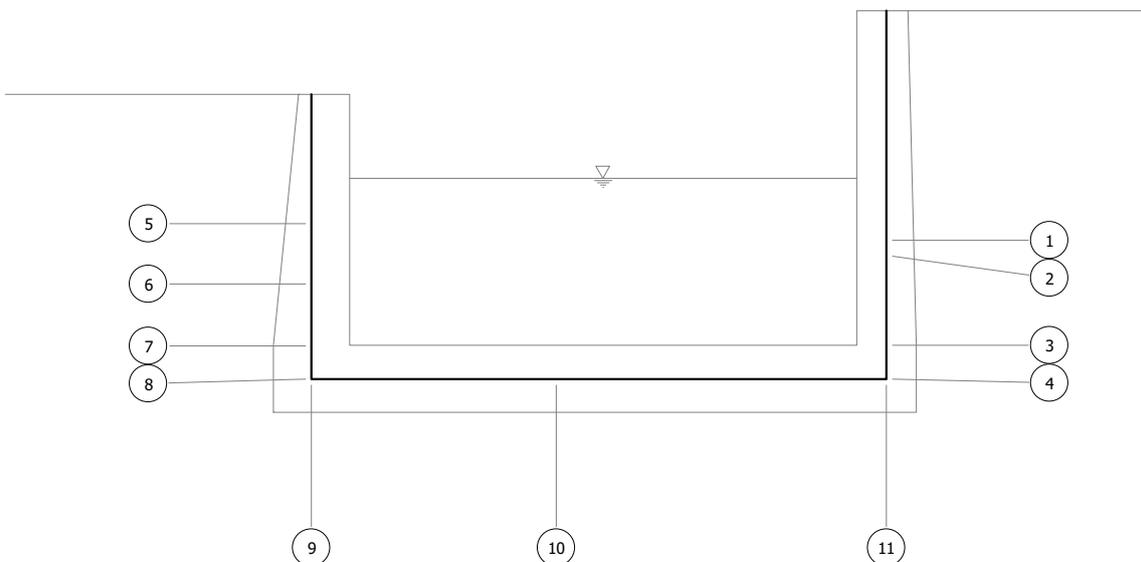
		許容値	底 版			
			9	10	11	12
検討位置 H (m)			0.000	1.354	2.961	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		10.340	-50.661	-5.952	12.369
	せん断力 S (kN)		-99.976	0.000	41.734	41.734
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250	D19@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
データ	引張側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )		1146	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> ' (mm <sup>2</sup> )		—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		340	340	340	340
	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
	引張鉄筋比 p		0.00337	0.00337	0.00337	0.00337
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—
	中立軸比 k		0.27141	0.27141	0.27141	0.27141
	応力軸比 j		0.90953	0.90953	0.90953	0.90953
	係数 L <sub>c</sub>		—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		92.28	92.28	92.28	92.28
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	9.000	0.725	3.551	0.417	0.867
	引張応力度 σ <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	176.000	29.177	142.953	16.795	34.902
	圧縮応力度 σ <sub>s</sub> ' (N/mm <sup>2</sup> )	176.000	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm <sup>2</sup> )	0.450	0.323	0.000	0.135	0.135
	付着応力度 τ <sub>o</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	1.600	1.347	0.000	0.562	0.562
判 定			OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算			



## 10.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケース3）

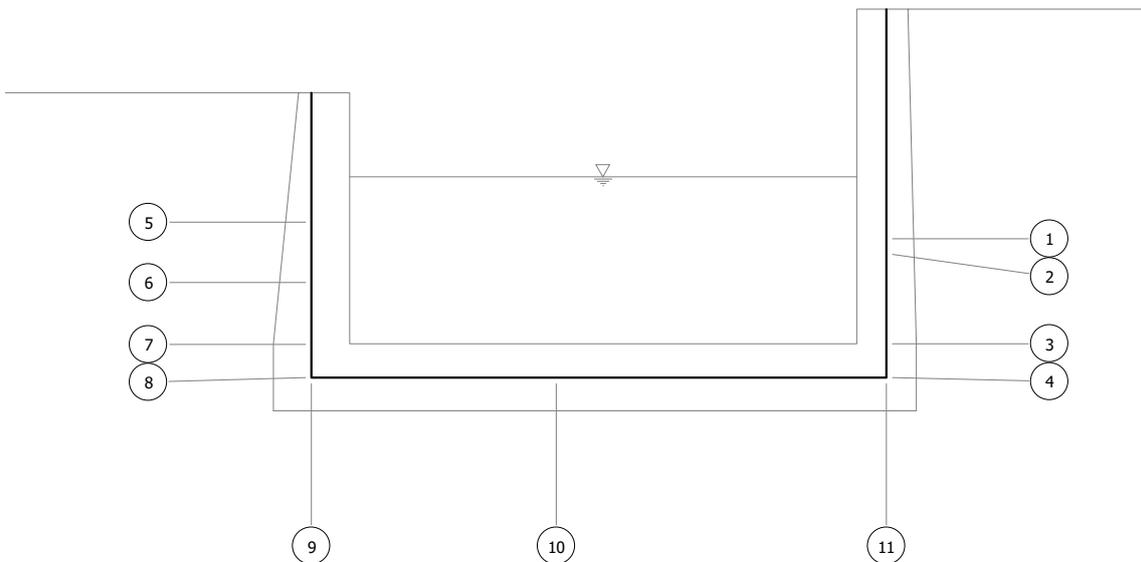
### 1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁				左側壁			
			1	2	3	4	5	6	7	8
検討位置 H (m)			1.370	1.467	2.000	2.200	0.770	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		2.547	3.062	6.547	8.275	0.602	1.605	3.052	4.208
	せん断力 S (kN)		5.087	5.533	7.370	9.947	2.112	3.383	4.471	7.137
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		334	337	350	350	377	413	450	450
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60	60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@500	D19@250	D19@250	D19@250	D19@500	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側							
データ	引張側 鉄筋断面積 $A_s$ (mm <sup>2</sup> )		573	1146	1146	1146	573	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 $A_s'$ (mm <sup>2</sup> )		—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		274	277	290	290	317	353	390	390
	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		0.00209	0.00414	0.00395	0.00395	0.00181	0.00325	0.00294	0.00294
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.22100	0.29575	0.29005	0.29005	0.20745	0.26728	0.25614	0.25614
	応力軸比 j		0.92633	0.90142	0.90332	0.90332	0.93085	0.91091	0.91462	0.91462
	係数 $L_c$		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 $\chi$ (mm)		60.55	81.92	84.11	84.11	65.76	94.35	99.89	99.89
計算結果	曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	9.000	0.331	0.299	0.594	0.751	0.062	0.106	0.171	0.236
	引張応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	176.000	17.513	10.701	21.808	27.564	3.560	4.356	7.466	10.294
	圧縮応力度 $\sigma_s'$ (N/mm <sup>2</sup> )	176.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.450	0.020	0.022	0.028	0.038	0.007	0.011	0.013	0.020
	付着応力度 $\tau_o$ (N/mm <sup>2</sup> )	1.600	0.084	0.092	0.117	0.158	0.030	0.044	0.052	0.083
判定			OK							
計算式			単鉄筋計算				単鉄筋計算			



2) 応力度計算表(鉄筋)

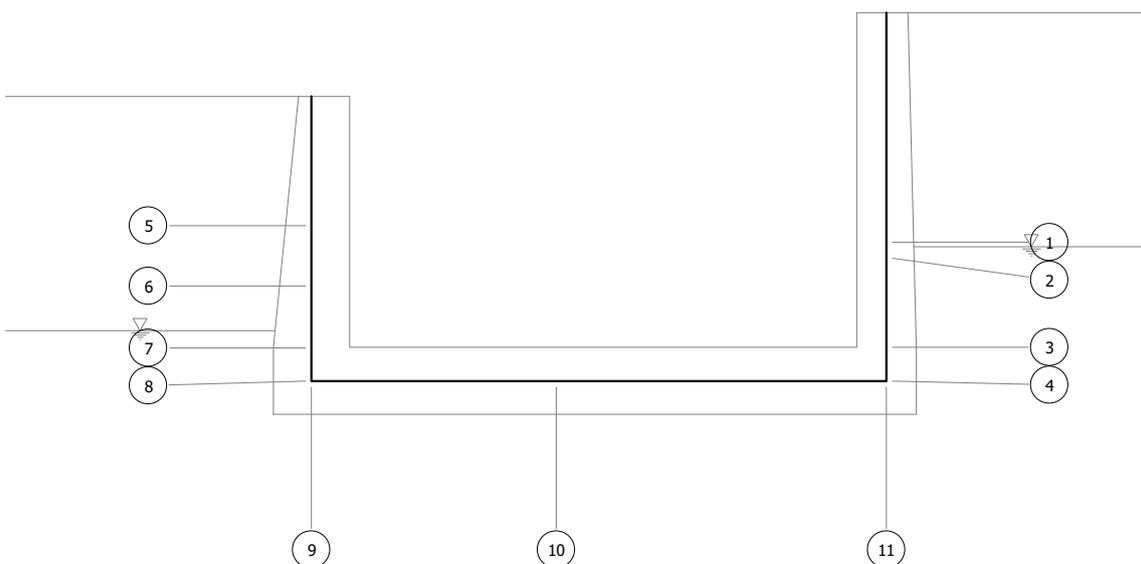
		許容値	底 版		
			9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	1.448	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		4.208	-54.272	8.275
	せん断力 S (kN)		-87.885	0.000	51.177
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	内側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )		1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> ' (mm <sup>2</sup> )		—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		340	340	340
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00337	0.00337	0.00337
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—
	中立軸比 k		0.27141	0.27141	0.27141
	応力軸比 j		0.90953	0.90953	0.90953
	係数 L <sub>c</sub>		—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		92.28	92.28	92.28
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	9.000	0.295	3.804	0.580
	引張応力度 σ <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	176.000	11.874	153.142	23.350
	圧縮応力度 σ <sub>s</sub> ' (N/mm <sup>2</sup> )	176.000	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm <sup>2</sup> )	0.450	0.284	0.000	0.165
	付着応力度 τ <sub>o</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	1.600	1.184	0.000	0.690
判 定			OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算		



### 10.3 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース1）

#### 1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁				左側壁			
			1	2	3	4	5	6	7	8
検討位置 H (m)			1.370	1.467	2.000	2.200	0.770	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		6.616	8.124	20.937	28.235	1.786	5.689	13.203	19.261
	せん断力 S (kN)		14.488	16.634	32.641	40.498	6.957	15.063	26.451	34.353
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		334	337	350	350	377	413	450	450
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60	60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@500	D19@250	D19@250	D19@250	D19@500	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側							
データ	引張側 鉄筋断面積 $A_s$ (mm <sup>2</sup> )		573	1146	1146	1146	573	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 $A_s'$ (mm <sup>2</sup> )		—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		274	277	290	290	317	353	390	390
	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		0.00209	0.00414	0.00395	0.00395	0.00181	0.00325	0.00294	0.00294
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.22100	0.29575	0.29005	0.29005	0.20745	0.26728	0.25614	0.25614
	応力軸比 j		0.92633	0.90142	0.90332	0.90332	0.93085	0.91091	0.91462	0.91462
	係数 $L_c$		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 $\chi$ (mm)		60.55	81.92	84.11	84.11	65.76	94.35	99.89	99.89
計算結果	曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	13.500	0.861	0.794	1.900	2.563	0.184	0.375	0.741	1.081
	引張応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	264.000	45.491	28.391	69.741	94.051	10.563	15.438	32.299	47.118
	圧縮応力度 $\sigma_s'$ (N/mm <sup>2</sup> )	264.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.670	0.057	0.067	0.125	0.155	0.024	0.047	0.074	0.096
	付着応力度 $\tau_o$ (N/mm <sup>2</sup> )	2.400	0.238	0.278	0.519	0.644	0.098	0.195	0.309	0.401
判定			OK							
計算式			単鉄筋計算				単鉄筋計算			

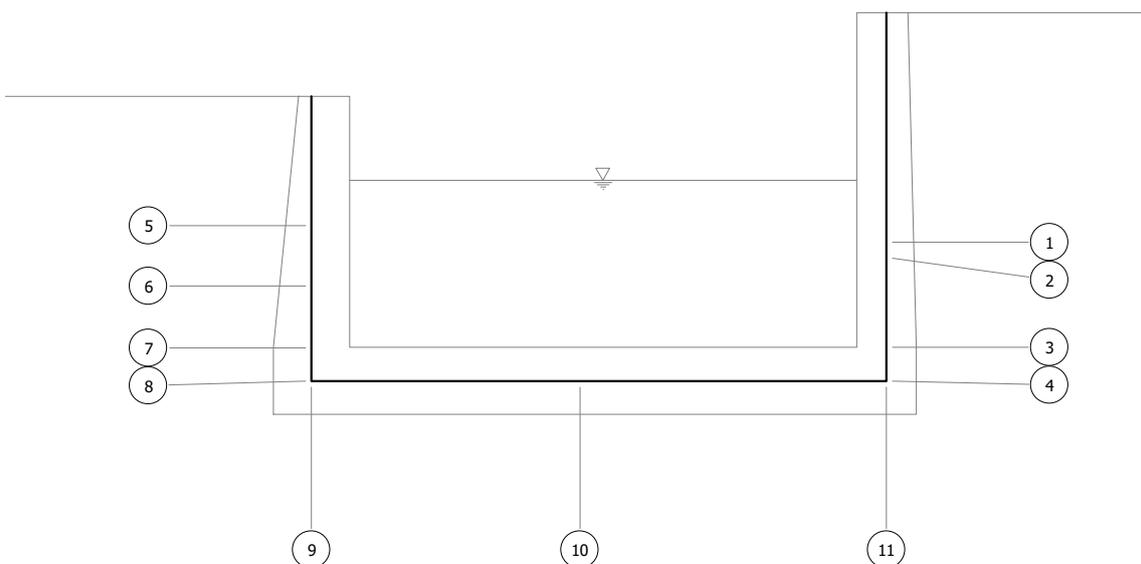




### 10.4 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース3）

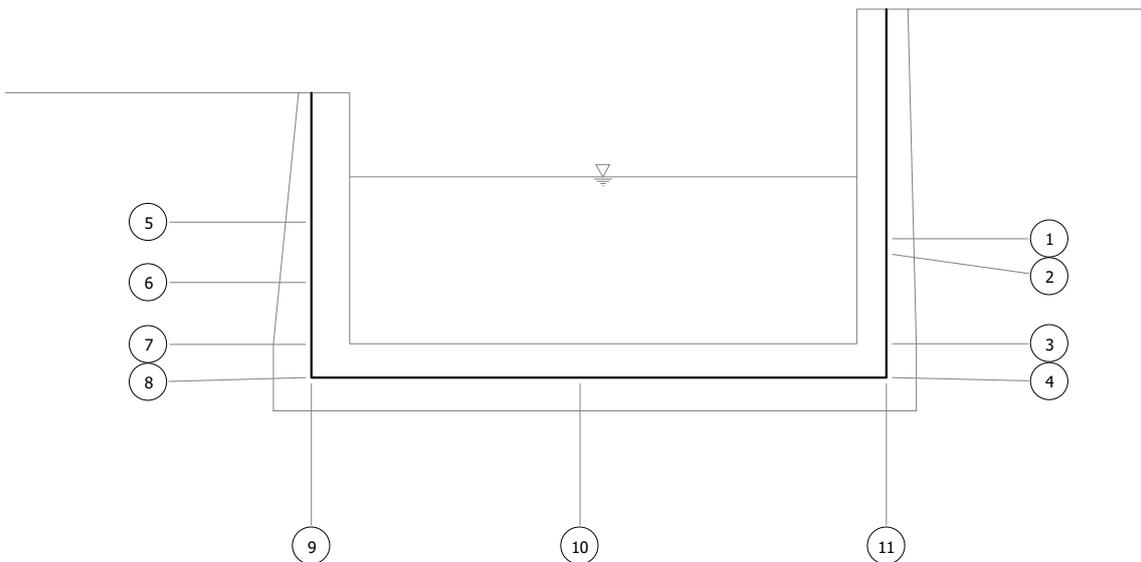
#### 1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁				左側壁			
			1	2	3	4	5	6	7	8
検討位置 H (m)			1.370	1.467	2.000	2.200	0.770	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		6.851	8.365	20.212	26.525	1.794	5.473	12.123	17.429
	せん断力 S (kN)		14.653	16.558	28.234	35.001	6.828	13.776	22.796	30.413
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		334	337	350	350	377	413	450	450
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60	60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@500	D19@250	D19@250	D19@250	D19@500	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側							
データ	引張側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )		573	1146	1146	1146	573	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> ' (mm <sup>2</sup> )		—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		274	277	290	290	317	353	390	390
	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		0.00209	0.00414	0.00395	0.00395	0.00181	0.00325	0.00294	0.00294
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.22100	0.29575	0.29005	0.29005	0.20745	0.26728	0.25614	0.25614
	応力軸比 j		0.92633	0.90142	0.90332	0.90332	0.93085	0.91091	0.91462	0.91462
	係数 L <sub>c</sub>		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 $\chi$ (mm)		60.55	81.92	84.11	84.11	65.76	94.35	99.89	99.89
計算結果	曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	13.500	0.892	0.818	1.835	2.408	0.185	0.361	0.680	0.978
	引張応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	264.000	47.107	29.233	67.326	88.355	10.610	14.852	29.657	42.637
	圧縮応力度 $\sigma_s'$ (N/mm <sup>2</sup> )	264.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.670	0.058	0.066	0.108	0.134	0.023	0.043	0.064	0.085
	付着応力度 $\tau_o$ (N/mm <sup>2</sup> )	2.400	0.241	0.276	0.449	0.557	0.096	0.179	0.266	0.355
判定			OK							
計算式			単鉄筋計算				単鉄筋計算			

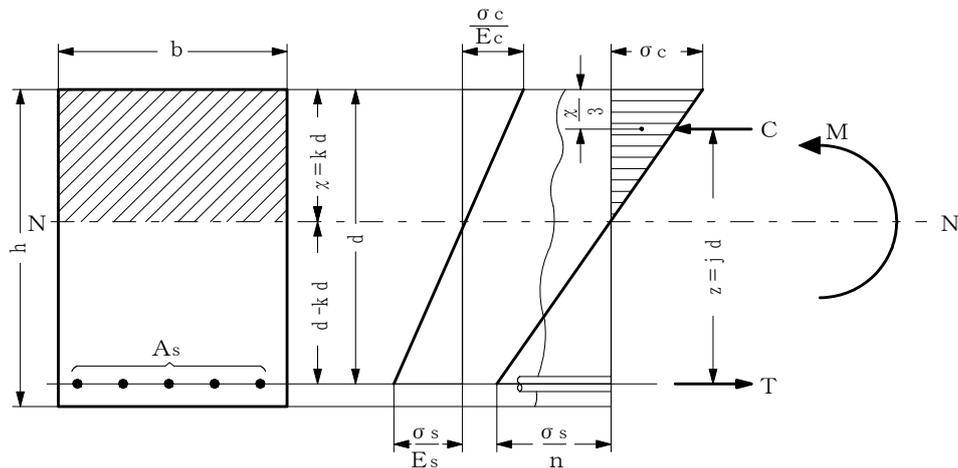


2) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	底 版		
			9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	1.588	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		17.429	-14.823	25.427
	せん断力 S (kN)		-41.010	0.000	43.917
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@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	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )		1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A <sub>s</sub> ' (mm <sup>2</sup> )		—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		340	340	340
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00337	0.00337	0.00337
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—
	中立軸比 k		0.27141	0.27141	0.27141
	応力軸比 j		0.90953	0.90953	0.90953
	係数 L <sub>c</sub>		—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		92.28	92.28	92.28
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	13.500	1.222	1.039	1.782
	引張応力度 σ <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	264.000	49.180	41.827	71.749
	圧縮応力度 σ <sub>s</sub> ' (N/mm <sup>2</sup> )	264.000	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm <sup>2</sup> )	0.670	0.133	0.000	0.142
	付着応力度 τ <sub>o</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	2.400	0.553	0.000	0.592
<b>判 定</b>			<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
計 算 式			単鉄筋計算		



単鉄筋の算定式



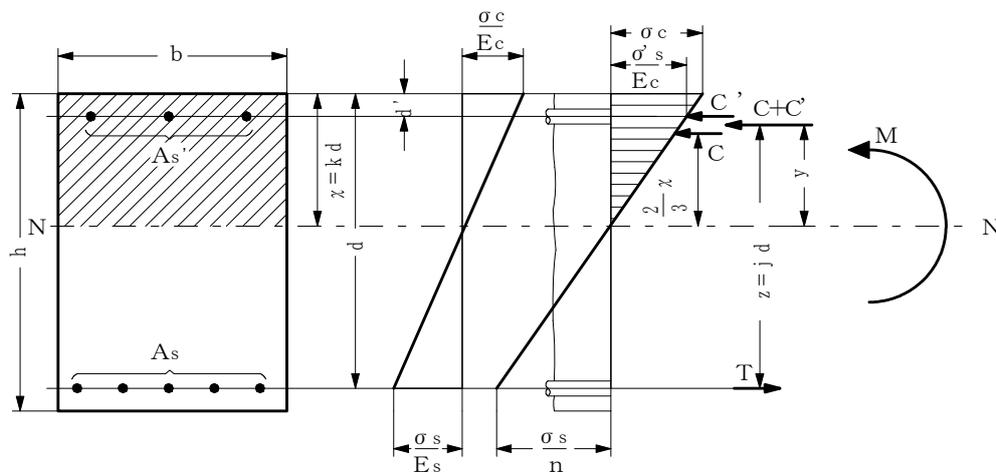
$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

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

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

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

複鉄筋の算定式



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

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

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

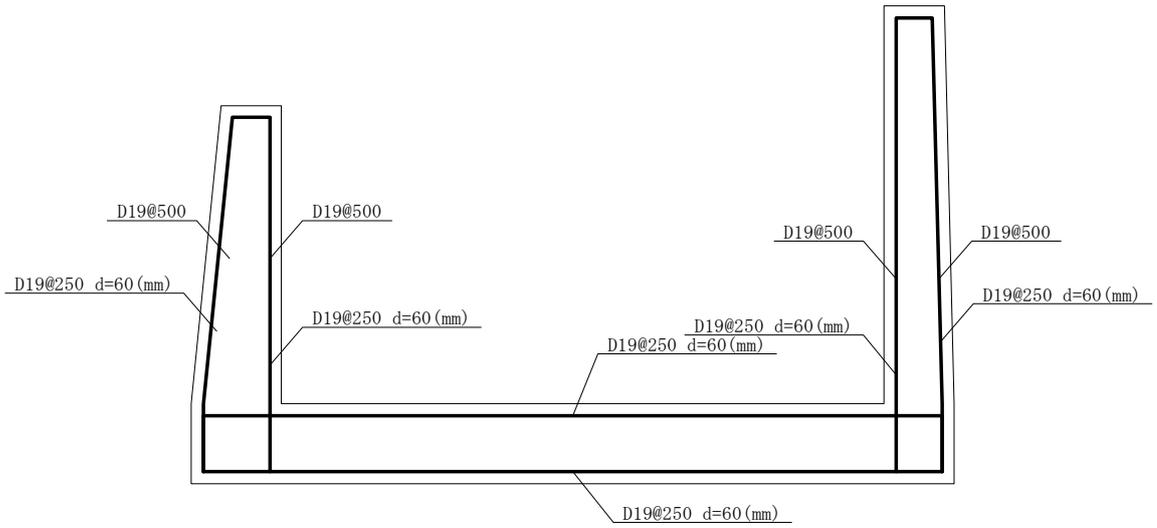
$$j = \frac{k^2 \left( 1 - \frac{k}{3} \right) + 2n p' \left( k - \frac{d'}{d} \right) \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)}{k^2 + 2n p' \left( k - \frac{d'}{d} \right)}$$

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

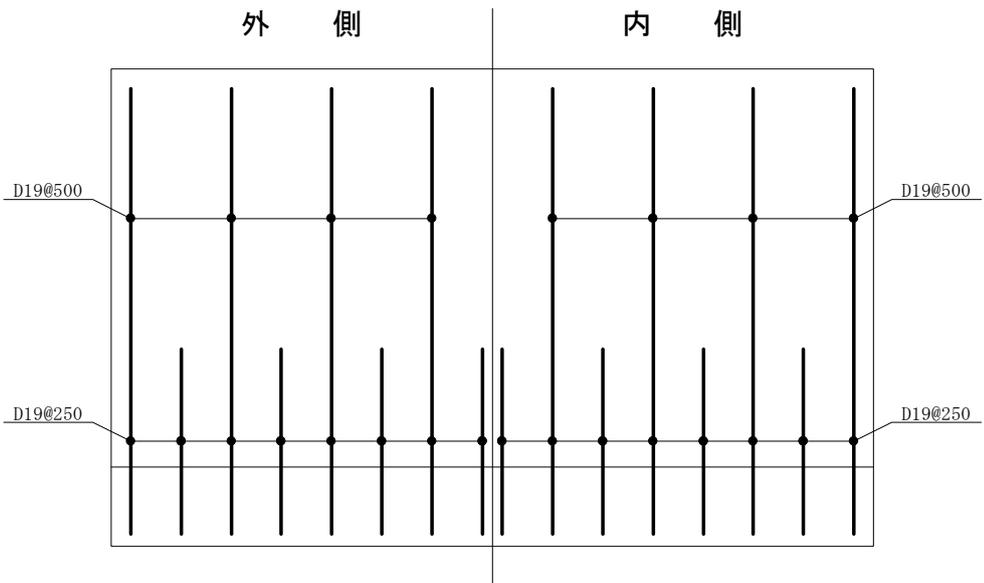
$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \quad \tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d} \quad \tau_0 = \frac{S}{U \cdot j \cdot d} \quad \sigma_{s'} = n \cdot \sigma_c \left( 1 - \frac{d'}{k \cdot d} \right)$$

# 11. 配筋图

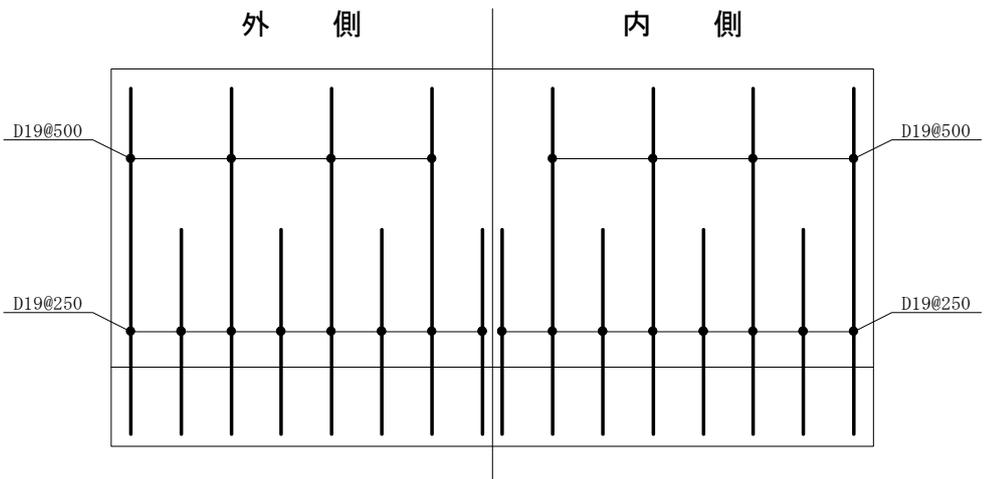
## 1) 正面图



## 2) 右侧壁图



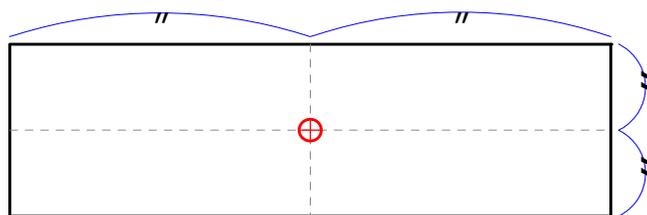
## 3) 左侧壁图



## 参考資料 重心の計算

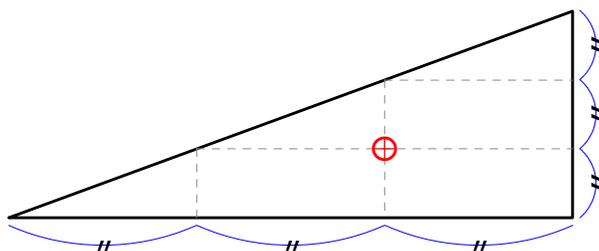
### 1. 長方形の重心

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。



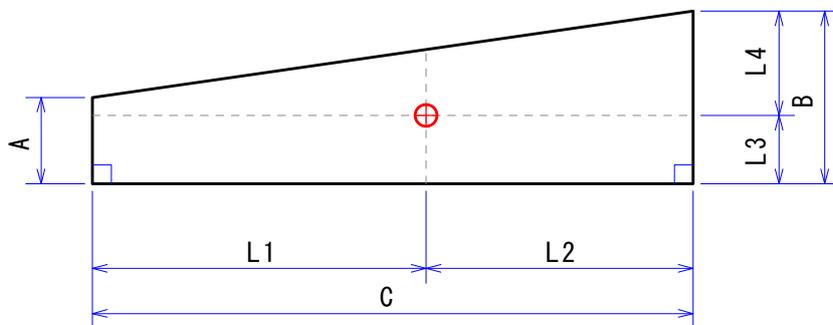
### 2. 直角三角形の重心

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。



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

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

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

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