

水路設計計算システム

Ver7.0

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/部材断面計算+結果一覧表)

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先 : 堺事務所 (技術サービス)

〒591-8002 大阪府堺市北区北花田町3丁17-24-303

TEL : 072-268-5181 FAX : 072-268-5182

<https://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

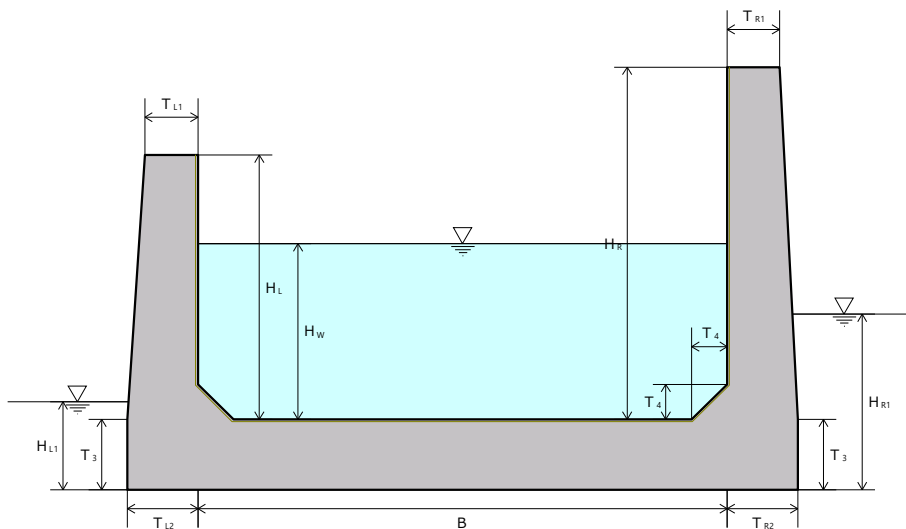
1. 設計条件

1.1 単位体積重量

項目	記号	値	単位
フルーム (躯体)	γ_{sc}	24.500	kN/m ³
湿潤土	γ_t	18.000	kN/m ³
水中土	γ_{ws}	10.000	kN/m ³
水	γ_w	9.800	kN/m ³

計算書出力例 (詳細)

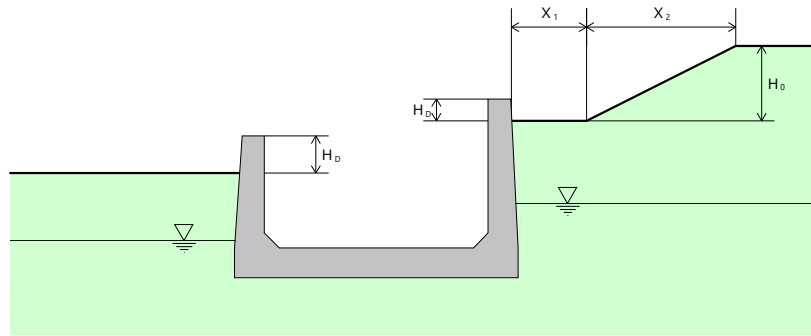
1.2 躯体形状



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}	400	mm	
側壁上部厚 (左側)	T_{L1}	300	mm	
側壁下部厚 (左側)	T_{L2}	400	mm	
底版厚	T_3	400	mm	
ハンチ幅・高さ (右側)	T_{R4}	200	mm	
ハンチ幅・高さ (左側)	T_{L4}	200	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、「盛土形状」に設定

項目	記号	値	単位	備考
側壁天端からの落差	H_D	0.300	m	
ステップ幅	X_1	1.000	m	
法幅	X_2	2.000	m	
法高	H_0	1.000	m	

水路左側の背面土砂形状は、「フラット」に設定

項目	記号	値	単位	備考
側壁天端からの落差	H_D	0.500	m	

1.4 土質条件

土圧係数は、「クーロン土圧公式」にて算出する。

項目	記号	値	単位	備考
土の内部摩擦角度	ϕ_R	25.000	°	右側
土の内部摩擦角度	ϕ_L	20.000	°	左側
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (右側)	δ_R	16.667	°	計算値
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (左側)	δ_L	13.333	°	計算値
壁背面の傾斜角 (右側)	θ_R	87.138	°	計算値
壁背面の傾斜角 (左側)	θ_L	86.186	°	計算値
壁背面土の傾斜角 (右側)	i_R	0.000	°	水平面 = 0°
壁背面土の傾斜角 (左側)	i_L	0.000	°	水平面 = 0°
主働土圧係数 (右側)	K_{AR}	0.382		安定計算用(計算値)
主働土圧係数 (左側)	K_{AL}	0.465		安定計算用(計算値)
受働土圧係数 (右側)	K_{PR}	3.784		安定計算用(計算値)
受働土圧係数 (左側)	K_{PL}	2.690		安定計算用(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

$$\begin{aligned}n &= (T_{R2} - T_{R1}) / H_R = (400 - 300) / 2000 \\ &= 0.050\end{aligned}$$

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

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

・左側

側壁背面のコロビ「n」の算出

$$\begin{aligned}n &= (T_{L2} - T_{L1}) / H_L = (400 - 300) / 1500 \\ &= 0.067\end{aligned}$$

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

$$\delta_L = 2/3 \phi = 13.333$$

【壁背面の傾斜角】

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{H_R / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{2000 / (400 - 300)\} \\ &= 87.138^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_L &= \tan^{-1}\{H_L / (T_{L2} - T_{L1})\} \\ &= \tan^{-1}\{1500 / (400 - 300)\} \\ &= 86.186^\circ\end{aligned}$$

【クーロン土圧公式】

・主働土圧係数

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

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

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

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

・受働土圧係数

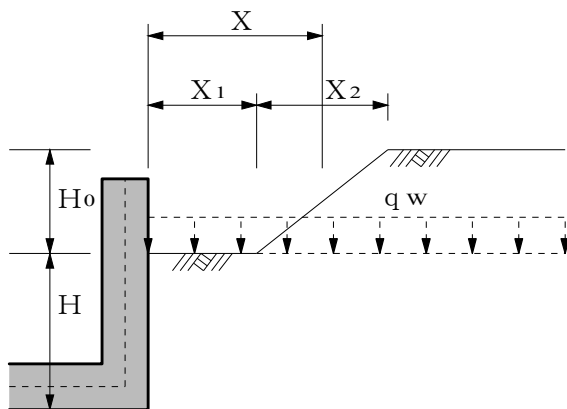
$$K_P = \frac{\sin^2(\theta + \theta_0 - \phi)}{\sin^2 \theta \cdot \cos \theta_0 \cdot \sin(\theta + \theta_0 + \delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + i - \theta_0)}{\sin(\theta + \theta_0 + \delta) \cdot \sin(\theta + i)}} \right\}^2}$$

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

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

2 荷重データ

2.1 台形盛土荷重



項目	記号	値		単位	備考
		左側	右側		
ステップ幅	X_1	1.000	1.000	m	
盛土法幅	X_2	2.000	2.000	m	
盛土高	H_0	1.000	1.000	m	
仮想距離	X	2.000	2.000	m	$X_1 + X_2 / 2$
荷重作用範囲	H	1.900	1.900	m	壁高+底版厚/2-落差
等分布荷重換算係数	I_w	0.350	0.350		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_w	6.300	6.300	kN/m ²	$\gamma_t \cdot H_0 \cdot I_w$

・右側

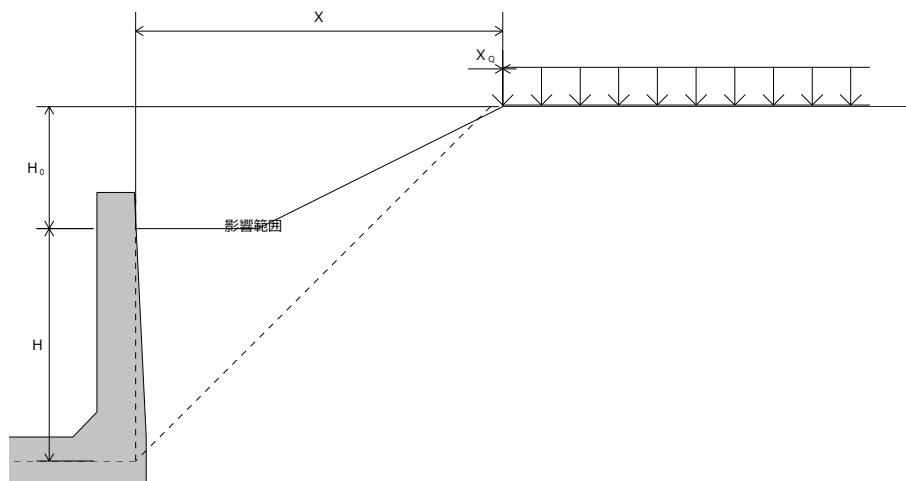
$$\begin{aligned} \text{仮想距離 } X &= \text{ステップ幅} + \text{法幅} / 2 = 1.000 + 2.000 / 2 \\ &= 2.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{荷重作用範囲 } H &= \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 - \text{落差} = 2.000 + 0.400 / 2 - 0.300 \\ &= 1.900 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{換算後の等分布荷重 } q_w &= \gamma_t \cdot H_0 \cdot I_w = 18.000 \times 1.000 \times 0.350 \\ &= 6.300 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \\ &= 1 + (2.000/1.900)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (2.000/1.900)^2\} \cdot \tan^{-1}(2.000/1.900) - 2/\pi \cdot (2.000/1.900) \\ &= 0.350 \end{aligned}$$

2.2 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	1.000	——	m	
等分布荷重	Q	7.000	——	kN/m ²	左側：T-14
荷重作用位置	X	1.000	——	m	
荷重作用範囲	H	1.200	——	m	
法高	H_0	——	——	m	
等分布荷重換算係数	I_w	0.414	——		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	2.898	——	kN/m ²	$Q \cdot I_w$

・左側

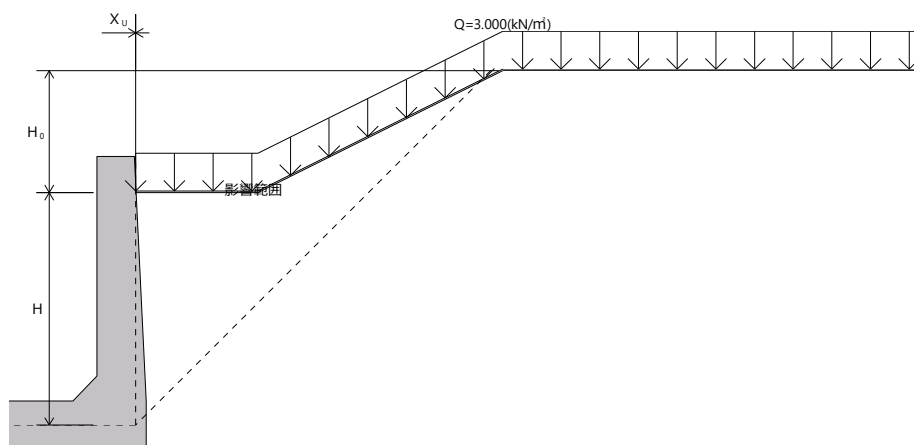
$$\text{荷重作用位置 } X = 1.000$$

$$\begin{aligned} \text{荷重作用範囲 } H &= \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 - \text{落差} = 1.500 + 0.400 / 2 - 0.500 \\ &= 1.200 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{換算後の等分布荷重 } q_q &= Q \cdot I_w = 7.000 \times 0.414 \\ &= 2.898 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \\ &= 1 + (1.000/1.200)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (1.000/1.200)^2\} \cdot \tan^{-1}(1.000/1.200) - 2/\pi \cdot (1.000/1.200) \\ &= 0.414 \end{aligned}$$

2.3 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 ²	
荷重作用位置	X	——	0.000	m	X_u
荷重作用範囲	H	——	1.900	m	
法高	H_0	——	1.000	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 ²	$Q \cdot I_w$

・右側

荷重作用位置 $X = 0.000$

荷重作用範囲 $H = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 - \text{落差} = 2.000 + 0.400 / 2 - 0.300$
 $= 1.900$

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

$$I_w = 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right)$$

$$= 1 + (0.000/1.900)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (0.000/1.900)^2\} \cdot \tan^{-1}(0.000/1.900) - 2/\pi \cdot (0.000/1.900)$$

$$= 1.000$$

2.4 雪荷重

項目	記号	値		単位	備考
		左側	右側		
積雪深	H_s	——	——	m	
雪荷重	q_s	1.000	1.000	kN/m ²	

2.5 側壁に作用する水平荷重

No	種類	名称	対象	作用位置 (m)		集中荷重 (kN/m) 分布荷重 (kN/m ²)	
				Y_1	Y_2	P_1	P_2
1	分布荷重	風荷重	右側側壁	3.500	4.500	2.000	2.000
2	集中荷重	衝突荷重 (たわみ性防護柵)	左側側壁	3.100	——	35.000	——

No. 1 風荷重

・水平荷重

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot \Delta Y = \frac{2.000 + 2.000}{2} \times (4.500 - 3.500) \\ = 2.000 \text{ (kN/m)}$$

・重心位置 (Y座標)

$$Y = Y_1 + \frac{\Delta Y}{3} \cdot \frac{2P_2 + P_1}{P_1 + P_2} = 3.500 + \frac{4.500 - 3.500}{3} \times \frac{2 \times 2.000 + 2.000}{2.000 + 2.000} \\ = 4.000 \text{ (m)}$$

3 安定計算

3.1 浮上に対する検討

1) 諸条件

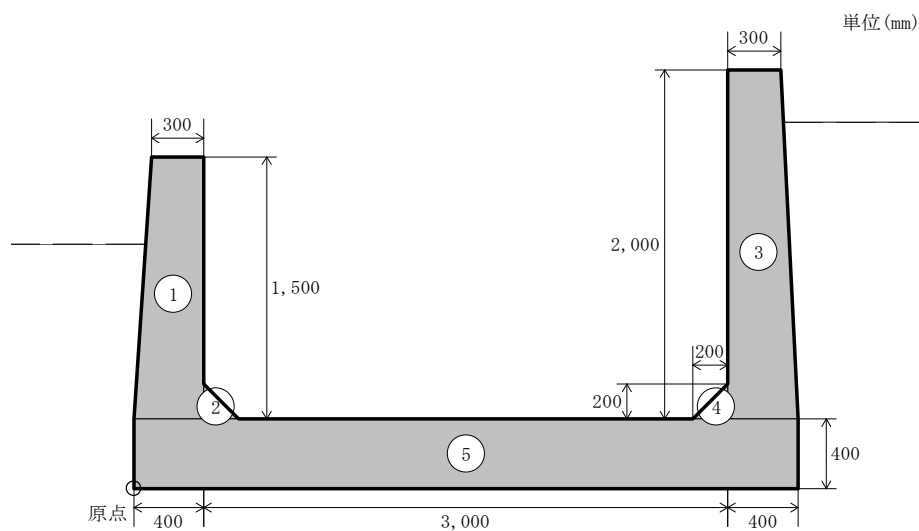
項目	記号	値	単位	備考
安全率	F_s	1.200		
地下水位 (右側)	H_{R1}	1.000	m	底版下からの水位
地下水位 (左側)	H_{L1}	0.500	m	底版下からの水位

- ・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		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300	—	○	—	6.300	kN/m ²	
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m ²	
雪荷重	L: 1.000 R: 1.000	—	—	—	—	kN/m ²	自動車荷重と組合わせた場合は 1kN/m ² を見込む
合計				—	6.300	kN/m ²	

3) 自重の算出



番号	計算式	荷重 (kN)	荷重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863		0.224	1.114	2.881	
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		0.467	0.467	0.229	
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150		3.576	1.352	61.328	
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		3.333	0.467	1.633	
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
合計		68.233	68.233	0.000			136.827	0.000

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

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot q_R = 0.382 \times 6.300 \\
 &= 2.407 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.382 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 7.564 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H2} = 0.382 \times 10.000 \times 1.000 + 7.564 \\
 &= 11.384 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.465 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 7.533 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H5} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H4} = 0.465 \times 10.000 \times 0.500 + 7.533 \\
 &= 9.858 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
 H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
 q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)
 H_{R1} : 水路右側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
 H_{L1} : 水路左側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

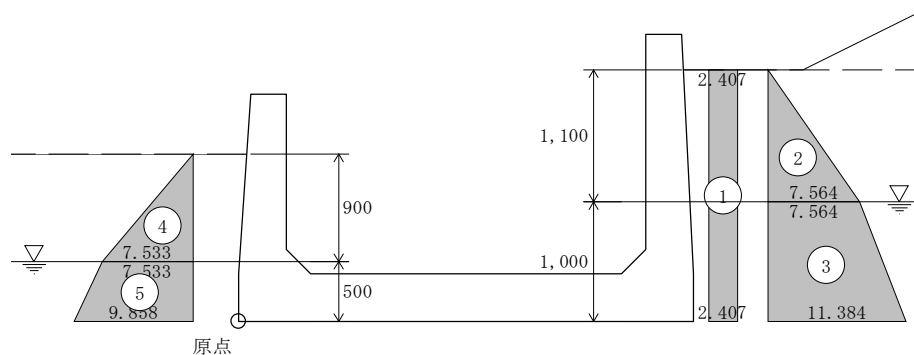
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(16.667 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.334 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(16.667 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.942
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(13.333 + 90 - 86.186) \\
 &= 0.295 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(13.333 + 90 - 86.186) \\
 &= -0.956
 \end{aligned}$$

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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	2.407×2.100	5.055	1.688	4.762	3.800	1.050	6.414	5.000
2	$7.564 \times 1.100 \div 2$	4.160	1.389	3.919	3.800	1.367	5.278	5.357
3	$1.000 \times (7.564 + 11.384) \div 2$	9.474	3.164	8.925	3.800	0.466	12.023	4.159
4	$7.533 \times 0.900 \div 2$	3.390	1.000	-3.241		0.800		-2.593
5	$0.500 \times (7.533 + 9.858) \div 2$	4.348	1.283	-4.157		0.239		-0.994
合計		26.427	8.524	10.208			23.715	10.929

「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

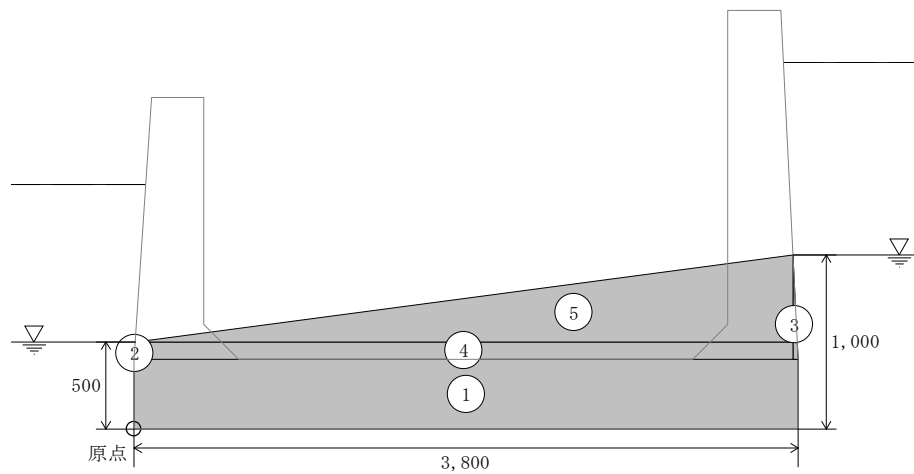
番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	RCコンクリート蓋版荷重：(3.6m × 0.3m × 1.0m) 25.4kn/m ³	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		20.000	0.000			0.000	0.000

6) 水平荷重

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	風荷重		2.000	3.800	4.000		8.000
合計			2.000				8.000

7) 浮力の算出

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 3.800 \times 0.400$	14.896	14.896		1.900	0.200	28.302	
2	$9.800 \times 0.007 \times 0.100 \div 2$	0.003	0.003		0.004	0.433		
3	$9.800 \times 0.030 \times 0.600 \div 2$	0.088	0.088		3.780	0.600	0.333	
4	$9.800 \times 3.763 \times 0.100$	3.688	3.688		1.888	0.450	6.963	
5	$9.800 \times 3.763 \times 0.500 \div 2$	9.220	9.220		2.516	0.667	23.198	
合計		27.895	27.895	0.000			58.796	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。

$$P_{vl} = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

$$P_{vr} = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$e = L / 2 - \Sigma M_x / \Sigma V$$

ここに、

P_{vl}, P_{vr} : 底版の両端における静水圧 (水圧強度換算) (kN/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : 浮力の作用点の偏心距離 (m) (但し $L/6$ を限度)

ΣV : 浮力 (集計表の鉛直力合計より) (kN/m)

$$\Sigma V = 27.895 \text{ (kN/m)}$$

$$e = 3.800 / 2 - 58.803 / 27.895 = -0.208 \text{ (m)}$$

$$P_{vl} = 27.895 / 3.800 \times (1 + 6 \times (-0.208) / 3.800) = 4.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{vr} = 27.895 / 3.800 \times (1 - 6 \times (-0.208) / 3.800) = 9.752 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

8) 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。

$$F_s \leq (\Sigma V + P_v) / \Sigma B \dots\dots\dots (1)$$

$$F_s = (68.233 + 20.000 + 8.524 \times 0.5) / 27.895 \geq 1.200$$
$$= 3.316 \geq 1.200 \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

ここに、

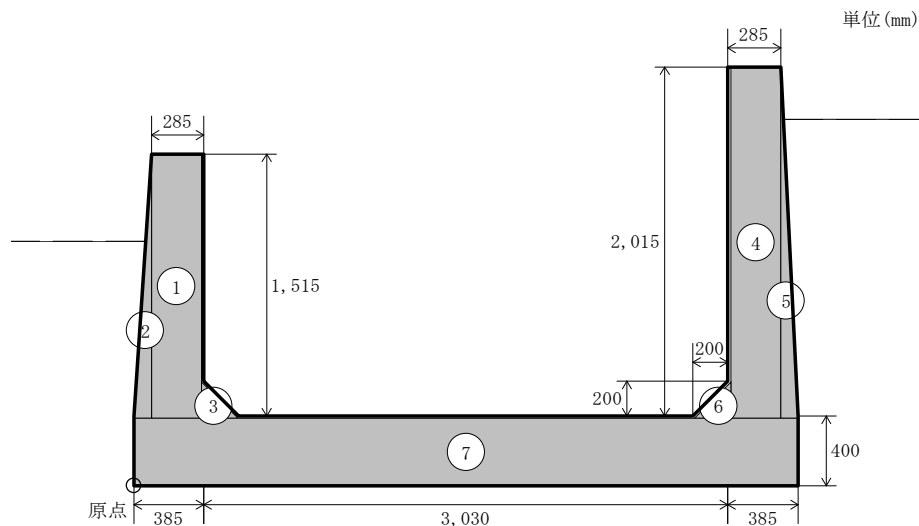
ΣV : 躯体の自重(水路上面荷重を含む) (kN/m)

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。

ΣB : 浮力 (kN/m)

9) 自重の算出 (摩耗時)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
合計		65.921	65.921	0.000			132.174	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。

10) 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。

$$F_s \leq (\Sigma V + P_v) / \Sigma B \dots\dots\dots (1)$$

$$F_s = (65.921 + 20.000 + 8.524 \times 0.5) / 27.895 \geq 1.200 \\ = 3.233 \geq 1.200 \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

ここに、

ΣV : 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。

ΣB : 浮力 (kN/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	—	kN/m ²	計算により算出

- ・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) 許容支持力の計算概要

計算方法

以下の公式により地盤の許容支持力を計算する。

$$q_a = \frac{1}{n} q_u$$

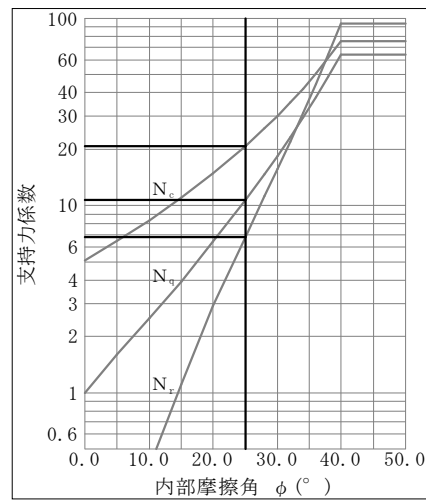
$$q_u = i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_r + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2, \quad i_r = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 \quad (\text{ただし } \theta > \phi \text{ の時 } i_r = 0)$$

$$\eta = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-1/3}$$

- ここに、 q_a : 基礎地盤の許容鉛直支持力度 (kN/m²)
 n : 安全率 (常時は $n=3$ 、レベル1地震時及び短期荷重時は $n=1.5$)
 q_u : 地盤の極限支持力度 (kN/m²)
 α : 基礎の形状係数 = 1.0
 β : 基礎の形状係数 = 0.5
 c : 支持地盤の粘着力 = 0.000 (kN/m²)
 B : 水路底面幅 = 3.800 (m)
 γ_1 : 支持地盤の単位体積重量 = 18.000 (kN/m³)
 γ_2 : 根入れ地盤の単位体積重量 = 18.000 (kN/m³)
 D_f : 有効根入れ深さ = 1.400 (m)
 N_c, N_q, N_r : 支持力係数 (内部摩擦角 ϕ の関数で次表より求める)
 i_c, i_q, i_r : 荷重の傾斜・偏心に対する補正係数
 ϕ : 内部摩擦角 = 25.000 (°)
 θ : 荷重の傾斜角 (°)
 $\tan \theta = \Sigma H / \Sigma V$ 、かつ $\tan \theta \leq \mu$
 μ : 基礎底面の摩擦係数 = 0.50000
 ΣH : 基礎底面に働く全水平力 (kN/m)
 ΣV : 基礎底面に働く全鉛直力 (kN/m)
 η : 基礎の寸法による補正係数、常時は $\eta = 1.0$ としてよい。
 B_0 : 基礎の基準幅 = 1.0 (m)

ϕ	N_c	N_q	N_r
0°	5.1	1.0	0.0
5°	6.5	1.6	0.1
10°	8.3	2.5	0.4
15°	11.0	3.9	1.1
20°	14.8	6.4	2.9
25°	20.7	10.7	6.8
28°	25.8	14.7	11.2
30°	30.1	18.4	15.7
32°	35.5	23.2	22.0
34°	42.2	29.4	31.1
36°	50.6	37.8	44.4
38°	61.4	48.9	64.1
40° 以上	75.3	64.2	93.7



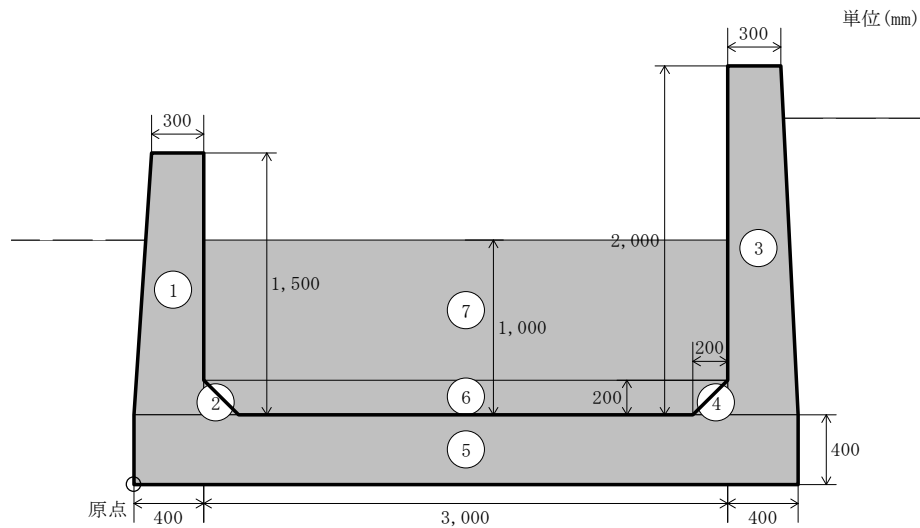
上表より、内部摩擦角=25.000(°)の値を採用する

$$N_c = 20.700, N_q = 10.700, N_r = 6.800$$

3) 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		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300	—	○	—	6.300	kN/m ²	
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	○	—	3.000	kN/m ²	
雪荷重	L: 1.000 R: 1.000	—	—	—	—	kN/m ²	自動車荷重と組合わせた場合は 1kN/m ² を見込む
合計					9.300	kN/m ²	

4) 自重の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_X (kN・m)	M_Y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863		0.224	1.114	2.881	
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		0.467	0.467	0.229	
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150		3.576	1.352	61.328	
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		3.333	0.467	1.633	
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
6	$9.800 \times 0.200 \times (2.600 + 3.000) \div 2$	5.488	5.488		1.900	0.502	10.427	
7	$9.800 \times 3.000 \times 0.800$	23.520	23.520		1.900	1.000	44.688	
合計		97.241	97.241	0.000			191.942	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。

5) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$H_{R1} = 1.000 \text{ m}$$

$$H_{R2} = H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 = 1.100 \text{ m}$$

$$H_{L1} = 0.500 \text{ m}$$

$$H_{L2} = H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 = 0.900 \text{ m}$$

$$P_{H1} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.382 \times 18.000 \times 1.100 = 7.564 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.382 \times 18.000 \times 1.000 + 7.564 = 14.440 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H3} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.465 \times 18.000 \times 0.900 = 7.533 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H4} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} + P_{H3} = 0.465 \times 18.000 \times 0.500 + 7.533 = 11.718 \text{ kN/m}^2$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)

q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)

H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(16.667 + 90 - 87.138) \\ &= 0.334 \end{aligned}$$

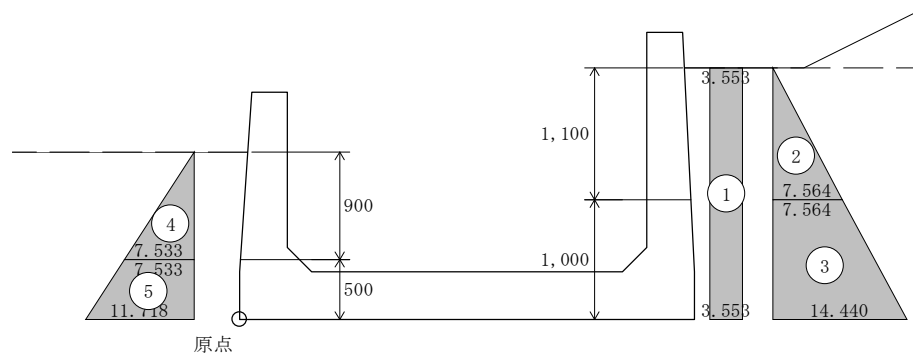
$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(16.667 + 90 - 87.138) \\ &= 0.942 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(13.333 + 90 - 86.186) \\ &= 0.295 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(13.333 + 90 - 86.186) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	3.553×2.100	7.461	2.492	7.028	3.800	1.050	9.470	7.379
2	$7.564 \times 1.100 \div 2$	4.160	1.389	3.919	3.800	1.367	5.278	5.357
3	$1.000 \times (7.564 + 14.440) \div 2$	11.002	3.675	10.364	3.800	0.448	13.965	4.643
4	$7.533 \times 0.900 \div 2$	3.390	1.000	-3.241		0.800		-2.593
5	$0.500 \times (7.533 + 11.718) \div 2$	4.813	1.420	-4.601		0.232		-1.067
合計		30.826	9.976	13.469			28.713	13.719

「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。

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	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	RCコンクリート蓋版荷重：(3.6m × 0.3m × 1.0m) 25.4kn/m ³	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		20.000	0.000			0.000	0.000

7) 水平荷重

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	風荷重		2.000	3.800	4.000		8.000
2	衝突荷重 (たわみ性防護柵)		-35.000	0.000	3.100		-108.500
合計			-33.000				-100.500

8) 地盤支持力の検討

基礎地盤支持力の検討は、式(2)による。

$$L_e = L - 2e$$

$$q_{\max} = \Sigma V / L_e \leq q_a \quad \dots\dots\dots (2)$$

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

ここに、

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

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)
自 重	97.241		191.942	
土圧および載荷重	9.976	13.469	28.713	13.719
水路上面荷重	20.000			
水平荷重		-33.000		-100.500
合 計	127.217	-19.531	220.655	-86.781

$$e = |3.800 / 2 - \{220.655 - (-86.781)\} / 127.217|$$

$$= 0.517 \text{ (m)}$$

$$L_e = 3.800 - 2 \times 0.517 = 2.766 \text{ (m)}$$

$$q_{\max} = 127.217 / 2.766 = 45.993 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・許容支持力の計算

$$\text{全鉛直力 } \Sigma V = 127.217 \text{ (kN/m)}$$

$$\text{全水平力 } \Sigma H = -19.531 \text{ (kN/m)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{|\Sigma H|}{\Sigma V} = \tan^{-1} \frac{|-19.531|}{127.217} = -8.728 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$i_r = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 = \left(1 - \frac{-8.728}{25.000}\right)^2 = 1.8201$$

$\tan \theta = \tan -8.728 = -0.154 < \mu = 0.50000$ のため、 $\tan \theta = \mu$ とする。

$$\theta = \tan^{-1} \mu = \tan^{-1} 0.50000 = 26.565 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2 = \left(1 - \frac{26.565}{90}\right)^2 = 0.4968$$

$$\eta = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-1/3} = \left(\frac{3.800}{1.0}\right)^{-1/3} = 0.6408$$

$$q_u = i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_r + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

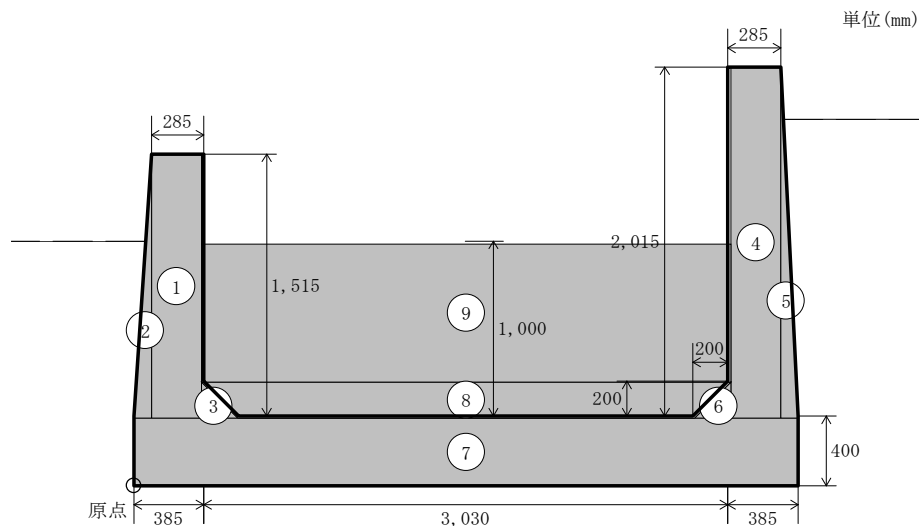
$$= 0.4968 \times 1.0 \times 0.000 \times 20.700 + 1.8201 \times 0.5 \times 18.000 \times 3.800 \times 0.6408 \times 6.8000$$

$$+ 0.4968 \times 18.000 \times 1.400 \times 10.7000 = 405.197 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_a = \frac{1}{n} q_u = \frac{1}{3} \times 405.197 = 135.066 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{\max} = 45.993 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 135.066 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

9) 自重の算出 (摩耗時)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
8	$9.800 \times 0.209 \times (2.612 + 3.030) \div 2$	5.779	5.779		1.900	0.492	10.980	
9	$9.800 \times 3.030 \times 0.791$	23.491	23.491		1.900	0.990	44.633	
合計		95.191	95.191	0.000			187.787	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。

10) 地盤支持力の検討

基礎地盤支持力の検討は、式(2)による。

$$L_e = L - 2e$$

$$q_{\max} = \Sigma V / L_e \leq q_a \quad \dots\dots\dots (2)$$

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

ここに、

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

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)
自 重	95.191		187.787	
土圧および載荷重	9.976	13.469	28.713	13.719
水路上面荷重	20.000			
水平荷重		-33.000		-100.500
合 計	125.167	-19.531	216.500	-86.781

$$e = |3.800 / 2 - \{216.500 - (-86.781)\} / 125.167|$$

$$= 0.523 \text{ (m)}$$

$$L_e = 3.800 - 2 \times 0.523 = 2.754 \text{ (m)}$$

$$q_{\max} = 125.167 / 2.754 = 45.449 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・許容支持力の計算

全鉛直力 $\Sigma V = 125.167 \text{ (kN/m)}$
 全水平力 $\Sigma H = -19.531 \text{ (kN/m)}$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{|\Sigma H|}{\Sigma V} = \tan^{-1} \frac{|-19.531|}{125.167} = -8.869 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$i_r = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 = \left(1 - \frac{-8.869}{25.000}\right)^2 = 1.8354$$

$\tan \theta = \tan -8.869 = -0.156 < \mu = 0.50000$ のため、 $\tan \theta = \mu$ とする。

$$\theta = \tan^{-1} \mu = \tan^{-1} 0.50000 = 26.565 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2 = \left(1 - \frac{26.565}{90}\right)^2 = 0.4968$$

$$\eta = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-1/3} = \left(\frac{3.800}{1.0}\right)^{-1/3} = 0.6408$$

$$q_u = i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_r + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

$$= 0.4968 \times 1.0 \times 0.000 \times 20.700 + 1.8354 \times 0.5 \times 18.000 \times 3.800 \times 0.6408 \times 6.8000$$

$$+ 0.4968 \times 18.000 \times 1.400 \times 10.7000 = 407.477 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_a = \frac{1}{n} q_u = \frac{1}{3} \times 407.477 = 135.826 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{\max} = 45.449 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 135.826 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

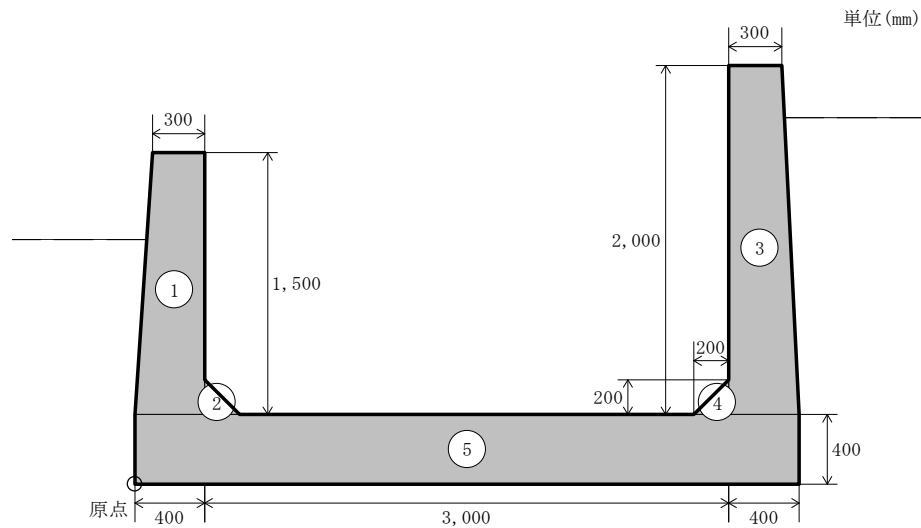
3.3 転倒に対する検討

- ・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		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300	—	—	—	—	kN/m ²	
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m ²	
雪荷重	L: 1.000 R: 1.000	—	—	—	—	kN/m ²	自動車荷重と組合わせた場合は 1kN/m ² を見込む
合計						kN/m ²	

2) 自重の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863		0.224	1.114	2.881	
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		0.467	0.467	0.229	
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150		3.576	1.352	61.328	
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		3.333	0.467	1.633	
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
合計		68.233	68.233	0.000			136.827	0.000

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

3) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.382 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 7.564 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.382 \times 10.000 \times 1.000 + 7.564 \\
 &= 11.384 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.465 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 7.533 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H3} = 0.465 \times 10.000 \times 0.500 + 7.533 \\
 &= 9.858 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
 H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
 H_{R1} : 水路右側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
 H_{L1} : 水路左側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

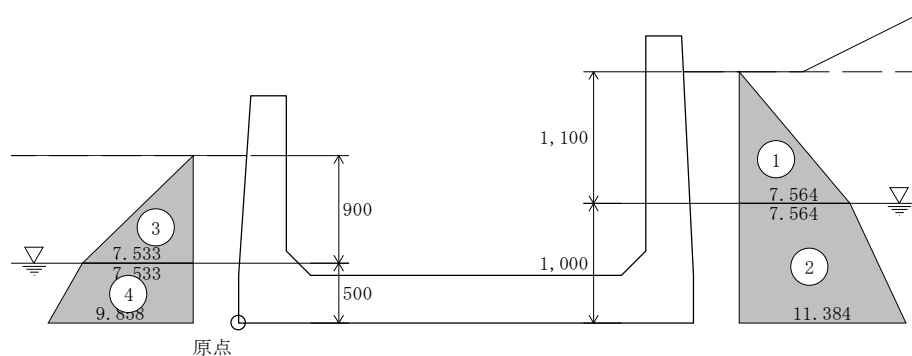
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(16.667 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.334 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(16.667 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.942
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(13.333 + 90 - 86.186) \\
 &= 0.295 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(13.333 + 90 - 86.186) \\
 &= -0.956
 \end{aligned}$$

単位(mm)



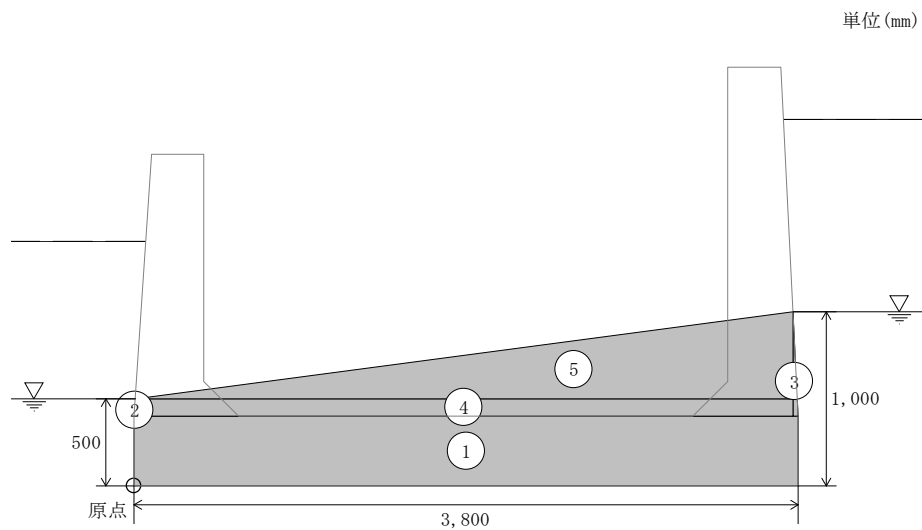
番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$7.564 \times 1.100 \div 2$	4.160	1.389	3.919	3.800	1.367	5.278	5.357
2	$1.000 \times (7.564 + 11.384) \div 2$	9.474	3.164	8.925	3.800	0.466	12.023	4.159
3	$7.533 \times 0.900 \div 2$	3.390	1.000	-3.241		0.800		-2.593
4	$0.500 \times (7.533 + 9.858) \div 2$	4.348	1.283	-4.157		0.239		-0.994
合計		21.372	6.836	5.446			17.301	5.929

「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	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	RCコンクリート蓋版荷重：(3.6m ×0.3m×1.0m) 25.4kn/m ³	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		20.000	0.000			0.000	0.000

5) 浮力の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 3.800 \times 0.400$	14.896	14.896		1.900	0.200	28.302	
2	$9.800 \times 0.007 \times 0.100 \div 2$	0.003	0.003		0.004	0.433		
3	$9.800 \times 0.030 \times 0.600 \div 2$	0.088	0.088		3.780	0.600	0.333	
4	$9.800 \times 3.763 \times 0.100$	3.688	3.688		1.888	0.450	6.963	
5	$9.800 \times 3.763 \times 0.500 \div 2$	9.220	9.220		2.516	0.667	23.198	
合計		27.895	27.895	0.000			58.796	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。

$$P_{v1} = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

$$P_{vr} = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$e = L / 2 - \Sigma M_x / \Sigma V$$

ここに、

P_{v1}, P_{vr} : 底版の両端における静水圧 (水圧強度換算) (kN/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : 浮力の作用点の偏心距離 (m) (但し $L/6$ を限度)

ΣV : 浮力 (集計表の鉛直力合計より) (kN/m)

$$\Sigma V = 27.895 \text{ (kN/m)}$$

$$e = 3.800 / 2 - 58.803 / 27.895 = -0.208 \text{ (m)}$$

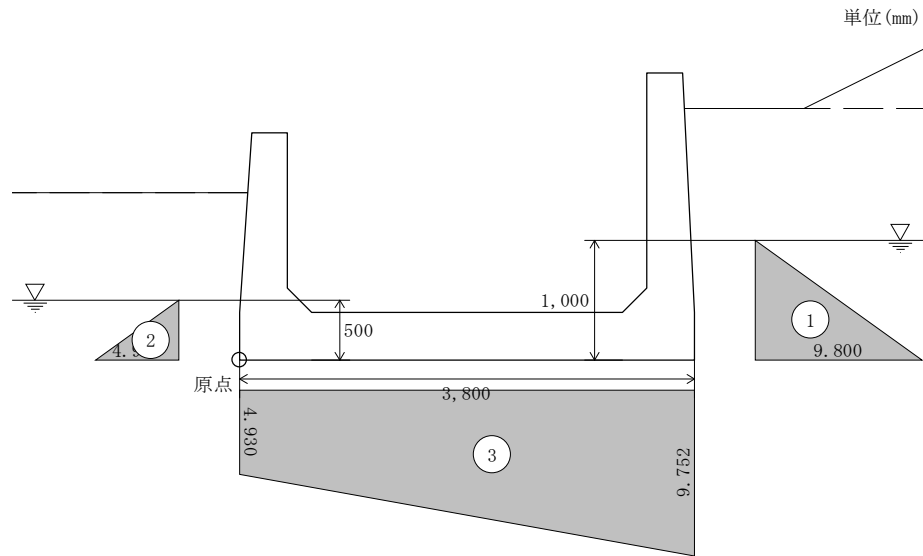
$$P_{v1} = 27.895 / 3.800 \times (1 + 6 \times (-0.208) / 3.800) = 4.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{vr} = 27.895 / 3.800 \times (1 - 6 \times (-0.208) / 3.800) = 9.752 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

6) 水圧の算出

$$P_{H1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



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)	ΔX (m)	ΔY (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	$3.800 \times (4.930 + 9.752) \div 2$	27.896	-27.896		2.108		-58.805	
合計		34.021	-27.896	3.675			-58.805	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。

7) 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(3)を満足させる必要がある。

$$\text{常 時} : e \leq L/6 \quad \dots\dots\dots (3)$$

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

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	68.233		136.827	
土圧および載荷重	6.836	5.446	17.301	5.929
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427
水路上面荷重	20.000			
合 計	67.173	9.121	95.323	7.356

$$e = |3.800 / 2 - (95.323 - 7.356) / 67.173|$$

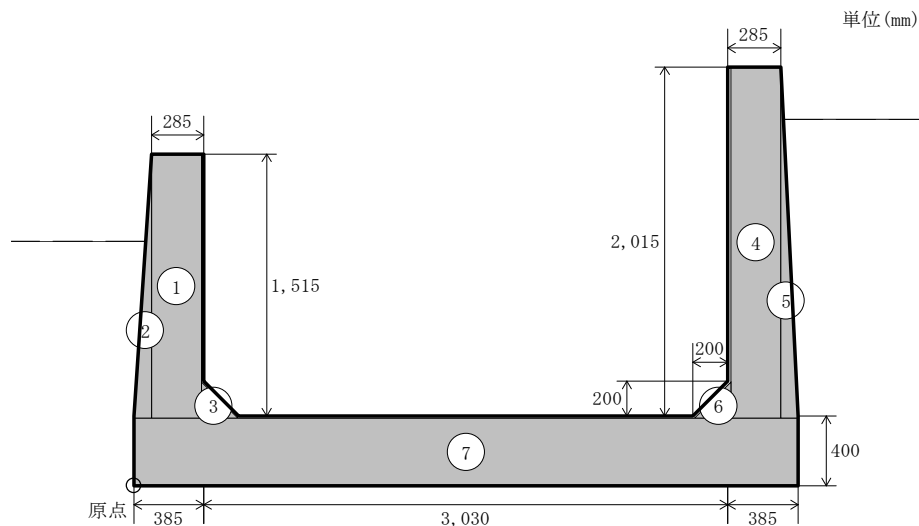
$$= 0.590 \text{ (m)}$$

$$L/6 = 3.800 / 6$$

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

$$e = 0.590 \text{ (m)} \leq L/6 = 0.633 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

8) 自重の算出 (摩耗時)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
合計		65.921	65.921	0.000			132.174	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。

9) 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(3)を満足させる必要がある。

常 時 : $e \leq L/6$ (3)

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

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	65.921		132.174	
土圧および載荷重	6.836	5.446	17.301	5.929
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427
水路上面荷重	20.000			
合 計	64.861	9.121	90.670	7.356

$$e = |3.800 / 2 - (90.670 - 7.356) / 64.861|$$

$$= 0.615 \text{ (m)}$$

$$L/6 = 3.800 / 6$$

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

$$e = 0.615 \text{ (m)} \leq L/6 = 0.633 \text{ (m)} \text{ OK}$$

3.4 滑動に対する検討

1) 諸条件

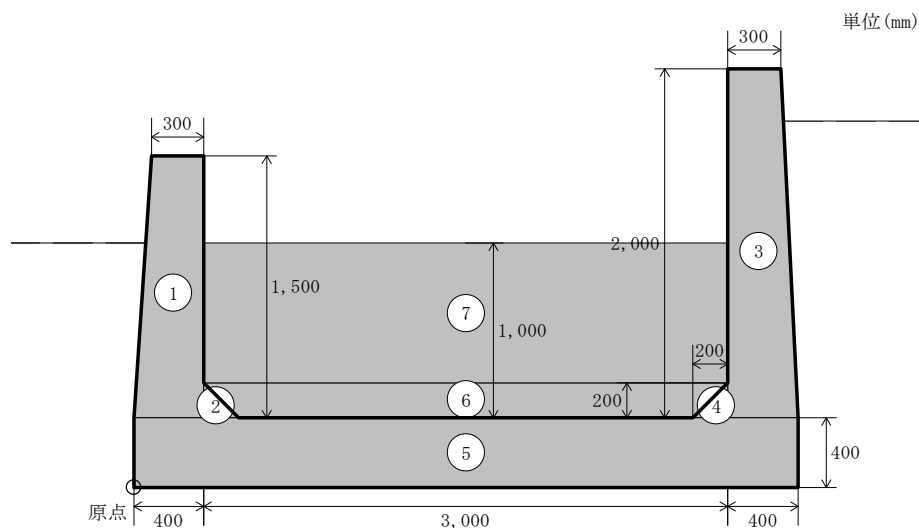
項目	記号	値	単位	備考
安全率	F_s	1.500		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.414		$\tan \phi$

- ・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		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300	—	○	—	6.300	kN/m ²	
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	○	—	3.000	kN/m ²	
雪荷重	L: 1.000 R: 1.000	—	—	—	—	kN/m ²	自動車荷重と組合わせた場合は 1kN/m ² を見込む
合計					9.300	kN/m ²	

3) 自重の算出



番号	計算式	荷重 (kN)	荷重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863		0.224	1.114	2.881	
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		0.467	0.467	0.229	
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150		3.576	1.352	61.328	
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		3.333	0.467	1.633	
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
6	$9.800 \times 0.200 \times (2.600 + 3.000) \div 2$	5.488	5.488		1.900	0.502	10.427	
7	$9.800 \times 3.000 \times 0.800$	23.520	23.520		1.900	1.000	44.688	
合計		97.241	97.241	0.000			191.942	0.000

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

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot q_R = 0.382 \times 9.300 \\
 &= 3.553 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.382 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 7.564 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H2} = 0.382 \times 10.000 \times 1.000 + 7.564 \\
 &= 11.384 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.465 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 7.533 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H5} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H4} = 0.465 \times 10.000 \times 0.500 + 7.533 \\
 &= 9.858 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
 H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
 q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)
 H_{R1} : 水路右側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
 H_{L1} : 水路左側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

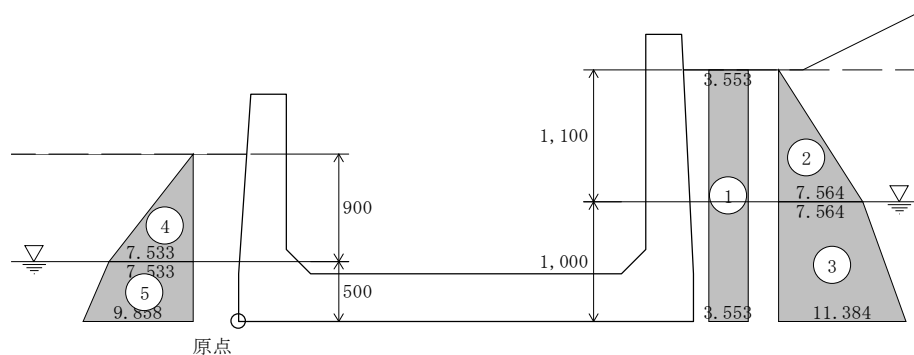
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(16.667 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.334 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(16.667 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.942
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(13.333 + 90 - 86.186) \\
 &= 0.295 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(13.333 + 90 - 86.186) \\
 &= -0.956
 \end{aligned}$$

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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	3.553×2.100	7.461	2.492	7.028	3.800	1.050	9.470	7.379
2	$7.564 \times 1.100 \div 2$	4.160	1.389	3.919	3.800	1.367	5.278	5.357
3	$1.000 \times (7.564 + 11.384) \div 2$	9.474	3.164	8.925	3.800	0.466	12.023	4.159
4	$7.533 \times 0.900 \div 2$	3.390	1.000	-3.241		0.800		-2.593
5	$0.500 \times (7.533 + 9.858) \div 2$	4.348	1.283	-4.157		0.239		-0.994
合計		28.833	9.328	12.474			26.771	13.308

「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。

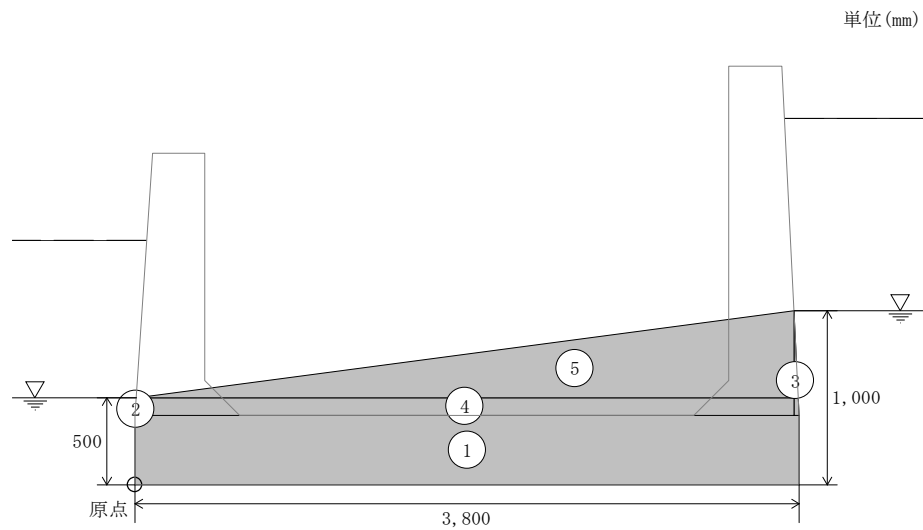
5) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	RCコンクリート蓋版荷重：(3.6m × 0.3m × 1.0m) 25.4kn/m ³	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		20.000	0.000			0.000	0.000

6) 水平荷重

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	風荷重		2.000	3.800	4.000		8.000
2	衝突荷重 (たわみ性防護柵)		-35.000	0.000	3.100		-108.500
合計			-33.000				-100.500

7) 浮力の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 3.800 \times 0.400$	14.896	14.896		1.900	0.200	28.302	
2	$9.800 \times 0.007 \times 0.100 \div 2$	0.003	0.003		0.004	0.433		
3	$9.800 \times 0.030 \times 0.600 \div 2$	0.088	0.088		3.780	0.600	0.333	
4	$9.800 \times 3.763 \times 0.100$	3.688	3.688		1.888	0.450	6.963	
5	$9.800 \times 3.763 \times 0.500 \div 2$	9.220	9.220		2.516	0.667	23.198	
合計		27.895	27.895	0.000			58.796	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。

$$P_{v1} = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

$$P_{vr} = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$e = L / 2 - \Sigma M_x / \Sigma V$$

ここに、

P_{v1}, P_{vr} : 底版の両端における静水圧 (水圧強度換算) (kN/m^2)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : 浮力の作用点の偏心距離 (m) (但し $L/6$ を限度)

ΣV : 浮力 (集計表の鉛直力合計より) (kN/m)

$$\Sigma V = 27.895 \text{ (kN/m)}$$

$$e = 3.800 / 2 - 58.803 / 27.895 = -0.208 \text{ (m)}$$

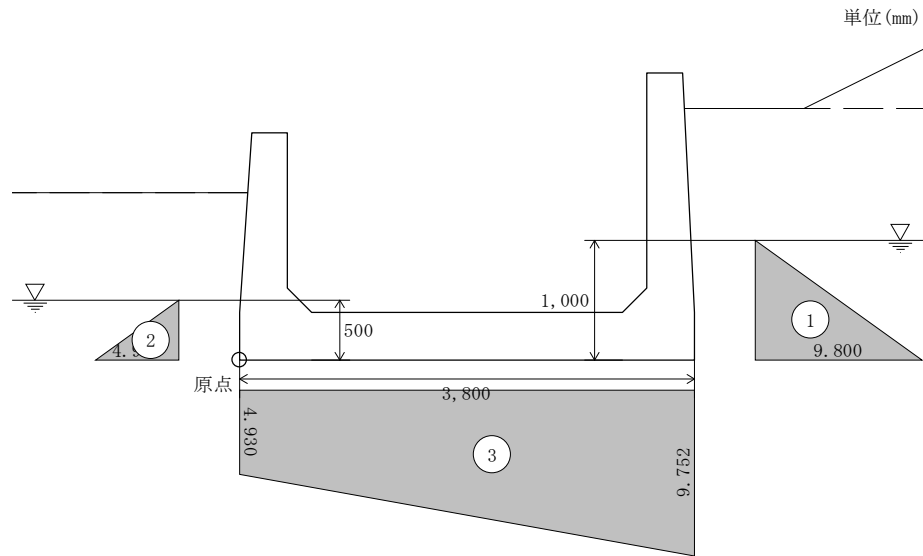
$$P_{v1} = 27.895 / 3.800 \times (1 + 6 \times (-0.208) / 3.800) = 4.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{vr} = 27.895 / 3.800 \times (1 - 6 \times (-0.208) / 3.800) = 9.752 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

8) 水圧の算出

$$P_{H1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	M_y ($\text{kN} \cdot \text{m}$)
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	$3.800 \times (4.930 + 9.752) \div 2$	27.896	-27.896		2.108		-58.805	
合計		34.021	-27.896	3.675			-58.805	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。

9) 滑動に対する検討

滑動に対する安定条件は、式(4)を満足するものでなければならない。

$$F_s = R_H / \Sigma H \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$R_H = \Sigma V \cdot F$$

ここに、

R_H : 滑動抵抗力 (kN/m)

ΣH : 全水平力 (kN/m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・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

$$F = \tan \phi$$

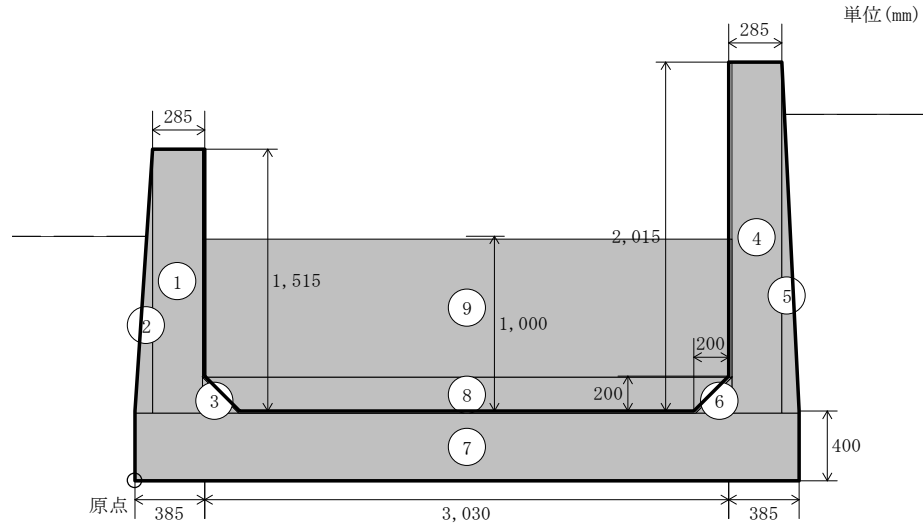
ただし、 $\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2$

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	97.241		191.942	
土圧および載荷重	9.328	12.474	26.771	13.308
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427
水路上面荷重	20.000			
水平荷重		-33.000		-100.500
合 計	98.673	-16.851	159.908	-85.765

$$\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2 = (25.000 + 20.000) / 2 = 22.500$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.500 \\ &= 98.673 \times \tan 22.500 / -16.851 < 1.500 \\ &= 98.673 \times 0.414 / -16.851 \geq 1.500 \\ &= 2.530 \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

10) 自重の算出 (摩耗時)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
8	$9.800 \times 0.209 \times (2.612 + 3.030) \div 2$	5.779	5.779		1.900	0.492	10.980	
9	$9.800 \times 3.030 \times 0.791$	23.491	23.491		1.900	0.990	44.633	
合計		95.191	95.191	0.000			187.787	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。

11) 滑動に対する検討

滑動に対する安定条件は、式(4)を満足するものでなければならない。

$$F_s = R_H / \Sigma H \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$R_H = \Sigma V \cdot F$$

ここに、

R_H : 滑動抵抗力 (kN/m)

ΣH : 全水平力 (kN/m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・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、 $\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2$

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)
自 重	95.191		187.787	
土圧および載荷重	9.328	12.474	26.771	13.308
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427
水路上面荷重	20.000			
水平荷重		-33.000		-100.500
合 計	96.623	-16.851	155.753	-85.765

$$\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2 = (25.000 + 20.000) / 2 = 22.500$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.500 \\ &= 96.623 \times \tan 22.500 / -16.851 < 1.500 \\ &= 96.623 \times 0.414 / -16.851 \geq 1.500 \\ &= 2.477 \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

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=3.316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 45.993 (kN/m²) が、設定されている許容支持力 135.066 (kN/m²) 以下のため。

…………… **OK**

- ・ 転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.590 (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=2.530が、設定された安全率=1.500以上となるため。

…………… **OK**

3.6 総合判定（摩耗考慮：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=3.233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 45.449(kN/m²)が、設定されている許容支持力 135.826(kN/m²)以下のため。

…………… **OK**

- ・ 転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.615(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=2.477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

土圧係数は、「クーロン土圧公式」にて算出する。

項目	記号	値	単位	備考
設計水平震度	K_h	0.120		
設計鉛直震度	K_v	0.100		
土の内部摩擦角度	ϕ_R	25.000	°	右側
土の内部摩擦角度	ϕ_L	20.000	°	左側
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (右側)	δ_R	12.500	°	計算値
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (左側)	δ_L	10.000	°	計算値
壁背面の傾斜角 (右側)	θ_R	87.138	°	計算値
壁背面の傾斜角 (左側)	θ_L	86.186	°	計算値
地震時合成角度	θ_0	7.595	°	計算値
壁背面土の傾斜角 (右側)	i_R	0.000	°	水平面 = 0°
壁背面土の傾斜角 (左側)	i_L	0.000	°	水平面 = 0°
地震時主働土圧係数 (右側)	K_{AER}	0.493		安定計算用(計算値)
地震時主働土圧係数 (左側)	K_{AEL}	0.593		安定計算用(計算値)
地震時受働土圧係数 (右側)	K_{PER}	2.939		安定計算用(計算値)
地震時受働土圧係数 (左側)	K_{PEL}	2.162		安定計算用(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、 $\delta_R = 12.500$

・左側

したがって、 $\delta_L = 10.000$

【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】

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \tan^{-1} \frac{K_h}{1-K_v} = \tan^{-1} \frac{0.120}{1-0.100} \\ &= 7.595\end{aligned}$$

【クーロン土圧公式】

・主働土圧係数

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

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し左右の主働土圧係数(K_{AER} 、 K_{AEL})を求める。
 ただし、 $\phi - i - \theta_0 < 0$ の場合は、 $\sin(\phi - i - \theta_0) = 0$ とする。

・受働土圧係数

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

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

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	—	kN/m ²	計算により算出

- ・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) 許容支持力の計算概要

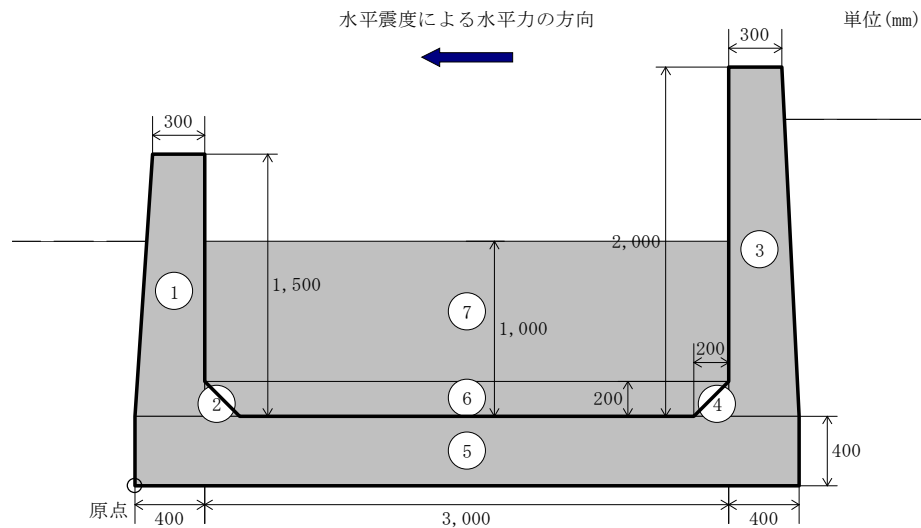
項目3.2 2) 許容支持力の計算概要 より、

$$N_c = 20.700, N_q = 10.700, N_r = 6.800$$

3) 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		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300	—	○	—	6.300	kN/m ²	
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	○	—	3.000	kN/m ²	
雪荷重	L: 1.000 R: 1.000	—	—	—	—	kN/m ²	自動車荷重と組合わせた場合は 1kN/m ² を見込む
合計					9.300	kN/m ²	

4) 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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863	1.544	0.224	1.114	2.881	1.720
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	0.059	0.467	0.467	0.229	0.028
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150	2.058	3.576	1.352	61.328	2.782
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	0.059	3.333	0.467	1.633	0.028
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	4.469	1.900	0.200	70.756	0.894
6	$9.800 \times 0.200 \times (2.600 + 3.000) \div 2$	5.488	5.488		1.900	0.502	10.427	
7	$9.800 \times 3.000 \times 0.800$	23.520	23.520		1.900	1.000	44.688	
合計		97.241	97.241	8.189			191.942	5.452

「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。

5) 土圧および載荷重の算出（地震時）

主働土圧強度の算出

$$H_{R1} = 1.000 \text{ m}$$

$$H_{R2} = H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\ = 1.100 \text{ m}$$

$$H_{L1} = 0.500 \text{ m}$$

$$H_{L2} = H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\ = 0.900 \text{ m}$$

$$P_{H1} = (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 18.000 \times 1.100 \\ = 8.785 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_t \cdot H_{R1} + P_{H1} = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 18.000 \times 1.000 + 8.785 \\ = 16.772 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H3} = (1 - K_V) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = (1 - 0.100) \times 0.593 \times 18.000 \times 0.900 \\ = 8.646 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H4} = (1 - K_V) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} + P_{H3} = (1 - 0.100) \times 0.593 \times 18.000 \times 0.500 + 8.646 \\ = 13.449 \text{ kN/m}^2$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)

q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)

H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

$$\text{鉛直方向} = \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(12.500 + 90 - 87.138) \\ = 0.265$$

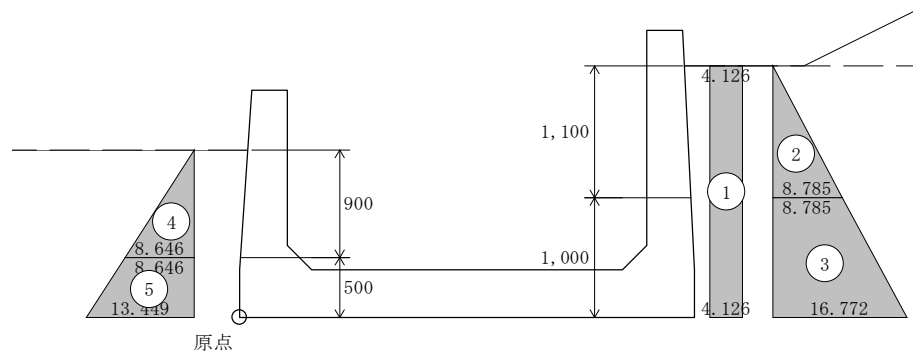
$$\text{水平方向} = \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(12.500 + 90 - 87.138) \\ = 0.964$$

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

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

$$\text{鉛直方向} = \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(10.000 + 90 - 86.186) \\ = 0.239$$

$$\text{水平方向} = -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(10.000 + 90 - 86.186) \\ = -0.971$$



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	4.126×2.100	8.665	2.296	8.353	3.800	1.050	8.725	8.771
2	$8.785 \times 1.100 \div 2$	4.832	1.280	4.658	3.800	1.367	4.864	6.367
3	$1.000 \times (8.785 + 16.772) \div 2$	12.779	3.386	12.319	3.800	0.448	12.867	5.519
4	$8.646 \times 0.900 \div 2$	3.891	0.930	-3.778		0.800		-3.022
5	$0.500 \times (8.646 + 13.449) \div 2$	5.524	1.320	-5.364		0.232		-1.244
合計		35.691	9.212	16.188			26.456	16.391

「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。

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	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	RCコンクリート蓋版荷重：(3.6m × 0.3m × 1.0m) 25.4kn/m ³	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		20.000	0.000			0.000	0.000

7) 水平荷重

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	風荷重		2.000	3.800	4.000		8.000
合計			2.000				8.000

8) 水圧の算出

8)-1 静水圧

外水圧は生じておりません。また、内水圧は左右同値で方向が反対であるため無視します。

8)-2 地震時動水圧

壁面に作用する動水圧は、Westergaard法(下記式)により算出する。

地震時動水圧は、躯体の慣性力の方向に一致させ、吸引側の動水圧も考慮し、それぞれの壁に作用させる。

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

$$H_{ew} = 2/5 \cdot H$$

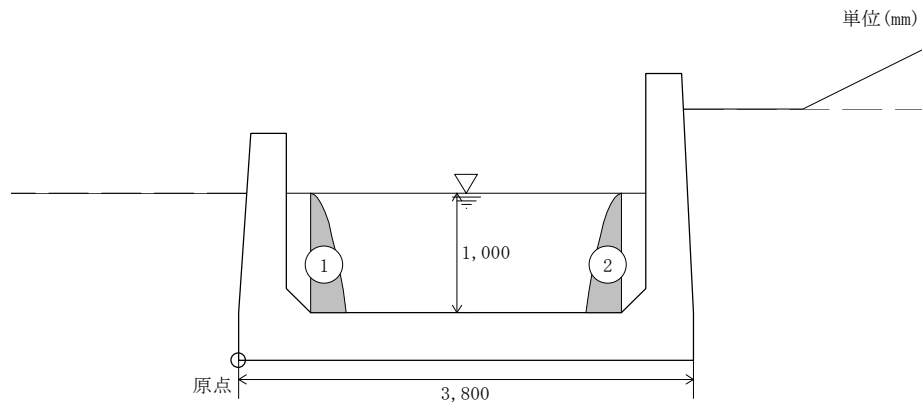
ここに、 P_{ew} ：壁に作用する地震時動水圧(kN)

K_h ：設計水平震度

γ_w ：水の単位体積重量(kN/m³)

H：水深(m)

H_{ew} ：水底面から動水圧の作用点までの距離(m)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2$	0.686		0.686	0.600	0.800		0.549
2	$7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2$	0.686		0.686	3.200	0.800		0.549
合計		1.372	0.000	1.372			0.000	1.098

「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。

9) 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(2)による。

$$L_e = L - 2e$$

$$q_{max} = \Sigma V / L_e \leq q_a \quad \dots\dots\dots (2)$$

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

ここに、

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

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)
自 重	97.241	8.189	191.942	5.452
土圧および載荷重	9.212	16.188	26.456	16.391
水 圧		1.372		1.098
水路上面荷重	20.000			
水平荷重		2.000		8.000
合 計	126.453	27.749	218.398	30.941

$$e = |3.800 / 2 - (218.398 - 30.941) / 126.453|$$

$$= 0.418 \text{ (m)}$$

$$L_e = 3.800 - 2 \times 0.418 = 2.964 \text{ (m)}$$

$$q_{max} = 126.453 / 2.964 = 42.663 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・許容支持力の計算

全鉛直力 $\Sigma V = 126.453 \text{ (kN/m)}$

全水平力 $\Sigma H = 27.749 \text{ (kN/m)}$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{|\Sigma H|}{\Sigma V} = \tan^{-1} \frac{27.749}{126.453} = 12.377 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$i_r = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 = \left(1 - \frac{12.377}{25.000}\right)^2 = 0.2549$$

$\tan \theta = \tan 12.377 = 0.219 < \mu = 0.50000$ のため、 $\tan \theta = \mu$ とする。

$$\theta = \tan^{-1} \mu = \tan^{-1} 0.50000 = 26.565 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2 = \left(1 - \frac{26.565}{90}\right)^2 = 0.4968$$

$$\eta = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-1/3} = \left(\frac{3.800}{1.0}\right)^{-1/3} = 0.6408$$

$$q_u = i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_r + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

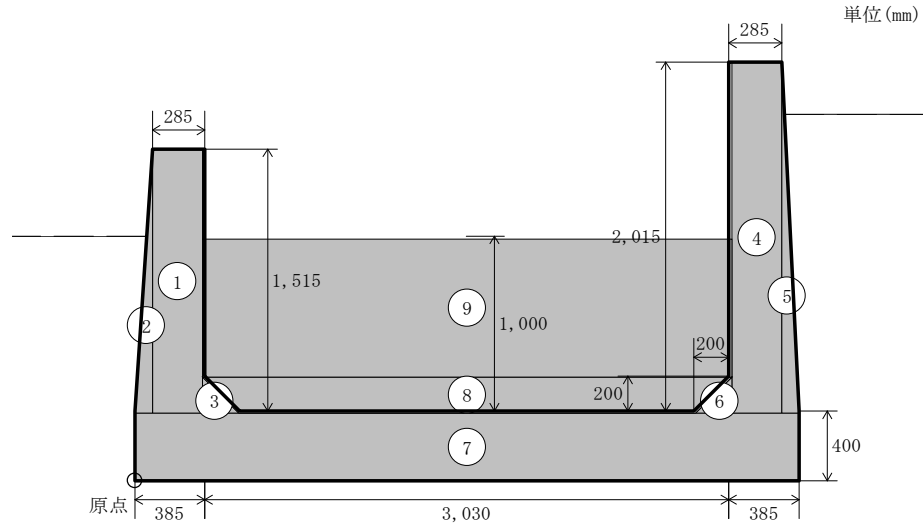
$$= 0.4968 \times 1.0 \times 0.000 \times 20.700 + 0.2549 \times 0.5 \times 18.000 \times 3.800 \times 0.6408 \times 6.8000$$

$$+ 0.4968 \times 18.000 \times 1.400 \times 10.7000 = 171.943 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_a = \frac{1}{n} q_u = \frac{1}{1.5} \times 171.943 = 114.629 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{\max} = 42.663 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 114.629 \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

10) 自重の算出 (摩耗時)



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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
8	$9.800 \times 0.209 \times (2.612 + 3.030) \div 2$	5.779	5.779		1.900	0.492	10.980	
9	$9.800 \times 3.030 \times 0.791$	23.491	23.491		1.900	0.990	44.633	
合計		95.191	95.191	0.000			187.787	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。

11) 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(2)による。

$$L_e = L - 2e$$

$$q_{\max} = \Sigma V / L_e \leq q_a \quad \dots\dots\dots (2)$$

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

ここに、

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

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)
自 重	95.191	7.909	187.787	5.204
土圧および載荷重	9.212	16.188	26.456	16.391
水 圧		1.372		1.078
水路上面荷重	20.000			
水平荷重		2.000		8.000
合 計	124.403	27.469	214.243	30.673

$$e = |3.800 / 2 - (214.243 - 30.673) / 124.403|$$

$$= 0.424 \text{ (m)}$$

$$L_e = 3.800 - 2 \times 0.424 = 2.952 \text{ (m)}$$

$$q_{\max} = 124.403 / 2.952 = 42.142 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・許容支持力の計算

$$\text{全鉛直力 } \Sigma V = 124.403 \text{ (kN/m)}$$

$$\text{全水平力 } \Sigma H = 27.469 \text{ (kN/m)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{|\Sigma H|}{\Sigma V} = \tan^{-1} \frac{27.469}{124.403} = 12.451 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$i_r = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 = \left(1 - \frac{12.451}{25.000}\right)^2 = 0.2519$$

$\tan \theta = \tan 12.451 = 0.221 < \mu = 0.50000$ のため、 $\tan \theta = \mu$ とする。

$$\theta = \tan^{-1} \mu = \tan^{-1} 0.50000 = 26.565 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2 = \left(1 - \frac{26.565}{90}\right)^2 = 0.4968$$

$$\eta = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-1/3} = \left(\frac{3.800}{1.0}\right)^{-1/3} = 0.6408$$

$$q_u = i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_r + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

$$= 0.4968 \times 1.0 \times 0.000 \times 20.700 + 0.2519 \times 0.5 \times 18.000 \times 3.800 \times 0.6408 \times 6.8000$$

$$+ 0.4968 \times 18.000 \times 1.400 \times 10.7000 = 171.496 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_a = \frac{1}{n} q_u = \frac{1}{1.5} \times 171.496 = 114.331 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{\max} = 42.142 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 114.331 \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

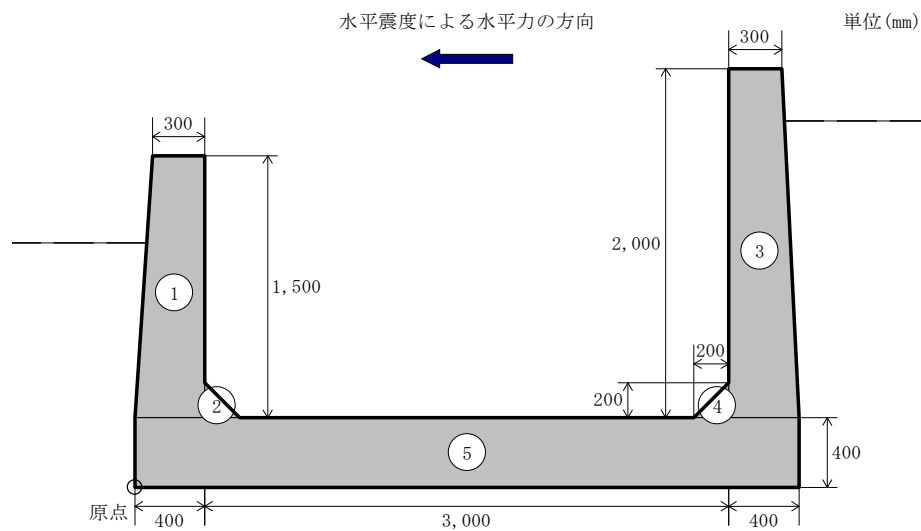
5.2 転倒に対する検討（地震時）

- ・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		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300	—	○	—	6.300	kN/m ²	
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	○	—	3.000	kN/m ²	
雪荷重	L: 1.000 R: 1.000	—	—	—	—	kN/m ²	自動車荷重と組合わせた場合は 1kN/m ² を見込む
合計					9.300	kN/m ²	

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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863	1.544	0.224	1.114	2.881	1.720
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	0.059	0.467	0.467	0.229	0.028
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150	2.058	3.576	1.352	61.328	2.782
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	0.059	3.333	0.467	1.633	0.028
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	4.469	1.900	0.200	70.756	0.894
合計		68.233	68.233	8.189			136.827	5.452

「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)

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot q_R = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 9.300 \\
 &= 4.126 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 8.785 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H2} = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 10.000 \times 1.000 + 8.785 \\
 &= 13.222 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= (1 - K_V) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = (1 - 0.100) \times 0.593 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 8.646 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H5} &= (1 - K_V) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H4} = (1 - 0.100) \times 0.593 \times 10.000 \times 0.500 + 8.646 \\
 &= 11.315 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
 H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
 q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)
 H_{R1} : 水路右側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
 H_{L1} : 水路左側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

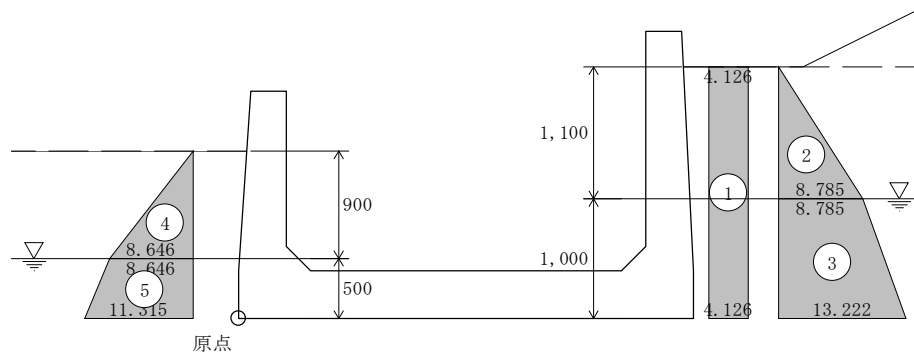
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(12.500 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.265 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(12.500 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.964
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(10.000 + 90 - 86.186) \\
 &= 0.239 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(10.000 + 90 - 86.186) \\
 &= -0.971
 \end{aligned}$$

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	4.126×2.100	8.665	2.296	8.353	3.800	1.050	8.725	8.771
2	$8.785 \times 1.100 \div 2$	4.832	1.280	4.658	3.800	1.367	4.864	6.367
3	$1.000 \times (8.785 + 13.222) \div 2$	11.004	2.916	10.608	3.800	0.466	11.081	4.943
4	$8.646 \times 0.900 \div 2$	3.891	0.930	-3.778		0.800		-3.022
5	$0.500 \times (8.646 + 11.315) \div 2$	4.990	1.193	-4.845		0.239		-1.158
合計		33.382	8.615	14.996			24.670	15.901

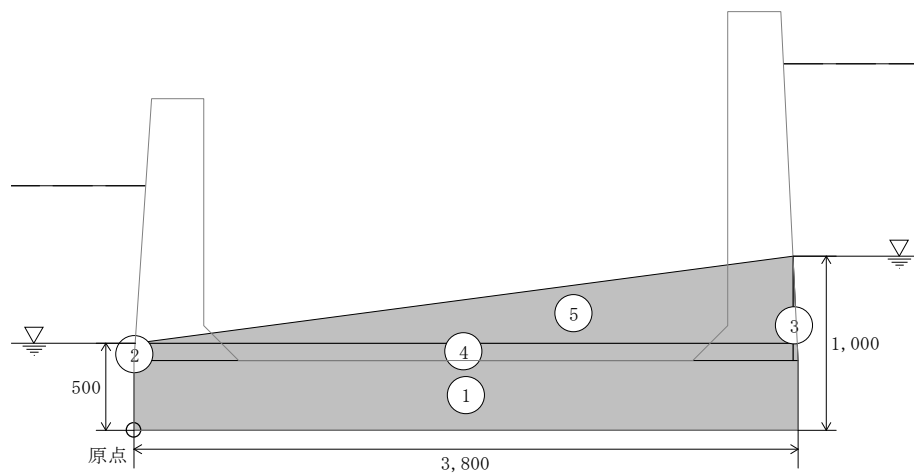
「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

4) 水平荷重

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	風荷重		2.000	3.800	4.000		8.000
合計			2.000				8.000

5) 浮力の算出

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 3.800 \times 0.400$	14.896	14.896		1.900	0.200	28.302	
2	$9.800 \times 0.007 \times 0.100 \div 2$	0.003	0.003		0.004	0.433		
3	$9.800 \times 0.030 \times 0.600 \div 2$	0.088	0.088		3.780	0.600	0.333	
4	$9.800 \times 3.763 \times 0.100$	3.688	3.688		1.888	0.450	6.963	
5	$9.800 \times 3.763 \times 0.500 \div 2$	9.220	9.220		2.516	0.667	23.198	
合計		27.895	27.895	0.000			58.796	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。

$$P_{v1} = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

$$P_{vr} = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$e = L / 2 - \Sigma M_x / \Sigma V$$

ここに、

P_{v1}, P_{vr} : 底版の両端における静水圧 (水圧強度換算) (kN/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : 浮力の作用点の偏心距離 (m) (但し $L/6$ を限度)

ΣV : 浮力 (集計表の鉛直力合計より) (kN/m)

$$\Sigma V = 27.895 \text{ (kN/m)}$$

$$e = 3.800 / 2 - 58.803 / 27.895 = -0.208 \text{ (m)}$$

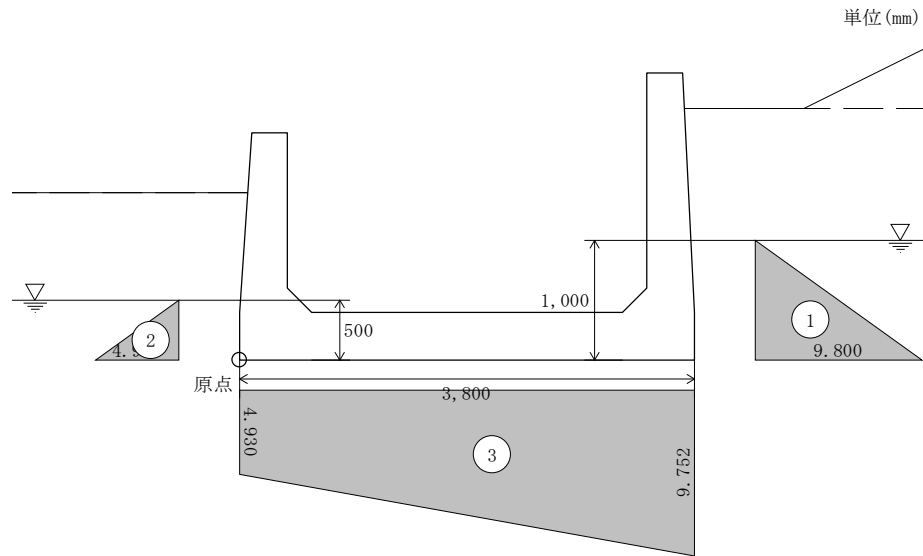
$$P_{v1} = 27.895 / 3.800 \times (1 + 6 \times (-0.208) / 3.800) = 4.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{vr} = 27.895 / 3.800 \times (1 - 6 \times (-0.208) / 3.800) = 9.752 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

6) 水圧の算出

$$P_{H1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



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)	ΔX (m)	ΔY (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	$3.800 \times (4.930 + 9.752) \div 2$	27.896	-27.896		2.108		-58.805	
合計		34.021	-27.896	3.675			-58.805	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。

7) 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。

地震時 : $e \leq L/3$ (5)

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

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	68.233	8.189	136.827	5.452
土圧および載荷重	8.615	14.996	24.670	15.901
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427
水平荷重		2.000		8.000
合 計	48.952	28.860	102.692	30.780

$$e = |3.800 / 2 - (102.692 - 30.780) / 48.952|$$

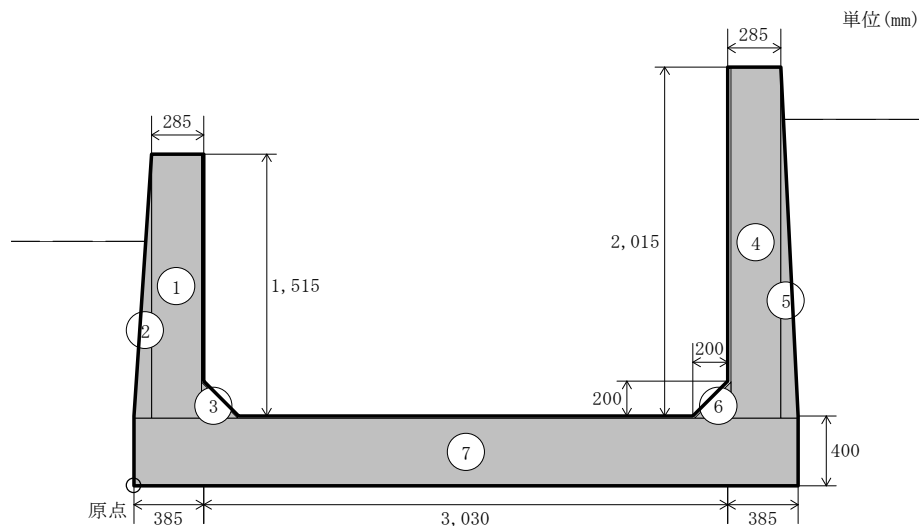
$$= 0.431 \text{ (m)}$$

$$L/3 = 3.800 / 3$$

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

$$e = 0.431 \text{ (m)} \leq L/3 = 1.267 \text{ (m)} \text{ OK}$$

8) 自重の算出 (摩耗時)



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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
合計		65.921	65.921	0.000			132.174	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。

9) 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。

地震時 : $e \leq L/3$ (5)

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

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	65.921	7.909	132.174	5.204
土圧および載荷重	8.615	14.996	24.670	15.901
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427
水平荷重		2.000		8.000
合 計	46.640	28.580	98.039	30.532

$$e = |3.800 / 2 - (98.039 - 30.532) / 46.640|$$

$$= 0.453 \text{ (m)}$$

$$L/3 = 3.800 / 3$$

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

$$e = 0.453 \text{ (m)} \leq L/3 = 1.267 \text{ (m)} \text{ OK}$$

5.3 滑動に対する検討（地震時）

1) 諸条件

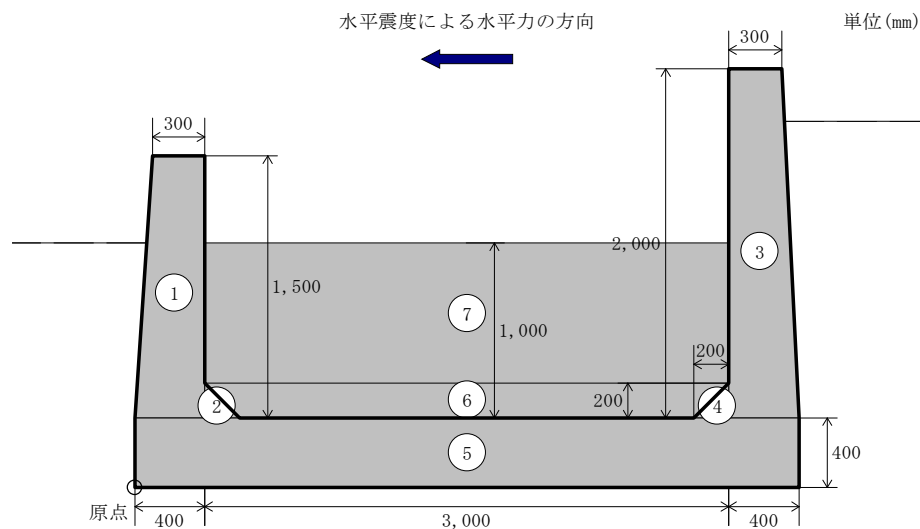
項目	記号	値	単位	備考
安全率	F_s	1.200		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.414		$\tan \phi$

- ・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。
- ・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		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300	—	○	—	6.300	kN/m ²	
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	○	—	3.000	kN/m ²	
雪荷重	L: 1.000 R: 1.000	—	—	—	—	kN/m ²	自動車荷重と組合わせた場合は 1kN/m ² を見込む
合計					9.300	kN/m ²	

3) 自重の算出（慣性方向が右から左）



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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863	1.544	0.224	1.114	2.881	1.720
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	0.059	0.467	0.467	0.229	0.028
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150	2.058	3.576	1.352	61.328	2.782
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	0.059	3.333	0.467	1.633	0.028
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	4.469	1.900	0.200	70.756	0.894
6	$9.800 \times 0.200 \times (2.600 + 3.000) \div 2$	5.488	5.488		1.900	0.502	10.427	
7	$9.800 \times 3.000 \times 0.800$	23.520	23.520		1.900	1.000	44.688	
合計		97.241	97.241	8.189			191.942	5.452

「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)

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot q_R = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 9.300 \\
 &= 4.126 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 8.785 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H2} = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 10.000 \times 1.000 + 8.785 \\
 &= 13.222 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= (1 - K_V) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = (1 - 0.100) \times 0.593 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 8.646 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H5} &= (1 - K_V) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H4} = (1 - 0.100) \times 0.593 \times 10.000 \times 0.500 + 8.646 \\
 &= 11.315 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
 H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
 q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)
 H_{R1} : 水路右側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
 H_{L1} : 水路左側における底板下より地下水位線までの高さ (m)
 H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

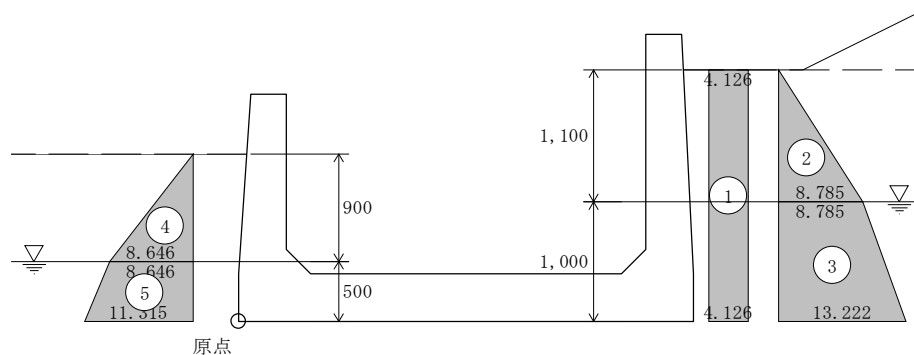
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(12.500 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.265 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(12.500 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.964
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(10.000 + 90 - 86.186) \\
 &= 0.239 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(10.000 + 90 - 86.186) \\
 &= -0.971
 \end{aligned}$$

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	4.126×2.100	8.665	2.296	8.353	3.800	1.050	8.725	8.771
2	$8.785 \times 1.100 \div 2$	4.832	1.280	4.658	3.800	1.367	4.864	6.367
3	$1.000 \times (8.785 + 13.222) \div 2$	11.004	2.916	10.608	3.800	0.466	11.081	4.943
4	$8.646 \times 0.900 \div 2$	3.891	0.930	-3.778		0.800		-3.022
5	$0.500 \times (8.646 + 11.315) \div 2$	4.990	1.193	-4.845		0.239		-1.158
合計		33.382	8.615	14.996			24.670	15.901

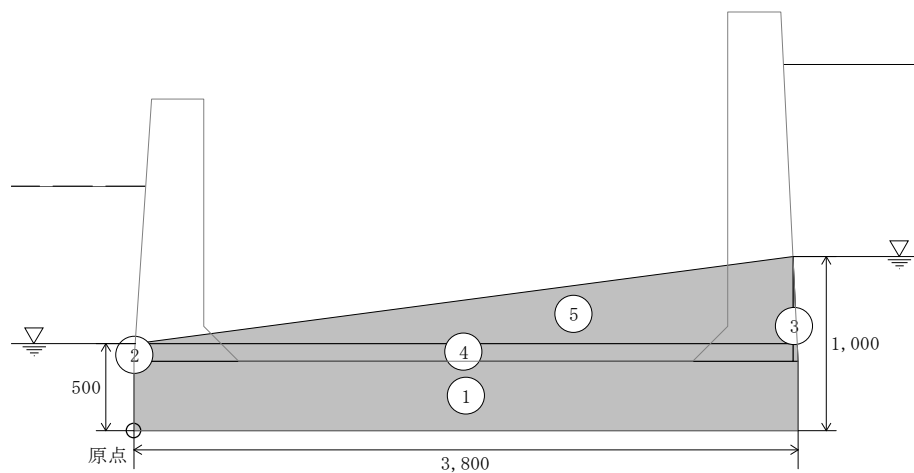
「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

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	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	RCコンクリート蓋版荷重：(3.6m ×0.3m×1.0m) 25.4kn/m ³	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		20.000	0.000			0.000	0.000

6) 浮力の算出

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 3.800 \times 0.400$	14.896	14.896		1.900	0.200	28.302	
2	$9.800 \times 0.007 \times 0.100 \div 2$	0.003	0.003		0.004	0.433		
3	$9.800 \times 0.030 \times 0.600 \div 2$	0.088	0.088		3.780	0.600	0.333	
4	$9.800 \times 3.763 \times 0.100$	3.688	3.688		1.888	0.450	6.963	
5	$9.800 \times 3.763 \times 0.500 \div 2$	9.220	9.220		2.516	0.667	23.198	
合計		27.895	27.895	0.000			58.796	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。

$$P_{v1} = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

$$P_{vr} = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$e = L / 2 - \Sigma M_x / \Sigma V$$

ここに、

P_{v1}, P_{vr} : 底版の両端における静水圧 (水圧強度換算) (kN/m²)
 L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)
 e : 浮力の作用点の偏心距離 (m) (但し $L/6$ を限度)
 ΣV : 浮力 (集計表の鉛直力合計より) (kN/m)

$$\Sigma V = 27.895 \text{ (kN/m)}$$

$$e = 3.800 / 2 - 58.803 / 27.895 = -0.208 \text{ (m)}$$

$$P_{v1} = 27.895 / 3.800 \times (1 + 6 \times (-0.208) / 3.800) = 4.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{vr} = 27.895 / 3.800 \times (1 - 6 \times (-0.208) / 3.800) = 9.752 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

7) 水圧の算出

7)-1 静水圧

$$P_{H1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$

7)-2 地震時動水圧

壁面に作用する動水圧は、Westergaard法(下記式)により算出する。

地震時動水圧は、躯体の慣性力の方向に一致させ、吸引側の動水圧も考慮し、それぞれの壁に作用させる。

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

$$H_{ew} = 2 / 5 \cdot H$$

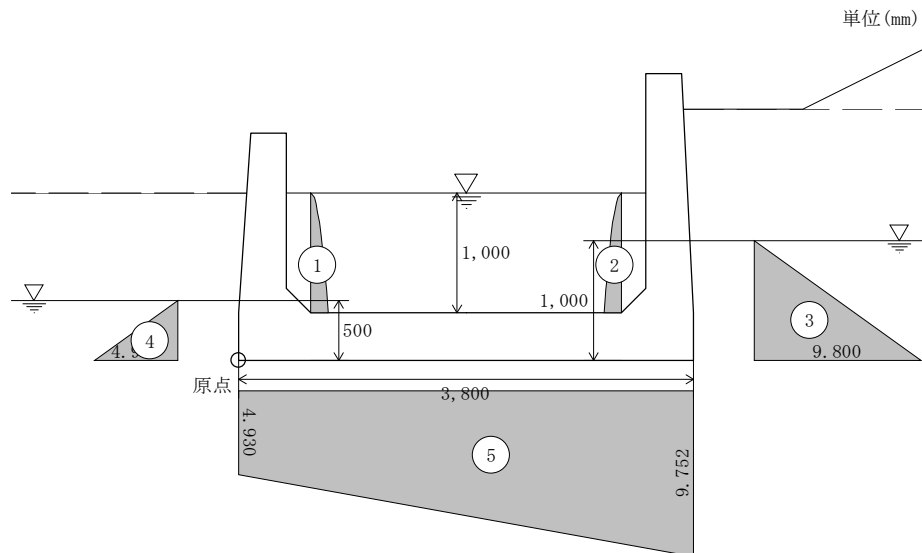
ここに、 P_{ew} : 壁に作用する地震時動水圧 (kN)

K_h : 設計水平震度

γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m³)

H : 水深 (m)

H_{ew} : 水底面から動水圧の作用点までの距離 (m)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2$	0.686		0.686	0.600	0.800		0.549
2	$7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2$	0.686		0.686	3.200	0.800		0.549
3	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
4	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
5	$3.800 \times (4.930 + 9.752) \div 2$	27.896	-27.896		2.108		-58.805	
合計		35.393	-27.896	5.047			-58.805	2.525

「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。

8) 地震時における滑動に対する検討 (慣性方向が右から左)

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。

$$F_s = R_H / \Sigma H \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_H = \Sigma V \cdot F$$

ここに、

R_H : 滑動抵抗力 (kN/m)

ΣH : 全水平力 (kN/m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・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

$$F = \tan \phi$$

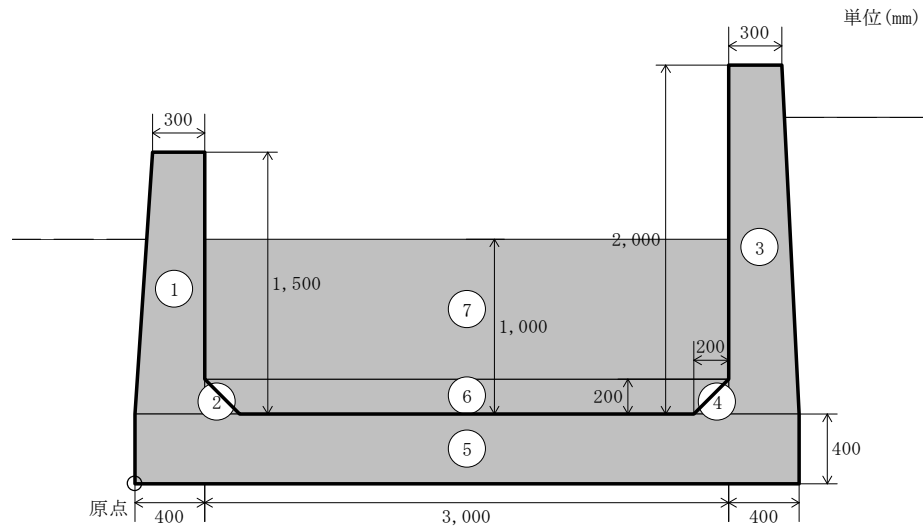
ただし、 $\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2$

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	97.241	8.189	191.942	5.452
土圧および載荷重	8.615	14.996	24.670	15.901
水 圧	-27.896	5.047	-58.805	2.525
水路上面荷重	20.000			
合 計	97.960	28.232	157.807	23.878

$$\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2 = (25.000 + 20.000) / 2 = 22.500$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.200 \\ &= 97.960 \times \tan 22.500 / 28.232 \geq 1.200 \\ &= 97.960 \times 0.414 / 28.232 \geq 1.200 \\ &= 1.436 \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

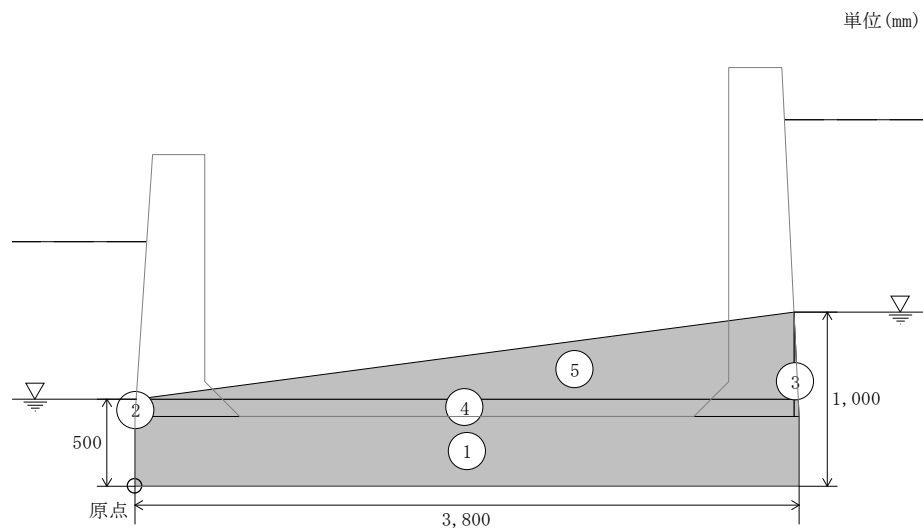
9) 自重の算出 (慣性方向が左から右)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863		0.224	1.114	2.881	
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		0.467	0.467	0.229	
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150		3.576	1.352	61.328	
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		3.333	0.467	1.633	
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
6	$9.800 \times 0.200 \times (2.600 + 3.000) \div 2$	5.488	5.488		1.900	0.502	10.427	
7	$9.800 \times 3.000 \times 0.800$	23.520	23.520		1.900	1.000	44.688	
合計		97.241	97.241	0.000			191.942	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。

10) 浮力の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 3.800 \times 0.400$	14.896	14.896		1.900	0.200	28.302	
2	$9.800 \times 0.007 \times 0.100 \div 2$	0.003	0.003		0.004	0.433		
3	$9.800 \times 0.030 \times 0.600 \div 2$	0.088	0.088		3.780	0.600	0.333	
4	$9.800 \times 3.763 \times 0.100$	3.688	3.688		1.888	0.450	6.963	
5	$9.800 \times 3.763 \times 0.500 \div 2$	9.220	9.220		2.516	0.667	23.198	
合計		27.895	27.895	0.000			58.796	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。

$$P_{vl} = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

$$P_{vr} = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$e = L / 2 - \Sigma M_x / \Sigma V$$

ここに、

P_{vl}, P_{vr} : 底版の両端における静水圧 (水圧強度換算) (kN/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : 浮力の作用点の偏心距離 (m) (但し $L/6$ を限度)

ΣV : 浮力 (集計表の鉛直力合計より) (kN/m)

$$\Sigma V = 27.895 \text{ (kN/m)}$$

$$e = 3.800 / 2 - 58.803 / 27.895 = -0.208 \text{ (m)}$$

$$P_{vl} = 27.895 / 3.800 \times (1 + 6 \times (-0.208) / 3.800) = 4.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{vr} = 27.895 / 3.800 \times (1 - 6 \times (-0.208) / 3.800) = 9.752 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

11) 地震時における滑動に対する検討（慣性方向が左から右）

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。

$$F_s = R_H / \Sigma H \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_H = \Sigma V \cdot F$$

ここに、

R_H : 滑動抵抗力 (kN/m)

ΣH : 全水平力 (kN/m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・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

$$F = \tan \phi$$

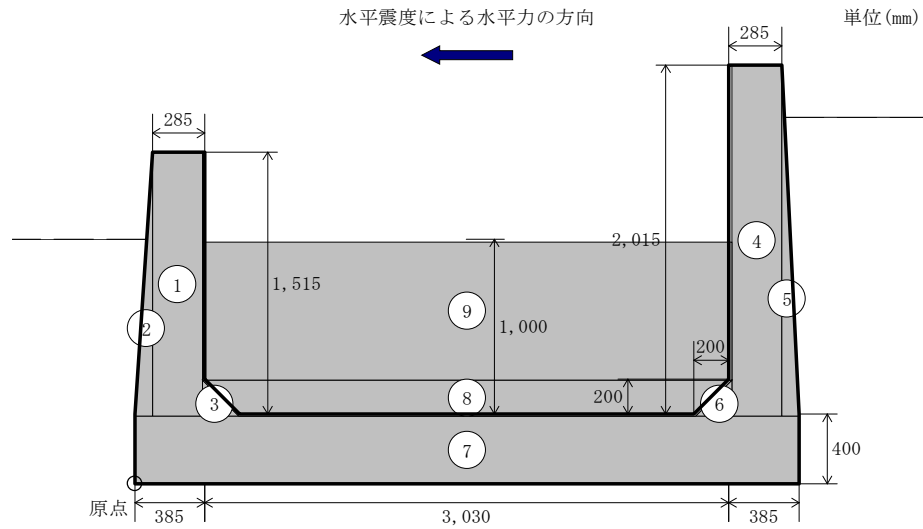
ただし、 $\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2$

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	97.241		191.942	
土圧および載荷重	9.328	12.474	26.771	13.308
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427
水路上面荷重	20.000			
合 計	98.673	16.149	159.908	14.735

$$\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2 = (25.000 + 20.000) / 2 = 22.500$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.200 \\ &= 98.673 \times \tan 22.500 / 16.149 \geq 1.200 \\ &= 98.673 \times 0.414 / 16.149 \geq 1.200 \\ &= 2.530 \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

12) 自重の算出 (摩擦時：慣性方向が右から左)



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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578	1.269	0.243	1.143	2.570	1.450
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874	0.225	0.066	0.890	0.124	0.200
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534	0.064	0.455	0.455	0.243	0.029
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070	1.688	3.558	1.393	50.061	2.351
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487	0.298	3.734	1.057	9.286	0.315
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534	0.064	3.345	0.455	1.786	0.029
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844	4.301	1.900	0.193	68.104	0.830
8	$9.800 \times 0.209 \times (2.612 + 3.030) \div 2$	5.779	5.779		1.900	0.492	10.980	
9	$9.800 \times 3.030 \times 0.791$	23.491	23.491		1.900	0.990	44.633	
合計		95.191	95.191	7.909			187.787	5.204

「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。

13) 地震時における滑動に対する検討 (摩耗時：慣性方向が右から左)

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。

$$F_s = R_H / \Sigma H \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_H = \Sigma V \cdot F$$

ここに、

R_H : 滑動抵抗力 (kN/m)

ΣH : 全水平力 (kN/m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・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

$$F = \tan \phi$$

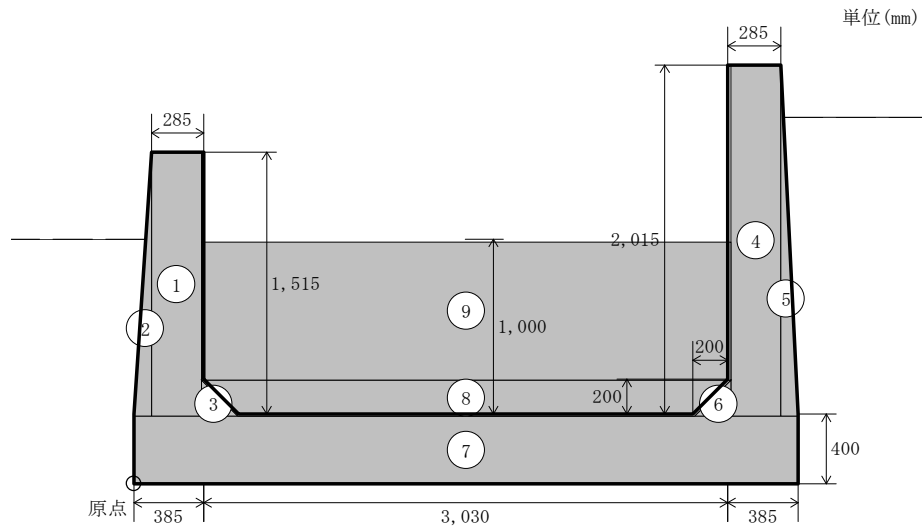
ただし、 $\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2$

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	95.191	7.909	187.787	5.204
土圧および載荷重	8.615	14.996	24.670	15.901
水 圧	-27.896	5.047	-58.805	2.505
水路上面荷重	20.000			
合 計	95.910	27.952	153.652	23.610

$$\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2 = (25.000 + 20.000) / 2 = 22.500$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.200 \\ &= 95.910 \times \tan 22.500 / 27.952 \geq 1.200 \\ &= 95.910 \times 0.414 / 27.952 \geq 1.200 \\ &= 1.421 \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

14) 自重の算出 (摩耗時：慣性方向が左から右)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
8	$9.800 \times 0.209 \times (2.612 + 3.030) \div 2$	5.779	5.779		1.900	0.492	10.980	
9	$9.800 \times 3.030 \times 0.791$	23.491	23.491		1.900	0.990	44.633	
合計		95.191	95.191	0.000			187.787	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。

15) 地震時における滑動に対する検討 (摩耗時: 慣性方向が左から右)

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。

$$F_s = R_H / \Sigma H \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_H = \Sigma V \cdot F$$

ここに、

R_H : 滑動抵抗力 (kN/m)

ΣH : 全水平力 (kN/m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・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、 $\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2$

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	95.191		187.787	
土圧および載荷重	9.328	12.474	26.771	13.308
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427
水路上面荷重	20.000			
合 計	96.623	16.149	155.753	14.735

$$\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2 = (25.000 + 20.000) / 2 = 22.500$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.200 \\ &= 96.623 \times \tan 22.500 / 16.149 \geq 1.200 \\ &= 96.623 \times 0.414 / 16.149 \geq 1.200 \\ &= 2.477 \geq 1.200 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

5.4 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 $42.663 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ が、設定されている許容支持力 $114.629 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ 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 0.431 (m) が、基礎面の長さ 3.800 (m) の $1/3$ 以下にあるため。

…………… **OK**

- ・滑動に対する検討の結果

- a) 慣性方向が右から左の場合

滑動に対する検討で計算された安全率 $=1.436$ が、設定された安全率 $=1.200$ 以上となるため。

…………… **OK**

- b) 慣性方向が左から右の場合

滑動に対する検討で計算された安全率 $=2.530$ が、設定された安全率 $=1.200$ 以上となるため。

…………… **OK**

5.5 総合判定（摩耗考慮：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 $42.142 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ が、設定されている許容支持力 $114.331 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ 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 0.453 (m) が、基礎面の長さ 3.800 (m) の $1/3$ 以下にあるため。

…………… **OK**

- ・滑動に対する検討の結果

- a) 慣性方向が右から左の場合

滑動に対する検討で計算された安全率 $=1.421$ が、設定された安全率 $=1.200$ 以上となるため。

…………… **OK**

- b) 慣性方向が左から右の場合

滑動に対する検討で計算された安全率 $=2.477$ が、設定された安全率 $=1.200$ 以上となるため。

…………… **OK**

6 部材断面の検討

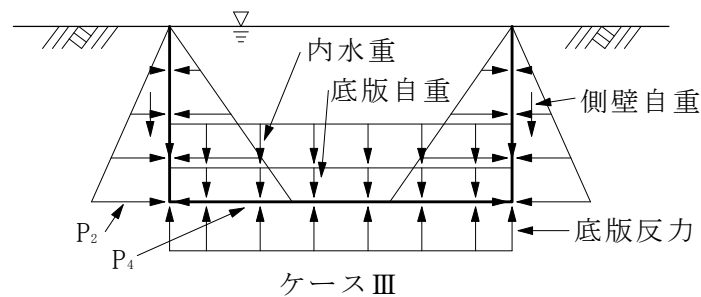
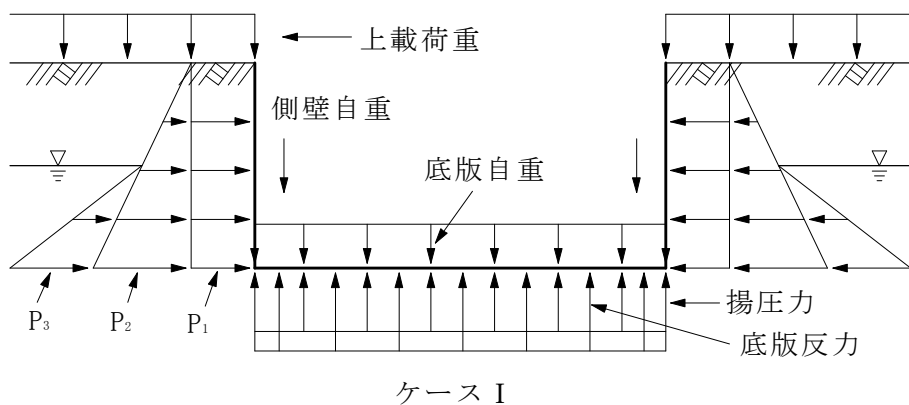
6.1 荷重の組み合わせ（荷重ケース）

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				
	側壁水平荷重		H=2.000 He=2.000	H=2.000	
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）



【仮想背面との摩擦角 常時】

・右側

部材計算時の壁面摩擦角 δ の値は $(2/3)\phi$ とする。

張出しの長さ

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

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

・左側

張出しの長さ

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

$$\delta_L = 2/3\phi = 13.333$$

【壁背面の傾斜角】

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{H_R / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{2000 / (400 - 300)\} \\ &= 87.138^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_L &= \tan^{-1}\{H_L / (T_{L2} - T_{L1})\} \\ &= \tan^{-1}\{1500 / (400 - 300)\} \\ &= 86.186^\circ\end{aligned}$$

【クーロン土圧公式】

・主動土圧係数

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

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

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

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

構造計算時における主動土圧係数を次に記す。

$$K_{AR} = 0.382$$

$$K_{AL} = 0.465$$

また、荷重ケース 3 においては、内部摩擦角 30° におけるの主動土圧の値を上限としているため、その時の値を次に記す。

・左右共通

$$\phi = 30.000$$

・右側

$$\delta = 20.000$$

$$K_{AR30} = 0.318$$

・左側

$$\delta = 20.000$$

$$K_{AL30} = 0.326$$

【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 δ の値は $(1/2)\phi$ とする。

・右側

したがって、 $\delta_R = 12.500$

・左側

したがって、 $\delta_L = 10.000$

【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】

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \tan^{-1} \frac{K_h}{1-K_v} = \tan^{-1} \frac{0.120}{1-0.100} \\ &= 7.595\end{aligned}$$

・主働土圧係数

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

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し左右の主働土圧係数(K_{AER} 、 K_{AEL})を求める。
ただし、 $\phi - i - \theta_0 < 0$ の場合は、 $\sin(\phi - i - \theta_0) = 0$ とする。

構造計算時における主働土圧係数を次に記す。

$$\begin{aligned}K_{AER} &= 0.493 \\ K_{AEL} &= 0.593\end{aligned}$$

また、荷重ケース3においては、内部摩擦角 30° における主働土圧の値を上限としているため、その時の値を次に記す。

・左右共通

$$\phi = 30.000$$

・右側

$$\begin{aligned}\delta &= 15.000 \\ K_{AER30} &= 0.416\end{aligned}$$

・左側

$$\begin{aligned}\delta &= 15.000 \\ K_{AEL30} &= 0.424\end{aligned}$$

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)	S	M
	1	側壁高の1/3	1.467	1.167	0.067	—	—	○	○
	2	底版の上面	2.000	1.700	0.600	—	—	○	○
3	側壁付け根	2.200	1.900	0.800	—	—	○	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	4	側壁高の1/3	1.133	0.633	—	—	—	○	○
	5	底版の上面	1.500	1.000	0.100	—	—	○	○
6	側壁付け根	1.700	1.200	0.300	—	—	○	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		○	○	
	8	左側壁内面	0.200		3.200		○	○	
	9	最大モーメント	1.225		2.175		○	○	
	10	右側壁内面	3.200		0.200		○	○	
11	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 $ha = hi + h - \text{側壁高} \text{ (又は } hi)$

LL：左端からの距離

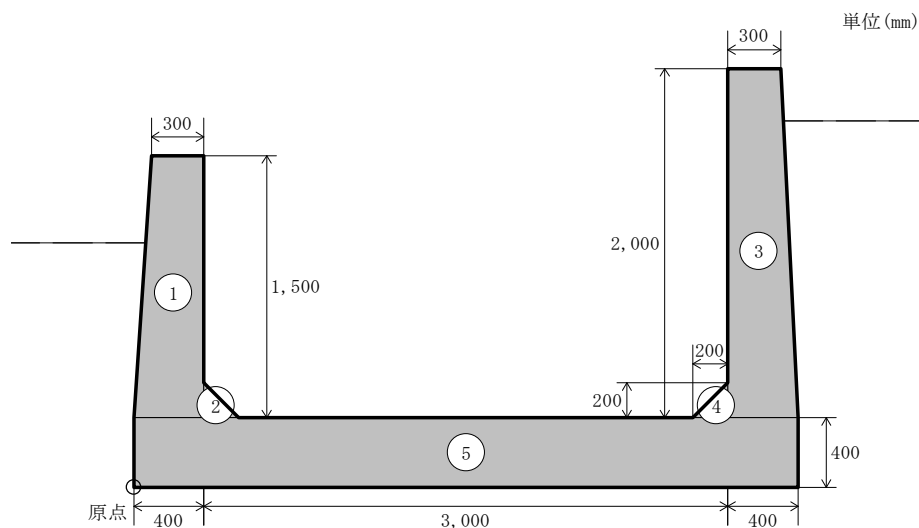
LR：右端からの距離

2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m ²)	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m ²)	計上	採用値 (kN/m ²)
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300		—	○	6.300
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000	○	2.898		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—	○	3.000
積雪荷重	L: 1.000 R: 1.000	○	1.000		—
任意荷重	—		—		—
合計			3.898		9.300

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863		0.224	1.114	2.881	
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		0.467	0.467	0.229	
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150		3.576	1.352	61.328	
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		3.333	0.467	1.633	
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
合計		68.233	68.233	0.000			136.827	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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} \\
 &= 12.863 + 0.490 + 17.150 + 0.490 \\
 &= 30.993
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot q_R = 0.382 \times 9.300 \\
 &= 3.553 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= K_{AL} \cdot q_L = 0.465 \times 3.898 \\
 &= 1.813 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.382 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 7.564 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H3} = 0.382 \times 10.000 \times 1.000 + 7.564 \\
 &= 11.384 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H5} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.465 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 7.533 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H6} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H5} = 0.465 \times 10.000 \times 0.500 + 7.533 \\
 &= 9.443 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

- H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
- H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
- q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)
- q_L : 水路左側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)
- H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
- H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

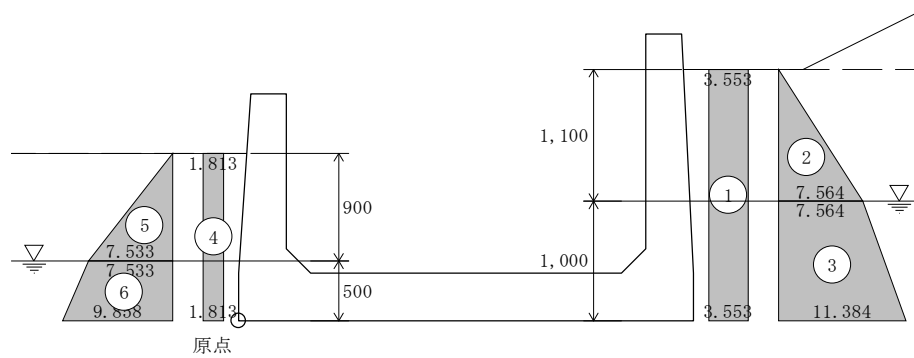
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(16.667 + 90 - 87.138) \\ &= 0.334 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(16.667 + 90 - 87.138) \\ &= 0.942 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(13.333 + 90 - 86.186) \\ &= 0.295 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(13.333 + 90 - 86.186) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

単位 (mm)

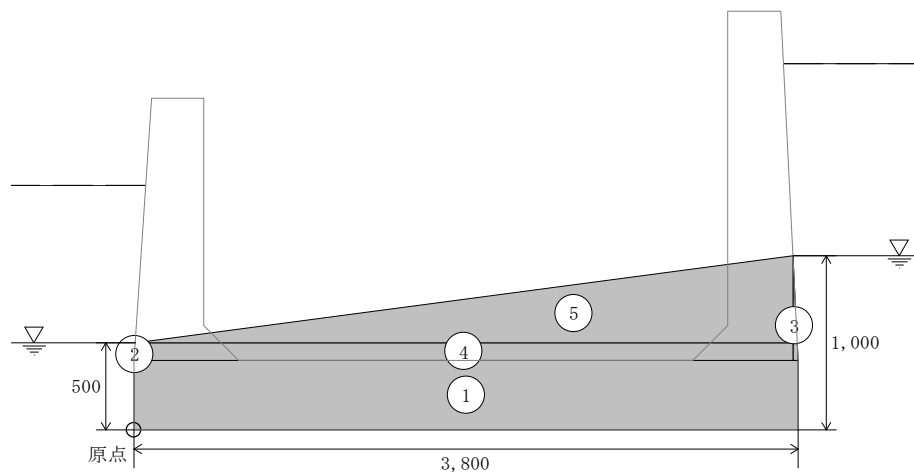


番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	3.553×2.100	7.461	2.492	7.028	3.800	1.050	9.470	7.379
2	$7.564 \times 1.100 \div 2$	4.160	1.389	3.919	3.800	1.367	5.278	5.357
3	$1.000 \times (7.564 + 11.384) \div 2$	9.474	3.164	8.925	3.800	0.466	12.023	4.159
4	1.813×1.400	2.538	0.749	-2.426		0.700		-1.698
5	$7.533 \times 0.900 \div 2$	3.390	1.000	-3.241		0.800		-2.593
6	$0.500 \times (7.533 + 9.858) \div 2$	4.348	1.283	-4.157		0.239		-0.994
合計		31.371	10.077	10.048			26.771	11.610

「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) 浮力の算出

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 3.800 \times 0.400$	14.896	14.896		1.900	0.200	28.302	
2	$9.800 \times 0.007 \times 0.100 \div 2$	0.003	0.003		0.004	0.433		
3	$9.800 \times 0.030 \times 0.600 \div 2$	0.088	0.088		3.780	0.600	0.333	
4	$9.800 \times 3.763 \times 0.100$	3.688	3.688		1.888	0.450	6.963	
5	$9.800 \times 3.763 \times 0.500 \div 2$	9.220	9.220		2.516	0.667	23.198	
合計		27.895	27.895	0.000			58.796	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。

$$P_{V1} = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

$$P_{Vr} = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$e = L / 2 - \Sigma M_x / \Sigma V$$

ここに、

P_{V1}, P_{Vr} : 底版の両端における静水圧 (水圧強度換算) (kN/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : 浮力の作用点の偏心距離 (m) (但し L/6を限度)

ΣV : 浮力 (集計表の鉛直力合計より) (kN/m)

$$\Sigma V = 27.895 \text{ (kN/m)}$$

$$e = 3.800 / 2 - 58.803 / 27.895 = -0.208 \text{ (m)}$$

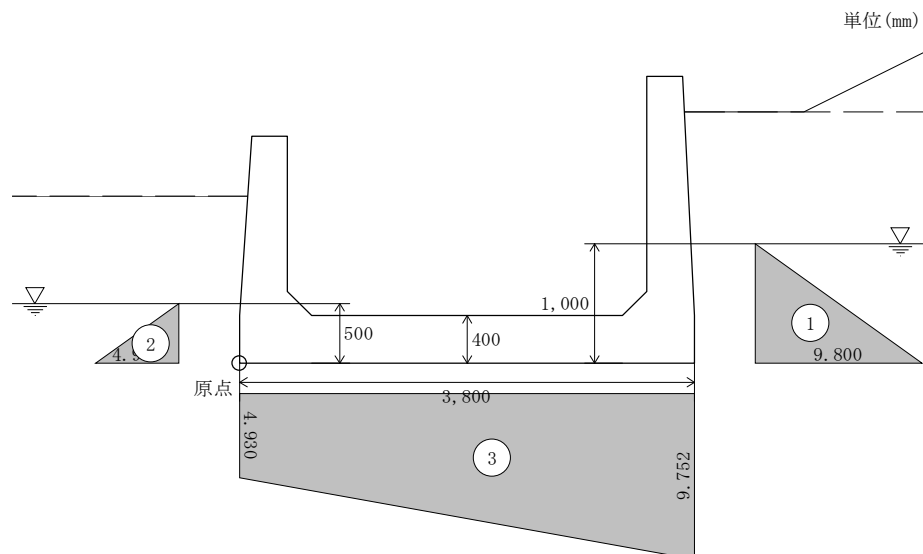
$$P_{V1} = 27.895 / 3.800 \times (1 + 6 \times (-0.208) / 3.800) = 4.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{Vr} = 27.895 / 3.800 \times (1 - 6 \times (-0.208) / 3.800) = 9.752 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

6) 水圧の算出

$$P_{H1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



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)	ΔX (m)	ΔY (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	$3.800 \times (4.930 + 9.752) \div 2$	27.896	-27.896		2.108		-58.805	
合計		34.021	-27.896	3.675			-58.805	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。

7) 水平荷重

番号	項目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	Δ X	Δ Y	M _x	M _y
1	風荷重		2.000	3.800	4.000		8.000
	合計		2.000				8.000

8) 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)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項目	外力		モーメント		底版反力鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)	
自重	68.233		136.827		30.993
土圧および載荷重	10.077	10.048	26.771	11.610	10.077
水圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427	
水平荷重		2.000		8.000	
合計	50.414	15.723	104.793	21.037	41.070

$$e = 3.800 / 2 - \{104.793 - (13.037)\} / 50.414$$

$$= 0.080 \text{ (m)}$$

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/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : ΣVの作用点の偏心距離 (m)

ΣV : 合力の鉛直分力 (kN/m)

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 (ハンチ含む) に関する自重とする。

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、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

浮力 (又は揚圧力) は、側壁及び底版自重により生じる底版反力より小さいので、底版反力のみを考慮する。

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。

$$q_R = 41.070 / 3.400 \times (1 - 6 \times 0.080 / 3.400)$$

$$= 10.374 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_L = 41.070 / 3.400 \times (1 + 6 \times 0.080 / 3.400)$$

$$= 13.785 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

9) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.167^2 + 9.300 \times 1.167) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.067^2 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.067^2 \\
 &= 8.473 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.167^3 + 1/2 \times 9.300 \times 1.167^2) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.067^3 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.067^3 \\
 &= 4.063 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.700^2 + 9.300 \times 1.700) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.600^2 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.600^2 \\
 &= 16.541 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.700^3 + 1/2 \times 9.300 \times 1.700^2) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.600^3 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.600^3 \\
 &= 10.559 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.900^2 + 9.300 \times 1.900) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.800^2 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.800^2 \\
 &= 20.555 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.900^3 + 1/2 \times 9.300 \times 1.900^2) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.800^3 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.800^3 \\
 &= 14.260 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_L \cdot h_d) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 0.633^2 + 3.898 \times 0.633) \times 0.465 \times \cos 13.333 \\
 &= 2.748 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_L \cdot h_d^2) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 0.633^3 + 1/2 \times 3.898 \times 0.633^2) \times 0.465 \times \cos 13.333 \\
 &= 0.698 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_L \cdot h_d) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.000^2 + 3.898 \times 1.000) \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.100^2 \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/2 \times 9.800 \times 0.100^2 \\
 &= 5.831 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_L \cdot h_d^2) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 + 1/2 \times 3.898 \times 1.000^2) \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.100^3 \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/6 \times 9.800 \times 0.100^3 \\
 &= 2.239 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_L \cdot h_d) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.200^2 + 3.898 \times 1.200) \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.300^2 \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 \\
 &= 8.128 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_L \cdot h_d^2) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.200^3 + 1/2 \times 3.898 \times 1.200^2) \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.300^3 \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/6 \times 9.800 \times 0.300^3 \\
 &= 3.625 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

10) 任意荷重による断面力計算

側壁に作用する任意荷重については、次式により照査位置ごとにせん断力および曲げモーメントを算出し、既に算出している荷重・土圧等による各断面力と合算する。

これらの式は、側壁外側から正の荷重が作用した場合に側壁外側へ引張力が生じる符号体系を採用している。

複数の任意荷重を考慮する場合は、各荷重ごとに断面力を算出し、集計する。

● 分布荷重

$$\bullet \quad x \leq a$$

$$S = 0, \quad M = 0$$

$$\bullet \quad a < x < a+b$$

$$S = p_u(x-a) - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot \frac{(x-a)^2}{2}, \quad M = \frac{1}{6} \left[3p_u(x-a)^2 - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot (x-a)^3 \right]$$

$$\bullet \quad a+b < x$$

$$S = \frac{p_u + p_b}{2} b, \quad M = \frac{b}{6} \{ b(2p_u + p_b) + 3(p_u + p_b)(x - a - b) \}$$

● 集中荷重

$$\bullet \quad x < a$$

$$S = 0, \quad M = 0$$

$$\bullet \quad a \leq x$$

$$S = p_e, \quad M = p_e(x-a)$$

ここに、 x : 側壁天端から照査位置までの距離 (m)

a : 側壁天端から分布荷重上端までの距離 (m)

(側壁天端から集中荷重作用位置までの距離)

b : 分布荷重の作用高さ (m)

p_u : 分布荷重の上端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_b : 分布荷重の下端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_e : 集中荷重 (kN/m)

断面1 右側壁 : $x = 1.467$ (m)

風荷重 : $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_b = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.100$ (m) $\leq x = 1.467$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000 + 2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{ 1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (1.467 - (-2.100) - 1.000) \} = 6.134$$

集計

$$S_{S1} = 8.473 + 2.000 = 10.473$$

$$M_{S1} = 4.063 + 6.134 = 10.197$$

断面2 右側壁 : $x = 2.000$ (m)

風荷重 : $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_b = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.100$ (m) $\leq x = 2.000$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000 + 2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{ 1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.000 - (-2.100) - 1.000) \} = 7.200$$

集計

$$S_{S2} = 16.541 + 2.000 = 18.541$$

$$M_{S2} = 10.559 + 7.200 = 17.759$$

断面3 右側壁： $x = 2.200$ (m)

風荷重： $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_s = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.100$ (m) $\leq x = 2.200$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000 + 2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.200 - (-2.100) - 1.000)\} = 7.600$$

集計

$$S_{S3} = 20.555 + 2.000 = 22.555$$

$$M_{S3} = 14.260 + 7.600 = 21.860$$

断面4 左側壁： $x = 1.133$ (m)

集計

$$S_{S4} = 2.748 + 0.000 = 2.748$$

$$M_{S4} = 0.698 + 0.000 = 0.698$$

断面5 左側壁： $x = 1.500$ (m)

集計

$$S_{S5} = 5.831 + 0.000 = 5.831$$

$$M_{S5} = 2.239 + 0.000 = 2.239$$

断面6 左側壁： $x = 1.700$ (m)

集計

$$S_{S6} = 8.128 + 0.000 = 8.128$$

$$M_{S6} = 3.625 + 0.000 = 3.625$$

11) 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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 21.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 3.625 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.785 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (13.785 - 10.374) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (21.860 - 3.625) / 3.400 \\ &= -16.138 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 0.000 / 3.400 + 3.625 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (13.785 - 10.374) - 3 \times 13.785\} \\ &= 3.625 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.785 \times (3.400 - 2 \times 0.200) + (13.785 - 10.374) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.200^2 / 3.400^2) + (21.860 - 3.625) / 3.400 \\ &= -13.401 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 0.200 / 3.400 + 3.625 + 1/6 \times 0.200 \times (3.400 - 0.200) \times \{(1 + 0.200 / 3.400) \times (13.785 - 10.374) - 3 \times 13.785\} \\ &= 0.672 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.785 \times (3.400 - 2 \times 1.225) + (13.785 - 10.374) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.225^2 / 3.400^2) + (21.860 - 3.625) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 1.225 / 3.400 + 3.625 + 1/6 \times 1.225 \times (3.400 - 1.225) \times \{(1 + 1.225 / 3.400) \times (13.785 - 10.374) - 3 \times 13.785\} \\ &= -6.109 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

$$\begin{aligned} S_{T10} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.785 \times (3.400 - 2 \times 3.200) + (13.785 - 10.374) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.200^2 / 3.400^2) + (21.860 - 3.625) / 3.400 \\ &= 22.837 \text{ (kN)} \\ M_{T10} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 3.200 / 3.400 + 3.625 + 1/6 \times 3.200 \times (3.400 - 3.200) \times \{(1 + 3.200 / 3.400) \times (13.785 - 10.374) - 3 \times 13.785\} \\ &= 17.082 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面11 底版

$$\begin{aligned} S_{T11} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.785 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (13.785 - 10.374) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (21.860 - 3.625) / 3.400 \\ &= 24.932 \text{ (kN)} \\ M_{T11} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 3.400 / 3.400 + 3.625 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (13.785 - 10.374) - 3 \times 13.785\} \\ &= 21.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

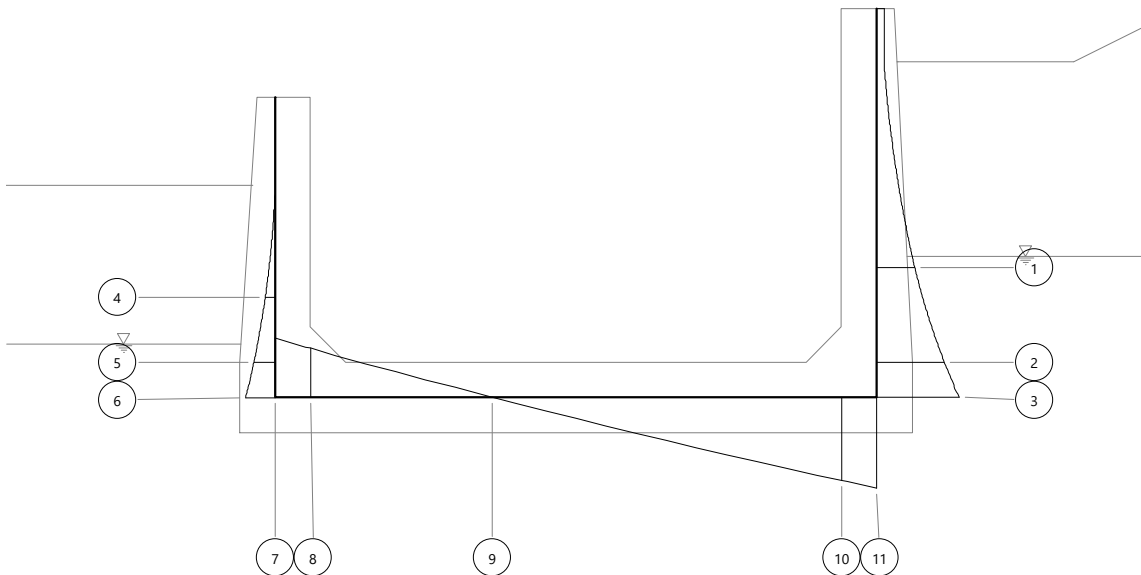
12) 断面力一覧

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	10.473	10.197
	2	底版の上面	2.000	18.541	17.759
	3	側壁付け根	2.200	22.555	21.860
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	2.748	0.698
	5	底版の上面	1.500	5.831	2.239
	6	側壁付け根	1.700	8.128	3.625
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	-16.138	3.625
	8	左側壁内面	0.200	-13.401	0.672
	9	最大モーメント	1.225	0.000	-6.109
	10	右側壁内面	3.200	22.837	17.082
11	右側壁付け根	3.400	24.932	21.860	

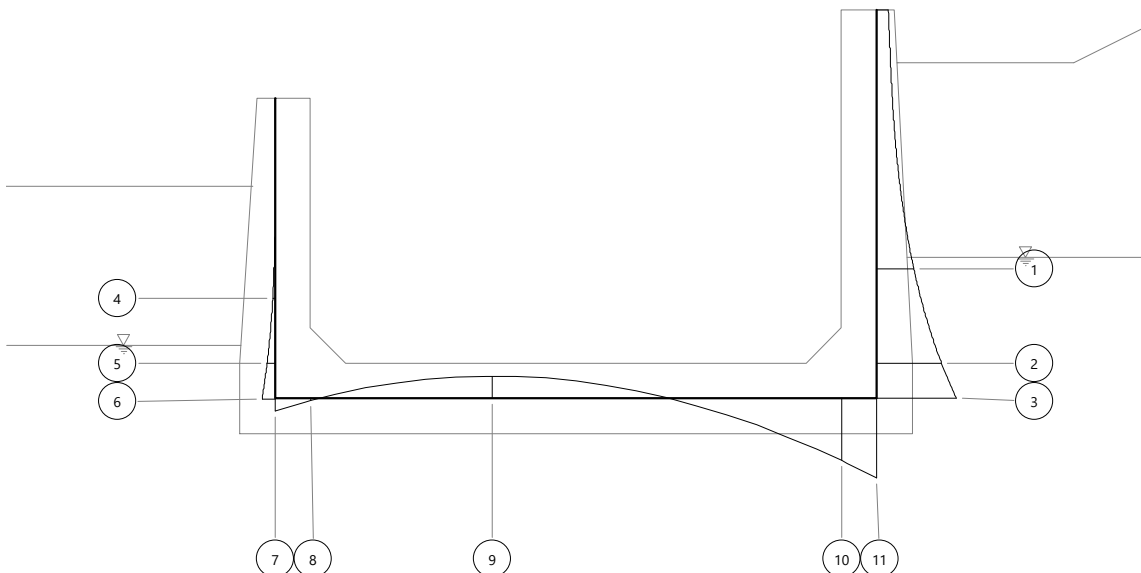
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

13) せん断力図



14) 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)	S	M
	1	側壁高の1/3	1.467	1.167	—	0.467	0.467	○	○
	2	底版の上面	2.000	1.700	—	1.000	1.000	○	○
3	側壁付根	2.200	1.900	—	1.000	1.200	○	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	4	側壁高の1/3	1.133	0.633	—	0.633	0.633	○	○
	5	底版の上面	1.500	1.000	—	1.000	1.000	○	○
6	側壁付根	1.700	1.200	—	1.000	1.200	○	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		○	○	
	8	左側壁内面	0.200		3.200		○	○	
	9	最大モーメント	1.309		2.091		○	○	
	10	右側壁内面	3.200		0.200		○	○	
11	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 $ha = hi + h - \text{側壁高} \text{ (又は } hi \text{)}$

LL:左端からの距離

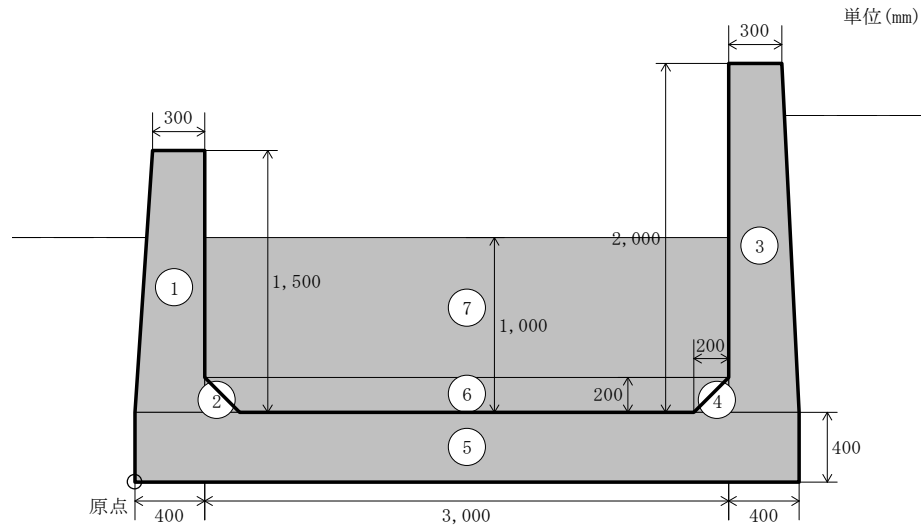
LR:右端からの距離

2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m ²)	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m ²)	計上	採用値 (kN/m ²)
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300		—	○	6.300
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000		—		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—		—
積雪荷重	L: 1.000 R: 1.000		—		—
任意荷重	—		—		—
合計			—		6.300

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863		0.224	1.114	2.881	
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		0.467	0.467	0.229	
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150		3.576	1.352	61.328	
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490		3.333	0.467	1.633	
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
6	$9.800 \times 0.200 \times (2.600 + 3.000) \div 2$	5.488	5.488		1.900	0.502	10.427	
7	$9.800 \times 3.000 \times 0.800$	23.520	23.520		1.900	1.000	44.688	
合計		97.241	97.241	0.000			191.942	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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} \\
 &= 12.863 + 0.490 + 17.150 + 0.490 \\
 &= 30.993
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出

ケース3において、水路外側に生じる外力は荷重として作用していると考えられ、その大きさは主働土圧とする。ただし、この場合の土圧係数は内部摩擦角 30° の場合の値を上限とする。

内部摩擦角 30° の時の主働土圧係数

$$\text{右側 } K_{AR30} = 0.318$$

$$\text{左側 } K_{AL30} = 0.326$$

$$\text{右側 } K_{AR} = 0.382 > K_{AR30} = 0.318$$

$$\text{左側 } K_{AL} = 0.465 > K_{AL30} = 0.326$$

したがって主働土圧係数は各々

$$\text{右側 } K_{AR} = 0.318$$

$$\text{左側 } K_{AL} = 0.326$$

とし、水路外側の主働土圧を求める。

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.318 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 6.296 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.318 \times 18.000 \times 1.000 + 6.296 \\
 &= 12.020 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.326 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 5.281 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} + P_{H3} = 0.326 \times 18.000 \times 0.500 + 5.281 \\
 &= 8.215 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

- H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
- H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
- q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)
- H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
- H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

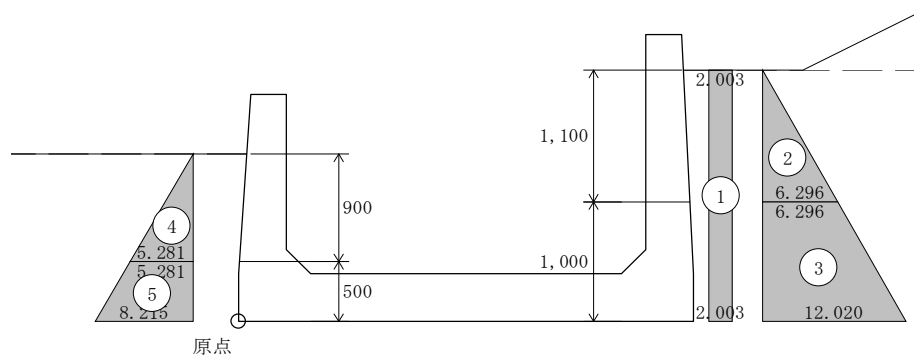
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(16.667 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.334 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(16.667 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.942
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(13.333 + 90 - 86.186) \\
 &= 0.295 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(13.333 + 90 - 86.186) \\
 &= -0.956
 \end{aligned}$$

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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	2.003×2.100	4.206	1.405	3.962	3.800	1.050	5.339	4.160
2	$6.296 \times 1.100 \div 2$	3.463	1.157	3.262	3.800	1.367	4.397	4.459
3	$1.000 \times (6.296 + 12.020) \div 2$	9.158	3.059	8.627	3.800	0.448	11.624	3.865
4	$5.281 \times 0.900 \div 2$	2.376	0.701	-2.271		0.800		-1.817
5	$0.500 \times (5.281 + 8.215) \div 2$	3.374	0.995	-3.226		0.232		-0.748
合計		22.577	7.317	10.354			21.360	9.919

「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) 水平荷重

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	風荷重		2.000	3.800	4.000		8.000
合計			2.000				8.000

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)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	97.241		191.942		30.993
土圧および載荷重	7.317	10.354	21.360	9.919	7.317
水平荷重		2.000		8.000	
合 計	104.558	12.354	213.302	17.919	38.310

$$\begin{aligned}
 e &= 3.800 / 2 - \{213.302 - (9.919)\} / 104.558 \\
 &= -0.045 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

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(ハンチ含む)に関する自重とする。

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、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

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。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 38.310 / 3.400 \times (1 - 6 \times -0.045 / 3.400) \\
 &= 12.162 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 38.310 / 3.400 \times (1 + 6 \times -0.045 / 3.400) \\
 &= 10.373 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

7) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.167^2 + 6.300 \times 1.167) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 0.467^2) \\
 &= 4.905 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.167^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.167^2) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/6 \times 9.800 \times 0.467^3) \\
 &= 2.593 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.700^2 + 6.300 \times 1.700) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\
 &= 6.286 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.700^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.700^2) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) \\
 &= 5.630 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.900^2 + 6.300 \times 1.900) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\
 &= 8.644 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.900^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.900^2) \times 0.318 \times \cos 16.667 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \\
 &\quad \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} \\
 &= 7.119 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= 1/2 \times 18.000 \times 0.633^2 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/2 \times 9.800 \times 0.633^2) \\
 &= -0.819 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\
 &= 1/6 \times 18.000 \times 0.633^3 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/6 \times 9.800 \times 0.633^3) \\
 &= -0.173 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= 1/2 \times 18.000 \times 1.000^2 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\
 &= -2.045 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\
 &= 1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) \\
 &= -0.682 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= 1/2 \times 18.000 \times 1.200^2 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\
 &= -0.789 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\
 &= 1/6 \times 18.000 \times 1.200^3 \times 0.326 \times \cos 13.333 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times \\
 &\quad 1.000)\} \\
 &= -0.969 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

8) 任意荷重による断面力計算

側壁に作用する任意荷重については、次式により照査位置ごとにせん断力および曲げモーメントを算出し、既に算出している荷重・土圧等による各断面力と合算する。

これらの式は、側壁外側から正の荷重が作用した場合に側壁外側へ引張力が生じる符号体系を採用している。複数の任意荷重を考慮する場合は、各荷重ごとに断面力を算出し、集計する。

● 分布荷重

$$\bullet \quad x \leq a$$

$$S = 0, \quad M = 0$$

$$\bullet \quad a < x < a+b$$

$$S = p_u(x-a) - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot \frac{(x-a)^2}{2}, \quad M = \frac{1}{6} \left[3p_u(x-a)^2 - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot (x-a)^3 \right]$$

$$\bullet \quad a+b < x$$

$$S = \frac{p_u + p_b}{2} b, \quad M = \frac{b}{6} \{ b(2p_u + p_b) + 3(p_u + p_b)(x-a-b) \}$$

● 集中荷重

$$\bullet \quad x < a$$

$$S = 0, \quad M = 0$$

$$\bullet \quad a \leq x$$

$$S = p_e, \quad M = p_e(x-a)$$

ここに、 x : 側壁天端から照査位置までの距離 (m)

a : 側壁天端から分布荷重上端までの距離 (m)

(側壁天端から集中荷重作用位置までの距離)

b : 分布荷重の作用高さ (m)

p_u : 分布荷重の上端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_b : 分布荷重の下端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_e : 集中荷重 (kN/m)

断面1 右側壁 : $x = 1.467$ (m)

風荷重 : $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_b = 2.000$ (kN/m²)

$a+b = -1.100$ (m) $\leq x = 1.467$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{ 1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (1.467 - (-2.100) - 1.000) \} = 6.134$$

集計

$$S_{S1} = 4.905 + 2.000 = 6.905$$

$$M_{S1} = 2.593 + 6.134 = 8.727$$

断面2 右側壁 : $x = 2.000$ (m)

風荷重 : $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_b = 2.000$ (kN/m²)

$a+b = -1.100$ (m) $\leq x = 2.000$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{ 1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.000 - (-2.100) - 1.000) \} = 7.200$$

集計

$$S_{S2} = 6.286 + 2.000 = 8.286$$

$$M_{S2} = 5.630 + 7.200 = 12.830$$

断面3 右側壁： $x = 2.200$ (m)

風荷重： $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_s = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.100$ (m) $\leq x = 2.200$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000 + 2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.200 - (-2.100) - 1.000)\} = 7.600$$

集計

$$S_{S3} = 8.644 + 2.000 = 10.644$$

$$M_{S3} = 7.119 + 7.600 = 14.719$$

断面4 左側壁： $x = 1.133$ (m)

集計

$$S_{S4} = -0.819 + 0.000 = -0.819$$

$$M_{S4} = -0.173 + 0.000 = -0.173$$

断面5 左側壁： $x = 1.500$ (m)

集計

$$S_{S5} = -2.045 + 0.000 = -2.045$$

$$M_{S5} = -0.682 + 0.000 = -0.682$$

断面6 左側壁： $x = 1.700$ (m)

集計

$$S_{S6} = -0.789 + 0.000 = -0.789$$

$$M_{S6} = -0.969 + 0.000 = -0.969$$

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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 14.719 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = -0.969 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.373 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (10.373 - 12.162) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (14.719 - -0.969) / 3.400 \\ &= -14.034 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 0.000 / 3.400 + -0.969 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (10.373 - 12.162) - 3 \times 10.373\} \\ &= -0.969 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.373 \times (3.400 - 2 \times 0.200) + (10.373 - 12.162) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.200^2 / 3.400^2) + (14.719 - -0.969) / 3.400 \\ &= -11.949 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 0.200 / 3.400 + -0.969 + 1/6 \times 0.200 \times (3.400 - 0.200) \times \{(1 + 0.200 / 3.400) \times (10.373 - 12.162) - 3 \times 10.373\} \\ &= -3.568 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.373 \times (3.400 - 2 \times 1.309) + (10.373 - 12.162) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.309^2 / 3.400^2) + (14.719 - -0.969) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 1.309 / 3.400 + -0.969 + 1/6 \times 1.309 \times (3.400 - 1.309) \times \{(1 + 1.309 / 3.400) \times (10.373 - 12.162) - 3 \times 10.373\} \\ &= -10.256 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

$$\begin{aligned} S_{T10} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.373 \times (3.400 - 2 \times 3.200) + (10.373 - 12.162) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.200^2 / 3.400^2) + (14.719 - -0.969) / 3.400 \\ &= 21.854 \text{ (kN)} \\ M_{T10} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 3.200 / 3.400 + -0.969 + 1/6 \times 3.200 \times (3.400 - 3.200) \times \{(1 + 3.200 / 3.400) \times (10.373 - 12.162) - 3 \times 10.373\} \\ &= 10.106 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面11 底版

$$\begin{aligned} S_{T11} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.373 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (10.373 - 12.162) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (14.719 - -0.969) / 3.400 \\ &= 24.276 \text{ (kN)} \\ M_{T11} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 3.400 / 3.400 + -0.969 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (10.373 - 12.162) - 3 \times 10.373\} \\ &= 14.719 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

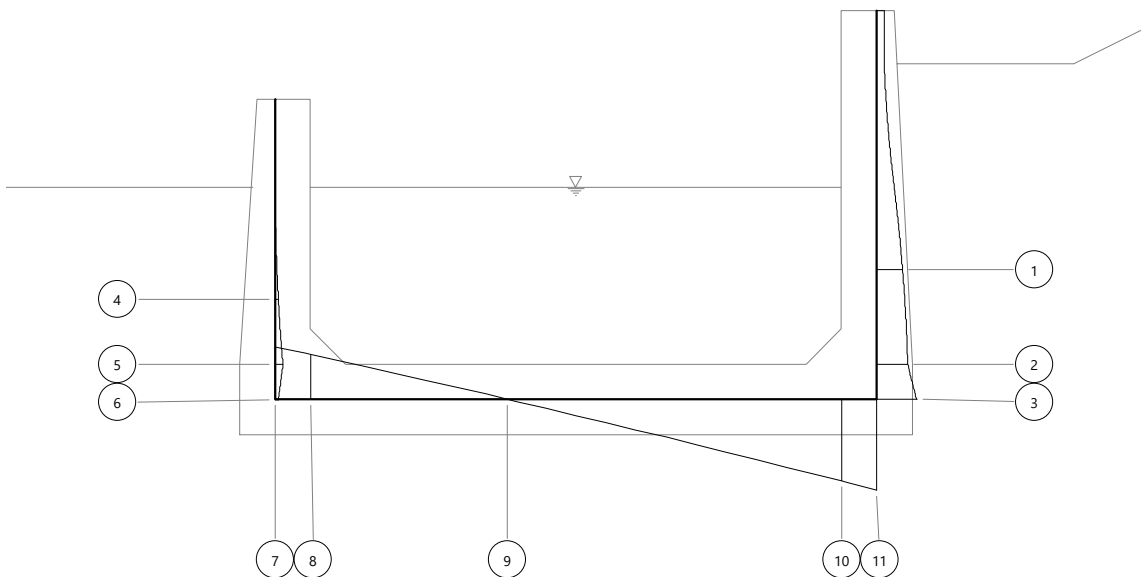
10) 断面力一覧

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	6. 905	8. 727
	2	底版の上面	2. 000	8. 286	12. 830
	3	側壁付根	2. 200	10. 644	14. 719
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	-0. 819	-0. 173
	5	底版の上面	1. 500	-2. 045	-0. 682
	6	側壁付根	1. 700	-0. 789	-0. 969
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	-14. 034	-0. 969
	8	左側壁内面	0. 200	-11. 949	-3. 568
	9	最大モーメント	1. 309	0. 000	-10. 256
	10	右側壁内面	3. 200	21. 854	10. 106
11	右側壁付け根	3. 400	24. 276	14. 719	

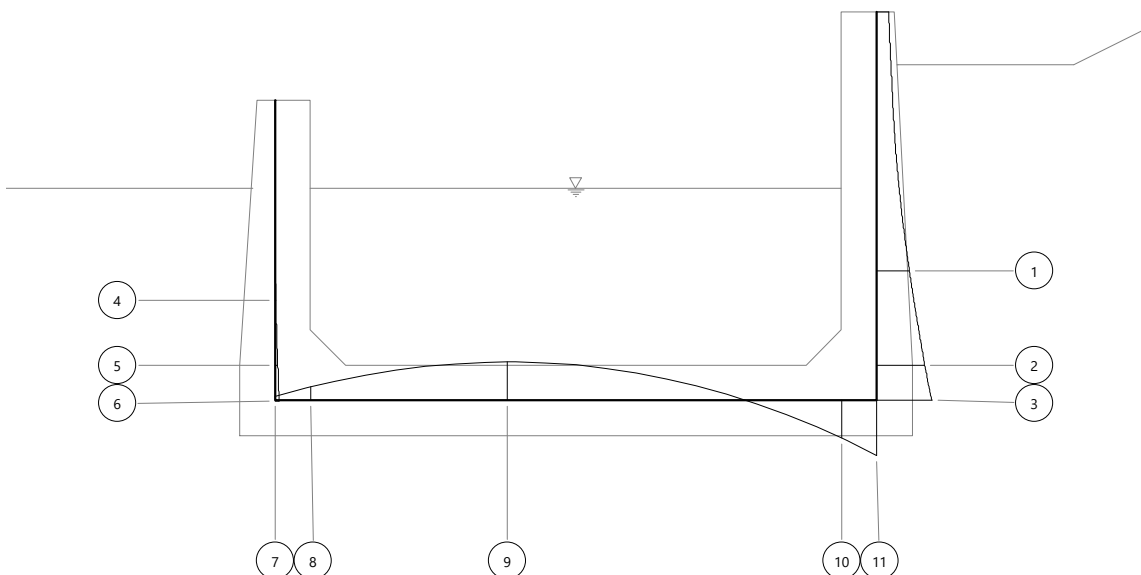
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

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



7.3 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

γ_w ：水の単位体積重量 (kN/m³)

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/m²)

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 χ 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/m²)

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(0.120)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版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

$$H_{PR} = H_R + T_3 / 2 - H_{DR} = 2.000 + 0.400 / 2 - 0.300 = 1.900 \text{ (m)}$$

・左側壁

$$H_{PL} = H_L + T_3 / 2 - H_{DL} = 1.500 + 0.400 / 2 - 0.500 = 1.200 \text{ (m)}$$

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	68.233	68.233
自重慣性力	kN	8.188	8.188
水路上面荷重水平力	kN	0.000	0.000
右側慣性力強度	kN/m ²	4.536	4.536
左側慣性力強度	kN/m ²	11.373	11.373

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/m²)

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

$$P_{H1} = 68.233 \times 0.120 = 8.188 \text{ (kN)}$$

$$P_{PH1} = 2 \times (8.188 + 0.000) / 1.900^2 = 4.536 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{PH1} = 2 \times (8.188 + 0.000) / 1.200^2 = 11.373 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・ケース 3

$$P_{H2} = 68.233 \times 0.120 = 8.188 \text{ (kN)}$$

$$P_{PH2} = 2 \times (8.188 + 0.000) / 1.900^2 = 4.536 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{PH2} = 2 \times (8.188 + 0.000) / 1.200^2 = 11.373 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

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)	S	M
	1	側壁高の1/3	1.467	1.167	0.067	—	—	○	○
	2	底版の上面	2.000	1.700	0.600	—	—	○	○
3	側壁付根	2.200	1.900	0.800	—	—	○	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	4	側壁高の1/3	1.133	0.633	—	—	—	○	○
	5	底版の上面	1.500	1.000	0.100	—	—	○	○
6	側壁付根	1.700	1.200	0.300	—	—	○	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		○	○	
	8	左側壁内面	0.200		3.200		○	○	
	9	最大モーメント	1.083		2.317		○	○	
	10	右側壁内面	3.200		0.200		○	○	
11	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

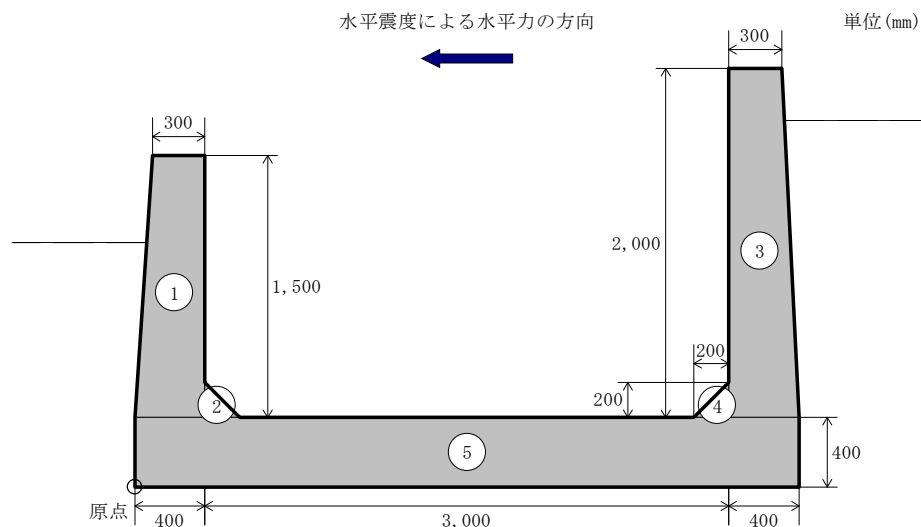
LR:右端からの距離

2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m ²)	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m ²)	計上	採用値 (kN/m ²)
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300		—	○	6.300
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000		—		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—		—
積雪荷重	L: 1.000 R: 1.000		—		—
任意荷重	—		—		—
合計			—		6.300

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863	1.544	0.224	1.114	2.881	1.720
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	0.059	0.467	0.467	0.229	0.028
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150	2.058	3.576	1.352	61.328	2.782
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	0.059	3.333	0.467	1.633	0.028
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	4.469	1.900	0.200	70.756	0.894
合計		68.233	68.233	8.189			136.827	5.452

「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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} \\
 &= 12.863 + 0.490 + 17.150 + 0.490 \\
 &= 30.993
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出 (地震時)

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= (1 - K_v) \cdot K_{AER} \cdot q_R = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 6.300 \\
 &= 2.795 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= (1 - K_v) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 9.761 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= (1 - K_v) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H2} = (1 - 0.100) \times 0.493 \times 10.000 \times 1.000 + 9.761 \\
 &= 14.691 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= (1 - K_v) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = (1 - 0.100) \times 0.593 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 9.607 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H5} &= (1 - K_v) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H4} = (1 - 0.100) \times 0.593 \times 10.000 \times 0.500 + 9.607 \\
 &= 12.072 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 H_{DR} &: \text{右側壁天端から地盤までの落差 (m)} \\
 H_{DL} &: \text{左側壁天端から地盤までの落差 (m)} \\
 q_R &: \text{水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m}^2\text{)} \\
 H_{R1} &: \text{水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)} \\
 H_{R2} &: \text{水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)} \\
 H_{L1} &: \text{水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)} \\
 H_{L2} &: \text{水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)}
 \end{aligned}$$

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。

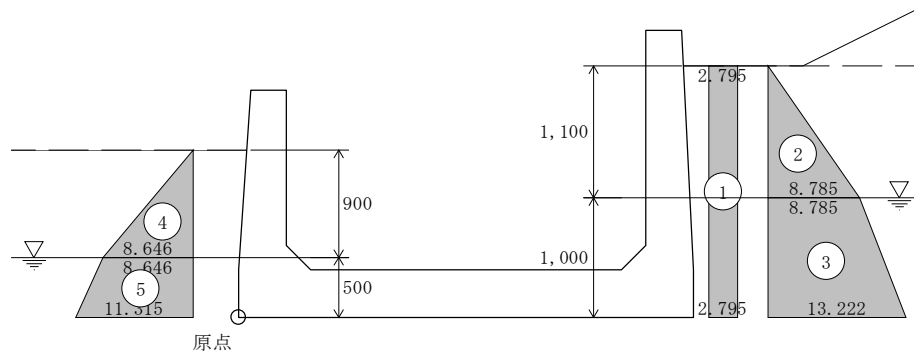
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(12.500 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.265 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(12.500 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.964
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(10.000 + 90 - 86.186) \\
 &= 0.239 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(10.000 + 90 - 86.186) \\
 &= -0.971
 \end{aligned}$$

単位(mm)

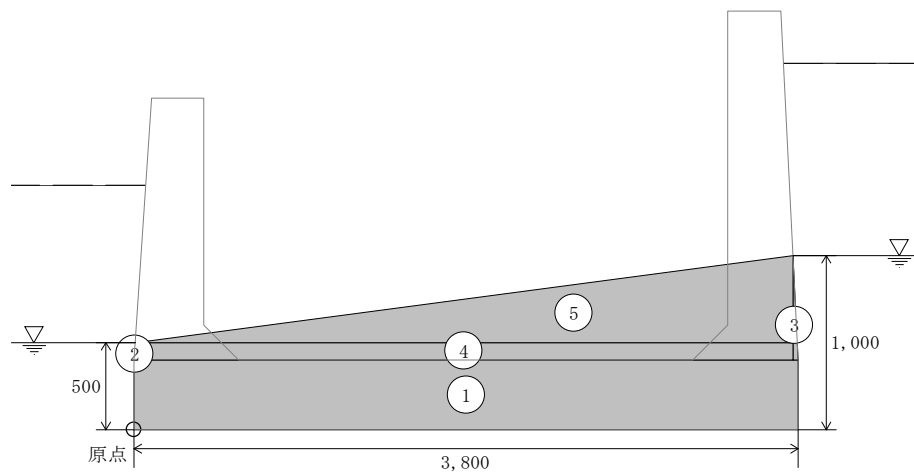


番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	2.795×2.100	5.870	1.556	5.659	3.800	1.050	5.913	5.942
2	$8.785 \times 1.100 \div 2$	4.832	1.280	4.658	3.800	1.367	4.864	6.367
3	$1.000 \times (8.785 + 13.222) \div 2$	11.004	2.916	10.608	3.800	0.466	11.081	4.943
4	$8.646 \times 0.900 \div 2$	3.891	0.930	-3.778		0.800		-3.022
5	$0.500 \times (8.646 + 11.315) \div 2$	4.990	1.193	-4.845		0.239		-1.158
合計		30.587	7.875	12.302			21.858	13.072

「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) 浮力の算出

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 3.800 \times 0.400$	14.896	14.896		1.900	0.200	28.302	
2	$9.800 \times 0.007 \times 0.100 \div 2$	0.003	0.003		0.004	0.433		
3	$9.800 \times 0.030 \times 0.600 \div 2$	0.088	0.088		3.780	0.600	0.333	
4	$9.800 \times 3.763 \times 0.100$	3.688	3.688		1.888	0.450	6.963	
5	$9.800 \times 3.763 \times 0.500 \div 2$	9.220	9.220		2.516	0.667	23.198	
合計		27.895	27.895	0.000			58.796	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。

$$P_{v1} = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

$$P_{vr} = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$e = L / 2 - \Sigma M_x / \Sigma V$$

ここに、

P_{v1}, P_{vr} : 底版の両端における静水圧 (水圧強度換算) (kN/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : 浮力の作用点の偏心距離 (m) (但し $L/6$ を限度)

ΣV : 浮力 (集計表の鉛直力合計より) (kN/m)

$$\Sigma V = 27.895 \text{ (kN/m)}$$

$$e = 3.800 / 2 - 58.803 / 27.895 = -0.208 \text{ (m)}$$

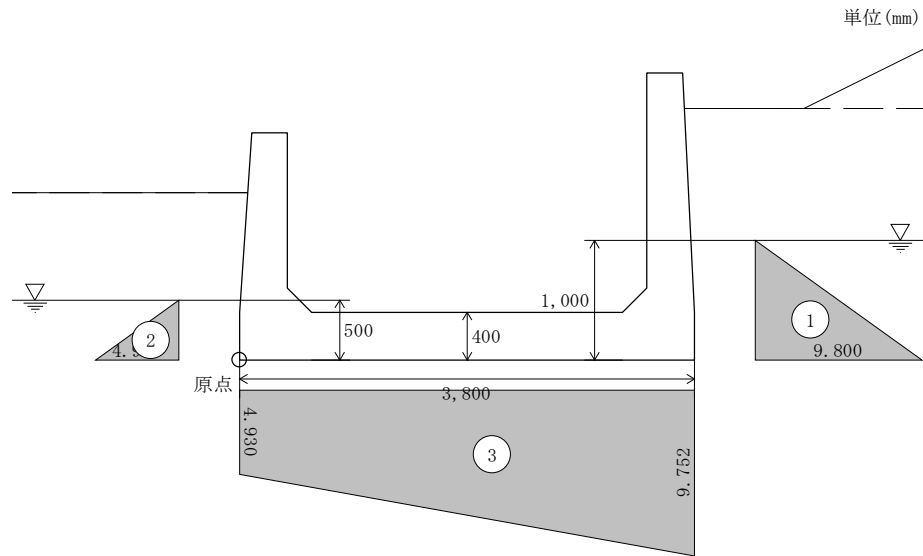
$$P_{v1} = 27.895 / 3.800 \times (1 + 6 \times (-0.208) / 3.800) = 4.930 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{vr} = 27.895 / 3.800 \times (1 - 6 \times (-0.208) / 3.800) = 9.752 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

6) 水圧の算出

$$P_{H1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



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)	ΔX (m)	ΔY (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	$3.800 \times (4.930 + 9.752) \div 2$	27.896	-27.896		2.108		-58.805	
合計		34.021	-27.896	3.675			-58.805	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。

7) 水平荷重

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	風荷重		2.000	3.800	4.000		8.000
合計			2.000				8.000

8) 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)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	68.233	8.189	136.827	5.452	30.993
土圧および載荷重	7.875	12.302	21.858	13.072	7.875
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427	
水平荷重		2.000		8.000	
合 計	48.212	26.166	99.880	27.951	38.868

$$e = 3.800 / 2 - (99.880 - 19.951) / 48.212$$

$$= 0.242 \text{ (m)}$$

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/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : ΣV の作用点の偏心距離 (m)

ΣV : 合力の鉛直分力 (kN/m)

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 (ハンチ含む) に関する自重とする。

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、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

浮力 (又は揚圧力) は、側壁及び底版自重により生じる底版反力より小さいので、底版反力のみを考慮する。

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。

$$q_R = 38.868 / 3.400 \times (1 - 6 \times 0.242 / 3.400)$$

$$= 6.550 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_L = 38.868 / 3.400 \times (1 + 6 \times 0.242 / 3.400)$$

$$= 16.314 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

9) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + \\
 &\quad 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.167^2 + 6.300 \times 1.167) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - 0.100) \\
 &\quad \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.067^2 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.067^2 + 1/2 \times \\
 &\quad 4.536 \times 1.167^2 \\
 &= 11.598 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AER} \cdot \cos \\
 &\quad \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.167^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.167^2) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - \\
 &\quad 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.067^3 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.067^3 + 1/ \\
 &\quad 6 \times 4.536 \times 1.167^3 \\
 &= 5.126 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + \\
 &\quad 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.700^2 + 6.300 \times 1.700) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - 0.100) \\
 &\quad \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.600^2 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.600^2 + 1/2 \times \\
 &\quad 4.536 \times 1.700^2 \\
 &= 23.602 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AER} \cdot \cos \\
 &\quad \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.700^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.700^2) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - \\
 &\quad 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.600^3 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.600^3 + 1/ \\
 &\quad 6 \times 4.536 \times 1.700^3 \\
 &= 14.270 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + \\
 &\quad 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.900^2 + 6.300 \times 1.900) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - 0.100) \\
 &\quad \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.800^2 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.800^2 + 1/2 \times \\
 &\quad 4.536 \times 1.900^2 \\
 &= 29.473 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AER} \cdot \cos \\
 &\quad \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.900^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.900^2) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - \\
 &\quad 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.800^3 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.800^3 + 1/ \\
 &\quad 6 \times 4.536 \times 1.900^3 \\
 &= 19.565 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 0.633^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/2 \times 11.373 \times 0.633^2 \\
 &= 4.174 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 0.633^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/6 \times 11.373 \times 0.633^3 \\
 &= 0.881 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 1.000^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + (1 - 0.100) \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.100^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.100^2 + 1/2 \times 11.373 \times 1.000^2 \\
 &= 10.441 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + (1 - 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.100^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.100^3 + 1/6 \times 11.373 \times 1.000^3 \\
 &= 3.474 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 1.200^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + (1 - 0.100) \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.300^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 + 1/2 \times 11.373 \times 1.200^2 \\
 &= 15.213 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 1.200^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + (1 - 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.300^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.300^3 + 1/6 \times 11.373 \times 1.200^3 \\
 &= 6.021 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

10) 任意荷重による断面力計算

側壁に作用する任意荷重については、次式により照査位置ごとにせん断力および曲げモーメントを算出し、既に算出している荷重・土圧等による各断面力と合算する。

これらの式は、側壁外側から正の荷重が作用した場合に側壁外側へ引張力が生じる符号体系を採用している。

複数の任意荷重を考慮する場合は、各荷重ごとに断面力を算出し、集計する。

● 分布荷重

• $x \leq a$

$$S = 0, \quad M = 0$$

• $a < x < a+b$

$$S = p_u(x-a) - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot \frac{(x-a)^2}{2}, \quad M = \frac{1}{6} \left[3p_u(x-a)^2 - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot (x-a)^3 \right]$$

• $a+b < x$

$$S = \frac{p_u + p_b}{2} b, \quad M = \frac{b}{6} \{ b(2p_u + p_b) + 3(p_u + p_b)(x-a-b) \}$$

● 集中荷重

• $x < a$

$$S = 0, \quad M = 0$$

• $a \leq x$

$$S = p_e, \quad M = p_e(x-a)$$

ここに、 x : 側壁天端から照査位置までの距離 (m)

a : 側壁天端から分布荷重上端までの距離 (m)

(側壁天端から集中荷重作用位置までの距離)

b : 分布荷重の作用高さ (m)

p_u : 分布荷重の上端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_b : 分布荷重の下端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_e : 集中荷重 (kN/m)

断面1 右側壁： $x = 1.467$ (m)

風荷重： $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_v = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.100$ (m) $\leq x = 1.467$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (1.467 - (-2.100) - 1.000)\} = 6.134$$

集計

$$S_{S1} = 11.598 + 2.000 = 13.598$$

$$M_{S1} = 5.126 + 6.134 = 11.260$$

断面2 右側壁： $x = 2.000$ (m)

風荷重： $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_v = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.100$ (m) $\leq x = 2.000$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.000 - (-2.100) - 1.000)\} = 7.200$$

集計

$$S_{S2} = 23.602 + 2.000 = 25.602$$

$$M_{S2} = 14.270 + 7.200 = 21.470$$

断面3 右側壁： $x = 2.200$ (m)

風荷重： $a = -2.100$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_v = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.100$ (m) $\leq x = 2.200$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.200 - (-2.100) - 1.000)\} = 7.600$$

集計

$$S_{S3} = 29.473 + 2.000 = 31.473$$

$$M_{S3} = 19.565 + 7.600 = 27.165$$

断面4 左側壁： $x = 1.133$ (m)

集計

$$S_{S4} = 4.174 + 0.000 = 4.174$$

$$M_{S4} = 0.881 + 0.000 = 0.881$$

断面5 左側壁： $x = 1.500$ (m)

集計

$$S_{S5} = 10.441 + 0.000 = 10.441$$

$$M_{S5} = 3.474 + 0.000 = 3.474$$

断面6 左側壁： $x = 1.700$ (m)

集計

$$S_{S6} = 15.213 + 0.000 = 15.213$$

$$M_{S6} = 6.021 + 0.000 = 6.021$$

11) 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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 27.165 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 6.021 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.314 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (16.314 - 6.550) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (27.165 - 6.021) / 3.400 \\ &= -15.982 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 0.000 / 3.400 + 6.021 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (16.314 - 6.550) - 3 \times 16.314\} \\ &= 6.021 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.314 \times (3.400 - 2 \times 0.200) + (16.314 - 6.550) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.200^2 / 3.400^2) + (27.165 - 6.021) / 3.400 \\ &= -12.777 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 0.200 / 3.400 + 6.021 + 1/6 \times 0.200 \times (3.400 - 0.200) \times \{(1 + 0.200 / 3.400) \times (16.314 - 6.550) - 3 \times 16.314\} \\ &= 3.147 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.314 \times (3.400 - 2 \times 1.083) + (16.314 - 6.550) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.083^2 / 3.400^2) + (27.165 - 6.021) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 1.083 / 3.400 + 6.021 + 1/6 \times 1.083 \times (3.400 - 1.083) \times \{(1 + 1.083 / 3.400) \times (16.314 - 6.550) - 3 \times 16.314\} \\ &= -2.328 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

$$\begin{aligned} S_{T10} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.314 \times (3.400 - 2 \times 3.200) + (16.314 - 6.550) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.200^2 / 3.400^2) + (27.165 - 6.021) / 3.400 \\ &= 21.519 \text{ (kN)} \\ M_{T10} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 3.200 / 3.400 + 6.021 + 1/6 \times 3.200 \times (3.400 - 3.200) \times \{(1 + 3.200 / 3.400) \times (16.314 - 6.550) - 3 \times 16.314\} \\ &= 22.722 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面11 底版

$$\begin{aligned} S_{T11} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.314 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (16.314 - 6.550) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (27.165 - 6.021) / 3.400 \\ &= 22.887 \text{ (kN)} \\ M_{T11} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 3.400 / 3.400 + 6.021 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (16.314 - 6.550) - 3 \times 16.314\} \\ &= 27.165 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

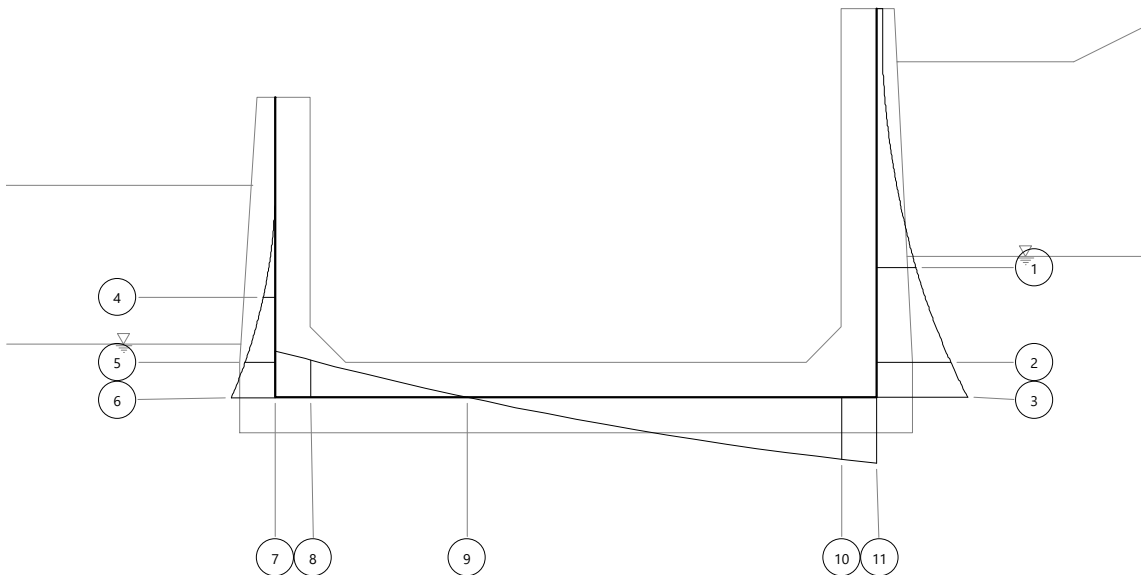
12) 断面力一覧

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	13.598	11.260
	2	底版の上面	2.000	25.602	21.470
	3	側壁付根	2.200	31.473	27.165
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	4.174	0.881
	5	底版の上面	1.500	10.441	3.474
	6	側壁付根	1.700	15.213	6.021
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	-15.982	6.021
	8	左側壁内面	0.200	-12.777	3.147
	9	最大モーメント	1.083	0.000	-2.328
	10	右側壁内面	3.200	21.519	22.722
11	右側壁付け根	3.400	22.887	27.165	

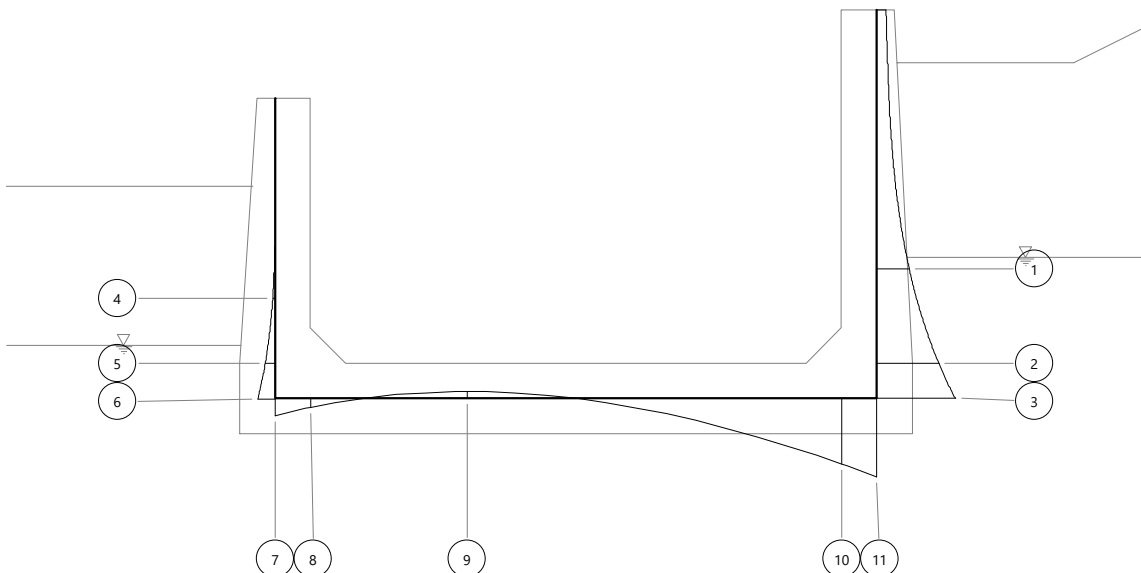
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

13) せん断力図



14) 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)	S	M
	1	側壁高の1/3	1.467	1.167	—	0.467	0.467	○	○
	2	底版の上面	2.000	1.700	—	1.000	1.000	○	○
3	側壁付根	2.200	1.900	—	1.000	1.200	○	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	4	側壁高の1/3	1.133	0.633	—	0.633	0.633	○	○
	5	底版の上面	1.500	1.000	—	1.000	1.000	○	○
6	側壁付根	1.700	1.200	—	1.000	1.200	○	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		○	○	
	8	左側壁内面	0.200		3.200		○	○	
	9	最大モーメント	1.453		1.947		○	○	
	10	右側壁内面	3.200		0.200		○	○	
11	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

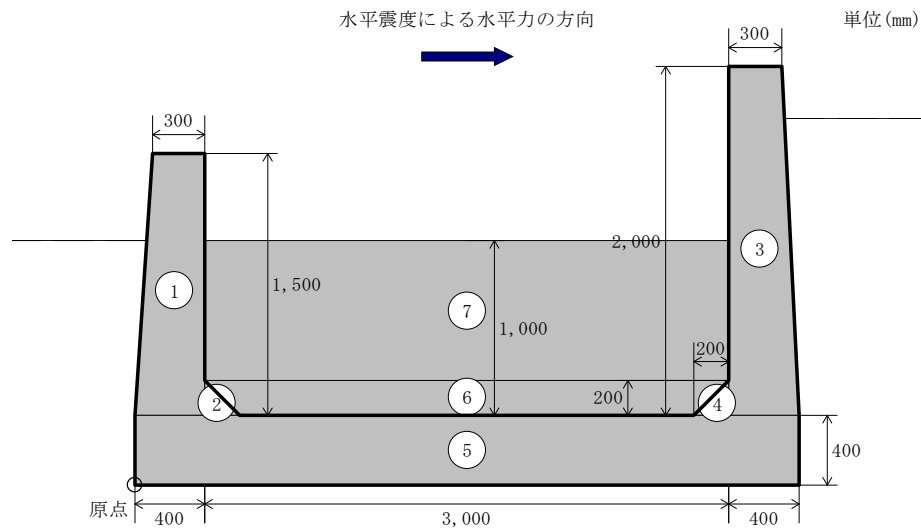
LR : 右端からの距離

2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m ²)	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m ²)	計上	採用値 (kN/m ²)
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.300		—	○	6.300
自動車荷重	L: 2.898 R: 0.000		—		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—		—
積雪荷重	L: 1.000 R: 1.000		—		—
任意荷重	—		—		—
合計			—		6.300

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



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)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	12.863	12.863	-1.544	0.224	1.114	2.881	-1.720
2	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	-0.059	0.467	0.467	0.229	-0.028
3	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.400) \div 2$	17.150	17.150	-2.058	3.576	1.352	61.328	-2.782
4	$24.500 \times 0.200 \times 0.200 \div 2$	0.490	0.490	-0.059	3.333	0.467	1.633	-0.028
5	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	-4.469	1.900	0.200	70.756	-0.894
6	$9.800 \times 0.200 \times (2.600 + 3.000) \div 2$	5.488	5.488		1.900	0.502	10.427	
7	$9.800 \times 3.000 \times 0.800$	23.520	23.520		1.900	1.000	44.688	
合計		97.241	97.241	-8.189			191.942	-5.452

「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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} \\
 &= 12.863 + 0.490 + 17.150 + 0.490 \\
 &= 30.993
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出（地震時）

ケース3において、水路外側に生じる外力は荷重として作用していると考えられ、その大きさは主働土圧とする。ただし、この場合の土圧係数は内部摩擦角 30° の場合の値を上限とする。

内部摩擦角 30° の時の主働土圧係数

$$\text{右側 } K_{\text{AER}30} = 0.416$$

$$\text{左側 } K_{\text{AEL}30} = 0.424$$

$$\text{右側 } K_{\text{AER}} = 0.493 > K_{\text{AER}30} = 0.416$$

$$\text{左側 } K_{\text{AEL}} = 0.593 > K_{\text{AEL}30} = 0.424$$

したがって主働土圧係数は各々

$$\text{右側 } K_{\text{AER}} = 0.416$$

$$\text{左側 } K_{\text{AEL}} = 0.424$$

とし、水路外側の主働土圧を求める。

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}
 H_{R1} &= 1.000 \text{ m} \\
 H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 2.000 + 0.400 - 0.300 - 1.000 \\
 &= 1.100 \text{ m} \\
 H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\
 H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 1.500 + 0.400 - 0.500 - 0.500 \\
 &= 0.900 \text{ m} \\
 P_{H1} &= (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = (1 - 0.100) \times 0.416 \times 18.000 \times 1.100 \\
 &= 8.237 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= (1 - K_V) \cdot K_{AER} \cdot \gamma_t \cdot H_{R1} + P_{H1} = (1 - 0.100) \times 0.416 \times 18.000 \times 1.000 + 8.237 \\
 &= 15.725 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H3} &= (1 - K_V) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = (1 - 0.100) \times 0.424 \times 18.000 \times 0.900 \\
 &= 6.869 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H4} &= (1 - K_V) \cdot K_{AEL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} + P_{H3} = (1 - 0.100) \times 0.424 \times 18.000 \times 0.500 + 6.869 \\
 &= 10.685 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

ここに、

- H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)
- H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)
- q_R : 水路右側壁に作用する荷重の合計 (kN/m²)
- H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)
- H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)
- H_{L2} : 水路左側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

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。

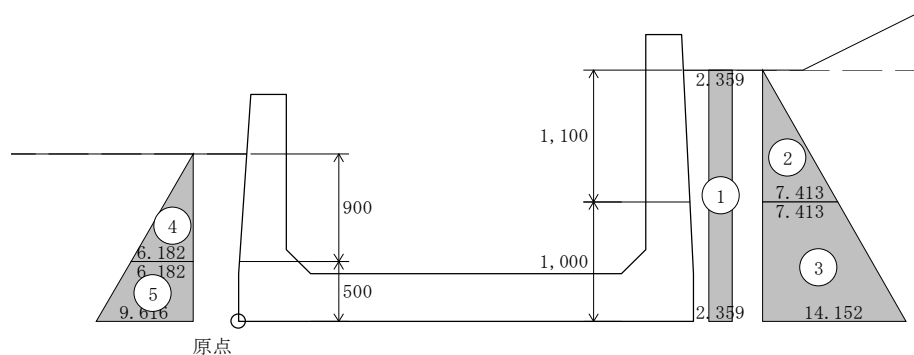
$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(12.500 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.265 \\
 \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(12.500 + 90 - 87.138) \\
 &= 0.964
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(10.000 + 90 - 86.186) \\
 &= 0.239 \\
 \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(10.000 + 90 - 86.186) \\
 &= -0.971
 \end{aligned}$$

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	2.359×2.100	4.954	1.313	4.776	3.800	1.050	4.989	5.015
2	$7.413 \times 1.100 \div 2$	4.077	1.080	3.930	3.800	1.367	4.104	5.372
3	$1.000 \times (7.413 + 14.152) \div 2$	10.783	2.857	10.395	3.800	0.448	10.857	4.657
4	$6.182 \times 0.900 \div 2$	2.782	0.665	-2.701		0.800		-2.161
5	$0.500 \times (6.182 + 9.616) \div 2$	3.950	0.944	-3.835		0.232		-0.890
合計		26.546	6.859	12.565			19.950	11.993

「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

5)-1 静水圧

外水圧は生じておりません。また、内水圧は左右同値で方向が反対であるため無視します。

5)-2 地震時動水圧

壁面に作用する動水圧は、Westergaard法(下記式)により算出する。

地震時動水圧は、躯体の慣性力の方向に一致させ、吸引側の動水圧も考慮し、それぞれの壁に作用させる。

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

$$H_{ew} = 2/5 \cdot H$$

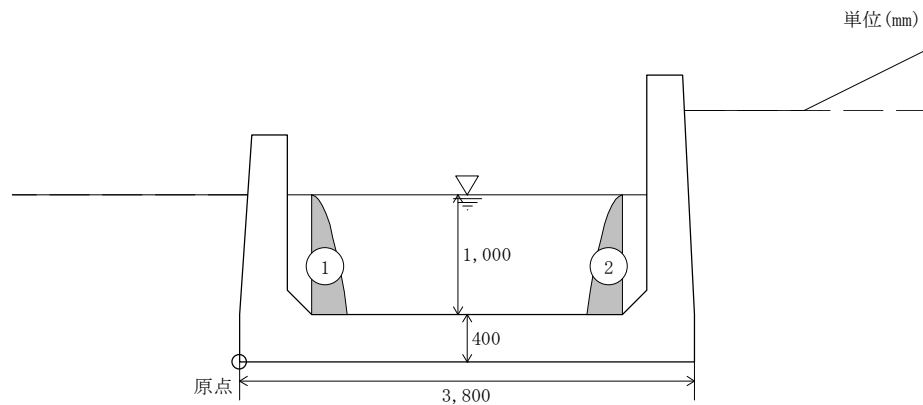
ここに、 P_{ew} : 壁に作用する地震時動水圧(kN)

K_h : 設計水平震度

γ_w : 水の単位体積重量(kN/m³)

H : 水深(m)

H_{ew} : 水底面から動水圧の作用点までの距離(m)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2$	0.686		-0.686	0.600	0.800		-0.549
2	$7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2$	0.686		-0.686	3.200	0.800		-0.549
合計		1.372	0.000	-1.372			0.000	-1.098

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

6) 偏心距離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)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	97.241	-8.189	191.942	-5.452	30.993
土圧および載荷重	6.859	12.565	19.950	11.993	6.859
水 圧		-1.372		-1.098	
合 計	104.100	3.004	211.892	5.443	37.852

$$e = 3.800 / 2 - (211.892 - 5.443) / 104.100$$

$$= -0.083 \text{ (m)}$$

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/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : ΣV の作用点の偏心距離 (m)

ΣV : 合力の鉛直分力 (kN/m)

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 (ハンチ含む) に関する自重とする。

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、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

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。

$$q_R = 37.852 / 3.400 \times (1 - 6 \times -0.083 / 3.400)$$

$$= 12.764 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_L = 37.852 / 3.400 \times (1 + 6 \times -0.083 / 3.400)$$

$$= 9.502 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

7) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.167^2 + 6.300 \times 1.167) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \\
 &\quad \times 0.467^2) + 1/2 \times 4.536 \times 1.167^2 \\
 &= 9.188 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.167^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.167^2) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/6 \\
 &\quad \times 9.800 \times 0.467^3) + 1/6 \times 4.536 \times 1.167^3 \\
 &= 4.347 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.700^2 + 6.300 \times 1.700) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \\
 &\quad \times 1.000^2) + 1/2 \times 4.536 \times 1.700^2 \\
 &= 15.077 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.700^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.700^2) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/6 \\
 &\quad \times 9.800 \times 1.000^3) + 1/6 \times 4.536 \times 1.700^3 \\
 &= 10.796 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.900^2 + 6.300 \times 1.900) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \\
 &\quad \times 1.000^2) + 1/2 \times 4.536 \times 1.900^2 \\
 &= 19.538 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2(3h_a - 2h_i)\} + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.900^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.900^2) \times 0.416 \times \cos 12.500 - \{1/6 \\
 &\quad \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} + 1/6 \times 4.536 \times 1.900^3 \\
 &= 14.250 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 0.633^2 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.633^2) + 1/2 \times \\
 &\quad 11.373 \times 0.633^2 \\
 &= 1.671 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 0.633^3 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/6 \times 9.800 \times 0.633^3) + 1/6 \times \\
 &\quad 11.373 \times 0.633^3 \\
 &= 0.353 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 1.000^2 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times \\
 &\quad 11.373 \times 1.000^2 \\
 &= 4.169 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) + 1/6 \times \\
 &\quad 11.373 \times 1.000^3 \\
 &= 1.390 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S6} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\ &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 1.200^2 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times \\ &\quad 11.373 \times 1.200^2 \\ &= 8.159 \text{ (kN)} \\ M_{S6} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\ &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 1.200^3 \times 0.424 \times \cos 10.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1. \\ &\quad 200 - 2 \times 1.000)\} + 1/6 \times 11.373 \times 1.200^3 \\ &= 2.610 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 h_t &= H_R - H_w = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ (m)} \\
 h_b &= H_R = 2.000 \text{ (m)} \\
 h_w &= h_b - h_t = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ (m)} \\
 P_{ew} &= 7/12 \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^2 = 7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2 = 0.686 \text{ (kN)} \\
 y &= h_b - 2/5 \cdot h_w = 2.000 - 2/5 \times 1.000 = 1.600 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 h_t &= H_L - H_w = 1.500 - 1.000 = 0.500 \text{ (m)} \\
 h_b &= H_L = 1.500 \text{ (m)} \\
 h_w &= h_b - h_t = 1.500 - 0.500 = 1.000 \text{ (m)} \\
 P_{ew} &= 7/12 \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^2 = 7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2 = 0.686 \text{ (kN)} \\
 y &= h_b - 2/5 \cdot h_w = 1.500 - 2/5 \times 1.000 = 1.100 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

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	0.686
左	外側	—	—	—	—
	内側	0.500	1.500	1.000	0.686

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

$$\begin{aligned}
 P_{ei} &= 7/12 K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^{0.5} (h - h_t)^{1.5} = 7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^{0.5} \times (1.467 - 1.000)^{1.5} \\
 &= 0.219 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

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

断面2 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.686 \text{ (kN)}$$

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

断面3 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.686 \text{ (kN)}$$

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

9-2 左側壁内側

断面4 $h_t < h < h_b$ のため

$$P_{ei} = 7/12 K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^{0.5} (h - h_t)^{1.5} = 7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^{0.5} \times (1.133 - 0.500)^{1.5} = 0.345 \text{ (kN)}$$

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

断面5 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.686 \text{ (kN)}$$

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

断面6 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.686 \text{ (kN)}$$

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

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	—	0.219	—	0.187	0.219	0.041	9.188	4.347	9.407	4.388
2	底版の上面	2.000	—	0.686	—	0.400	0.686	0.274	15.077	10.796	15.763	11.070	
3	側壁付根	2.200	—	0.686	—	0.600	0.686	0.412	19.538	14.250	20.224	14.662	
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	—	0.345	—	0.253	0.345	0.087	1.671	0.353	2.016	0.440
5	底版の上面	1.500	—	0.686	—	0.400	0.686	0.274	4.169	1.390	4.855	1.664	
6	側壁付根	1.700	—	0.686	—	0.600	0.686	0.412	8.159	2.610	8.845	3.022	

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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} - 2 \times 0.412 = 14.662 - 2 \times 0.412 = 13.838 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

上記式中の「 2×0.412 」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 0.412 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

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 3.022 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.502 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (9.502 - 12.764) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (13.838 - 3.022) / 3.400 \\ &= -14.821 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 0.000 / 3.400 + 3.022 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (9.502 - 12.764) - 3 \times 9.502\} \\ &= 3.022 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.502 \times (3.400 - 2 \times 0.200) + (9.502 - 12.764) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.200^2 / 3.400^2) + (13.838 - 3.022) / 3.400 \\ &= -12.901 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 0.200 / 3.400 + 3.022 + 1/6 \times 0.200 \times (3.400 - 0.200) \times \{(1 + 0.200 / 3.400) \times (9.502 - 12.764) - 3 \times 9.502\} \\ &= 0.249 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.502 \times (3.400 - 2 \times 1.453) + (9.502 - 12.764) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.453^2 / 3.400^2) + (13.838 - 3.022) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 1.453 / 3.400 + 3.022 + 1/6 \times 1.453 \times (3.400 - 1.453) \times \{(1 + 1.453 / 3.400) \times (9.502 - 12.764) - 3 \times 9.502\} \\ &= -7.992 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

$$\begin{aligned} S_{T10} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.502 \times (3.400 - 2 \times 3.200) + (9.502 - 12.764) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.200^2 / 3.400^2) + (13.838 - 3.022) / 3.400 \\ &= 20.498 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T10} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 3.200 / 3.400 + 3.022 + 1/6 \times 3.200 \times (3.400 - 3.200) \times \{(1 + 3.200 / 3.400) \times (9.502 - 12.764) - 3 \times 9.502\} \\ &= 9.486 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面11 底版

$$\begin{aligned} S_{T11} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.502 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (9.502 - 12.764) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (13.838 - 3.022) / 3.400 \\ &= 23.032 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T11} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 3.400 / 3.400 + 3.022 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (9.502 - 12.764) - 3 \times 9.502\} \\ &= 13.838 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

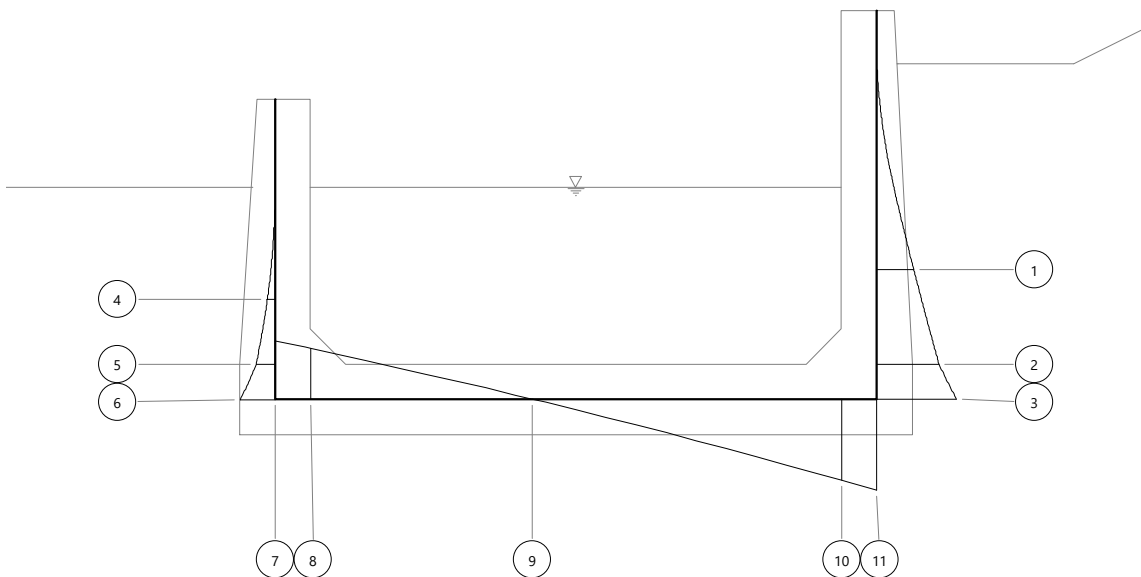
11) 断面力一覧

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	9. 407	4. 388
	2	底版の上面	2. 000	15. 763	11. 070
	3	側壁付根	2. 200	20. 224	14. 662
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	2. 016	0. 440
	5	底版の上面	1. 500	4. 855	1. 664
	6	側壁付根	1. 700	8. 845	3. 022
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	-14. 821	3. 022
	8	左側壁内面	0. 200	-12. 901	0. 249
	9	最大モーメント	1. 453	0. 000	-7. 992
	10	右側壁内面	3. 200	20. 498	9. 486
11	右側壁付け根	3. 400	23. 032	13. 838	

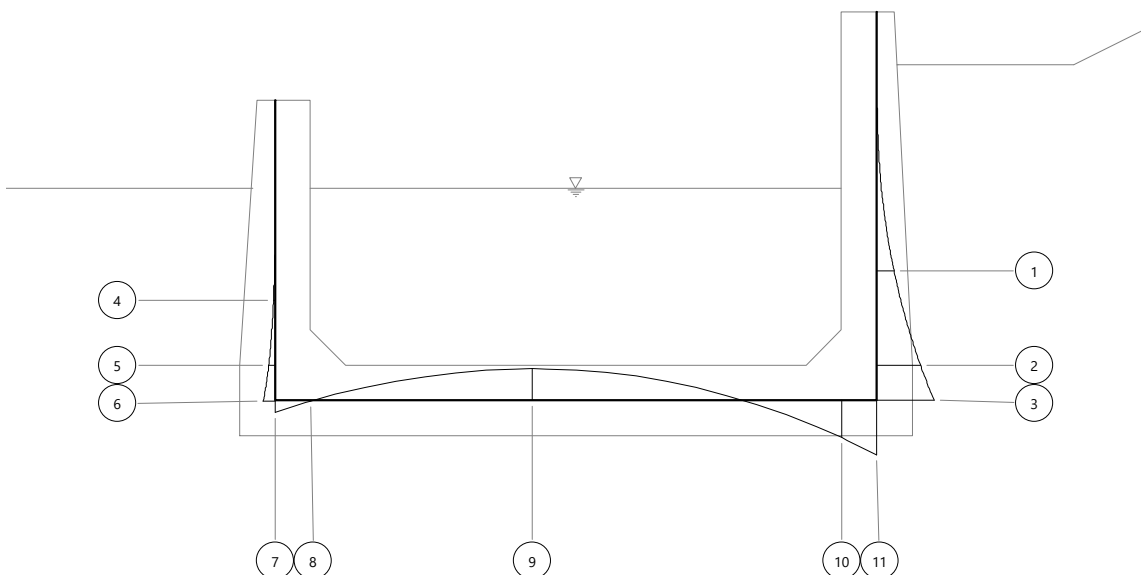
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

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 部材断面力計算（摩耗考慮）

8.1 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)	S	M
	1	側壁高の1/3	1.472	1.172	0.072	—	—	○	○
	2	底版の上面	2.015	1.715	0.615	—	—	○	○
3	側壁付根	2.208	1.908	0.808	—	—	○	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	4	側壁高の1/3	1.139	0.639	—	—	—	○	○
	5	底版の上面	1.515	1.015	0.115	—	—	○	○
6	側壁付根	1.708	1.208	0.308	—	—	○	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		○	○	
	8	左側壁内面	0.192		3.208		○	○	
	9	最大モーメント	1.217		2.183		○	○	
	10	右側壁内面	3.223		0.177		○	○	
11	右側壁付け根	3.415		-0.015		○	○		

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

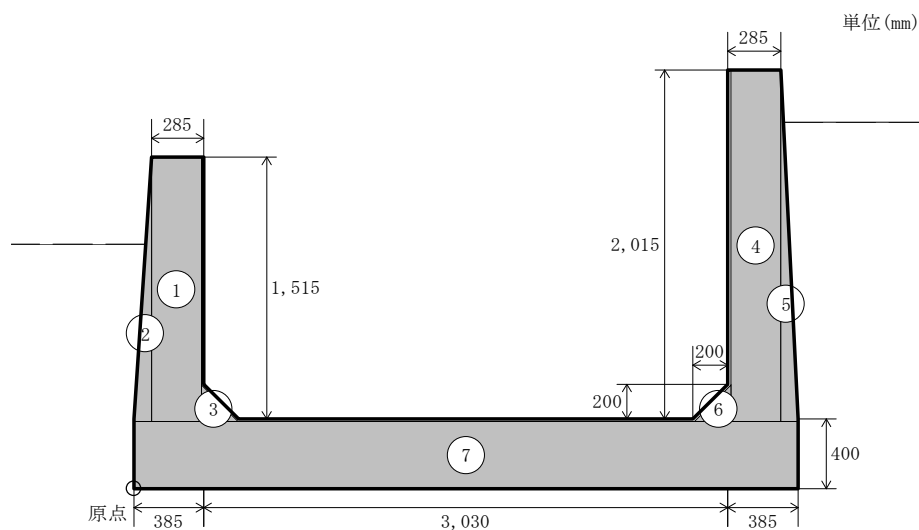
hi : 影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

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) 自重の算出（摩耗時）



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
合計		65.921	65.921	0.000			132.174	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。

$$\begin{aligned} \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} + \text{No. 5} + \text{No. 6} \\ &= 10.578 + 1.874 + 0.534 + 14.070 + 2.487 + 0.534 \\ &= 30.077 \end{aligned}$$

3) 土圧および載荷重の算出

項目7.1内の“土圧および載荷重の算出”を参照

4) 浮力の算出

項目7.1内の“浮力の算出”を参照

5) 水圧の算出

項目7.1内の“水圧の算出”を参照

6) 水平荷重

項目7.1内の“水平荷重”を参照

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)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	65.921		132.174		30.077
土圧および載荷重	10.077	10.048	26.771	11.610	10.077
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427	
水平荷重		2.000		8.000	
合 計	48.102	15.723	100.140	21.037	40.154

$$e = 3.800 / 2 - \{100.140 - (13.037)\} / 48.102$$

$$= 0.089 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.708m)の1/3(0.569m)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、

$$q_R, q_L : \text{底版の両端における反力強度 (kN/m}^2\text{)}$$

$$L : \text{基礎面の長さ (作用幅) (m)}$$

$$e : \Sigma V \text{の作用点の偏心距離 (m)}$$

$$\Sigma V : \text{合力の鉛直分力 (kN/m)}$$

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(ハンチ含む)に関する自重とする。

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、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

浮力(又は揚圧力)は、側壁及び底版自重により生じる底版反力より小さいので、底版反力のみを考慮する。

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。

$$q_R = 40.154 / 3.415 \times (1 - 6 \times 0.089 / 3.415)$$

$$= 9.920 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_L = 40.154 / 3.415 \times (1 + 6 \times 0.089 / 3.415)$$

$$= 13.597 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

8) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.167^2 + 9.300 \times 1.167) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.067^2 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.067^2 \\
 &= 8.473 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.167^3 + 1/2 \times 9.300 \times 1.167^2) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.067^3 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.067^3 \\
 &= 4.063 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.700^2 + 9.300 \times 1.700) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.600^2 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.600^2 \\
 &= 16.541 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.700^3 + 1/2 \times 9.300 \times 1.700^2) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.600^3 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.600^3 \\
 &= 10.559 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.900^2 + 9.300 \times 1.900) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.800^2 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.800^2 \\
 &= 20.555 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.900^3 + 1/2 \times 9.300 \times 1.900^2) \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.800^3 \times 0.382 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.800^3 \\
 &= 14.260 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_L \cdot h_d) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 0.633^2 + 3.898 \times 0.633) \times 0.465 \times \cos 13.333 \\
 &= 2.748 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_L \cdot h_d^2) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 0.633^3 + 1/2 \times 3.898 \times 0.633^2) \times 0.465 \times \cos 13.333 \\
 &= 0.698 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_L \cdot h_d) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.000^2 + 3.898 \times 1.000) \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.100^2 \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/2 \times 9.800 \times 0.100^2 \\
 &= 5.831 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_L \cdot h_d^2) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 + 1/2 \times 3.898 \times 1.000^2) \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.100^3 \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/6 \times 9.800 \times 0.100^3 \\
 &= 2.239 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_L \cdot h_d) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.200^2 + 3.898 \times 1.200) \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\
 &\quad 0.300^2 \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 \\
 &= 8.128 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_L \cdot h_d^2) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.200^3 + 1/2 \times 3.898 \times 1.200^2) \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/6 \times (10.000 - \\
 &\quad 18.000) \times 0.300^3 \times 0.465 \times \cos 13.333 + 1/6 \times 9.800 \times 0.300^3 \\
 &= 3.625 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

9) 任意荷重による断面力計算

側壁に作用する任意荷重については、次式により照査位置ごとにせん断力および曲げモーメントを算出し、既に算出している荷重・土圧等による各断面力と合算する。

これらの式は、側壁外側から正の荷重が作用した場合に側壁外側へ引張力が生じる符号体系を採用している。複数の任意荷重を考慮する場合は、各荷重ごとに断面力を算出し、集計する。

● 分布荷重

$$\bullet \quad x \leq a$$

$$S = 0, \quad M = 0$$

$$\bullet \quad a < x < a+b$$

$$S = p_u(x-a) - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot \frac{(x-a)^2}{2}, \quad M = \frac{1}{6} \left[3p_u(x-a)^2 - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot (x-a)^3 \right]$$

$$\bullet \quad a+b < x$$

$$S = \frac{p_u + p_b}{2} b, \quad M = \frac{b}{6} \{ b(2p_u + p_b) + 3(p_u + p_b)(x-a-b) \}$$

● 集中荷重

$$\bullet \quad x < a$$

$$S = 0, \quad M = 0$$

$$\bullet \quad a \leq x$$

$$S = p_e, \quad M = p_e(x-a)$$

ここに、 x : 側壁天端から照査位置までの距離 (m)

a : 側壁天端から分布荷重上端までの距離 (m)

(側壁天端から集中荷重作用位置までの距離)

b : 分布荷重の作用高さ (m)

p_u : 分布荷重の上端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_b : 分布荷重の下端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_e : 集中荷重 (kN/m)

断面1 右側壁 : $x = 1.467$ (m)

風荷重 : $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_b = 2.000$ (kN/m²)

$a+b = -1.099$ (m) $\leq x = 1.467$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{ 1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (1.467 - (-2.099) - 1.000) \} = 6.134$$

集計

$$S_{S1} = 8.473 + 2.000 = 10.473$$

$$M_{S1} = 4.063 + 6.134 = 10.197$$

断面2 右側壁 : $x = 2.000$ (m)

風荷重 : $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_b = 2.000$ (kN/m²)

$a+b = -1.099$ (m) $\leq x = 2.000$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{ 1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.000 - (-2.099) - 1.000) \} = 7.200$$

集計

$$S_{S2} = 16.541 + 2.000 = 18.541$$

$$M_{S2} = 10.559 + 7.200 = 17.759$$

断面3 右側壁： $x = 2.200$ (m)

風荷重： $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_s = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.099$ (m) $\leq x = 2.200$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000 + 2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.200 - (-2.099) - 1.000)\} = 7.600$$

集計

$$S_{S3} = 20.555 + 2.000 = 22.555$$

$$M_{S3} = 14.260 + 7.600 = 21.860$$

断面4 左側壁： $x = 1.133$ (m)

集計

$$S_{S4} = 2.748 + 0.000 = 2.748$$

$$M_{S4} = 0.698 + 0.000 = 0.698$$

断面5 左側壁： $x = 1.500$ (m)

集計

$$S_{S5} = 5.831 + 0.000 = 5.831$$

$$M_{S5} = 2.239 + 0.000 = 2.239$$

断面6 左側壁： $x = 1.700$ (m)

集計

$$S_{S6} = 8.128 + 0.000 = 8.128$$

$$M_{S6} = 3.625 + 0.000 = 3.625$$

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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 21.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 3.625 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.597 \times (3.415 - 2 \times 0.000) + (13.597 - 9.920) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.415^2) + (21.860 - 3.625) / 3.415 \\ &= -16.138 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 0.000 / 3.415 + 3.625 + 1/6 \times 0.000 \times (3.415 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.415) \times (13.597 - 9.920) - 3 \times 13.597\} \\ &= 3.625 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.597 \times (3.415 - 2 \times 0.200) + (13.597 - 9.920) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 0.200^2 / 3.415^2) + (21.860 - 3.625) / 3.415 \\ &= -13.401 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 0.200 / 3.415 + 3.625 + 1/6 \times 0.200 \times (3.415 - 0.200) \times \{(1 + 0.200 / 3.415) \times (13.597 - 9.920) - 3 \times 13.597\} \\ &= 0.672 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.597 \times (3.415 - 2 \times 1.225) + (13.597 - 9.920) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 1.225^2 / 3.415^2) + (21.860 - 3.625) / 3.415 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 1.225 / 3.415 + 3.625 + 1/6 \times 1.225 \times (3.415 - 1.225) \times \{(1 + 1.225 / 3.415) \times (13.597 - 9.920) - 3 \times 13.597\} \\ &= -6.109 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

$$\begin{aligned} S_{T10} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.597 \times (3.415 - 2 \times 3.200) + (13.597 - 9.920) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 3.200^2 / 3.415^2) + (21.860 - 3.625) / 3.415 \\ &= 22.837 \text{ (kN)} \\ M_{T10} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 3.200 / 3.415 + 3.625 + 1/6 \times 3.200 \times (3.415 - 3.200) \times \{(1 + 3.200 / 3.415) \times (13.597 - 9.920) - 3 \times 13.597\} \\ &= 17.082 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面11 底版

$$\begin{aligned} S_{T11} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 13.597 \times (3.415 - 2 \times 3.400) + (13.597 - 9.920) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.415^2) + (21.860 - 3.625) / 3.415 \\ &= 24.932 \text{ (kN)} \\ M_{T11} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (21.860 - 3.625) \times 3.400 / 3.415 + 3.625 + 1/6 \times 3.400 \times (3.415 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.415) \times (13.597 - 9.920) - 3 \times 13.597\} \\ &= 21.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

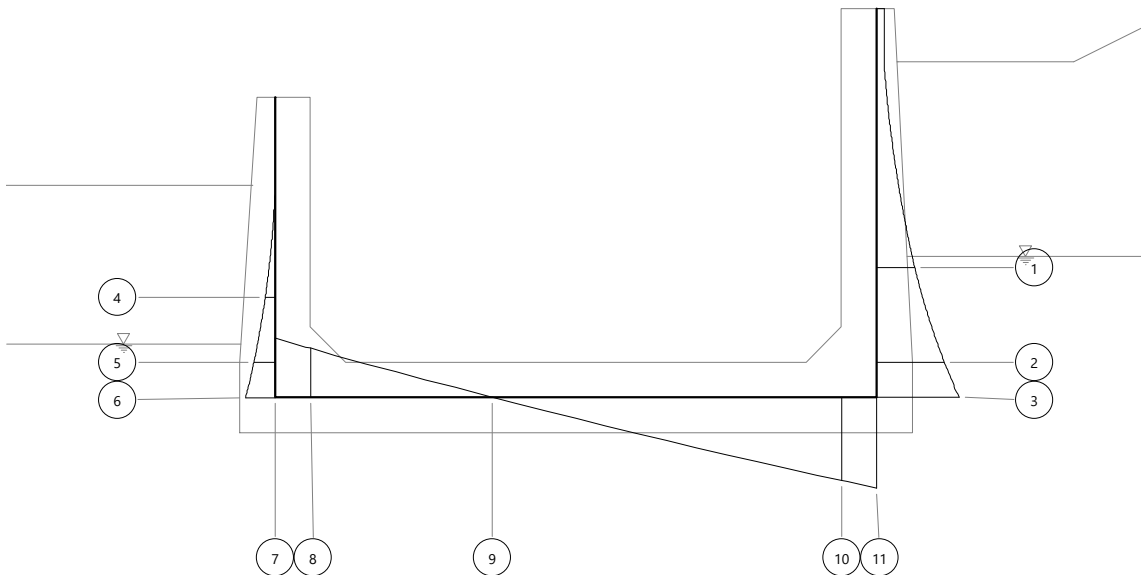
11) 断面力一覧

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	10. 473	10. 197
	2	底版の上面	2. 000	18. 541	17. 759
	3	側壁付根	2. 200	22. 555	21. 860
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	2. 748	0. 698
	5	底版の上面	1. 500	5. 831	2. 239
	6	側壁付根	1. 700	8. 128	3. 625
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	-16. 138	3. 625
	8	左側壁内面	0. 200	-13. 401	0. 672
	9	最大モーメント	1. 225	0. 000	-6. 109
	10	右側壁内面	3. 200	22. 837	17. 082
11	右側壁付け根	3. 400	24. 932	21. 860	

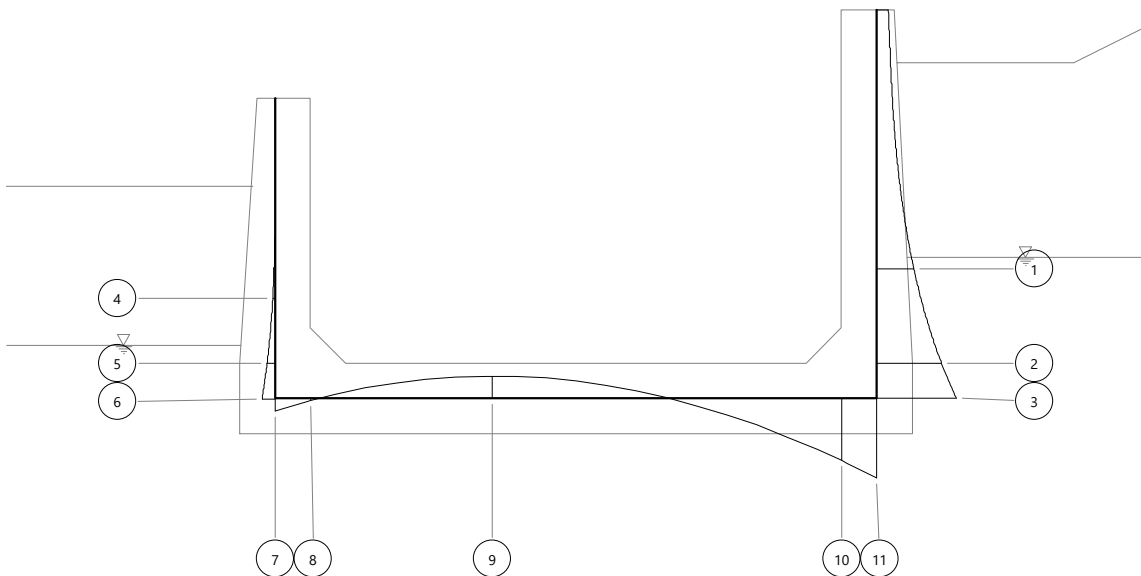
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

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



8.2 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)	S	M
	1	側壁高の1/3	1.472	1.172	—	0.457	0.457	○	○
	2	底版の上面	2.015	1.715	—	1.000	1.000	○	○
3	側壁付根	2.208	1.908	—	1.000	1.193	○	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	4	側壁高の1/3	1.139	0.639	—	0.624	0.624	○	○
	5	底版の上面	1.515	1.015	—	1.000	1.000	○	○
6	側壁付根	1.708	1.208	—	1.000	1.193	○	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		○	○	
	8	左側壁内面	0.192		3.208		○	○	
	9	最大モーメント	1.304		2.096		○	○	
	10	右側壁内面	3.223		0.177		○	○	
11	右側壁付け根	3.415		-0.015		○	○		

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

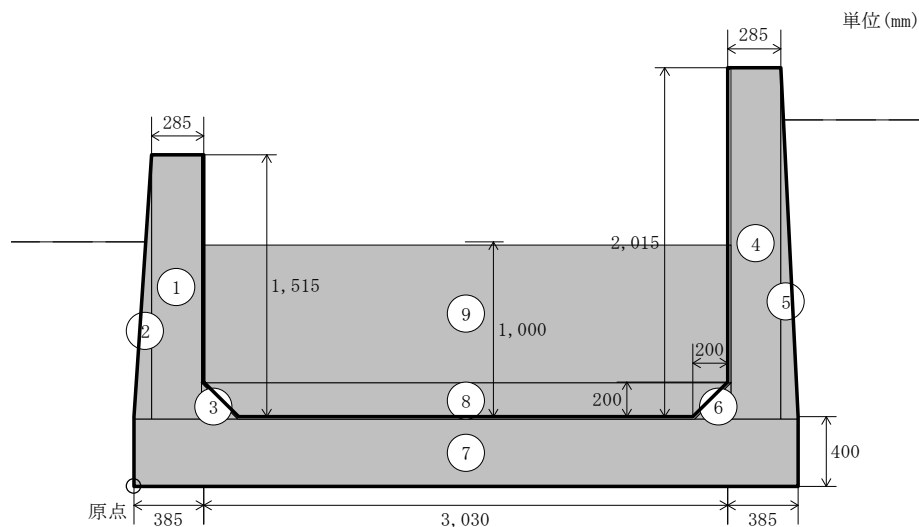
hi:影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

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

LL:左端からの距離

LR:右端からの距離

2) 自重の算出（摩耗時）



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578		0.243	1.143	2.570	
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874		0.066	0.890	0.124	
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		0.455	0.455	0.243	
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070		3.558	1.393	50.061	
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487		3.734	1.057	9.286	
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534		3.345	0.455	1.786	
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844		1.900	0.193	68.104	
8	$9.800 \times 0.209 \times (2.612 + 3.030) \div 2$	5.779	5.779		1.900	0.492	10.980	
9	$9.800 \times 3.030 \times 0.791$	23.491	23.491		1.900	0.990	44.633	
合計		95.191	95.191	0.000			187.787	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。

$$\begin{aligned} \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} + \text{No. 5} + \text{No. 6} \\ &= 10.578 + 1.874 + 0.534 + 14.070 + 2.487 + 0.534 \\ &= 30.077 \end{aligned}$$

3) 土圧および載荷重の算出

項目7.2内の“土圧および載荷重の算出”を参照

4) 水圧の算出

項目7.2内の“水圧の算出”を参照

5) 水平荷重

項目7.2内の“水平荷重”を参照

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)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	95.191		187.787		30.077
土圧および載荷重	7.317	10.354	21.360	9.919	7.317
水平荷重		2.000		8.000	
合 計	102.508	12.354	209.147	17.919	37.394

$$\begin{aligned}
 e &= 3.800 / 2 - \{209.147 - (9.919)\} / 102.508 \\
 &= -0.044 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.708m)の1/3(0.569m)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(ハンチ含む)に関する自重とする。

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、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

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。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 37.394 / 3.415 \times (1 - 6 \times -0.044 / 3.415) \\
 &= 11.796 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 37.394 / 3.415 \times (1 + 6 \times -0.044 / 3.415) \\
 &= 10.103 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

7) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.167^2 + 6.300 \times 1.167) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 0.467^2) \\
 &= 4.905 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.167^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.167^2) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/6 \times 9.800 \times 0.467^3) \\
 &= 2.593 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.700^2 + 6.300 \times 1.700) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\
 &= 6.286 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.700^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.700^2) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) \\
 &= 5.630 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= (1/2 \times 18.000 \times 1.900^2 + 6.300 \times 1.900) \times 0.318 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\
 &= 8.644 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\
 &= (1/6 \times 18.000 \times 1.900^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.900^2) \times 0.318 \times \cos 16.667 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \\
 &\quad \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} \\
 &= 7.119 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= 1/2 \times 18.000 \times 0.633^2 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/2 \times 9.800 \times 0.633^2) \\
 &= -0.819 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\
 &= 1/6 \times 18.000 \times 0.633^3 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/6 \times 9.800 \times 0.633^3) \\
 &= -0.173 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= 1/2 \times 18.000 \times 1.000^2 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\
 &= -2.045 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\
 &= 1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) \\
 &= -0.682 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\
 &= 1/2 \times 18.000 \times 1.200^2 \times 0.326 \times \cos 13.333 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\
 &= -0.789 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\
 &= 1/6 \times 18.000 \times 1.200^3 \times 0.326 \times \cos 13.333 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times \\
 &\quad 1.000)\} \\
 &= -0.969 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

8) 任意荷重による断面力計算

側壁に作用する任意荷重については、次式により照査位置ごとにせん断力および曲げモーメントを算出し、既に算出している荷重・土圧等による各断面力と合算する。

これらの式は、側壁外側から正の荷重が作用した場合に側壁外側へ引張力が生じる符号体系を採用している。

複数の任意荷重を考慮する場合は、各荷重ごとに断面力を算出し、集計する。

● 分布荷重

$$\bullet \quad x \leq a$$

$$S = 0, \quad M = 0$$

$$\bullet \quad a < x < a+b$$

$$S = p_u(x-a) - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot \frac{(x-a)^2}{2}, \quad M = \frac{1}{6} \left[3p_u(x-a)^2 - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot (x-a)^3 \right]$$

$$\bullet \quad a+b < x$$

$$S = \frac{p_u + p_b}{2} b, \quad M = \frac{b}{6} \{ b(2p_u + p_b) + 3(p_u + p_b)(x-a-b) \}$$

● 集中荷重

$$\bullet \quad x < a$$

$$S = 0, \quad M = 0$$

$$\bullet \quad a \leq x$$

$$S = p_e, \quad M = p_e(x-a)$$

ここに、 x : 側壁天端から照査位置までの距離 (m)

a : 側壁天端から分布荷重上端までの距離 (m)

(側壁天端から集中荷重作用位置までの距離)

b : 分布荷重の作用高さ (m)

p_u : 分布荷重の上端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_b : 分布荷重の下端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_e : 集中荷重 (kN/m)

断面1 右側壁 : $x = 1.467$ (m)

風荷重 : $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_b = 2.000$ (kN/m²)

$a+b = -1.099$ (m) $\leq x = 1.467$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{ 1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (1.467 - (-2.099) - 1.000) \} = 6.134$$

集計

$$S_{S1} = 4.905 + 2.000 = 6.905$$

$$M_{S1} = 2.593 + 6.134 = 8.727$$

断面2 右側壁 : $x = 2.000$ (m)

風荷重 : $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_b = 2.000$ (kN/m²)

$a+b = -1.099$ (m) $\leq x = 2.000$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{ 1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.000 - (-2.099) - 1.000) \} = 7.200$$

集計

$$S_{S2} = 6.286 + 2.000 = 8.286$$

$$M_{S2} = 5.630 + 7.200 = 12.830$$

断面3 右側壁： $x = 2.200$ (m)

風荷重： $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_s = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.099$ (m) $\leq x = 2.200$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000 + 2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.200 - (-2.099) - 1.000)\} = 7.600$$

集計

$$S_{S3} = 8.644 + 2.000 = 10.644$$

$$M_{S3} = 7.119 + 7.600 = 14.719$$

断面4 左側壁： $x = 1.133$ (m)

集計

$$S_{S4} = -0.819 + 0.000 = -0.819$$

$$M_{S4} = -0.173 + 0.000 = -0.173$$

断面5 左側壁： $x = 1.500$ (m)

集計

$$S_{S5} = -2.045 + 0.000 = -2.045$$

$$M_{S5} = -0.682 + 0.000 = -0.682$$

断面6 左側壁： $x = 1.700$ (m)

集計

$$S_{S6} = -0.789 + 0.000 = -0.789$$

$$M_{S6} = -0.969 + 0.000 = -0.969$$

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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 14.719 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = -0.969 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.103 \times (3.415 - 2 \times 0.000) + (10.103 - 11.796) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.415^2) + (14.719 - -0.969) / 3.415 \\ &= -14.034 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 0.000 / 3.415 + -0.969 + 1/6 \times 0.000 \times (3.415 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.415) \times (10.103 - 11.796) - 3 \times 10.103\} \\ &= -0.969 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.103 \times (3.415 - 2 \times 0.200) + (10.103 - 11.796) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 0.200^2 / 3.415^2) + (14.719 - -0.969) / 3.415 \\ &= -11.949 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 0.200 / 3.415 + -0.969 + 1/6 \times 0.200 \times (3.415 - 0.200) \times \{(1 + 0.200 / 3.415) \times (10.103 - 11.796) - 3 \times 10.103\} \\ &= -3.568 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.103 \times (3.415 - 2 \times 1.309) + (10.103 - 11.796) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 1.309^2 / 3.415^2) + (14.719 - -0.969) / 3.415 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 1.309 / 3.415 + -0.969 + 1/6 \times 1.309 \times (3.415 - 1.309) \times \{(1 + 1.309 / 3.415) \times (10.103 - 11.796) - 3 \times 10.103\} \\ &= -10.256 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

$$\begin{aligned} S_{T10} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.103 \times (3.415 - 2 \times 3.200) + (10.103 - 11.796) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 3.200^2 / 3.415^2) + (14.719 - -0.969) / 3.415 \\ &= 21.854 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T10} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 3.200 / 3.415 + -0.969 + 1/6 \times 3.200 \times (3.415 - 3.200) \times \{(1 + 3.200 / 3.415) \times (10.103 - 11.796) - 3 \times 10.103\} \\ &= 10.106 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面11 底版

$$\begin{aligned} S_{T11} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 10.103 \times (3.415 - 2 \times 3.400) + (10.103 - 11.796) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.415^2) + (14.719 - -0.969) / 3.415 \\ &= 24.276 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T11} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (14.719 - -0.969) \times 3.400 / 3.415 + -0.969 + 1/6 \times 3.400 \times (3.415 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.415) \times (10.103 - 11.796) - 3 \times 10.103\} \\ &= 14.719 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

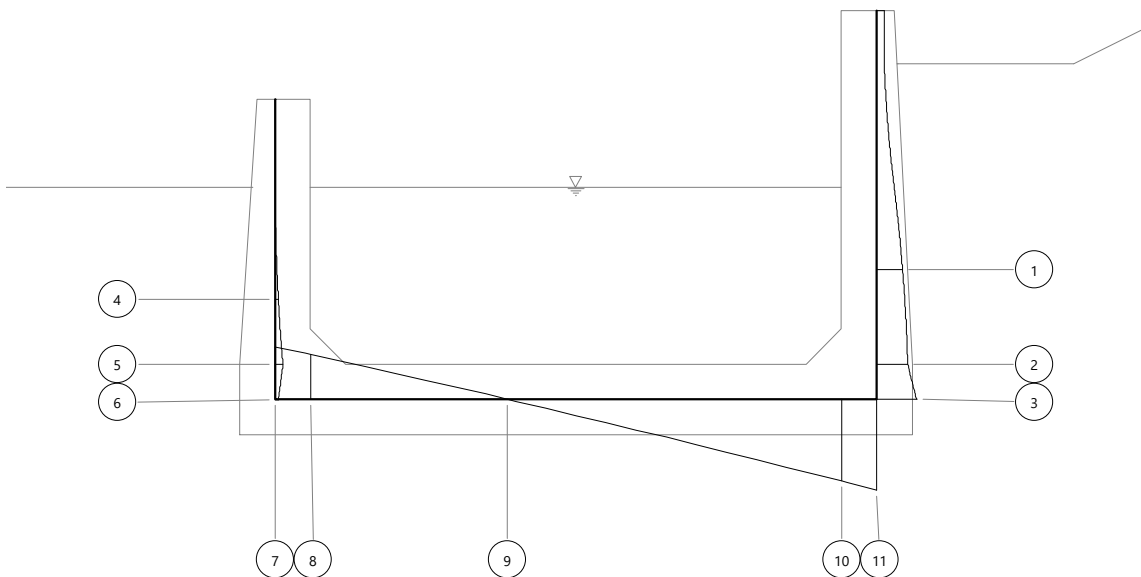
10) 断面力一覧

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	6. 905	8. 727
	2	底版の上面	2. 000	8. 286	12. 830
	3	側壁付け根	2. 200	10. 644	14. 719
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	-0. 819	-0. 173
	5	底版の上面	1. 500	-2. 045	-0. 682
	6	側壁付け根	1. 700	-0. 789	-0. 969
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	-14. 034	-0. 969
	8	左側壁内面	0. 200	-11. 949	-3. 568
	9	最大モーメント	1. 309	0. 000	-10. 256
	10	右側壁内面	3. 200	21. 854	10. 106
11	右側壁付け根	3. 400	24. 276	14. 719	

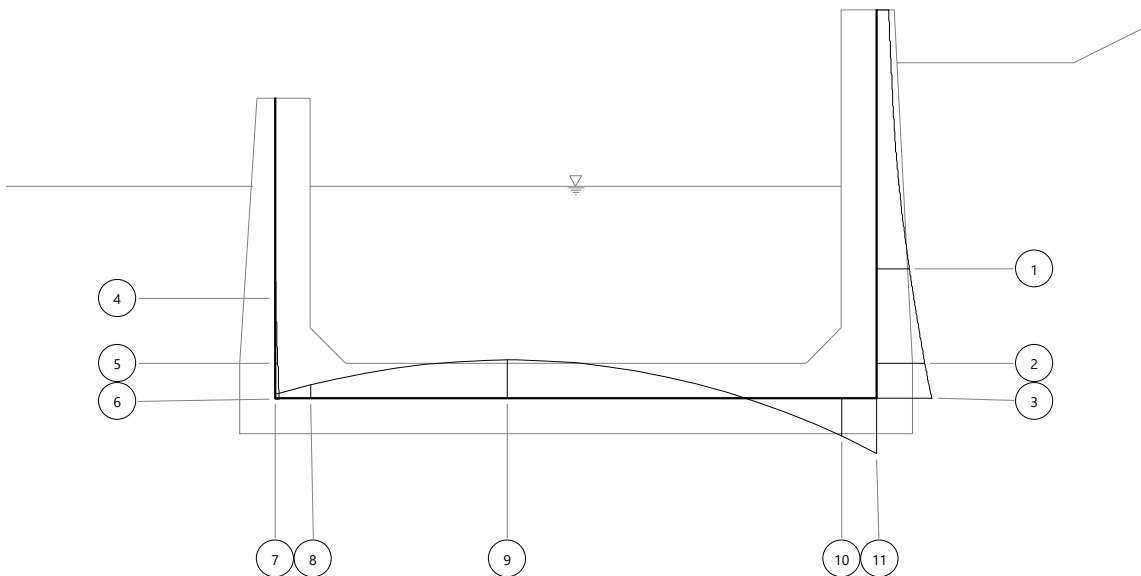
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

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



8.3 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)	S	M
	1	側壁高の1/3	1.472	1.172	0.072	—	—	○	○
	2	底版の上面	2.015	1.715	0.615	—	—	○	○
3	側壁付根	2.208	1.908	0.808	—	—	○	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	4	側壁高の1/3	1.139	0.639	—	—	—	○	○
	5	底版の上面	1.515	1.015	0.115	—	—	○	○
6	側壁付根	1.708	1.208	0.308	—	—	○	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		○	○	
	8	左側壁内面	0.192		3.208		○	○	
	9	最大モーメント	1.074		2.326		○	○	
	10	右側壁内面	3.223		0.177		○	○	
11	右側壁付け根	3.415		-0.015		○	○		

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

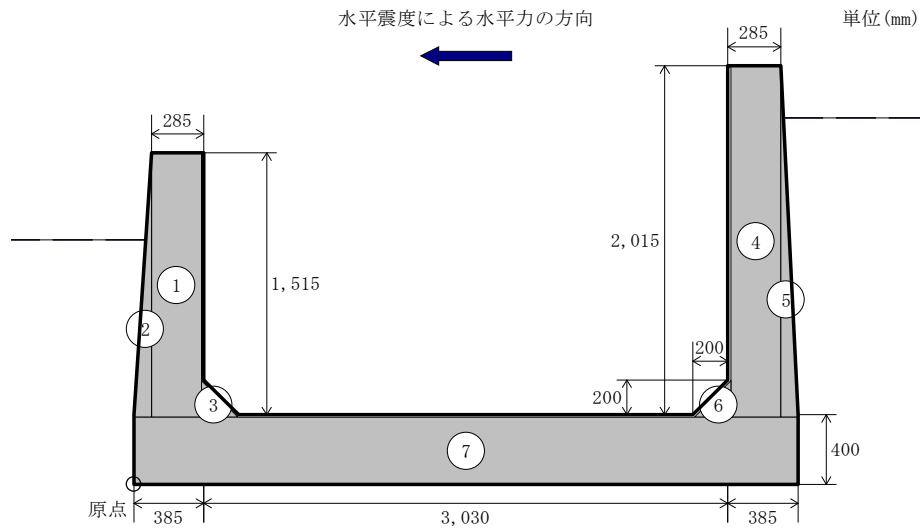
hi : 影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

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) 自重の算出（摩耗時）



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578	1.269	0.243	1.143	2.570	1.450
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874	0.225	0.066	0.890	0.124	0.200
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534	0.064	0.455	0.455	0.243	0.029
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070	1.688	3.558	1.393	50.061	2.351
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487	0.298	3.734	1.057	9.286	0.315
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534	0.064	3.345	0.455	1.786	0.029
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844	4.301	1.900	0.193	68.104	0.830
合計		65.921	65.921	7.909			132.174	5.204

「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。

$$\begin{aligned} \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} + \text{No. 5} + \text{No. 6} \\ &= 10.578 + 1.874 + 0.534 + 14.070 + 2.487 + 0.534 \\ &= 30.077 \end{aligned}$$

3) 土圧および載荷重の算出（地震時）

項目7.5内の“土圧および載荷重の算出”を参照

4) 浮力の算出

項目7.5内の“浮力の算出”を参照

5) 水圧の算出

項目7.5内の“水圧の算出”を参照

6) 水平荷重

項目7.5内の“水平荷重”を参照

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)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	65.921	7.909	132.174	5.204	30.077
土圧および載荷重	7.875	12.302	21.858	13.072	7.875
水 圧	-27.896	3.675	-58.805	1.427	
水平荷重		2.000		8.000	
合 計	45.900	25.886	95.227	27.703	37.952

$$\begin{aligned}
 e &= 3.800 / 2 - (95.227 - 19.703) / 45.900 \\
 &= 0.255 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.708m)の1/3(0.569m)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(ハンチ含む)に関する自重とする。

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、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

浮力(又は揚圧力)は、側壁及び底版自重により生じる底版反力より小さいので、底版反力のみを考慮する。

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。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 37.952 / 3.415 \times (1 - 6 \times 0.255 / 3.415) \\
 &= 6.134 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 37.952 / 3.415 \times (1 + 6 \times 0.255 / 3.415) \\
 &= 16.092 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

8) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + \\
 &\quad 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.167^2 + 6.300 \times 1.167) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - 0.100) \\
 &\quad \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.067^2 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.067^2 + 1/2 \times \\
 &\quad 4.383 \times 1.167^2 \\
 &= 11.598 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AER} \cdot \cos \\
 &\quad \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.167^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.167^2) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - \\
 &\quad 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.067^3 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.067^3 + 1/ \\
 &\quad 6 \times 4.383 \times 1.167^3 \\
 &= 5.126 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + \\
 &\quad 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.700^2 + 6.300 \times 1.700) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - 0.100) \\
 &\quad \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.600^2 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.600^2 + 1/2 \times \\
 &\quad 4.383 \times 1.700^2 \\
 &= 23.602 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AER} \cdot \cos \\
 &\quad \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.700^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.700^2) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - \\
 &\quad 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.600^3 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.600^3 + 1/ \\
 &\quad 6 \times 4.383 \times 1.700^3 \\
 &= 14.270 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + \\
 &\quad 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.900^2 + 6.300 \times 1.900) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - 0.100) \\
 &\quad \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.800^2 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.800^2 + 1/2 \times \\
 &\quad 4.383 \times 1.900^2 \\
 &= 29.473 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AER} \cdot \cos \\
 &\quad \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.900^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.900^2) \times 0.493 \times \cos 12.500 + (1 - \\
 &\quad 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.800^3 \times 0.493 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.800^3 + 1/ \\
 &\quad 6 \times 4.383 \times 1.900^3 \\
 &= 19.565 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 0.633^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/2 \times 10.988 \times 0.633^2 \\
 &= 4.174 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 0.633^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/6 \times 10.988 \times 0.633^3 \\
 &= 0.881 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 1.000^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + (1 - 0.100) \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.100^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.100^2 + 1/2 \times 10.988 \times 1.000^2 \\
 &= 10.441 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + (1 - 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.100^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.100^3 + 1/6 \times 10.988 \times 1.000^3 \\
 &= 3.474 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 1.200^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + (1 - 0.100) \times 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times 0.300^2 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 + 1/2 \times 10.988 \times 1.200^2 \\
 &= 15.213 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 1.200^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + (1 - 0.100) \times 1/6 \times (10.000 - 18.000) \times 0.300^3 \times 0.593 \times \cos 10.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.300^3 + 1/6 \times 10.988 \times 1.200^3 \\
 &= 6.021 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

9) 任意荷重による断面力計算

側壁に作用する任意荷重については、次式により照査位置ごとにせん断力および曲げモーメントを算出し、既に算出している荷重・土圧等による各断面力と合算する。

これらの式は、側壁外側から正の荷重が作用した場合に側壁外側へ引張力が生じる符号体系を採用している。

複数の任意荷重を考慮する場合は、各荷重ごとに断面力を算出し、集計する。

● 分布荷重

• $x \leq a$

$$S = 0, \quad M = 0$$

• $a < x < a+b$

$$S = p_u(x-a) - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot \frac{(x-a)^2}{2}, \quad M = \frac{1}{6} \left[3p_u(x-a)^2 - \frac{p_u - p_b}{b} \cdot (x-a)^3 \right]$$

• $a+b < x$

$$S = \frac{p_u + p_b}{2} b, \quad M = \frac{b}{6} \{ b(2p_u + p_b) + 3(p_u + p_b)(x-a-b) \}$$

● 集中荷重

• $x < a$

$$S = 0, \quad M = 0$$

• $a \leq x$

$$S = p_e, \quad M = p_e(x-a)$$

ここに、 x : 側壁天端から照査位置までの距離 (m)

a : 側壁天端から分布荷重上端までの距離 (m)

(側壁天端から集中荷重作用位置までの距離)

b : 分布荷重の作用高さ (m)

p_u : 分布荷重の上端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_b : 分布荷重の下端に作用する荷重強度 (kN/m²)

p_e : 集中荷重 (kN/m)

断面1 右側壁 : $x = 1.467$ (m)

風荷重 : $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_s = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.099$ (m) $\leq x = 1.467$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (1.467 - (-2.099) - 1.000)\} = 6.134$$

集計

$$S_{S1} = 11.598 + 2.000 = 13.598$$

$$M_{S1} = 5.126 + 6.134 = 11.260$$

断面2 右側壁 : $x = 2.000$ (m)

風荷重 : $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_s = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.099$ (m) $\leq x = 2.000$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.000 - (-2.099) - 1.000)\} = 7.200$$

集計

$$S_{S2} = 23.602 + 2.000 = 25.602$$

$$M_{S2} = 14.270 + 7.200 = 21.470$$

断面3 右側壁 : $x = 2.200$ (m)

風荷重 : $a = -2.099$ (m)、 $b = 1.000$ (m)、 $p_u = 2.000$ (kN/m²)、 $p_s = 2.000$ (kN/m²)

$a + b = -1.099$ (m) $\leq x = 2.200$ (m) のため

$$S_{S11} = \frac{2.000+2.000}{2} \times 1.000 = 2.000$$

$$M_{S11} = \frac{1.000}{6} \times \{1.000 \times (2 \times 2.000 + 2.000) + 3 \times (2.000 + 2.000) \times (2.200 - (-2.099) - 1.000)\} = 7.600$$

集計

$$S_{S3} = 29.473 + 2.000 = 31.473$$

$$M_{S3} = 19.565 + 7.600 = 27.165$$

断面4 左側壁 : $x = 1.133$ (m)

集計

$$S_{S4} = 4.174 + 0.000 = 4.174$$

$$M_{S4} = 0.881 + 0.000 = 0.881$$

断面5 左側壁 : $x = 1.500$ (m)

集計

$$S_{S5} = 10.441 + 0.000 = 10.441$$

$$M_{S5} = 3.474 + 0.000 = 3.474$$

断面6 左側壁 : $x = 1.700$ (m)

集計

$$S_{S6} = 15.213 + 0.000 = 15.213$$

$$M_{S6} = 6.021 + 0.000 = 6.021$$

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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 27.165 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 6.021 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.092 \times (3.415 - 2 \times 0.000) + (16.092 - 6.134) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.415^2) + (27.165 - 6.021) / 3.415 \\ &= -15.982 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 0.000 / 3.415 + 6.021 + 1/6 \times 0.000 \times (3.415 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.415) \times (16.092 - 6.134) - 3 \times 16.092\} \\ &= 6.021 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.092 \times (3.415 - 2 \times 0.200) + (16.092 - 6.134) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 0.200^2 / 3.415^2) + (27.165 - 6.021) / 3.415 \\ &= -12.777 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 0.200 / 3.415 + 6.021 + 1/6 \times 0.200 \times (3.415 - 0.200) \times \{(1 + 0.200 / 3.415) \times (16.092 - 6.134) - 3 \times 16.092\} \\ &= 3.147 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.092 \times (3.415 - 2 \times 1.083) + (16.092 - 6.134) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 1.083^2 / 3.415^2) + (27.165 - 6.021) / 3.415 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 1.083 / 3.415 + 6.021 + 1/6 \times 1.083 \times (3.415 - 1.083) \times \{(1 + 1.083 / 3.415) \times (16.092 - 6.134) - 3 \times 16.092\} \\ &= -2.328 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

$$\begin{aligned} S_{T10} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.092 \times (3.415 - 2 \times 3.200) + (16.092 - 6.134) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 3.200^2 / 3.415^2) + (27.165 - 6.021) / 3.415 \\ &= 21.519 \text{ (kN)} \\ M_{T10} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 3.200 / 3.415 + 6.021 + 1/6 \times 3.200 \times (3.415 - 3.200) \times \{(1 + 3.200 / 3.415) \times (16.092 - 6.134) - 3 \times 16.092\} \\ &= 22.722 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面11 底版

$$\begin{aligned} S_{T11} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 16.092 \times (3.415 - 2 \times 3.400) + (16.092 - 6.134) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.415^2) + (27.165 - 6.021) / 3.415 \\ &= 22.887 \text{ (kN)} \\ M_{T11} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (27.165 - 6.021) \times 3.400 / 3.415 + 6.021 + 1/6 \times 3.400 \times (3.415 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.415) \times (16.092 - 6.134) - 3 \times 16.092\} \\ &= 27.165 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

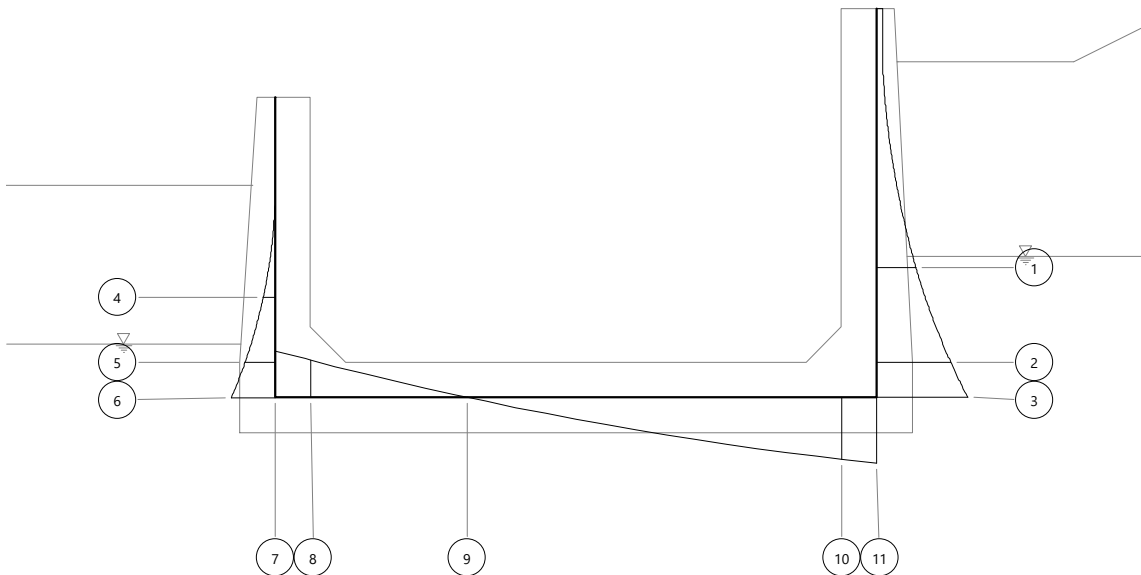
11) 断面力一覧

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	13. 598	11. 260
	2	底版の上面	2. 000	25. 602	21. 470
	3	側壁付根	2. 200	31. 473	27. 165
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	4. 174	0. 881
	5	底版の上面	1. 500	10. 441	3. 474
	6	側壁付根	1. 700	15. 213	6. 021
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	-15. 982	6. 021
	8	左側壁内面	0. 200	-12. 777	3. 147
	9	最大モーメント	1. 083	0. 000	-2. 328
	10	右側壁内面	3. 200	21. 519	22. 722
11	右側壁付け根	3. 400	22. 887	27. 165	

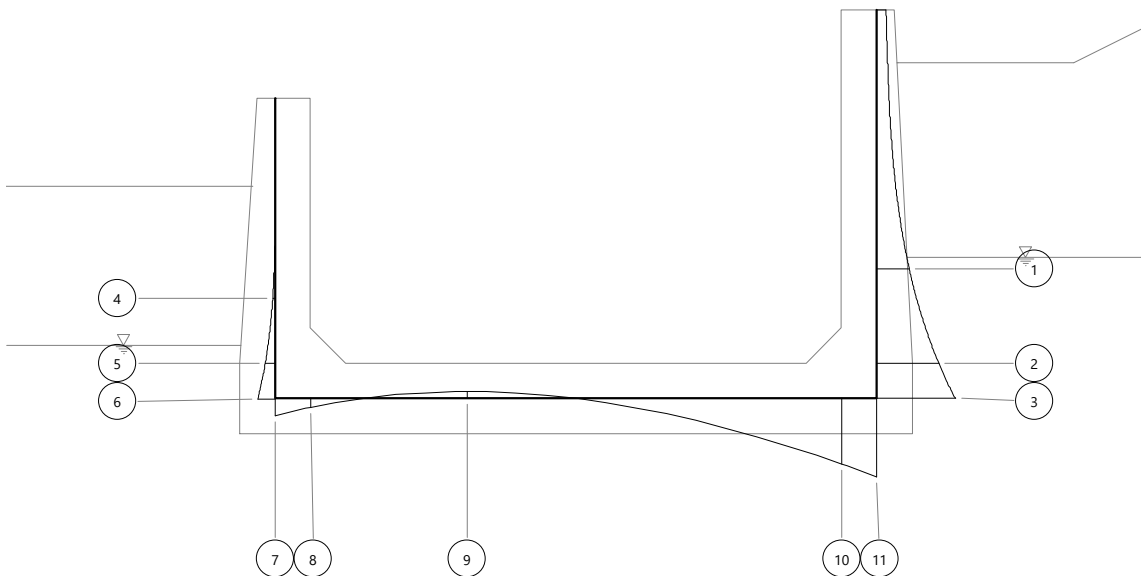
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

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



8.4 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)	S	M
	1	側壁高の1/3	1.472	1.172	—	0.457	0.457	○	○
	2	底版の上面	2.015	1.715	—	1.000	1.000	○	○
3	側壁付根	2.208	1.908	—	1.000	1.193	○	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	4	側壁高の1/3	1.139	0.639	—	0.624	0.624	○	○
	5	底版の上面	1.515	1.015	—	1.000	1.000	○	○
6	側壁付根	1.708	1.208	—	1.000	1.193	○	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		○	○	
	8	左側壁内面	0.192		3.208		○	○	
	9	最大モーメント	1.452		1.948		○	○	
	10	右側壁内面	3.223		0.177		○	○	
11	右側壁付け根	3.415		-0.015		○	○		

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

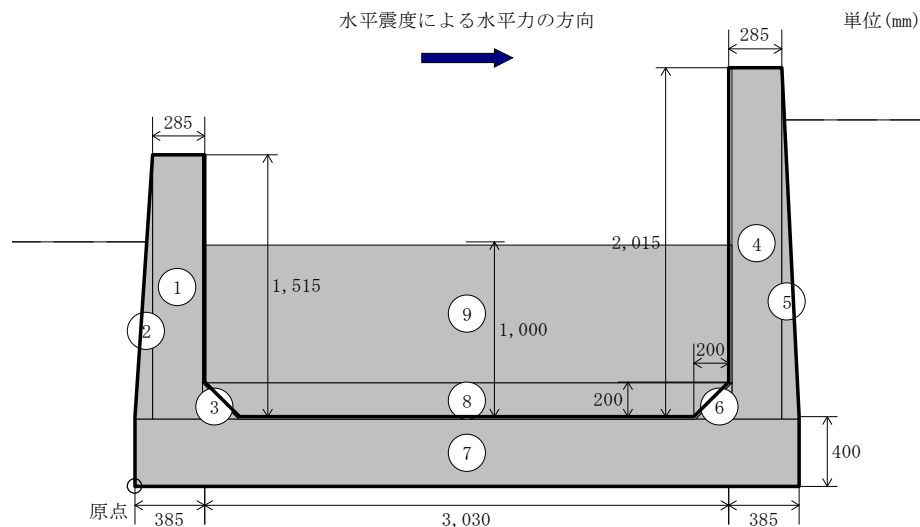
hi:影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

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

LL:左端からの距離

LR:右端からの距離

2) 自重の算出（摩耗時）



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.285 \times 1.515$	10.578	10.578	-1.269	0.243	1.143	2.570	-1.450
2	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 1.515) \div 2$	1.874	1.874	-0.225	0.066	0.890	0.124	-0.200
3	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534	-0.064	0.455	0.455	0.243	-0.029
4	$24.500 \times 0.285 \times 2.015$	14.070	14.070	-1.688	3.558	1.393	50.061	-2.351
5	$24.500 \times 0.100 \times (0.015 + 2.015) \div 2$	2.487	2.487	-0.298	3.734	1.057	9.286	-0.315
6	$24.500 \times 0.209 \times 0.209 \div 2$	0.534	0.534	-0.064	3.345	0.455	1.786	-0.029
7	$24.500 \times 3.800 \times 0.385$	35.844	35.844	-4.301	1.900	0.193	68.104	-0.830
8	$9.800 \times 0.209 \times (2.612 + 3.030) \div 2$	5.779	5.779		1.900	0.492	10.980	
9	$9.800 \times 3.030 \times 0.791$	23.491	23.491		1.900	0.990	44.633	
合計		95.191	95.191	-7.909			187.787	-5.204

「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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} + \text{No. 5} + \text{No. 6} \\
 &= 10.578 + 1.874 + 0.534 + 14.070 + 2.487 + 0.534 \\
 &= 30.077
 \end{aligned}$$

3) 土圧および載荷重の算出（地震時）

項目7.6内の“土圧および載荷重の算出”を参照

4) 水圧の算出

項目7.6内の“水圧の算出”を参照

5) 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)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	95.191	-7.909	187.787	-5.204	30.077
土圧および載荷重	6.859	12.565	19.950	11.993	6.859
水 圧		-1.372		-1.078	
合 計	102.050	3.284	207.737	5.711	36.936

$$\begin{aligned}
 e &= 3.800 / 2 - (207.737 - 5.711) / 102.050 \\
 &= -0.080 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.708m)の1/3(0.569m)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(ハンチ含む)に関する自重とする。

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、クーロン土圧公式による場合は、壁面に対する土圧の鉛直成分も考慮する。

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。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 36.936 / 3.415 \times (1 - 6 \times -0.080 / 3.415) \\
 &= 12.336 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 36.936 / 3.415 \times (1 + 6 \times -0.080 / 3.415) \\
 &= 9.296 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

6) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S1} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.167^2 + 6.300 \times 1.167) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \\
 &\quad \times 0.467^2) + 1/2 \times 4.383 \times 1.167^2 \\
 &= 9.188 \text{ (kN)} \\
 M_{S1} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.167^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.167^2) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/6 \\
 &\quad \times 9.800 \times 0.467^3) + 1/6 \times 4.383 \times 1.167^3 \\
 &= 4.347 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S2} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.700^2 + 6.300 \times 1.700) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \\
 &\quad \times 1.000^2) + 1/2 \times 4.383 \times 1.700^2 \\
 &= 15.077 \text{ (kN)} \\
 M_{S2} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.700^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.700^2) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/6 \\
 &\quad \times 9.800 \times 1.000^3) + 1/6 \times 4.383 \times 1.700^3 \\
 &= 10.796 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S3} &= (1-K_v) \cdot (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/2 \times 18.000 \times 1.900^2 + 6.300 \times 1.900) \times 0.416 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \\
 &\quad \times 1.000^2) + 1/2 \times 4.383 \times 1.900^2 \\
 &= 19.538 \text{ (kN)} \\
 M_{S3} &= (1-K_v) \cdot (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AER} \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2(3h_a - 2h_i)\} + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times (1/6 \times 18.000 \times 1.900^3 + 1/2 \times 6.300 \times 1.900^2) \times 0.416 \times \cos 12.500 - \{1/6 \\
 &\quad \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} + 1/6 \times 4.383 \times 1.900^3 \\
 &= 14.250 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S4} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 0.633^2 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.633^2) + 1/2 \times \\
 &\quad 10.988 \times 0.633^2 \\
 &= 1.671 \text{ (kN)} \\
 M_{S4} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 0.633^3 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/6 \times 9.800 \times 0.633^3) + 1/6 \times \\
 &\quad 10.988 \times 0.633^3 \\
 &= 0.353 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 1.000^2 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times \\
 &\quad 10.988 \times 1.000^2 \\
 &= 4.169 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\
 &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) + 1/6 \times \\
 &\quad 10.988 \times 1.000^3 \\
 &= 1.390 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S6} &= (1-K_v) \cdot 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\ &= (1 - 0.100) \times 1/2 \times 18.000 \times 1.200^2 \times 0.424 \times \cos 10.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times \\ &\quad 10.988 \times 1.200^2 \\ &= 8.159 \text{ (kN)} \\ M_{S6} &= (1-K_v) \cdot 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AEL} \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\ &= (1 - 0.100) \times 1/6 \times 18.000 \times 1.200^3 \times 0.424 \times \cos 10.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1. \\ &\quad 200 - 2 \times 1.000)\} + 1/6 \times 10.988 \times 1.200^3 \\ &= 2.610 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

7) 地震時動水圧の算出

7-1 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

7-2 右側壁内側

$$\begin{aligned}
 h_t &= H_R - H_w = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ (m)} \\
 h_b &= H_R = 2.000 \text{ (m)} \\
 h_w &= h_b - h_t = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ (m)} \\
 P_{ew} &= 7/12 \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^2 = 7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2 = 0.686 \text{ (kN)} \\
 y &= h_b - 2/5 \cdot h_w = 2.000 - 2/5 \times 1.000 = 1.600 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

7-3 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

7-4 左側壁内側

$$\begin{aligned}
 h_t &= H_L - H_w = 1.500 - 1.000 = 0.500 \text{ (m)} \\
 h_b &= H_L = 1.500 \text{ (m)} \\
 h_w &= h_b - h_t = 1.500 - 0.500 = 1.000 \text{ (m)} \\
 P_{ew} &= 7/12 \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^2 = 7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^2 = 0.686 \text{ (kN)} \\
 y &= h_b - 2/5 \cdot h_w = 1.500 - 2/5 \times 1.000 = 1.100 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

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	0.686
左	外側	—	—	—	—
	内側	0.500	1.500	1.000	0.686

8) 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。

8-1 右側壁内側

断面1 $h_t < h < h_b$ のため

$$\begin{aligned}
 P_{ei} &= 7/12 K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^{0.5} (h - h_t)^{1.5} = 7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^{0.5} \times (1.467 - 1.000)^{1.5} \\
 &= 0.219 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

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

断面2 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.686 \text{ (kN)}$$

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

断面3 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.686 \text{ (kN)}$$

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

8-2 左側壁内側

断面4 $h_t < h < h_b$ のため

$$P_{ei} = 7/12 K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^{0.5} (h - h_t)^{1.5} = 7/12 \times 0.120 \times 9.800 \times 1.000^{0.5} \times (1.133 - 0.500)^{1.5} = 0.345 \text{ (kN)}$$

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

断面5 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.686 \text{ (kN)}$$

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

断面6 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.686 \text{ (kN)}$$

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

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	—	0.219	—	0.187	0.219	0.041	9.188	4.347	9.407	4.388
2	底版の上面	2.000	—	0.686	—	0.400	0.686	0.274	15.077	10.796	15.763	11.070	
3	側壁付根	2.200	—	0.686	—	0.600	0.686	0.412	19.538	14.250	20.224	14.662	
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	—	0.345	—	0.253	0.345	0.087	1.671	0.353	2.016	0.440
5	底版の上面	1.500	—	0.686	—	0.400	0.686	0.274	4.169	1.390	4.855	1.664	
6	側壁付根	1.700	—	0.686	—	0.600	0.686	0.412	8.159	2.610	8.845	3.022	

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 ≪ 「(6) 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 ≪ 「(6) 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。

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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} - 2 \times 0.412 = 14.662 - 2 \times 0.412 = 13.838 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

上記式中の「 2×0.412 」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 0.412 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

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 3.022 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.296 \times (3.415 - 2 \times 0.000) + (9.296 - 12.336) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.415^2) + (13.838 - 3.022) / 3.415 \\ &= -14.821 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 0.000 / 3.415 + 3.022 + 1/6 \times 0.000 \times (3.415 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.415) \times (9.296 - 12.336) - 3 \times 9.296\} \\ &= 3.022 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.296 \times (3.415 - 2 \times 0.200) + (9.296 - 12.336) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 0.200^2 / 3.415^2) + (13.838 - 3.022) / 3.415 \\ &= -12.901 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 0.200 / 3.415 + 3.022 + 1/6 \times 0.200 \times (3.415 - 0.200) \times \{(1 + 0.200 / 3.415) \times (9.296 - 12.336) - 3 \times 9.296\} \\ &= 0.249 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.296 \times (3.415 - 2 \times 1.453) + (9.296 - 12.336) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 1.453^2 / 3.415^2) + (13.838 - 3.022) / 3.415 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 1.453 / 3.415 + 3.022 + 1/6 \times 1.453 \times (3.415 - 1.453) \times \{(1 + 1.453 / 3.415) \times (9.296 - 12.336) - 3 \times 9.296\} \\ &= -7.992 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

$$\begin{aligned} S_{T10} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.296 \times (3.415 - 2 \times 3.200) + (9.296 - 12.336) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 3.200^2 / 3.415^2) + (13.838 - 3.022) / 3.415 \\ &= 20.498 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T10} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 3.200 / 3.415 + 3.022 + 1/6 \times 3.200 \times (3.415 - 3.200) \times \{(1 + 3.200 / 3.415) \times (9.296 - 12.336) - 3 \times 9.296\} \\ &= 9.486 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面11 底版

$$\begin{aligned} S_{T11} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 9.296 \times (3.415 - 2 \times 3.400) + (9.296 - 12.336) \times 3.415 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.415^2) + (13.838 - 3.022) / 3.415 \\ &= 23.032 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T11} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (13.838 - 3.022) \times 3.400 / 3.415 + 3.022 + 1/6 \times 3.400 \times (3.415 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.415) \times (9.296 - 12.336) - 3 \times 9.296\} \\ &= 13.838 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

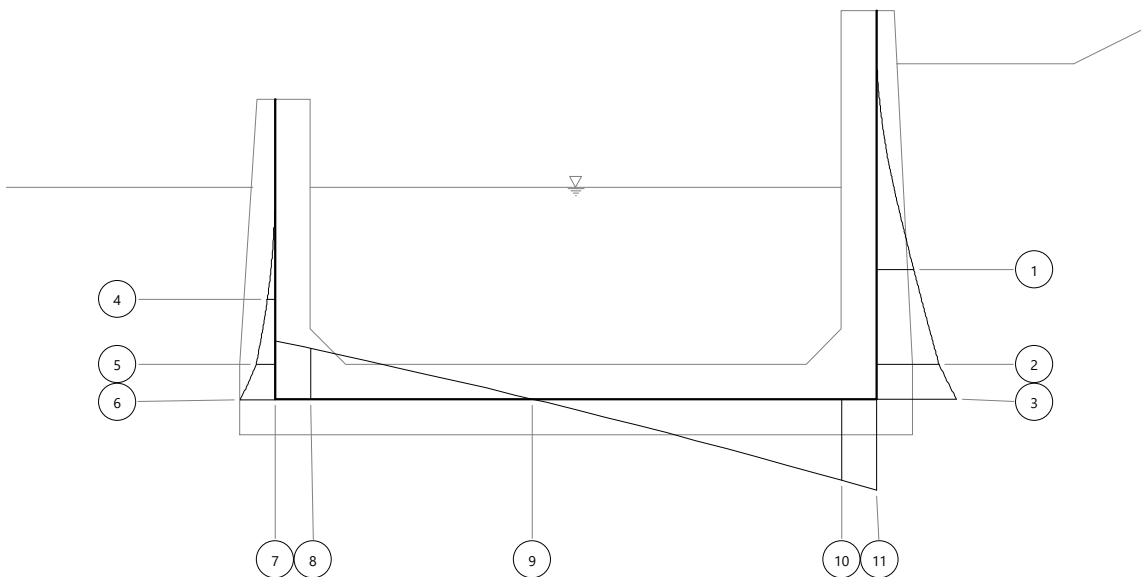
10) 断面力一覧

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	9. 407	4. 388
	2	底版の上面	2. 000	15. 763	11. 070
	3	側壁付け根	2. 200	20. 224	14. 662
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	2. 016	0. 440
	5	底版の上面	1. 500	4. 855	1. 664
	6	側壁付け根	1. 700	8. 845	3. 022
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	-14. 821	3. 022
	8	左側壁内面	0. 200	-12. 901	0. 249
	9	最大モーメント	1. 453	0. 000	-7. 992
	10	右側壁内面	3. 200	20. 498	9. 486
11	右側壁付け根	3. 400	23. 032	13. 838	

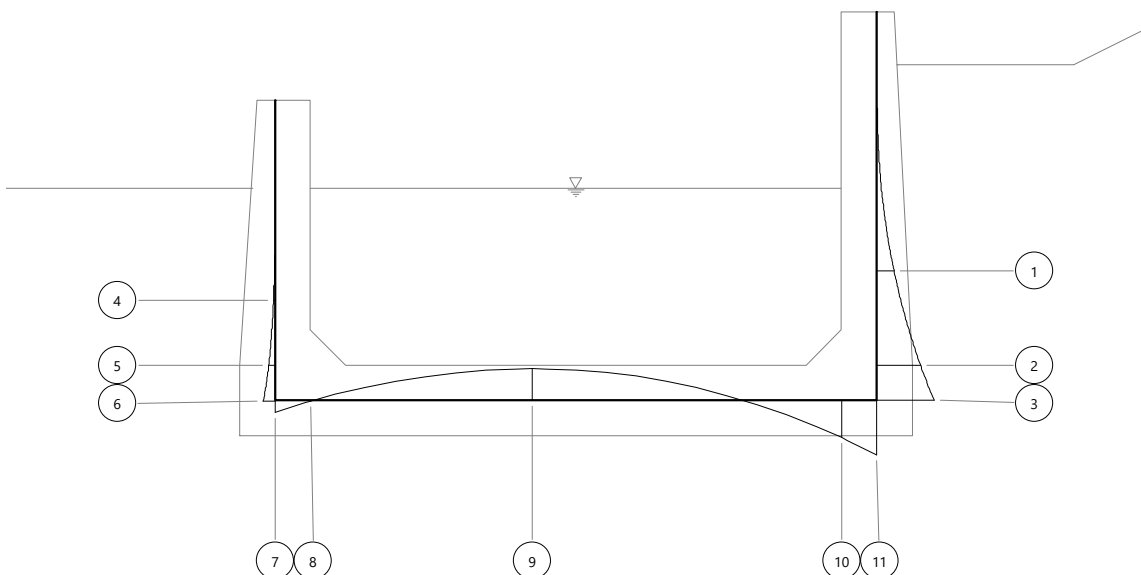
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

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



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)
T₁ : 側壁天端の水平幅 (mm)
T₂ : 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	1,467	373
2	2,000	400
3	2,200	400

- ・左側壁部材厚一覧表

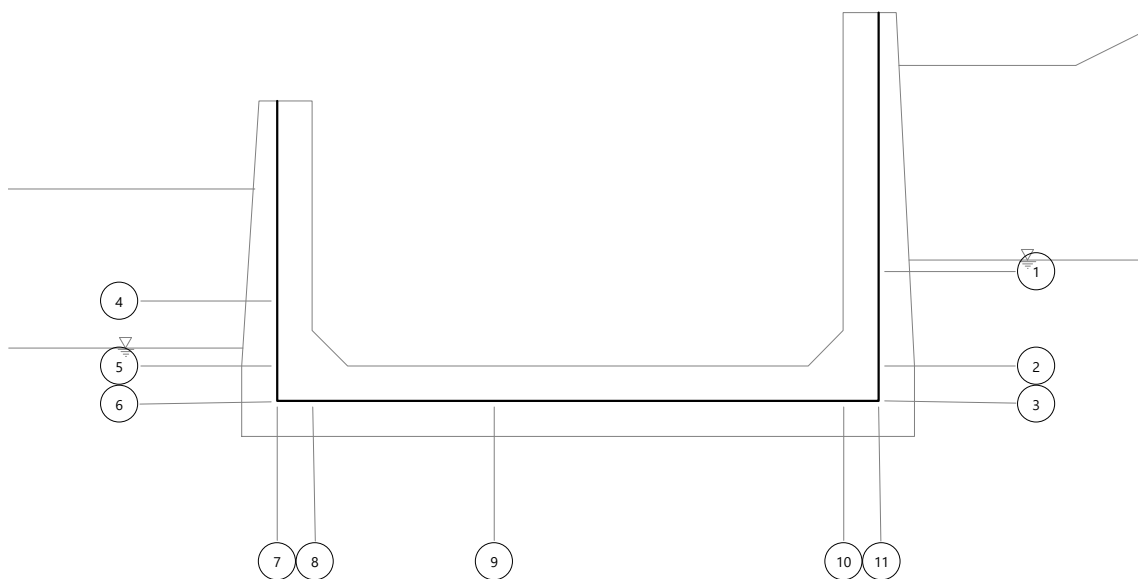
No	照査位置 h (mm)	部材厚 W (mm)
1	1,133	376
2	1,500	400
3	1,700	400

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)

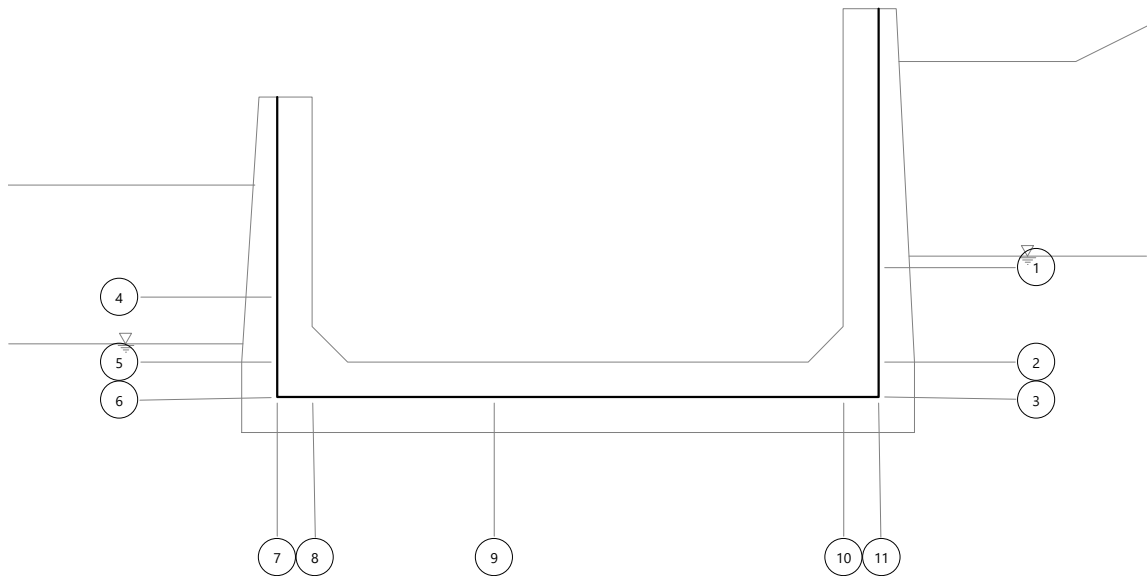
1) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	右側壁			左側壁		
			1	2	3	4	5	6
検討位置 H (m)			1.467	2.000	2.200	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		10.197	17.759	21.860	0.698	2.239	3.625
	せん断力 S (kN)		10.473	18.541	22.555	2.748	5.831	8.128
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		373	400	400	376	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	外側	外側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		303	330	330	306	330	330
	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
	引張鉄筋比 p		0.00262	0.00241	0.00241	0.00259	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.24380	0.23516	0.23516	0.24259	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.91873	0.92161	0.92161	0.91914	0.92161	0.92161
	係数 L _c		—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		73.87	77.60	77.60	74.23	77.60	77.60
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	9.000	0.992	1.505	1.852	0.067	0.190	0.307
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	46.134	73.542	90.525	3.126	9.272	15.012
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.038	0.061	0.074	0.010	0.019	0.027
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.600	0.188	0.305	0.371	0.049	0.096	0.134
判 定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算			単鉄筋計算		



2) 応力度計算表(鉄筋)

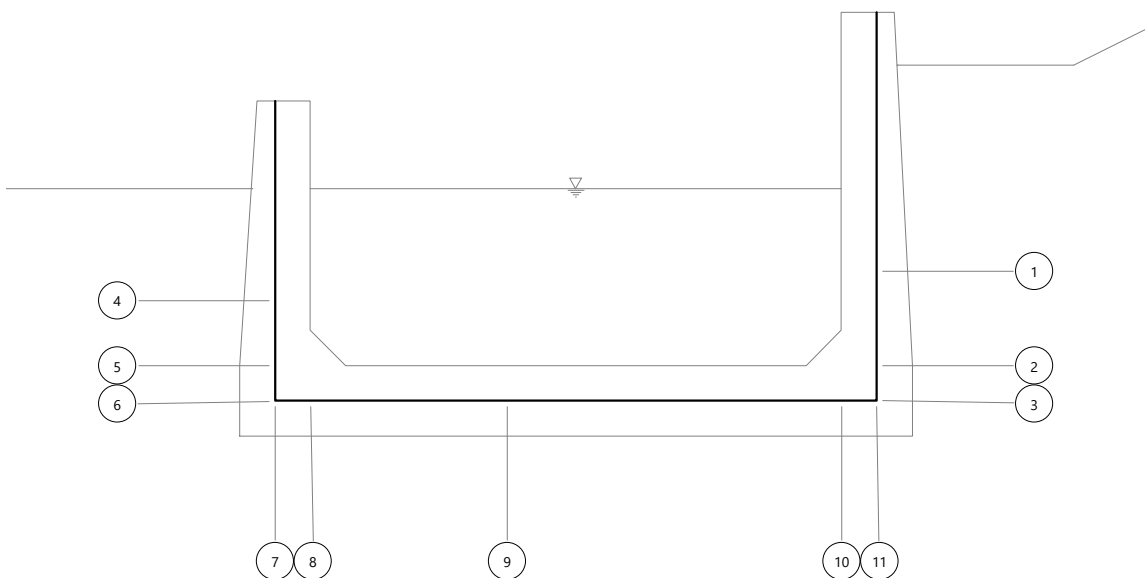
		許容値	底 版				
			7	8	9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	0.200	1.225	3.200	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		3.625	0.672	-6.109	17.082	21.860
	せん断力 S (kN)		-16.138	-13.401	0.000	22.837	24.932
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		——	——	——	——	——
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		——	——	——	——	——
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		——	——	——	——	——
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		330	330	330	330	330
	圧縮側かぶり d' (mm)		——	——	——	——	——
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00241	0.00241	0.00241	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		——	——	——	——	——
	中立軸比 k		0.23516	0.23516	0.23516	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.92161	0.92161	0.92161	0.92161	0.92161
	係数 L _c		——	——	——	——	——
	中立軸の位置 χ (mm)		77.60	77.60	77.60	77.60	77.60
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	9.000	0.307	0.057	0.518	1.448	1.852
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	15.012	2.783	25.298	70.739	90.525
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	——	——	——	——	——
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.053	0.044	0.000	0.075	0.082
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.600	0.265	0.220	0.000	0.375	0.410
判 定			OK	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）

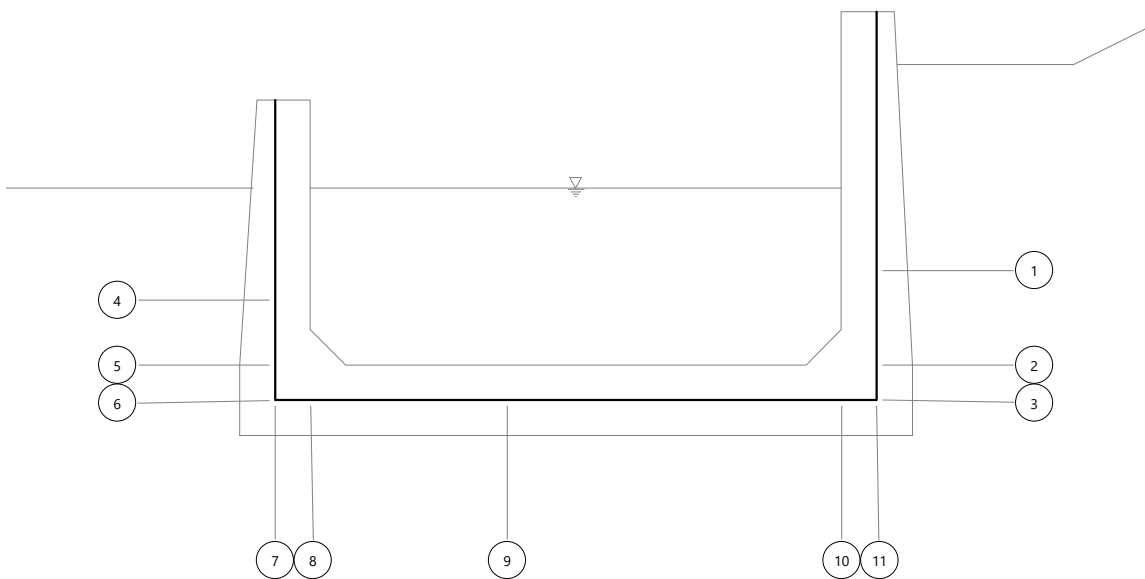
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁			左側壁		
			1	2	3	4	5	6
検討位置 H (m)			1.467	2.000	2.200	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		8.727	12.830	14.719	-0.173	-0.682	-0.969
	せん断力 S (kN)		6.905	8.286	10.644	-0.819	-2.045	-0.789
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		373	400	400	376	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	外側	内側	内側	内側
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		794	794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		303	330	330	306	330	330
	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
	引張鉄筋比 p		0.00262	0.00241	0.00241	0.00259	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.24380	0.23516	0.23516	0.24259	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.91873	0.92161	0.92161	0.91914	0.92161	0.92161
	係数 L_c		—	—	—	—	—	—
計算結果	中立軸の位置 χ (mm)		73.87	77.60	77.60	74.23	77.60	77.60
	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	9.000	0.849	1.087	1.247	0.017	0.058	0.082
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	39.483	53.131	60.953	0.775	2.824	4.013
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.025	0.027	0.035	0.003	0.007	0.003
付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.600	0.124	0.136	0.175	0.015	0.034	0.013	
判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
計算式			単鉄筋計算			単鉄筋計算		



2) 応力度計算表(鉄筋)

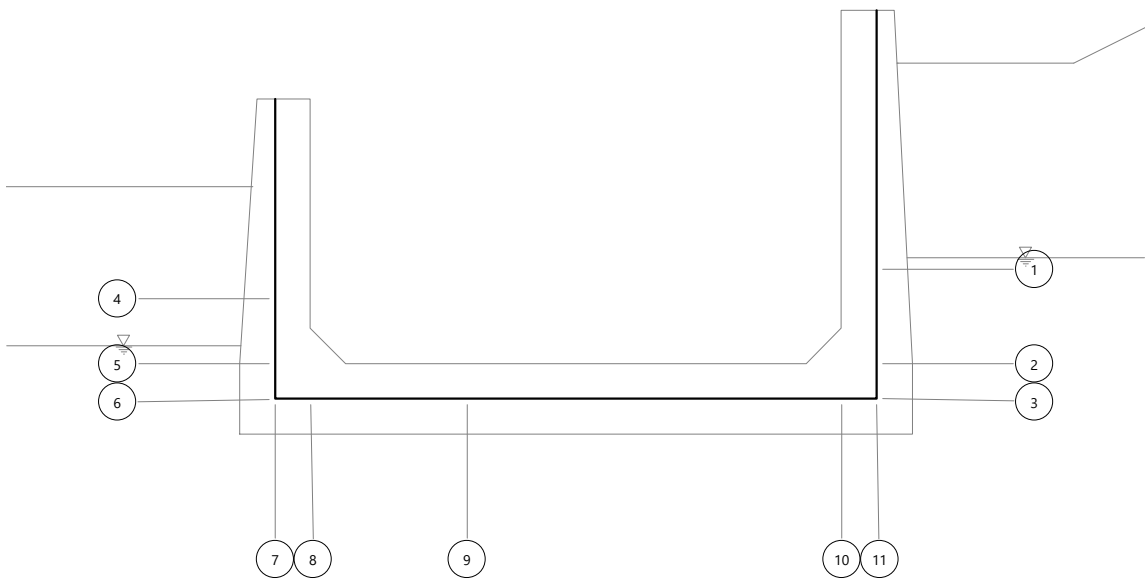
		許容値	底 版				
			7	8	9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	0.200	1.309	3.200	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		-0.969	-3.568	-10.256	10.106	14.719
	せん断力 S (kN)		-14.034	-11.949	0.000	21.854	24.276
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			内側	内側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		330	330	330	330	330
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00241	0.00241	0.00241	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.23516	0.23516	0.23516	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.92161	0.92161	0.92161	0.92161	0.92161
	係数 L_c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		77.60	77.60	77.60	77.60	77.60
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	9.000	0.082	0.302	0.869	0.856	1.247
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	4.013	14.776	42.471	41.850	60.953
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.046	0.039	0.000	0.072	0.080
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.600	0.231	0.196	0.000	0.359	0.399
判 定			OK	OK	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）

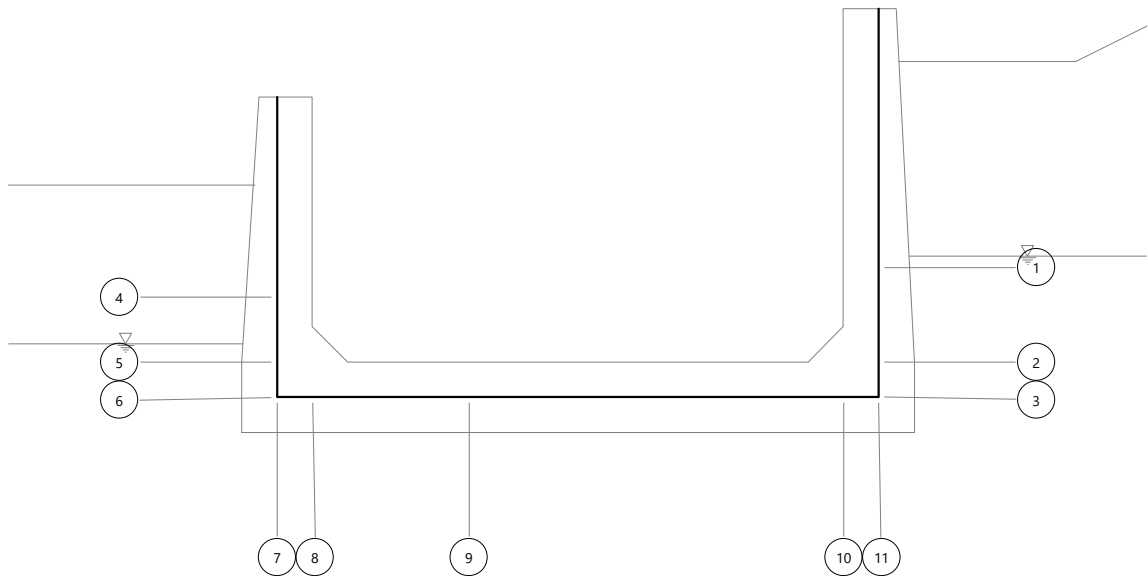
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁			左側壁		
			1	2	3	4	5	6
検討位置 H (m)			1.467	2.000	2.200	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		11.260	21.470	27.165	0.881	3.474	6.021
	せん断力 S (kN)		13.598	25.602	31.473	4.174	10.441	15.213
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		373	400	400	376	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	外側	外側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		303	330	330	306	330	330
	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
	引張鉄筋比 p		0.00262	0.00241	0.00241	0.00259	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.24380	0.23516	0.23516	0.24259	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.91873	0.92161	0.92161	0.91914	0.92161	0.92161
	係数 L _c		—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		73.87	77.60	77.60	74.23	77.60	77.60
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	13.500	1.095	1.819	2.302	0.084	0.294	0.510
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	264.000	50.943	88.910	112.494	3.945	14.386	24.934
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.049	0.084	0.103	0.015	0.034	0.050
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	2.400	0.244	0.421	0.517	0.074	0.172	0.250
判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
計算式			単鉄筋計算			単鉄筋計算		



2) 応力度計算表(鉄筋)

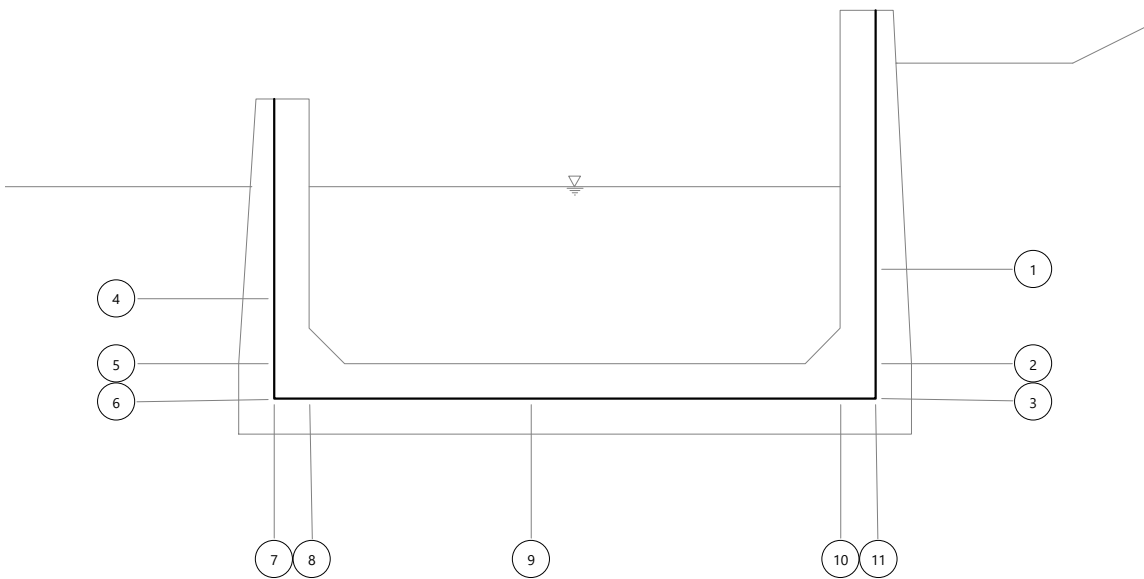
		許容値	底 版				
			7	8	9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	0.200	1.083	3.200	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		6.021	3.147	-2.328	22.722	27.165
	せん断力 S (kN)		-15.982	-12.777	0.000	21.519	22.887
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		330	330	330	330	330
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00241	0.00241	0.00241	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.23516	0.23516	0.23516	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.92161	0.92161	0.92161	0.92161	0.92161
	係数 L_c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		77.60	77.60	77.60	77.60	77.60
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	13.500	0.510	0.267	0.197	1.925	2.302
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	264.000	24.934	13.032	9.641	94.095	112.494
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.053	0.042	0.000	0.071	0.075
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	2.400	0.263	0.210	0.000	0.354	0.376
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			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）

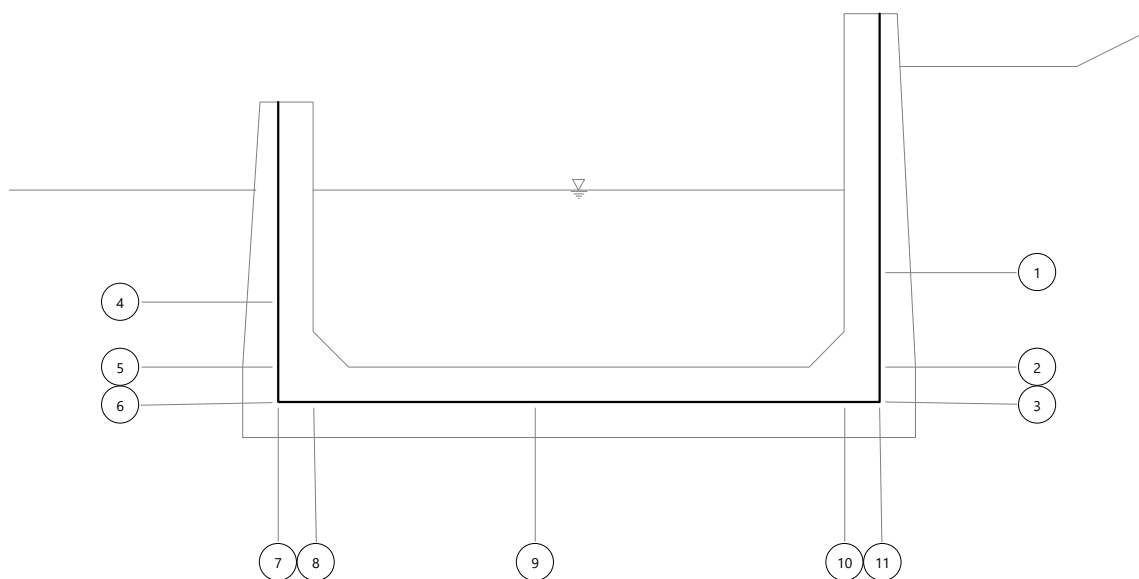
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁			左側壁		
			1	2	3	4	5	6
検討位置 H (m)			1.467	2.000	2.200	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		4.388	11.070	14.662	0.440	1.664	3.022
	せん断力 S (kN)		9.407	15.763	20.224	2.016	4.855	8.845
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		373	400	400	376	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	外側	外側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		303	330	330	306	330	330
	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
	引張鉄筋比 p		0.00262	0.00241	0.00241	0.00259	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.24380	0.23516	0.23516	0.24259	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.91873	0.92161	0.92161	0.91914	0.92161	0.92161
	係数 L _c		—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		73.87	77.60	77.60	74.23	77.60	77.60
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	13.500	0.427	0.938	1.242	0.042	0.141	0.256
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	264.000	19.853	45.842	60.717	1.970	6.891	12.514
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.034	0.052	0.066	0.007	0.016	0.029
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	2.400	0.169	0.259	0.332	0.036	0.080	0.145
判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
計算式			単鉄筋計算			単鉄筋計算		

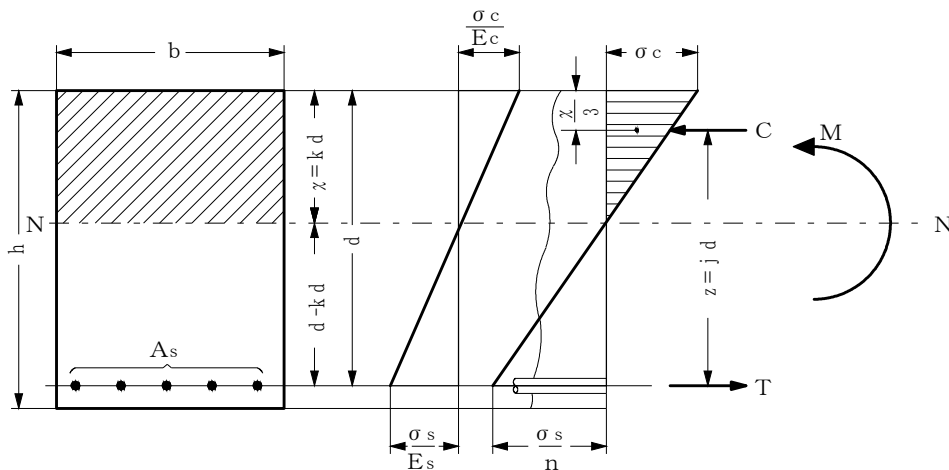


2) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	底 版				
			7	8	9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	0.200	1.453	3.200	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		3.022	0.249	-7.992	9.486	13.838
	せん断力 S (kN)		-14.821	-12.901	0.000	20.498	23.032
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		330	330	330	330	330
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00241	0.00241	0.00241	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.23516	0.23516	0.23516	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.92161	0.92161	0.92161	0.92161	0.92161
	係数 L _c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		77.60	77.60	77.60	77.60	77.60
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	13.500	0.256	0.021	0.677	0.804	1.173
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	264.000	12.514	1.031	33.096	39.283	57.305
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.049	0.042	0.000	0.067	0.076
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	2.400	0.244	0.212	0.000	0.337	0.379
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				



単鉄筋の算定式



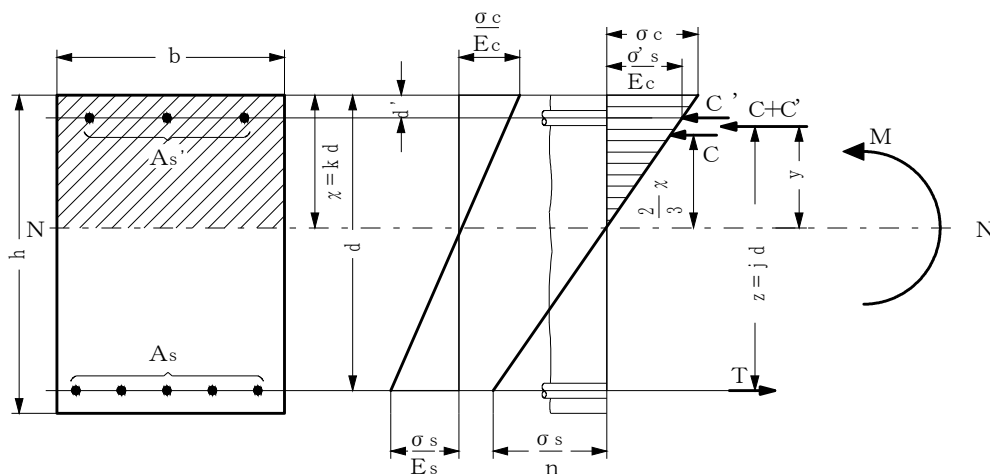
$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

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

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

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

複鉄筋の算定式



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

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

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

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

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

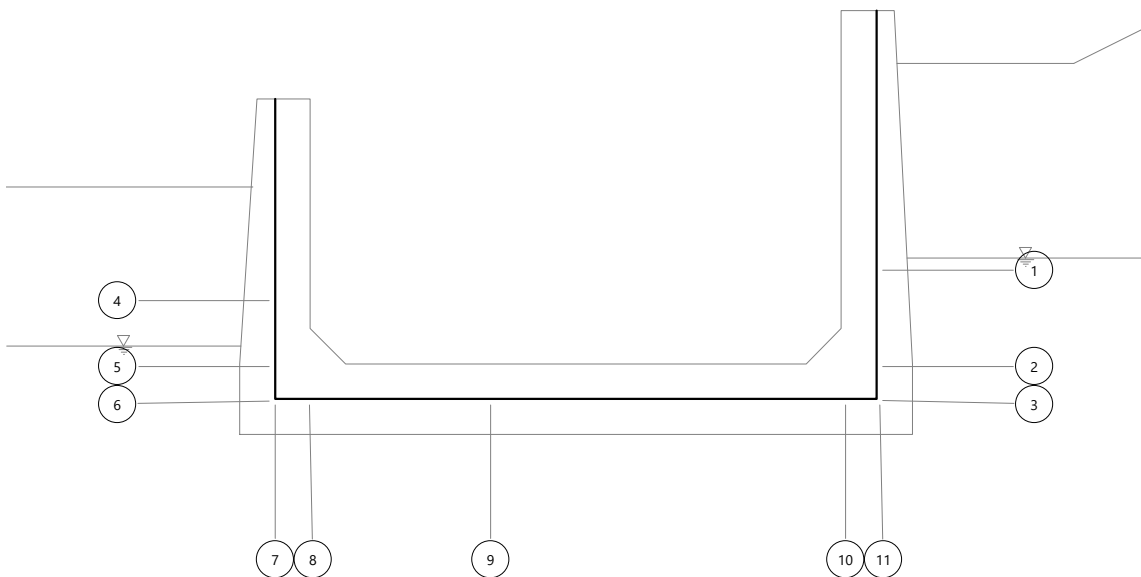
$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \quad \tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d} \quad \tau_0 = \frac{S}{U \cdot j \cdot d} \quad \sigma_{s'} = n \cdot \sigma_c \left(1 - \frac{d'}{k \cdot d} \right)$$

11 応力度計算(鉄筋) (摩耗考慮)

11.1 荷重組み合わせパターン (常時: ケース1)

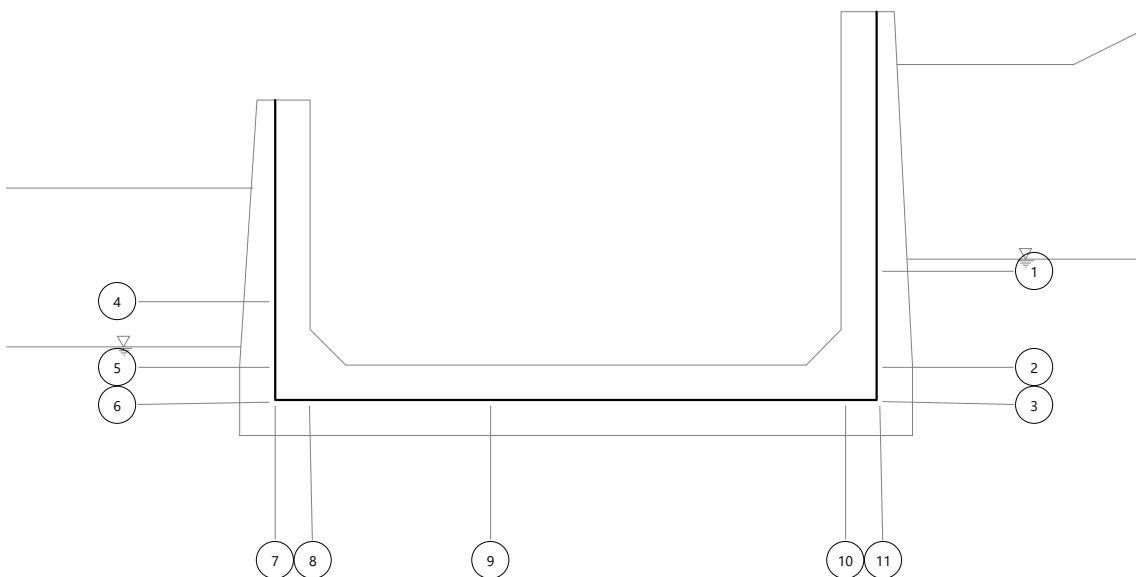
1) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	右側壁			左側壁		
			1	2	3	4	5	6
検討位置 H (m)			1.472	2.015	2.208	1.139	1.515	1.708
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		10.248	18.038	22.040	0.714	2.327	3.691
	せん断力 S (kN)		10.531	18.824	22.727	2.790	5.985	8.231
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		359	385	385	361	385	385
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	外側	外側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		289	315	315	291	315	315
	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
	引張鉄筋比 p		0.00275	0.00252	0.00252	0.00273	0.00252	0.00252
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.24893	0.23974	0.23974	0.24815	0.23974	0.23974
	応力軸比 j		0.91702	0.92009	0.92009	0.91728	0.92009	0.92009
	係数 L _c		—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		71.94	75.52	75.52	72.21	75.52	75.52
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	9.000	1.075	1.648	2.014	0.074	0.213	0.337
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	48.701	78.384	95.775	3.369	10.112	16.039
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.040	0.065	0.078	0.010	0.021	0.028
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.600	0.199	0.325	0.392	0.052	0.103	0.142
判 定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算			単鉄筋計算		



2) 応力度計算表(鉄筋)

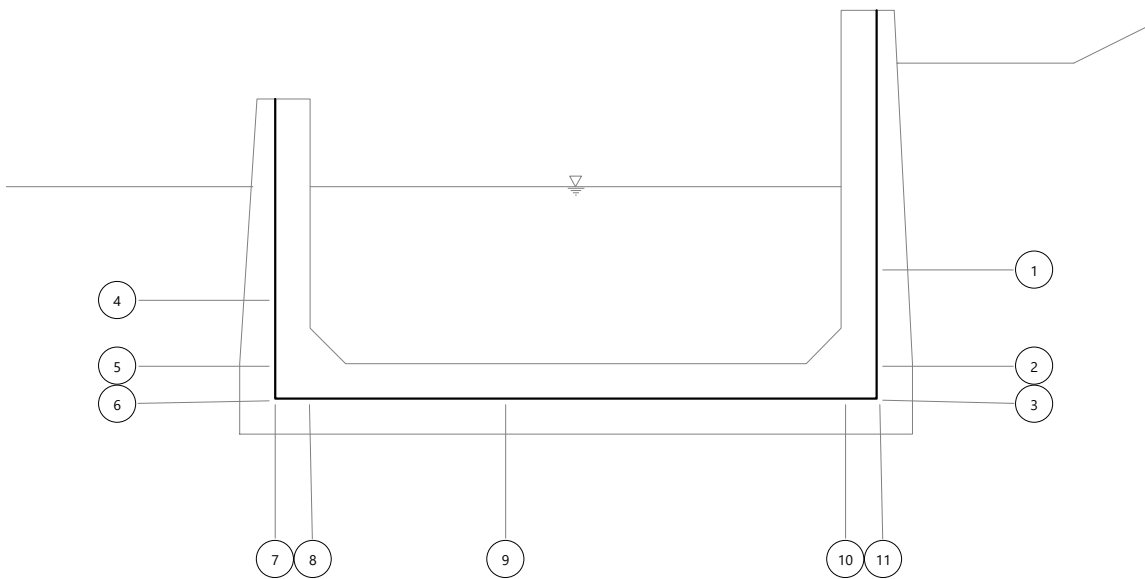
		許容値	底 版				
			7	8	9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	0.192	1.217	3.223	3.415
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		3.691	0.910	-5.732	17.527	22.040
	せん断力 S (kN)		-15.751	-13.154	0.000	22.475	24.404
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		385	385	385	385	385
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	55	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		315	315	330	315	315
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00252	0.00252	0.00241	0.00252	0.00252
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.23974	0.23974	0.23516	0.23974	0.23974
	応力軸比 j		0.92009	0.92009	0.92161	0.92009	0.92009
	係数 L _c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		75.52	75.52	77.60	75.52	75.52
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	9.000	0.337	0.083	0.486	1.602	2.014
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	16.039	3.954	23.737	76.163	95.775
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.054	0.045	0.000	0.078	0.084
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.600	0.272	0.227	0.000	0.388	0.421
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				



11.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケース3）

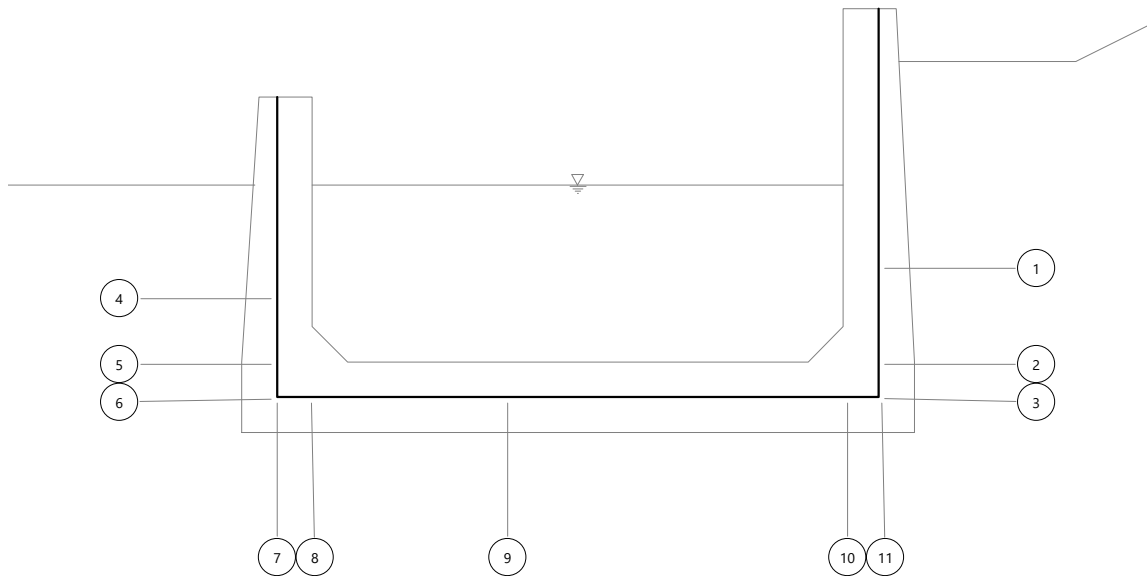
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁			左側壁		
			1	2	3	4	5	6
検討位置 H (m)			1.472	2.015	2.208	1.139	1.515	1.708
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		8.776	13.028	14.878	-0.149	-0.638	-0.901
	せん断力 S (kN)		6.992	8.456	10.743	-0.742	-1.959	-0.734
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		359	385	385	361	385	385
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	55	55	55
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	外側	内側	内側	内側
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		794	794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		289	315	315	306	330	330
	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
	引張鉄筋比 p		0.00275	0.00252	0.00252	0.00259	0.00241	0.00241
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.24893	0.23974	0.23974	0.24259	0.23516	0.23516
	応力軸比 j		0.91702	0.92009	0.92009	0.91914	0.92161	0.92161
	係数 L_c		—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		71.94	75.52	75.52	74.23	77.60	77.60
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	9.000	0.921	1.190	1.360	0.014	0.054	0.076
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	41.706	56.613	64.652	0.667	2.642	3.731
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.026	0.029	0.037	0.003	0.006	0.002
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.600	0.132	0.146	0.185	0.013	0.032	0.012
判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
計算式			単鉄筋計算			単鉄筋計算		



2) 応力度計算表(鉄筋)

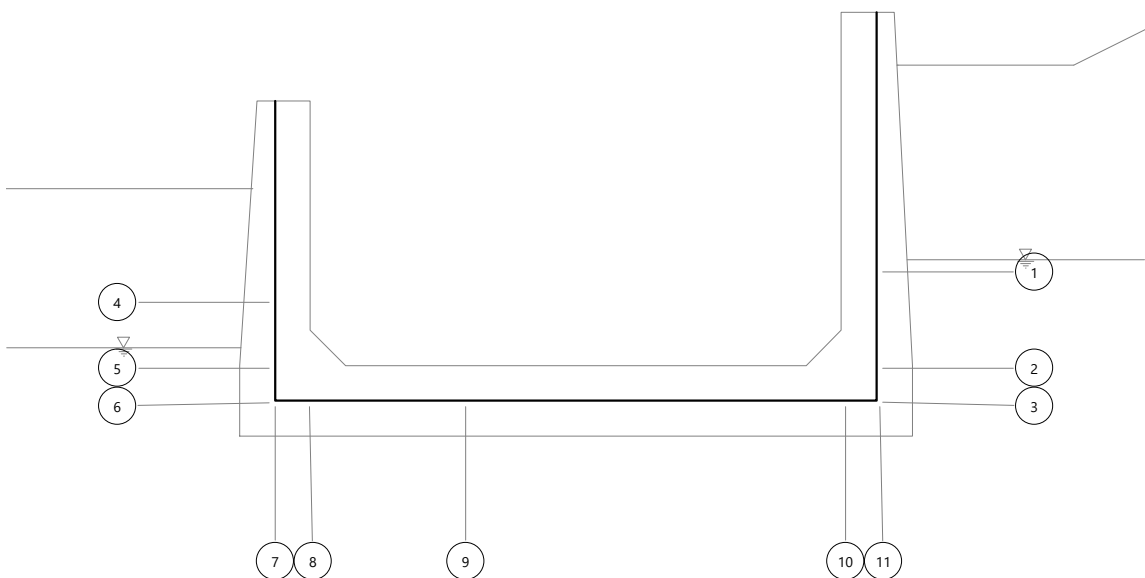
		許容値	底 版				
			7	8	9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	0.192	1.304	3.223	3.415
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		-0.901	-3.330	-9.855	10.515	14.878
	せん断力 S (kN)		-13.594	-11.640	0.000	21.537	23.799
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		385	385	385	385	385
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		55	55	55	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			内側	内側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		330	330	330	315	315
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00241	0.00241	0.00241	0.00252	0.00252
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.23516	0.23516	0.23516	0.23974	0.23974
	応力軸比 j		0.92161	0.92161	0.92161	0.92009	0.92009
	係数 L _c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		77.60	77.60	77.60	75.52	75.52
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	9.000	0.076	0.282	0.835	0.961	1.360
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	3.731	13.790	40.811	45.693	64.652
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.045	0.038	0.000	0.074	0.082
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.600	0.223	0.191	0.000	0.372	0.411
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				



11.3 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース1）

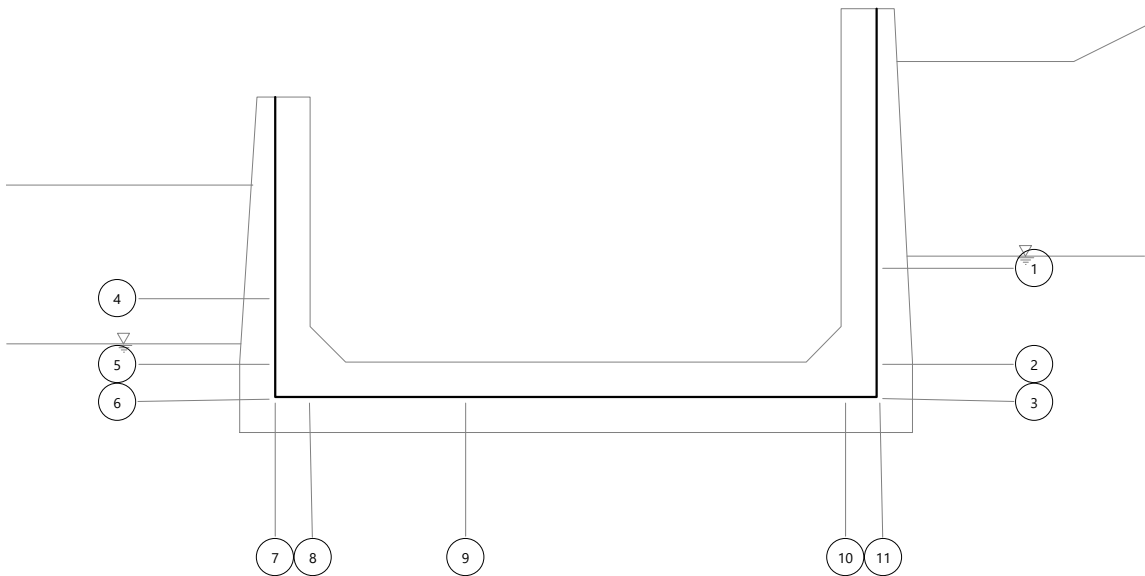
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁			左側壁		
			1	2	3	4	5	6
検討位置 H (m)			1.472	2.015	2.208	1.139	1.515	1.708
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		11.286	21.728	27.240	0.889	3.565	6.030
	せん断力 S (kN)		13.580	25.791	31.446	4.174	10.564	15.143
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		359	385	385	361	385	385
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	外側	外側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		289	315	315	291	315	315
	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
	引張鉄筋比 p		0.00275	0.00252	0.00252	0.00273	0.00252	0.00252
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.24893	0.23974	0.23974	0.24815	0.23974	0.23974
	応力軸比 j		0.91702	0.92009	0.92009	0.91728	0.92009	0.92009
	係数 L _c		—	—	—	—	—	—
計算結果	中立軸の位置 χ (mm)		71.94	75.52	75.52	72.21	75.52	75.52
	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	13.500	1.184	1.985	2.489	0.092	0.326	0.551
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	264.000	53.634	94.419	118.371	4.195	15.492	26.203
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.051	0.089	0.108	0.016	0.036	0.052
付着応力度 τ_o (N/mm ²)	2.400	0.256	0.445	0.542	0.078	0.182	0.261	
判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
計算式			単鉄筋計算			単鉄筋計算		



2) 応力度計算表(鉄筋)

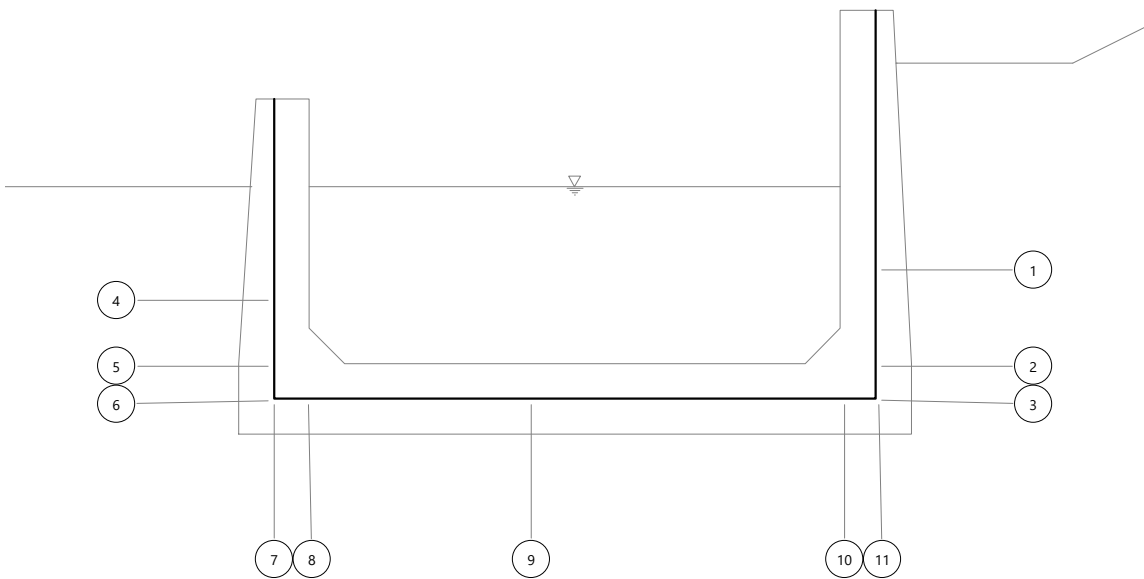
		許容値	底 版				
			7	8	9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	0.192	1.074	3.223	3.415
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		6.030	3.322	-2.044	23.054	27.240
	せん断力 S (kN)		-15.598	-12.555	0.000	21.118	22.352
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		385	385	385	385	385
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	55	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		315	315	330	315	315
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00252	0.00252	0.00241	0.00252	0.00252
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.23974	0.23974	0.23516	0.23974	0.23974
	応力軸比 j		0.92009	0.92009	0.92161	0.92009	0.92009
	係数 L _c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		75.52	75.52	77.60	75.52	75.52
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	13.500	0.551	0.304	0.173	2.107	2.489
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	264.000	26.203	14.436	8.464	100.181	118.371
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.054	0.043	0.000	0.073	0.077
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	2.400	0.269	0.217	0.000	0.364	0.386
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				



11.4 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース3）

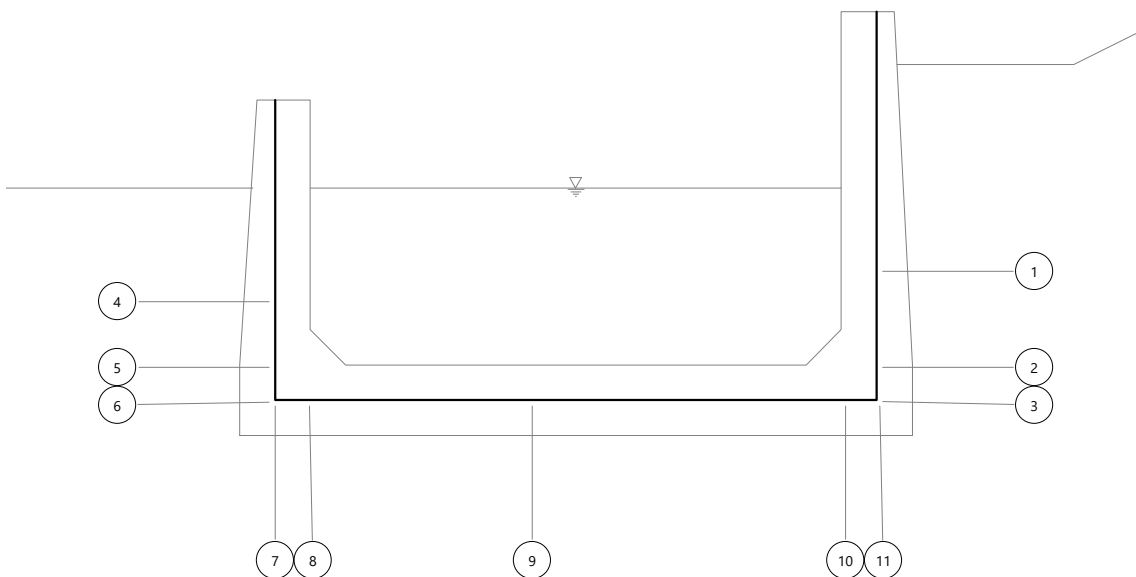
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁			左側壁		
			1	2	3	4	5	6
検討位置 H (m)			1.472	2.015	2.208	1.139	1.515	1.708
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		4.409	11.255	14.720	0.465	1.746	3.053
	せん断力 S (kN)		9.426	15.857	20.134	2.066	4.930	8.739
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		359	385	385	361	385	385
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	外側	外側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		289	315	315	291	315	315
	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
	引張鉄筋比 p		0.00275	0.00252	0.00252	0.00273	0.00252	0.00252
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.24893	0.23974	0.23974	0.24815	0.23974	0.23974
	応力軸比 j		0.91702	0.92009	0.92009	0.91728	0.92009	0.92009
	係数 L _c		—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		71.94	75.52	75.52	72.21	75.52	75.52
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	13.500	0.463	1.028	1.345	0.048	0.160	0.279
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	264.000	20.953	48.908	63.966	2.194	7.587	13.267
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.036	0.055	0.069	0.008	0.017	0.030
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	2.400	0.178	0.274	0.347	0.039	0.085	0.151
判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
計算式			単鉄筋計算			単鉄筋計算		



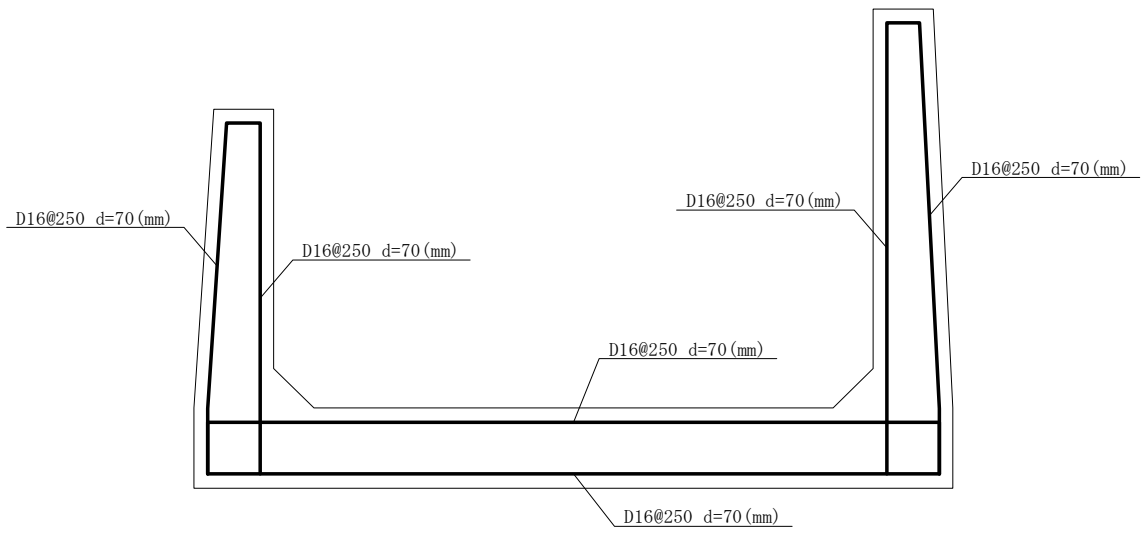
2) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	底 版				
			7	8	9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	0.192	1.452	3.223	3.415
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		3.053	0.448	-7.647	9.781	13.886
	せん断力 S (kN)		-14.431	-12.625	0.000	20.147	22.506
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		385	385	385	385	385
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	55	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		——	——	——	——	——
	引張側 鉄筋・ピッチ		D16@250	D16@250	D16@250	D16@250	D16@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		——	——	——	——	——
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	外側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		794	794	794	794	794
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		——	——	——	——	——
	鉄筋周長 U (mm)		200	200	200	200	200
	有効部材厚 d (mm)		315	315	330	315	315
	圧縮側かぶり d' (mm)		——	——	——	——	——
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00252	0.00252	0.00241	0.00252	0.00252
	圧縮鉄筋比 p'		——	——	——	——	——
	中立軸比 k		0.23974	0.23974	0.23516	0.23974	0.23974
	応力軸比 j		0.92009	0.92009	0.92161	0.92009	0.92009
	係数 L _c		——	——	——	——	——
	中立軸の位置 χ (mm)		75.52	75.52	77.60	75.52	75.52
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	13.500	0.279	0.041	0.648	0.894	1.269
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	264.000	13.267	1.947	31.667	42.503	60.341
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	264.000	——	——	——	——	——
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.050	0.044	0.000	0.070	0.078
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	2.400	0.249	0.218	0.000	0.348	0.388
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				



12. 配筋图

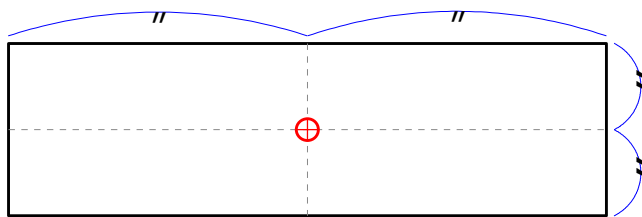
1) 正面图



参考資料 重心の計算

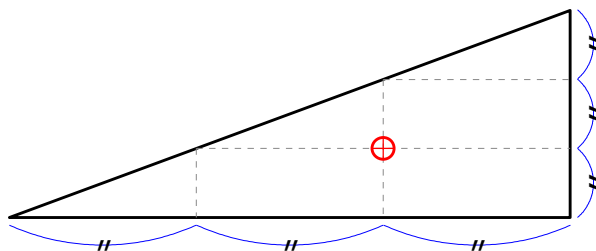
1. 長方形の重心

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。



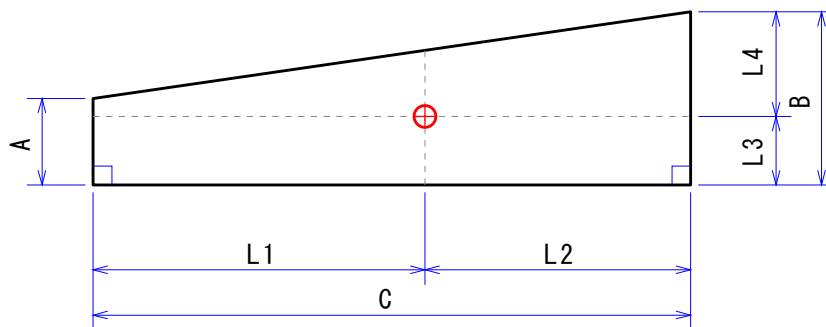
2. 直角三角形の重心

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。



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

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

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

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

1. 安定計算

1.1 浮上に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
安全率 (条件)	F_s	1.200		
地下水位 (右側)	H_{R1}	1.000	m	底板下からの水位
地下水位 (左側)	H_{L1}	0.500	m	底板下からの水位
静水圧	P	7.350	kN/m ²	$\gamma_w \times (H_{R1} + H_{L1}) / 2$
作用幅	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
躯体の自重	ΣV	88.233	kN/m	
土圧の壁面摩擦による鉛直成分	P_v	4.262	kN/m	安全を考慮し50%とする
安全率 (計算結果)	F_s	3.316		$(\Sigma V + P_v) / (P \cdot L)$
浮上に対する判定		OK		

1.2 地盤支持力に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
許容支持力	q_a	135.066	kN/m ²	
全鉛直力	ΣV	127.217	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全抵抗モーメント	ΣM_x	220.655	kN/m ²	水路左下原点
全転倒モーメント	ΣM_y	-86.781	kN/m ²	水路左下原点
基礎面の長さ (作用幅)	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
偏心距離	e	0.517	m	$L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V$
底版の地盤反力度 1	q_1	60.807	kN/m ²	$\Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$
底版の地盤反力度 2	q_2	6.149	kN/m ²	$\Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$
最大地盤反力度	q_{max}	45.993	kN/m ²	
地盤支持力に対する判定		OK		

1.3 転倒に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
基礎面の長さ (作用幅)	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
全鉛直力	ΣV	67.173	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全抵抗モーメント	ΣM_x	95.323	kN/m ²	水路左下原点
全転倒モーメント	ΣM_y	7.356	kN/m ²	水路左下原点
偏心距離	e	0.590	m	$ L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V $
許容値	$L/6$	0.633	m	$L/6$
転倒に対する判定		OK		

1.4 滑動に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
安全率 (条件)	F_s	1.500		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.414		$\tan \phi$
全鉛直力	ΣV	98.673	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全水平力	ΣH	-16.851	kN/m	
安全率 (計算結果)	F_s	2.530		$\Sigma V \cdot F / \Sigma H$
滑動に対する判定		OK		

1.5 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=3.316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 45.993(kN/m²)が、設定されている許容支持力 135.066(kN/m²)以下のため。

…………… **OK**

- ・ 転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.590(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=2.530が、設定された安全率=1.500以上となるため。

…………… **OK**

2. 安定計算（摩耗時）

2.1 浮上に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
安全率（条件）	F_s	1.200		
地下水位（右側）	H_{R1}	1.000	m	底板下からの水位
地下水位（左側）	H_{L1}	0.500	m	底板下からの水位
静水圧	P	7.350	kN/m ²	$\gamma_w \times (H_{R1} + H_{L1}) / 2$
土圧の壁面摩擦による鉛直成分	P_v	4.262	kN/m	安全を考慮し50%とする
作用幅	L_F	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
躯体の自重	ΣV_F	85.921	kN/m	張出し上の土砂重量を含む
張出し考慮後の安全率	F_s	3.233		$(\Sigma V_F + P_v) / (P \cdot L_F)$
摩耗考慮時の浮上に対する判定		OK		

2.2 地盤支持力に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
許容支持力	q_a	135.826	kN/m ²	
全鉛直力	ΣV	125.167	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全抵抗モーメント	ΣM_x	216.500	kN/m ²	水路左下原点
全転倒モーメント	ΣM_y	-86.781	kN/m ²	水路左下原点
基礎面の長さ（作用幅）	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
偏心距離	e	0.523	m	$L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V$
底版の地盤反力度 1	q_1	60.139	kN/m ²	$\Sigma V / L \cdot (1 + 6e/L)$
底版の地盤反力度 2	q_2	5.738	kN/m ²	$\Sigma V / L \cdot (1 - 6e/L)$
最大地盤反力度	q_{max}	45.449	kN/m ²	
地盤支持力に対する判定		OK		

2.3 転倒に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
基礎面の長さ（作用幅）	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
全鉛直力	ΣV	64.861	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全抵抗モーメント	ΣM_x	90.670	kN/m ²	水路左下原点
全転倒モーメント	ΣM_y	7.356	kN/m ²	水路左下原点
偏心距離	e	0.615	m	$ L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V $
許容値	$L/6$	0.633	m	$L/6$
転倒に対する判定		OK		

2.4 滑動に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
安全率（条件）	F_s	1.500		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.414		$\tan \phi$
全鉛直力	ΣV	96.623	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全水平力	ΣH	-16.851	kN/m	
安全率（計算結果）	F_s	2.477		$\Sigma V \cdot F / \Sigma H$
滑動に対する判定		OK		

2.5 総合判定（摩耗考慮：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=3.233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 45.449(kN/m²)が、設定されている許容支持力 135.826(kN/m²)以下のため。

…………… **OK**

- ・ 転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.615(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=2.477が、設定された安全率=1.500以上となるため。

…………… **OK**

3. 地震時安定計算（摩耗時）

3.1 地盤支持力に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
許容支持力（地震時）	q_a	114.331	kN/m ²	
全鉛直力	ΣV	124.403	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全抵抗モーメント	ΣM_x	214.243	kN/m ²	水路左下原点
全転倒モーメント	ΣM_y	30.673	kN/m ²	水路左下原点
基礎面の長さ（作用幅）	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
偏心距離	e	0.424	m	$L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V$
底版の地盤反力度 1	q_1	54.655	kN/m ²	$\Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$
底版の地盤反力度 2	q_2	10.821	kN/m ²	$\Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$
最大地盤反力度	q_{max}	42.142	kN/m ²	
地盤支持力に対する判定	OK			

3.2 転倒に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
基礎面の長さ（作用幅）	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
全鉛直力	ΣV	46.640	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全抵抗モーメント	ΣM_x	98.039	kN/m ²	水路左下原点
全転倒モーメント	ΣM_y	30.532	kN/m ²	水路左下原点
偏心距離	e	0.453	m	$ L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V $
許容値	$L/3$	1.267	m	$L/3$
転倒に対する判定	OK			

3.3 滑動に対する検討（慣性方向 右→左）

項目	記号	値	単位	備考
安全率（条件）	F_s	1.200		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.414		$\tan \phi$
全鉛直力	ΣV	95.910	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全水平力	ΣH	27.952	kN/m	設計水平震度による躯体自重の水平成分も含む
安全率（計算結果）	F_s	1.421		$\Sigma V \cdot F / \Sigma H$
滑動に対する判定	OK			設計水平震度による躯体自重の水平成分も含む

3.4 滑動に対する検討（慣性方向 左→右）

項目	記号	値	単位	備考
安全率（条件）	F_s	1.200		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.414		$\tan \phi$
全鉛直力	ΣV	96.623	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全水平力	ΣH	16.149	kN/m	設計水平震度による躯体自重の水平成分も含む
安全率（計算結果）	F_s	2.477		$\Sigma V \cdot F / \Sigma H$
滑動に対する判定	OK			設計水平震度による躯体自重の水平成分も含む

3.5 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 $42.663 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ が、設定されている許容支持力 $114.629 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ 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 0.431 (m) が、基礎面の長さ 3.800 (m) の $1/3$ 以下にあるため。

…………… **OK**

- ・滑動に対する検討の結果

- a) 慣性方向が右から左の場合

滑動に対する検討で計算された安全率 $=1.436$ が、設定された安全率 $=1.200$ 以上となるため。

…………… **OK**

- b) 慣性方向が左から右の場合

滑動に対する検討で計算された安全率 $=2.530$ が、設定された安全率 $=1.200$ 以上となるため。

…………… **OK**

4. 地震時安定計算（摩耗時）

4.1 地盤支持力に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
許容支持力（地震時）	q_a	114.331	kN/m ²	
全鉛直力	ΣV	124.403	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全抵抗モーメント	ΣM_R	214.243	kN/m ²	水路左下原点
全転倒モーメント	ΣM_T	30.673	kN/m ²	水路左下原点
基礎面の長さ（作用幅）	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
偏心距離	e	0.424	m	$L/2 - (\Sigma M_R - \Sigma M_T) / \Sigma V$
底版の地盤反力度 1	q_1	54.655	kN/m ²	$\Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$
底版の地盤反力度 2	q_2	10.821	kN/m ²	$\Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$
最大地盤反力度	q_{max}	42.142	kN/m ²	
地盤支持力に対する判定		OK		

4.2 転倒に対する検討

項目	記号	値	単位	備考
基礎面の長さ（作用幅）	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$
全鉛直力	ΣV	46.640	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全抵抗モーメント	ΣM_R	98.039	kN/m ²	水路左下原点
全転倒モーメント	ΣM_T	30.532	kN/m ²	水路左下原点
偏心距離	e	0.453	m	$ L/2 - (\Sigma M_R - \Sigma M_T) / \Sigma V $
許容値	$L/3$	1.267	m	$L/3$
転倒に対する判定		OK		

4.3 滑動に対する検討（慣性方向 右→左）

項目	記号	値	単位	備考
安全率（条件）	F_s	1.200		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.414		$\tan \phi$
全鉛直力	ΣV	95.910	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全水平力	ΣH	27.952	kN/m	設計水平震度による躯体自重の水平成分も含む
安全率（計算結果）	F_s	1.421		$\Sigma V \cdot F / \Sigma H$
滑動に対する判定		OK		設計水平震度による躯体自重の水平成分も含む

4.4 滑動に対する検討（慣性方向 左→右）

項目	記号	値	単位	備考
安全率（条件）	F_s	1.200		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.414		$\tan \phi$
全鉛直力	ΣV	96.623	kN/m	土圧の壁面摩擦による鉛直成分も含む
全水平力	ΣH	16.149	kN/m	設計水平震度による躯体自重の水平成分も含む
安全率（計算結果）	F_s	2.477		$\Sigma V \cdot F / \Sigma H$
滑動に対する判定		OK		設計水平震度による躯体自重の水平成分も含む

4.5 総合判定（摩耗考慮：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 $42.142 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ が、設定されている許容支持力 $114.331 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ 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 0.453 (m) が、基礎面の長さ 3.800 (m) の $1/3$ 以下にあるため。

…………… **OK**

- ・滑動に対する検討の結果

- a) 慣性方向が右から左の場合

滑動に対する検討で計算された安全率 $=1.421$ が、設定された安全率 $=1.200$ 以上となるため。

…………… **OK**

- b) 慣性方向が左から右の場合

滑動に対する検討で計算された安全率 $=2.477$ が、設定された安全率 $=1.200$ 以上となるため。

…………… **OK**

5 部材断面力計算

5.1 常時：ケース1

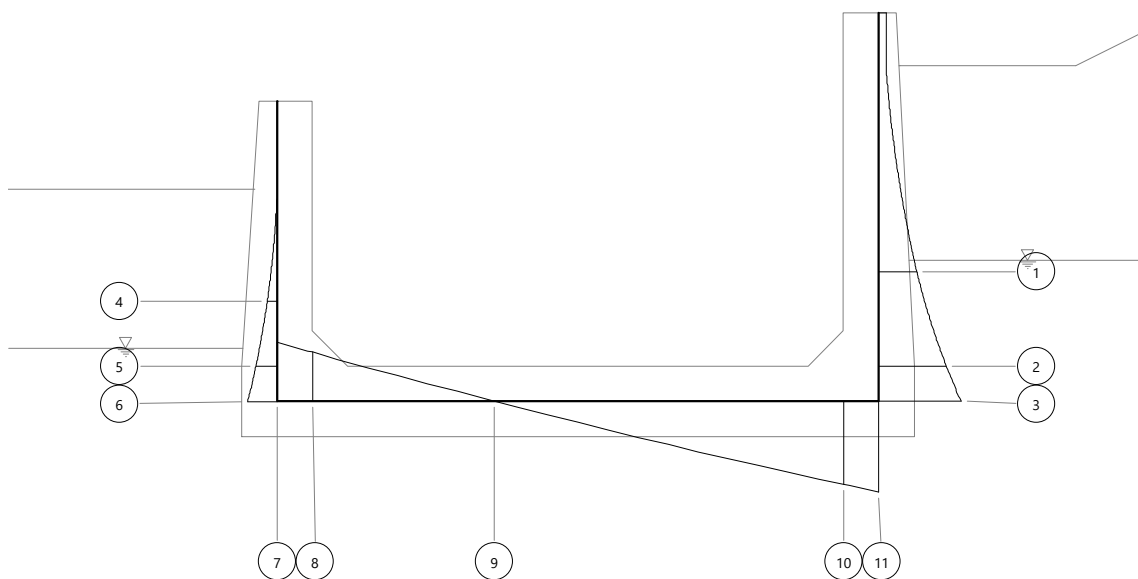
1) 断面力一覧

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	10.473	10.197
	2	底版の上面	2.000	18.541	17.759
	3	側壁付根	2.200	22.555	21.860
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	2.748	0.698
	5	底版の上面	1.500	5.831	2.239
	6	側壁付根	1.700	8.128	3.625
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	-16.138	3.625
	8	左側壁内面	0.200	-13.401	0.672
	9	最大モーメント	1.225	0.000	-6.109
	10	右側壁内面	3.200	22.837	17.082
11	右側壁付け根	3.400	24.932	21.860	

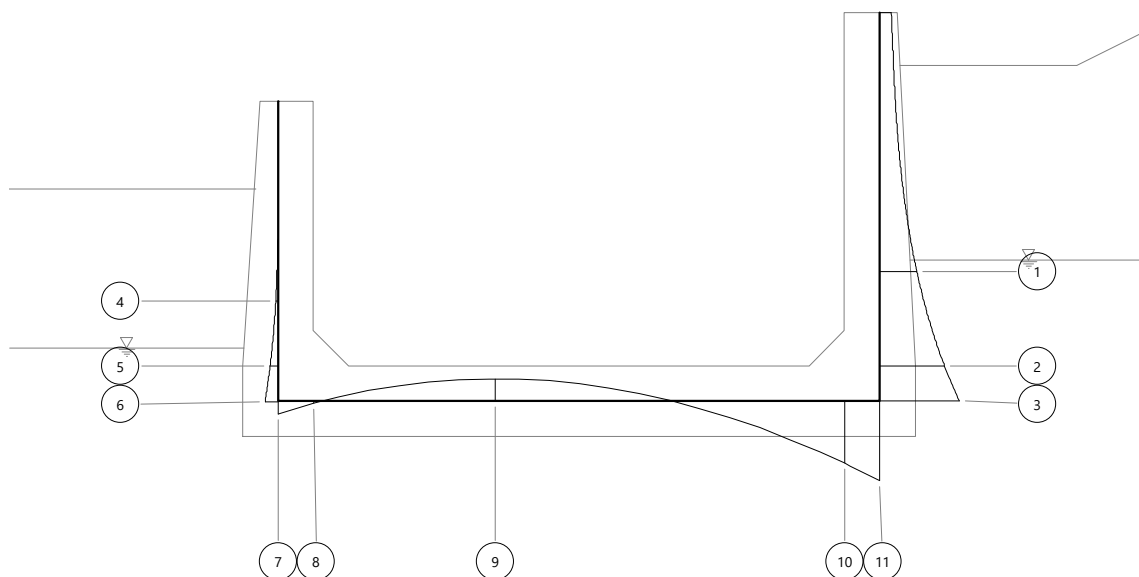
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

2) せん断力図



3) 曲げモーメント図



5.2 常時：ケース 3

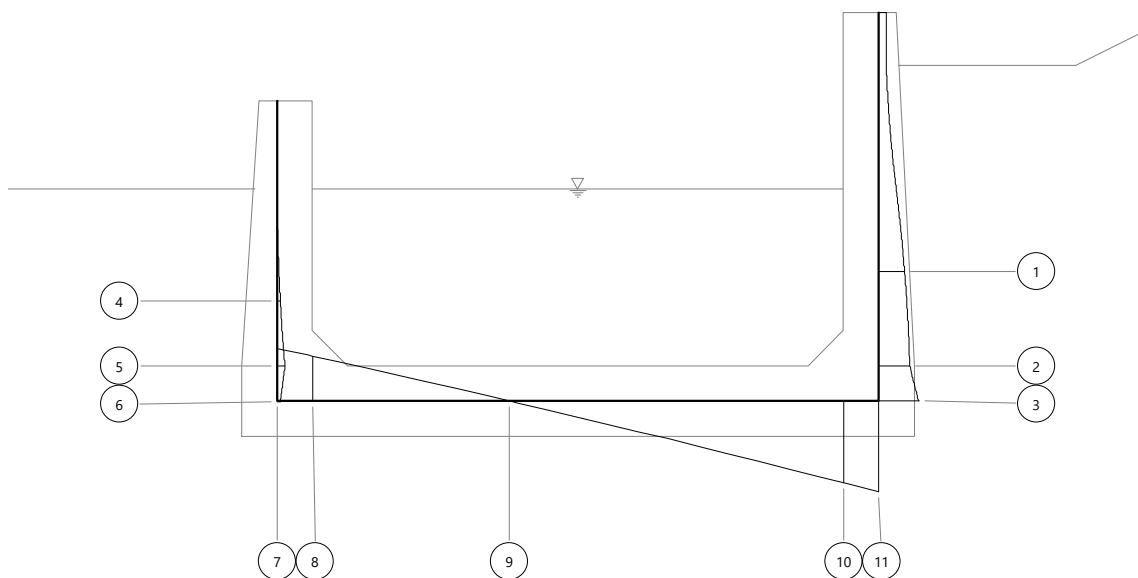
1) 断面力一覧

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	6.905	8.727
	2	底版の上面	2.000	8.286	12.830
3	側壁付け根	2.200	10.644	14.719	
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	-0.819	-0.173
	5	底版の上面	1.500	-2.045	-0.682
6	側壁付け根	1.700	-0.789	-0.969	
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	-14.034	-0.969
	8	左側壁内面	0.200	-11.949	-3.568
	9	最大モーメント	1.309	0.000	-10.256
	10	右側壁内面	3.200	21.854	10.106
11	右側壁付け根	3.400	24.276	14.719	

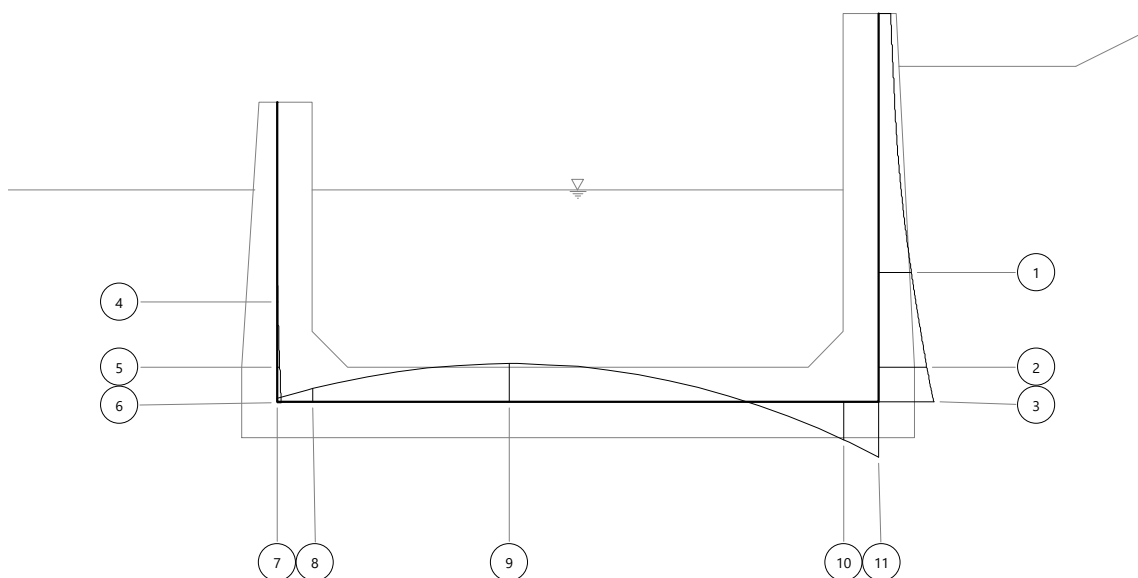
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

2) せん断力図



3) 曲げモーメント図



5.3 地震時：ケース 1

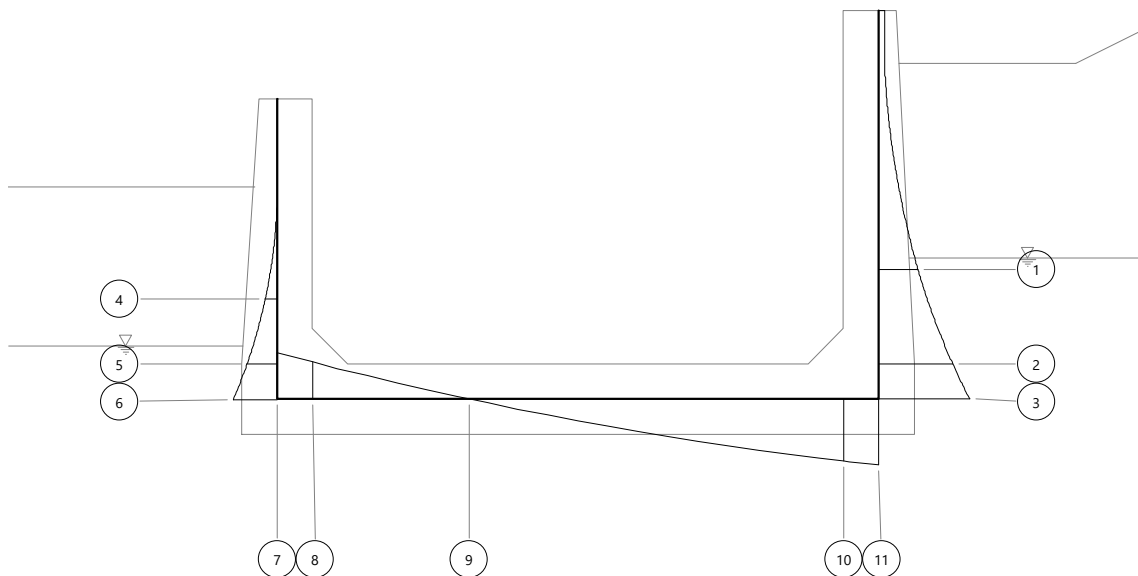
1) 断面力一覧

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	13.598	11.260
	2	底版の上面	2.000	25.602	21.470
3	側壁付け根	2.200	31.473	27.165	
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	4.174	0.881
	5	底版の上面	1.500	10.441	3.474
6	側壁付け根	1.700	15.213	6.021	
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	-15.982	6.021
	8	左側壁内面	0.200	-12.777	3.147
	9	最大モーメント	1.083	0.000	-2.328
	10	右側壁内面	3.200	21.519	22.722
11	右側壁付け根	3.400	22.887	27.165	

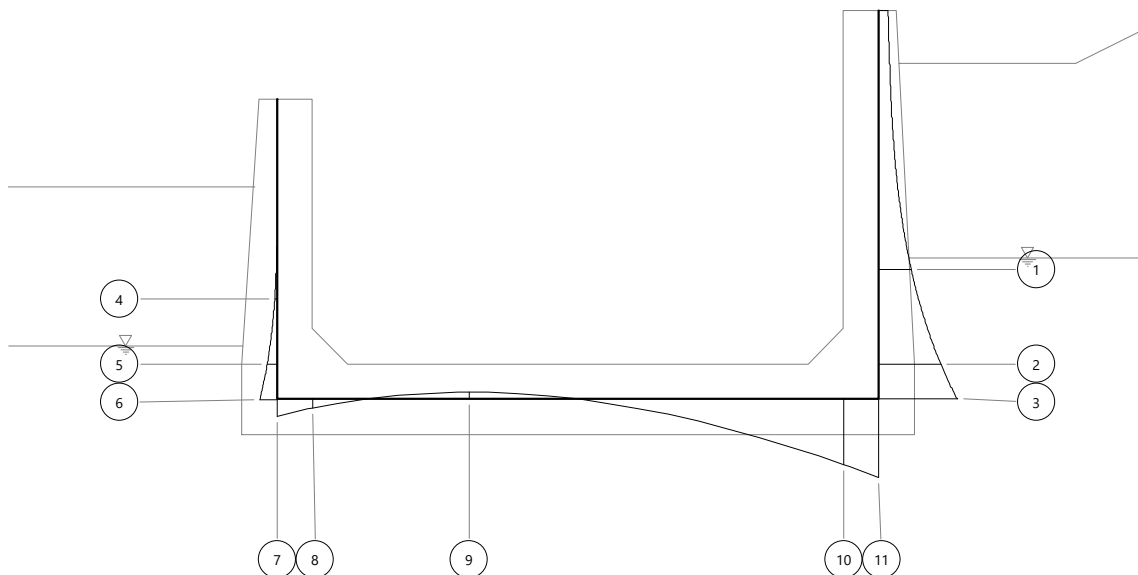
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

2) せん断力図



3) 曲げモーメント図



5.4 地震時：ケース 3

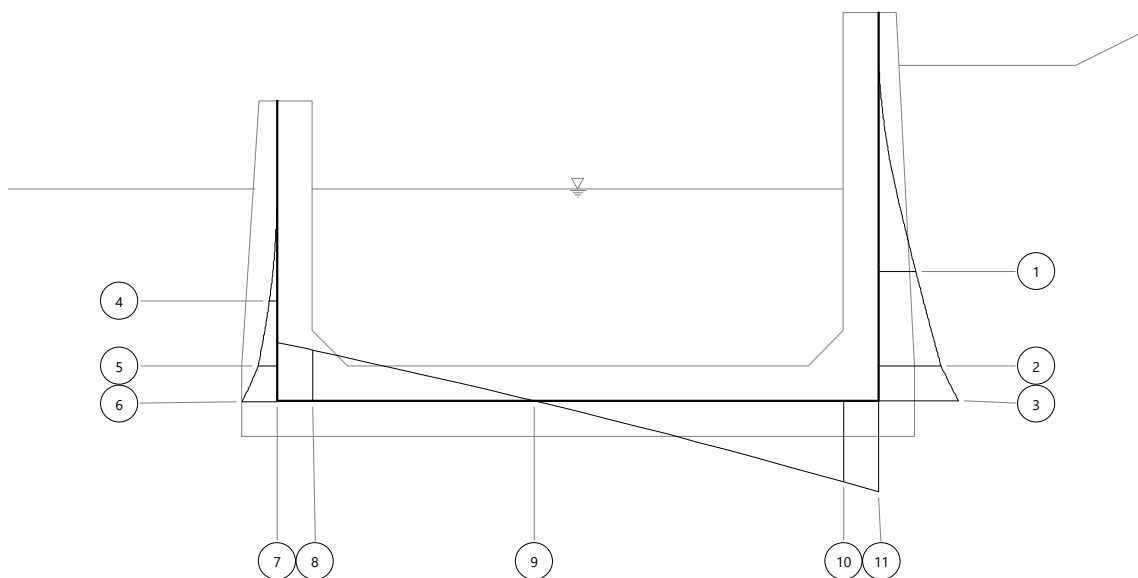
1) 断面力一覧

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	9.407	4.388
	2	底版の上面	2.000	15.763	11.070
3	側壁付根	2.200	20.224	14.662	
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	2.016	0.440
	5	底版の上面	1.500	4.855	1.664
6	側壁付根	1.700	8.845	3.022	
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	-14.821	3.022
	8	左側壁内面	0.200	-12.901	0.249
	9	最大モーメント	1.453	0.000	-7.992
	10	右側壁内面	3.200	20.498	9.486
11	右側壁付け根	3.400	23.032	13.838	

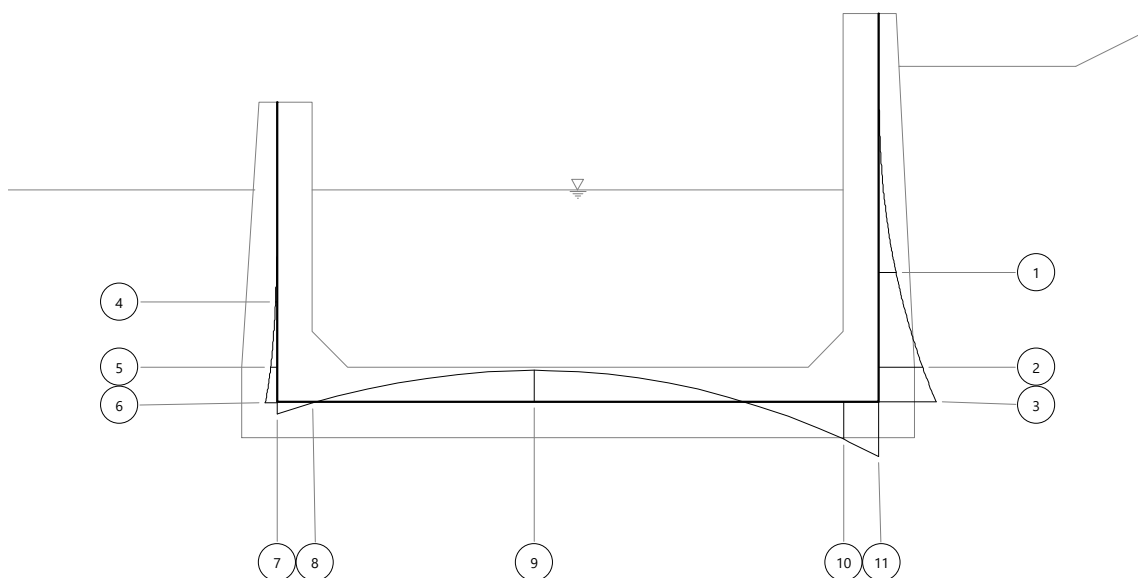
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

2) せん断力図



3) 曲げモーメント図



6 部材断面力計算

6.1 常時：ケース1

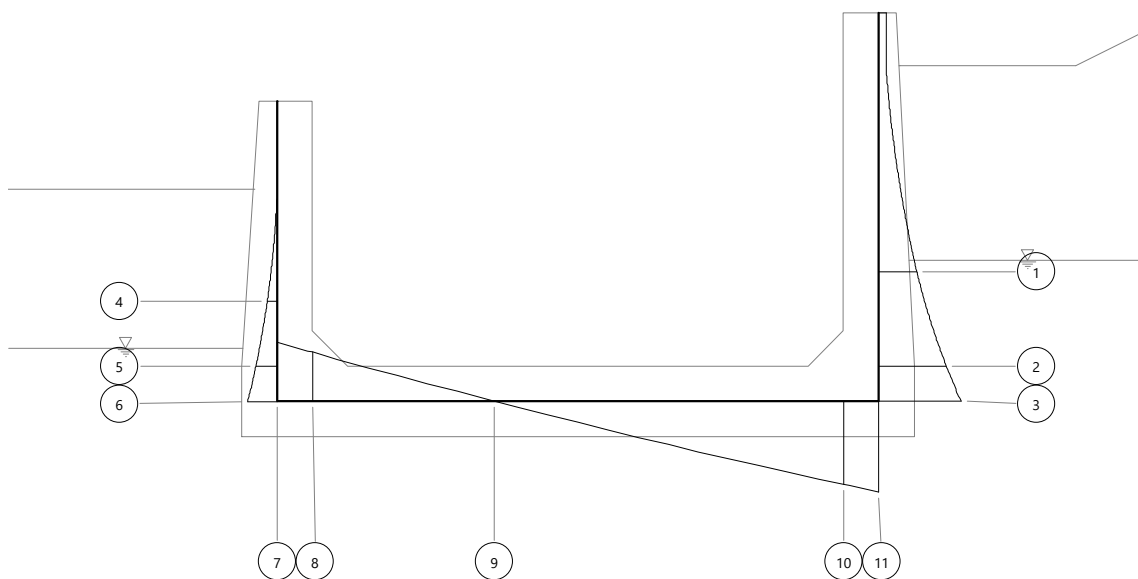
1) 断面力一覧

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	10.473	10.197
	2	底版の上面	2.000	18.541	17.759
	3	側壁付根	2.200	22.555	21.860
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	2.748	0.698
	5	底版の上面	1.500	5.831	2.239
	6	側壁付根	1.700	8.128	3.625
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	-16.138	3.625
	8	左側壁内面	0.200	-13.401	0.672
	9	最大モーメント	1.225	0.000	-6.109
	10	右側壁内面	3.200	22.837	17.082
11	右側壁付け根	3.400	24.932	21.860	

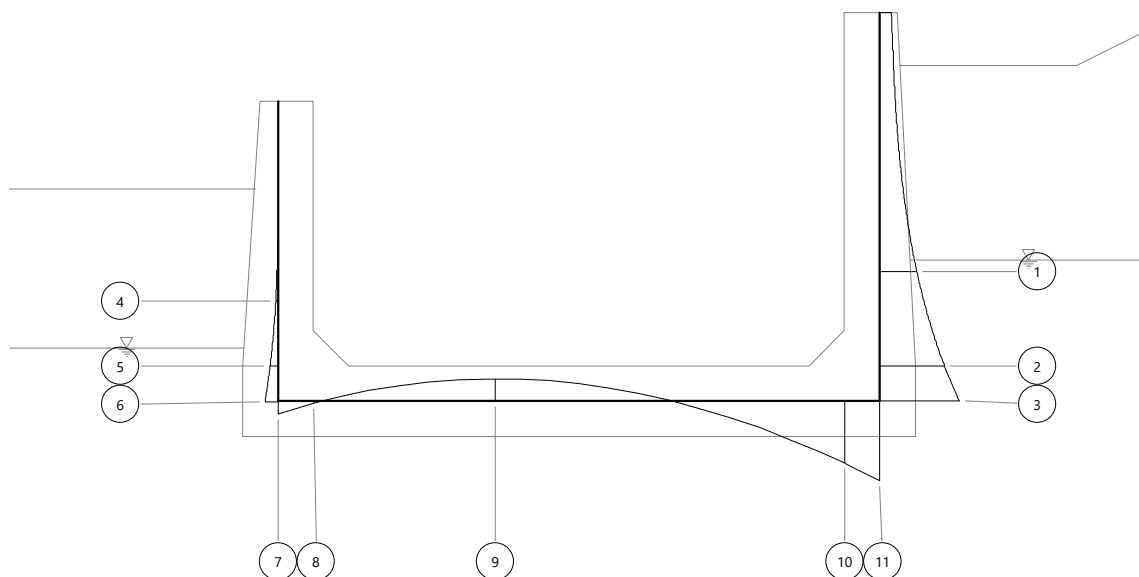
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

2) せん断力図



3) 曲げモーメント図



6.2 常時：ケース 3

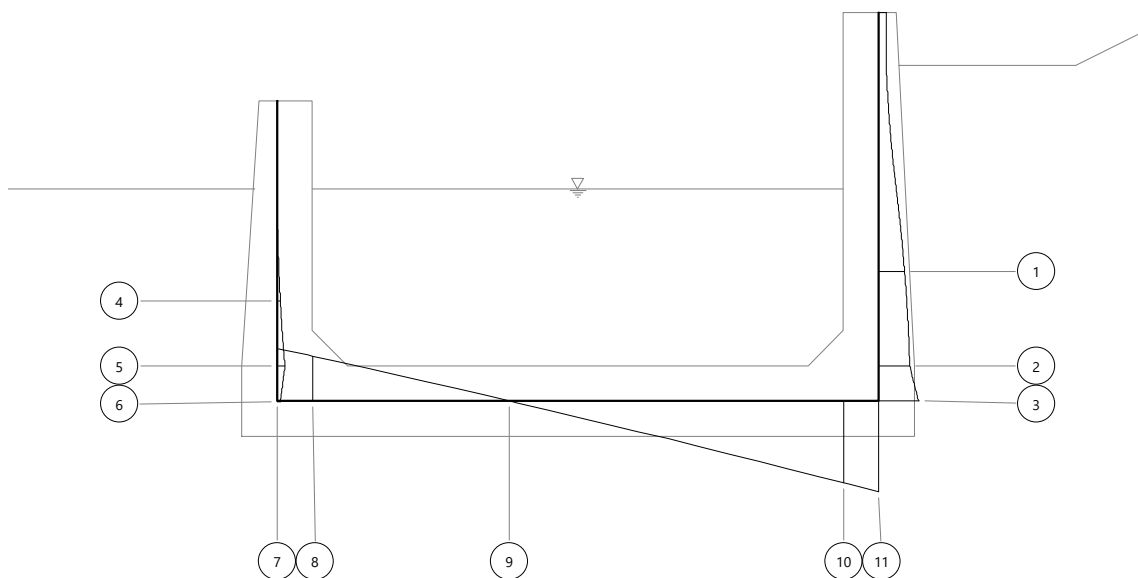
1) 断面力一覧

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	6.905	8.727
	2	底版の上面	2.000	8.286	12.830
3	側壁付け根	2.200	10.644	14.719	
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	-0.819	-0.173
	5	底版の上面	1.500	-2.045	-0.682
6	側壁付け根	1.700	-0.789	-0.969	
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	-14.034	-0.969
	8	左側壁内面	0.200	-11.949	-3.568
	9	最大モーメント	1.309	0.000	-10.256
	10	右側壁内面	3.200	21.854	10.106
11	右側壁付け根	3.400	24.276	14.719	

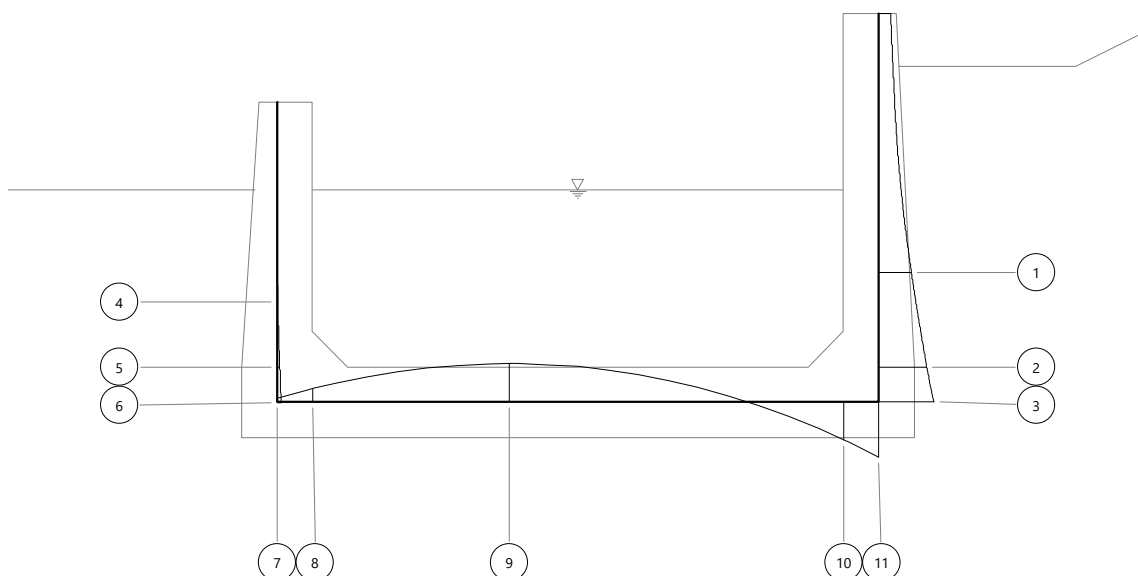
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

2) せん断力図



3) 曲げモーメント図



6.3 地震時：ケース 1

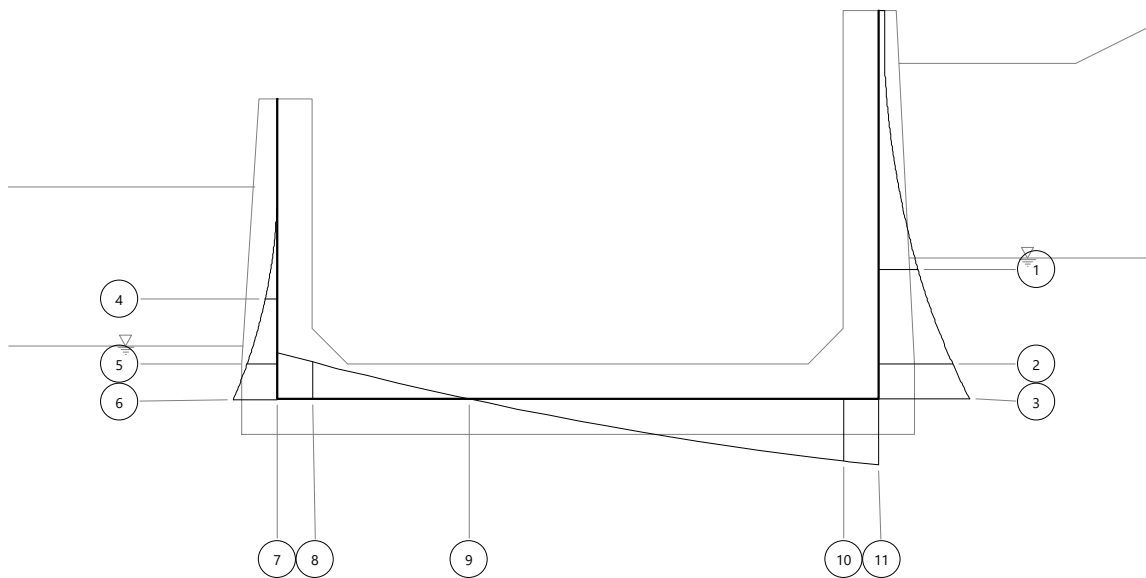
1) 断面力一覧

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	13.598	11.260
	2	底版の上面	2.000	25.602	21.470
3	側壁付け根	2.200	31.473	27.165	
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	4.174	0.881
	5	底版の上面	1.500	10.441	3.474
6	側壁付け根	1.700	15.213	6.021	
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	-15.982	6.021
	8	左側壁内面	0.200	-12.777	3.147
	9	最大モーメント	1.083	0.000	-2.328
	10	右側壁内面	3.200	21.519	22.722
11	右側壁付け根	3.400	22.887	27.165	

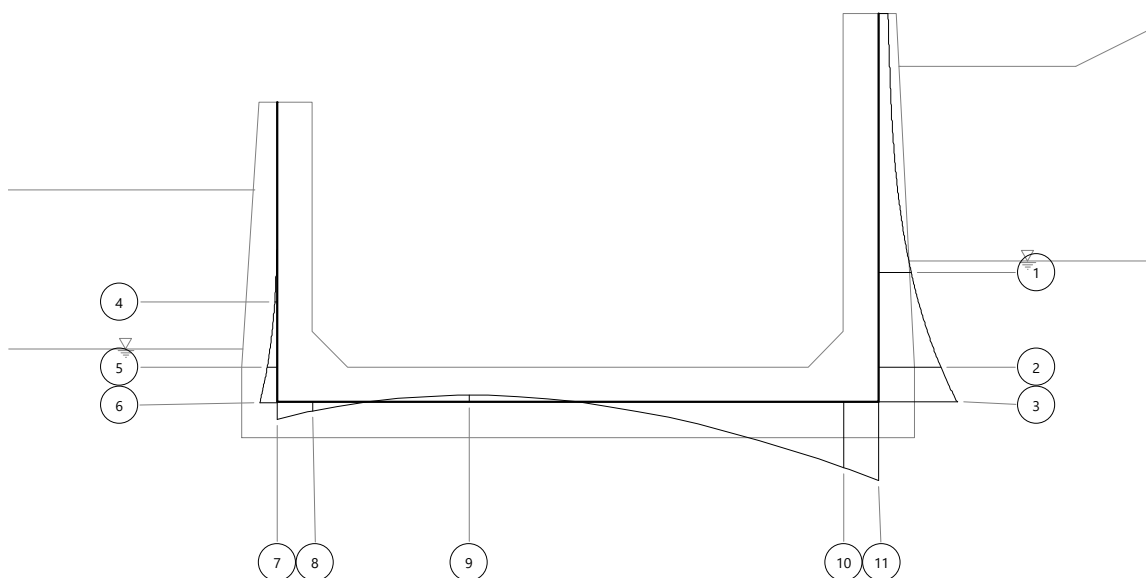
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

2) せん断力図



3) 曲げモーメント図



6.4 地震時：ケース 3

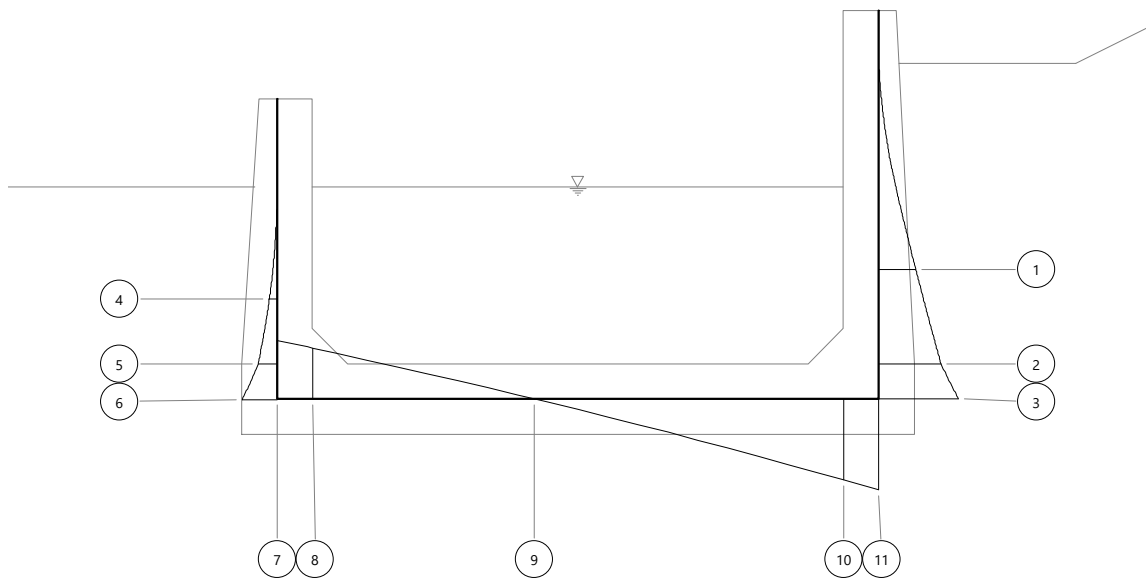
1) 断面力一覧

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	9.407	4.388
	2	底版の上面	2.000	15.763	11.070
3	側壁付け根	2.200	20.224	14.662	
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	2.016	0.440
	5	底版の上面	1.500	4.855	1.664
6	側壁付け根	1.700	8.845	3.022	
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	-14.821	3.022
	8	左側壁内面	0.200	-12.901	0.249
	9	最大モーメント	1.453	0.000	-7.992
	10	右側壁内面	3.200	20.498	9.486
11	右側壁付け根	3.400	23.032	13.838	

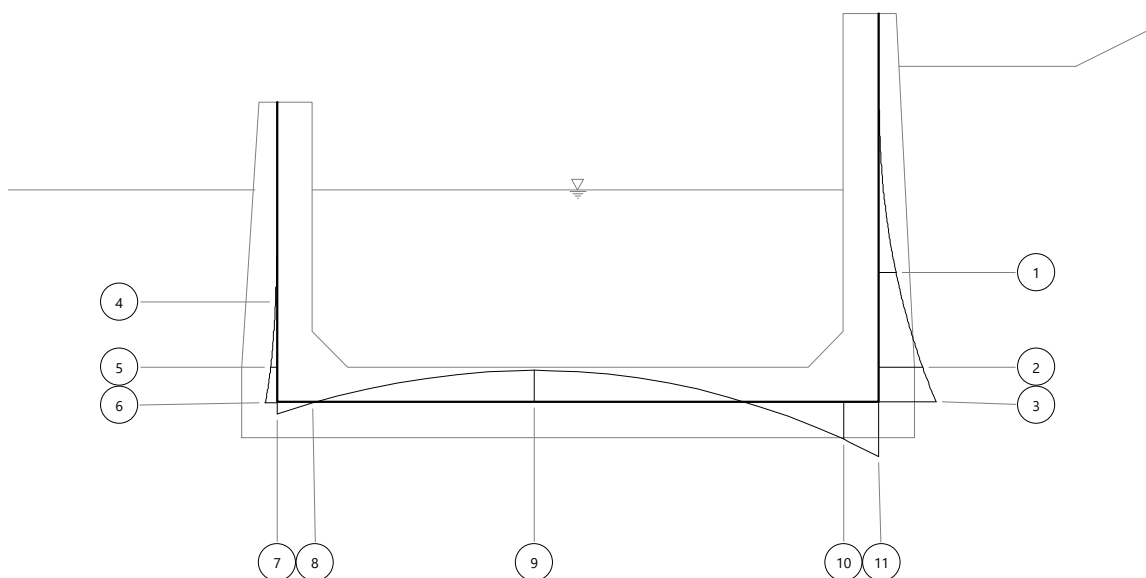
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

2) せん断力図



3) 曲げモーメント図



7 応力度計算

7.1 荷重組み合わせパターン（常時：ケース1）

番号	検討位置 H (m)	引張側 鉄筋・ピッチ	圧縮側 鉄筋・ピッチ	曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	圧縮 応力度 σ_s' (N/mm ²)	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	付着 応力度 τ_o (N/mm ²)	判定
	許容値			9.000	176.000	176.000	0.450	1.600	
1	1.467	D16@250		0.992	46.134		0.038	0.188	OK
2	2.000	D16@250		1.505	73.542		0.061	0.305	OK
3	2.200	D16@250		1.852	90.525		0.074	0.371	OK
4	1.133	D16@250		0.067	3.126		0.010	0.049	OK
5	1.500	D16@250		0.190	9.272		0.019	0.096	OK
6	1.700	D16@250		0.307	15.012		0.027	0.134	OK
7	0.000	D16@250		0.307	15.012		0.053	0.265	OK
8	0.200	D16@250		0.057	2.783		0.044	0.220	OK
9	1.225	D16@250		0.518	25.298		0.000	0.000	OK
10	3.200	D16@250		1.448	70.739		0.075	0.375	OK
11	3.400	D16@250		1.852	90.525		0.082	0.410	OK

7.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケース3）

番号	検討位置 H (m)	引張側 鉄筋・ピッチ	圧縮側 鉄筋・ピッチ	曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	圧縮 応力度 σ_s' (N/mm ²)	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	付着 応力度 τ_o (N/mm ²)	判定
	許容値			9.000	176.000	176.000	0.450	1.600	
1	1.467	D16@250		0.849	39.483		0.025	0.124	OK
2	2.000	D16@250		1.087	53.131		0.027	0.136	OK
3	2.200	D16@250		1.247	60.953		0.035	0.175	OK
4	1.133	D16@250		0.017	0.775		0.003	0.015	OK
5	1.500	D16@250		0.058	2.824		0.007	0.034	OK
6	1.700	D16@250		0.082	4.013		0.003	0.013	OK
7	0.000	D16@250		0.082	4.013		0.046	0.231	OK
8	0.200	D16@250		0.302	14.776		0.039	0.196	OK
9	1.309	D16@250		0.869	42.471		0.000	0.000	OK
10	3.200	D16@250		0.856	41.850		0.072	0.359	OK
11	3.400	D16@250		1.247	60.953		0.080	0.399	OK

7.3 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース1）

番号	検討位置 H (m)	引張側 鉄筋・ピッチ	圧縮側 鉄筋・ピッチ	曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	圧縮 応力度 σ_s' (N/mm ²)	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	付着 応力度 τ_o (N/mm ²)	判定
	許容値			13.500	264.000	264.000	0.670	2.400	
1	1.467	D16@250		1.095	50.943		0.049	0.244	OK
2	2.000	D16@250		1.819	88.910		0.084	0.421	OK
3	2.200	D16@250		2.302	112.494		0.103	0.517	OK
4	1.133	D16@250		0.084	3.945		0.015	0.074	OK
5	1.500	D16@250		0.294	14.386		0.034	0.172	OK
6	1.700	D16@250		0.510	24.934		0.050	0.250	OK
7	0.000	D16@250		0.510	24.934		0.053	0.263	OK
8	0.200	D16@250		0.267	13.032		0.042	0.210	OK
9	1.083	D16@250		0.197	9.641		0.000	0.000	OK
10	3.200	D16@250		1.925	94.095		0.071	0.354	OK
11	3.400	D16@250		2.302	112.494		0.075	0.376	OK

7.4 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース3）

番号	検討位置 H (m)	引張側 鉄筋・ピッチ	圧縮側 鉄筋・ピッチ	曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	圧縮 応力度 σ_s' (N/mm ²)	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	付着 応力度 τ_o (N/mm ²)	判定
	許容値			13.500	264.000	264.000	0.670	2.400	
1	1.467	D16@250		0.427	19.853		0.034	0.169	OK
2	2.000	D16@250		0.938	45.842		0.052	0.259	OK
3	2.200	D16@250		1.242	60.717		0.066	0.332	OK
4	1.133	D16@250		0.042	1.970		0.007	0.036	OK
5	1.500	D16@250		0.141	6.891		0.016	0.080	OK
6	1.700	D16@250		0.256	12.514		0.029	0.145	OK
7	0.000	D16@250		0.256	12.514		0.049	0.244	OK
8	0.200	D16@250		0.021	1.031		0.042	0.212	OK
9	1.453	D16@250		0.677	33.096		0.000	0.000	OK
10	3.200	D16@250		0.804	39.283		0.067	0.337	OK
11	3.400	D16@250		1.173	57.305		0.076	0.379	OK

8. 配筋图

1) 正面图

