

水路設計計算システム

【側壁高・背面土が左右非対称で偏土圧が生じる場合の計算例】

Ver7.0

 SYSTEM INFORMATION PLANNING

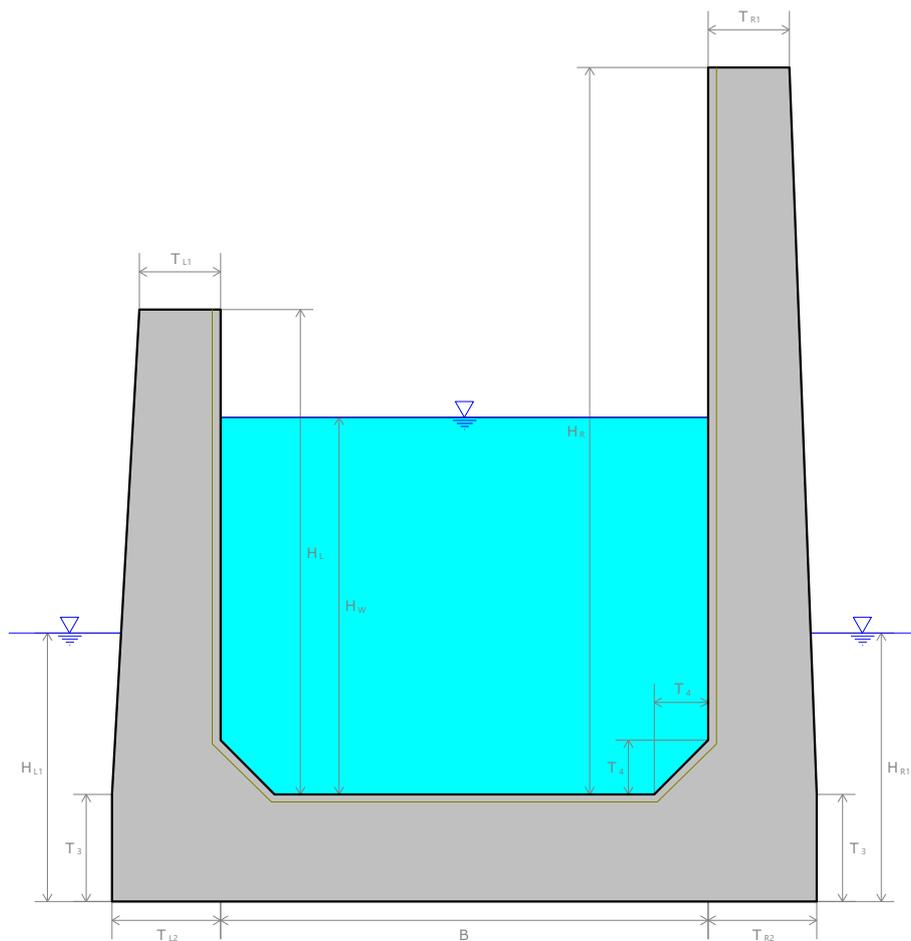
株式会社システム情報企画

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

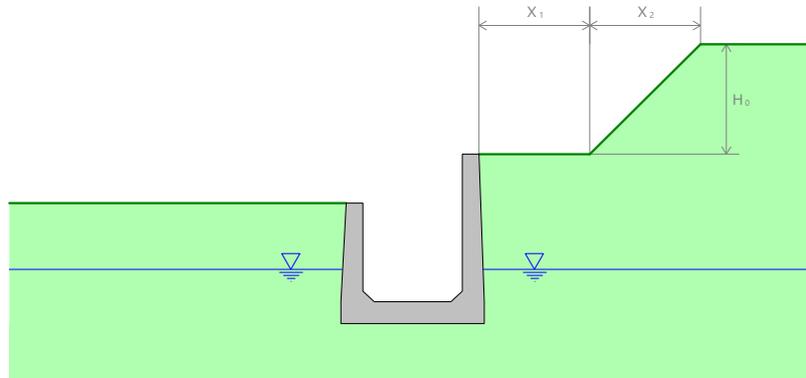
1.2 躯体形状



項目	記号	値	単位	備考
側壁高(右側)	H_R	1350	mm	
側壁高(左側)	H_L	900	mm	
水路内幅	B	900	mm	
側壁上部厚(右側)	T_{R1}	150	mm	
側壁下部厚(右側)	T_{R2}	200	mm	
側壁上部厚(左側)	T_{L1}	150	mm	
側壁下部厚(左側)	T_{L2}	200	mm	
底版厚	T_3	200	mm	
ハンチ幅・高さ(右側)	T_{R4}	100	mm	
ハンチ幅・高さ(左側)	T_{L4}	100	mm	
水路内水位	H_w	700	mm	
地下水位(右側)	H_{R1}	500	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
ステップ幅	X_1	1.000	m	
法幅	X_2	1.000	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

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	30.000	°	右側
土の内部摩擦角度	ϕ_L	30.000	°	左側
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (右側)	δ_R	20.000	°	計算値
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (左側)	δ_L	20.000	°	計算値
壁背面の傾斜角 (右側)	θ_R	87.879	°	計算値
壁背面の傾斜角 (左側)	θ_L	86.820	°	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}	0.313		安定計算用(計算値)
主働土圧係数 (左側)	K_{AL}	0.321		安定計算用(計算値)
受働土圧係数 (右側)	K_{PR}	5.653		安定計算用(計算値)
受働土圧係数 (左側)	K_{PL}	5.452		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

$$n = (T_{R2} - T_{R1}) / H_R = (200 - 150) / 1350 \\ = 0.037$$

張出しの長さ

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

$n < 0.100$ で、しかも $T_B < 0.100$ のため

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

・左側

側壁背面のコロビ「n」の算出

$$n = (T_{L2} - T_{L1}) / H_L = (200 - 150) / 900 \\ = 0.056$$

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

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

【壁背面の傾斜角】

$$\theta_R = \tan^{-1}\{H_R / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ = \tan^{-1}\{1350 / (200 - 150)\} \\ = 87.879^\circ$$

$$\theta_L = \tan^{-1}\{H_L / (T_{L2} - T_{L1})\} \\ = \tan^{-1}\{900 / (200 - 150)\} \\ = 86.820^\circ$$

【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。

・受働土圧係数

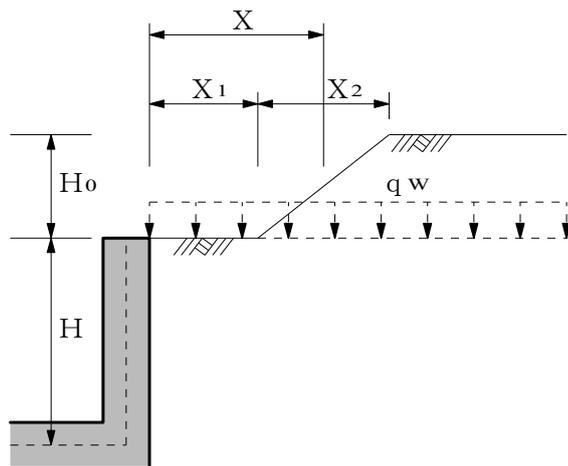
$$K_P = \frac{\sin^2(\theta + \theta_0 - \phi)}{\sin^2 \theta \cdot \cos \theta_0 \cdot \sin(\theta + \theta_0 + \delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + i - \theta_0)}{\sin(\theta + \theta_0 + \delta) \cdot \sin(\theta + i)}} \right\}^2}$$

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	m	
盛土法幅	X ₂	—	1.000	m	
盛土高	H ₀	—	1.000	m	
仮想距離	X	—	1.500	m	X ₁ + X ₂ / 2
荷重作用範囲	H	—	1.450	m	壁高 + 底版厚 / 2 - 落差
等分布荷重換算係数	I _w	—	0.354		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	—	6.372	kN/m ²	γ _t · H ₀ · I _w

・右側

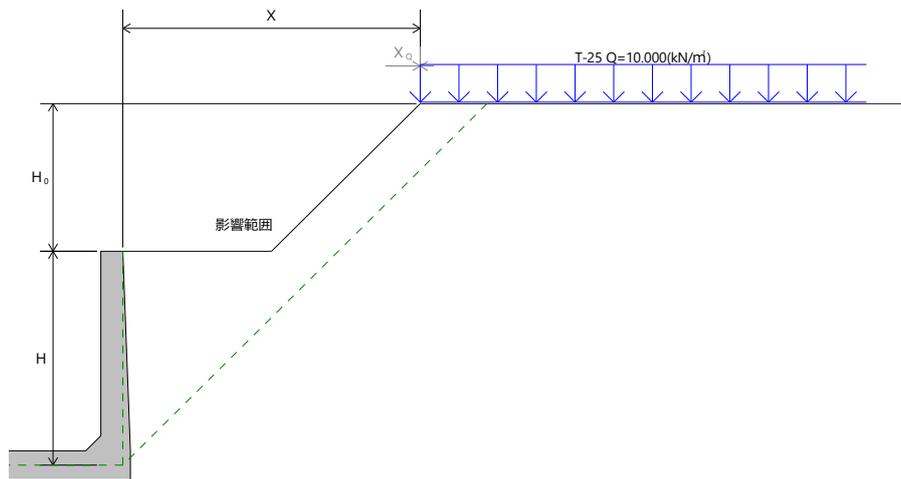
$$\begin{aligned} \text{仮想距離 } X &= \text{ステップ幅} + \text{法幅} / 2 = 1.000 + 1.000 / 2 \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{荷重作用範囲 } H &= \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 1.350 + 0.200 / 2 \\ &= 1.450 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{換算後の等分布荷重 } q_w &= \gamma_t \cdot H_0 \cdot I_w = 18.000 \times 1.000 \times 0.354 \\ &= 6.372 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \\ &= 1 + (1.500/1.450)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (1.500/1.450)^2\} \cdot \tan^{-1}(1.500/1.450) - 2/\pi \cdot (1.500/1.450) \\ &= 0.354 \end{aligned}$$

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	0.000	0.000	m	
等分布荷重	Q	10.000	10.000	kN/m ²	右側：T-25 左側：T-25
荷重作用位置	X	0.000	2.000	m	
荷重作用範囲	H	1.000	1.450	m	
法高	H_0	—	1.000	m	
等分布荷重換算係数	I_w	1.000	0.281		フリューリッヒの地盤応力理論を応用したモーメント換算
換算後の等分布荷重	q_q	10.000	2.810	kN/m ²	$Q \cdot I_w$

・右側

$$\begin{aligned} \text{荷重作用位置 } X &= \text{ステップ幅} + \text{法幅} + \text{法肩からの距離} = 1.000 + 1.000 + 0.000 \\ &= 2.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{荷重作用範囲 } H &= \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 1.350 + 0.200 / 2 \\ &= 1.450 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{換算後の等分布荷重 } q_q &= Q \cdot I_w = 10.000 \times 0.281 \\ &= 2.810 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \\ &= 1 + (2.000/1.450)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (2.000/1.450)^2\} \cdot \tan^{-1}(2.000/1.450) - 2/\pi \cdot (2.000/1.450) \\ &= 0.281 \end{aligned}$$

・左側

$$\text{荷重作用位置 } X = 0.000$$

$$\begin{aligned} \text{荷重作用範囲 } H &= \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 0.900 + 0.200 / 2 \\ &= 1.000 \end{aligned}$$

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

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

3 安定計算

3.1 浮上に対する検討

1) 諸条件

項目	記号	値	単位	備考
安全率	F_s	1.200		
地下水位 (右側)	H_{R1}	0.500	m	底版下からの水位
地下水位 (左側)	H_{L1}	0.500	m	底版下からの水位
静水圧	P	4.900	kN/m^2	$\gamma_w \cdot (H_{R1} + H_{L1}) / 2$
作用幅	L	1.300	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$

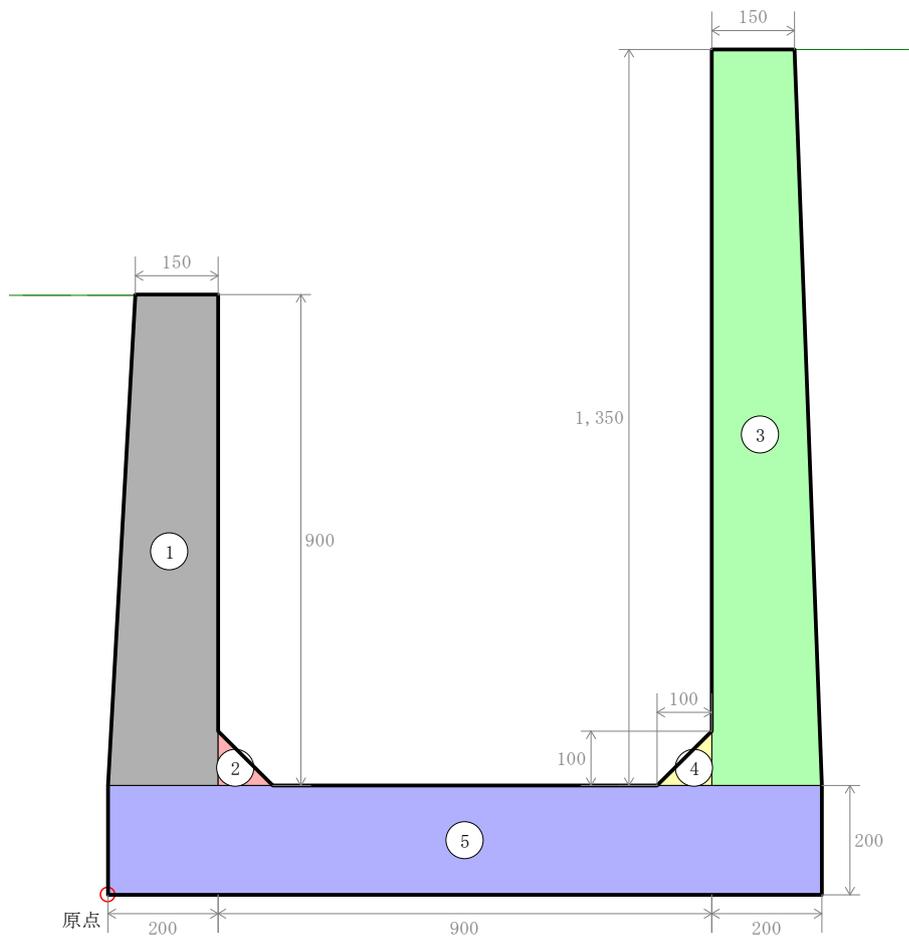
- ・張出し重量を自重に含めない。
- ・水路内の水重量を自重に含めない。
- ・地下水圧を考慮する。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を含めない。

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: 6.372	—	○	—	6.372	kN/m^2	
自動車荷重	L: 10.000 R: 2.810	—	—	—	—	kN/m^2	
合計				—	6.372	kN/m^2	

3) 自重の算出

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	$24.500 \times 0.900 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	3.859	3.859		0.112	0.629	0.432	
2	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		0.233	0.233	0.029	
3	$24.500 \times 1.350 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	5.788	5.788		1.188	0.843	6.876	
4	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		1.067	0.233	0.131	
5	$24.500 \times 1.300 \times 0.200$	6.370	6.370		0.650	0.100	4.141	
合計		16.263	16.263	0.000			11.609	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

$$H_{R1} = 0.500 \text{ m}$$

$$H_{R2} = H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 1.350 + 0.200 - 0.000 - 0.500 = 1.050 \text{ m}$$

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

$$H_{L2} = H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 0.900 + 0.200 - 0.000 - 0.500 = 0.600 \text{ m}$$

$$P_{H1} = K_{AR} \cdot q_R = 0.313 \times 6.372 = 1.994 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.313 \times 18.000 \times 1.050 = 5.916 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H3} = K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H2} = 0.313 \times 10.000 \times 0.500 + 5.916 = 7.481 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H4} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.321 \times 18.000 \times 0.600 = 3.467 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H5} = K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H4} = 0.321 \times 10.000 \times 0.500 + 3.467 = 5.072 \text{ kN/m}^2$$

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 87.879) \\ &= 0.377 \end{aligned}$$

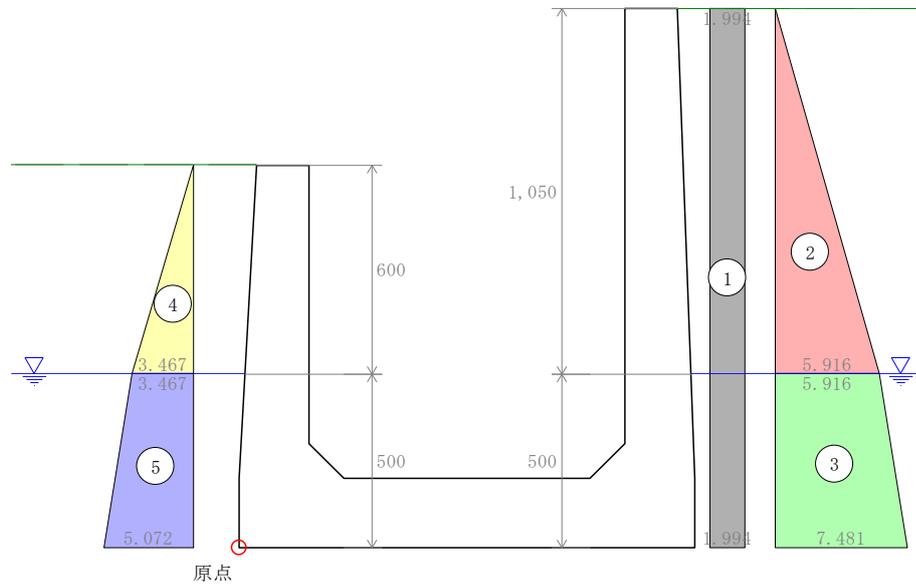
$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 87.879) \\ &= 0.926 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 86.820) \\ &= 0.394 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 86.820) \\ &= -0.919 \end{aligned}$$



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	1.994×1.550	3.091	1.165	2.862	1.300	0.775	1.515	2.218
2	$5.916 \times 1.050 \div 2$	3.106	1.171	2.876	1.300	0.850	1.522	2.445
3	$0.500 \times (5.916 + 7.481) \div 2$	3.349	1.263	3.101	1.300	0.240	1.642	0.744
4	$3.467 \times 0.600 \div 2$	1.040	0.410	-0.956		0.700		-0.669
5	$0.500 \times (3.467 + 5.072) \div 2$	2.135	0.841	-1.962		0.234		-0.459
合計		12.721	4.850	5.921			4.679	4.279

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

5) 安全率の算出

浮上に対する検討は、式(1)の条件が満足しなければならない。

$$F_s \leq (\Sigma V + P_v) / (P \cdot L) \dots\dots\dots (1)$$
$$F_s = (16.263 + 4.850 \times 0.5) / (4.900 \times 1.300) \geq 1.200$$
$$= 2.934 \geq 1.200 \dots\dots\dots \text{OK}$$

ここに、

ΣV : 躯体の自重 (kN/m)

P_v : 土圧の壁面摩擦による鉛直成分 (kN/m)

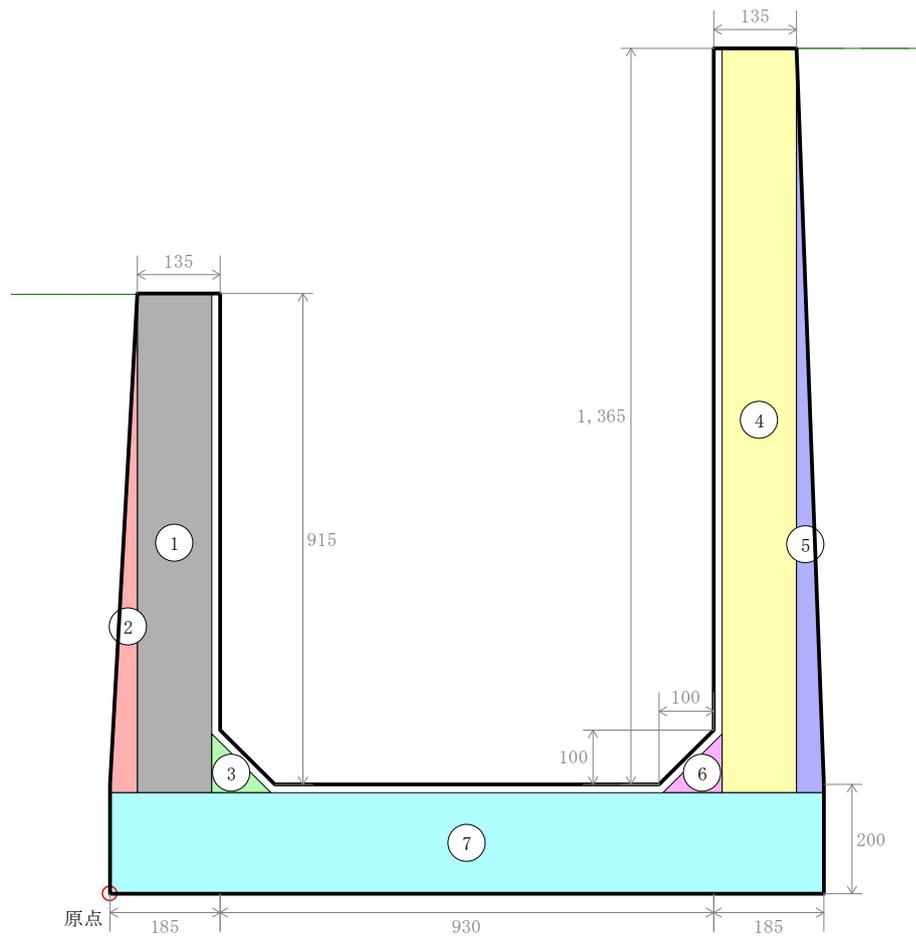
ただし、浮上の検討においては安全側に考え、50%を計上する。

P : 静水圧 (kN/m²)

L : 作用幅 (m)

6) 自重の算出 (摩耗時)

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	$24.500 \times 0.135 \times 0.915$	3.026	3.026		0.118	0.643	0.357	
2	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 0.915) \div 2$	0.570	0.570		0.033	0.490	0.019	
3	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		0.221	0.221	0.032	
4	$24.500 \times 0.135 \times 1.365$	4.515	4.515		1.183	0.868	5.341	
5	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 1.365) \div 2$	0.845	0.845		1.267	0.640	1.071	
6	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		1.079	0.221	0.156	
7	$24.500 \times 1.300 \times 0.185$	5.892	5.892		0.650	0.093	3.830	
合計		15.138	15.138	0.000			10.806	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。

7) 安全率の算出

浮上に対する検討は、式(1)の条件が満足しなければならない。

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

$$F_s = (15.138 + 4.850 \times 0.5) / (4.900 \times 1.300) \geq 1.200$$
$$= 2.757 \geq 1.200 \dots\dots\dots \text{OK}$$

ここに、

ΣV : 躯体の自重 (kN/m)

P_v : 土圧の壁面摩擦による鉛直成分 (kN/m)

ただし、浮上の検討においては安全側に考え、50%を計上する。

P : 静水圧 (kN/m²)

L : 作用幅 (m)

3.2 地盤支持力に対する検討

1) 諸条件

項目	記号	値	単位	備考
許容支持力	q_a	30.000	kN/m ²	

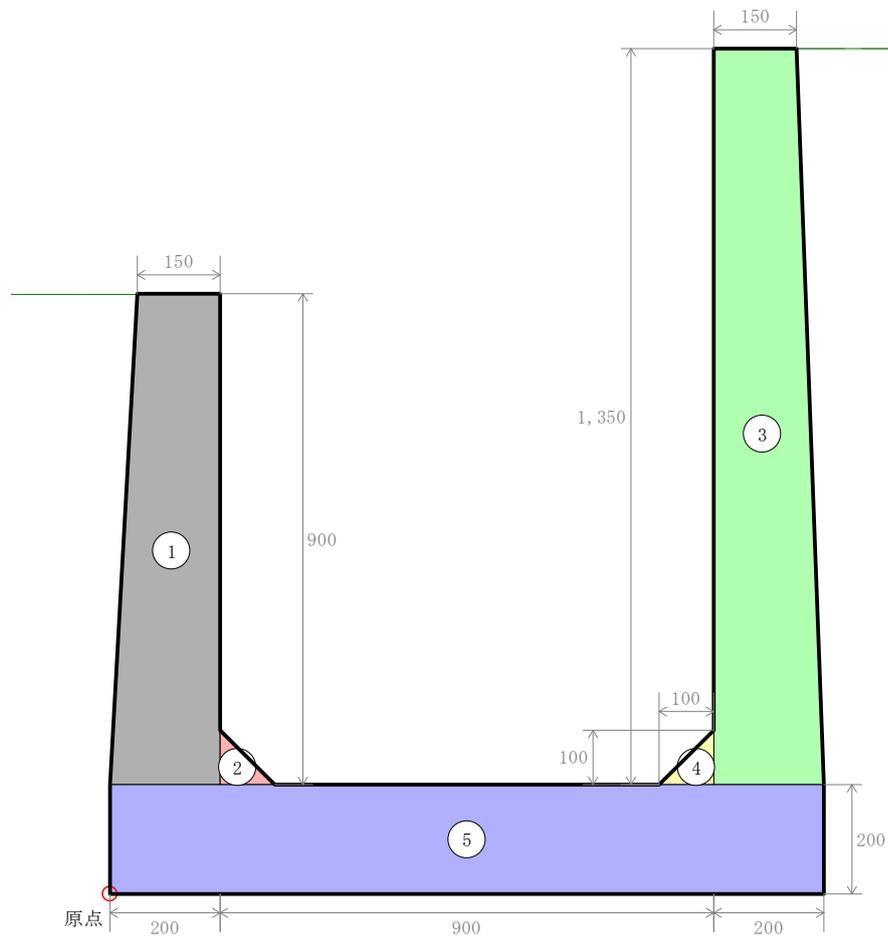
- ・張出し重量を自重に含めない。
- ・水路内の水重量を自重に含めない。
- ・地下水圧を考慮しない。
- ・地下水位以下の土砂重量を湿潤土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を含めない。

2) 作用する荷重の組み合わせ

項目	値	考慮		採用値		単位	備考
		左	右	左	右		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.372	—	—	—	—	kN/m ²	
自動車荷重	L: 10.000 R: 2.810	—	—	—	—	kN/m ²	
合計						kN/m ²	

3) 自重の算出

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	$24.500 \times 0.900 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	3.859	3.859		0.112	0.629	0.432	
2	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		0.233	0.233	0.029	
3	$24.500 \times 1.350 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	5.788	5.788		1.188	0.843	6.876	
4	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		1.067	0.233	0.131	
5	$24.500 \times 1.300 \times 0.200$	6.370	6.370		0.650	0.100	4.141	
合計		16.263	16.263	0.000			11.609	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

$$H_{R1} = 0.500 \text{ m}$$

$$H_{R2} = H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 1.350 + 0.200 - 0.000 - 0.500 = 1.050 \text{ m}$$

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

$$H_{L2} = H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 0.900 + 0.200 - 0.000 - 0.500 = 0.600 \text{ m}$$

$$P_{H1} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.313 \times 18.000 \times 1.050 = 5.916 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.313 \times 18.000 \times 0.500 + 5.916 = 8.733 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H3} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.321 \times 18.000 \times 0.600 = 3.467 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H4} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} + P_{H3} = 0.321 \times 18.000 \times 0.500 + 3.467 = 6.356 \text{ kN/m}^2$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 87.879) \\ &= 0.377 \end{aligned}$$

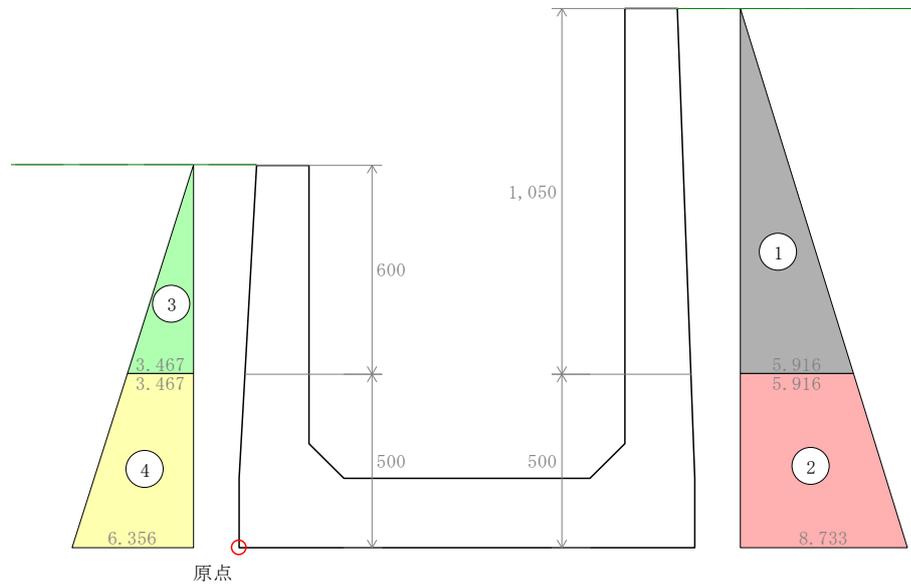
$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 87.879) \\ &= 0.926 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 86.820) \\ &= 0.394 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 86.820) \\ &= -0.919 \end{aligned}$$



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	$5.916 \times 1.050 \div 2$	3.106	1.171	2.876	1.300	0.850	1.522	2.445
2	$0.500 \times (5.916 + 8.733) \div 2$	3.662	1.381	3.391	1.300	0.234	1.795	0.793
3	$3.467 \times 0.600 \div 2$	1.040	0.410	-0.956		0.700		-0.669
4	$0.500 \times (3.467 + 6.356) \div 2$	2.456	0.968	-2.257		0.225		-0.508
合計		10.264	3.930	3.054			3.317	2.061

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

5) 地盤支持力の検討

基礎地盤支持力の検討は、式(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	16.263		11.609	
土圧および載荷重	3.930	3.054	3.317	2.061
合 計	20.193	3.054	14.926	2.061

$$e = |1.300 / 2 - (14.926 - 2.061) / 20.193|$$

$$= 0.013 \text{ (m)}$$

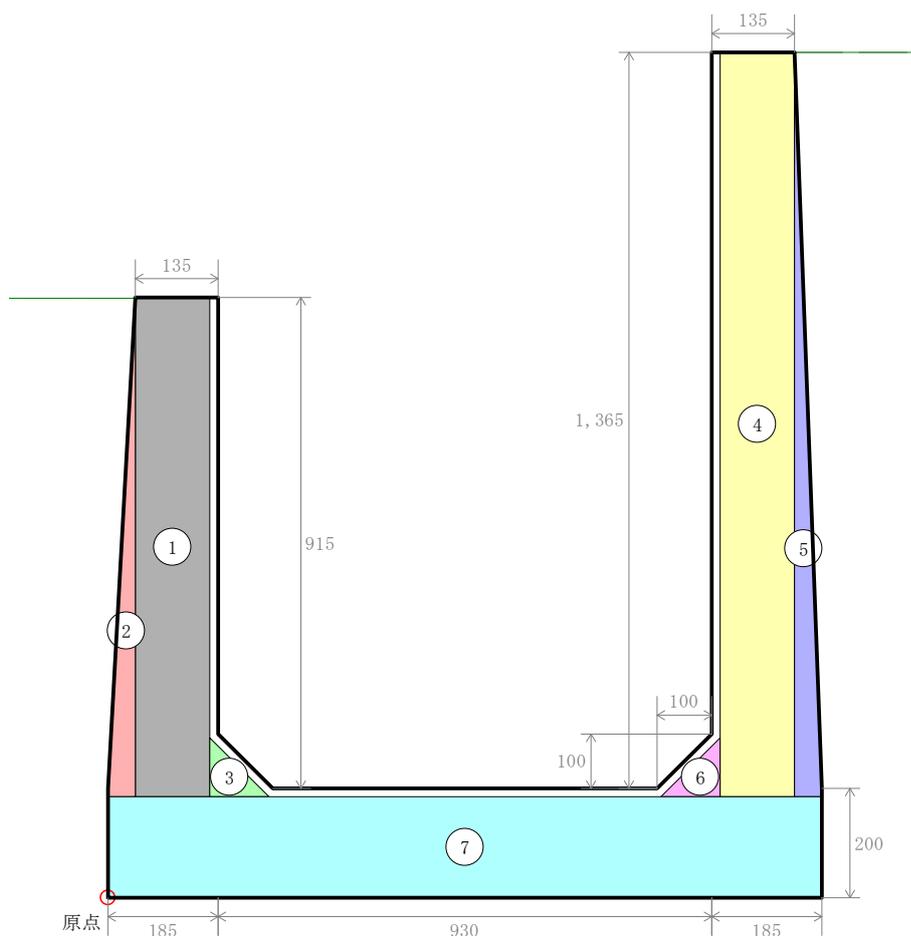
$$L_e = 1.300 - 2 \times 0.013 = 1.274 \text{ (m)}$$

$$q_{\max} = 20.193 / 1.274 = 15.850 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{\max} = 15.850 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 30.000 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

6) 自重の算出 (摩耗時)

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	$24.500 \times 0.135 \times 0.915$	3.026	3.026		0.118	0.643	0.357	
2	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 0.915) \div 2$	0.570	0.570		0.033	0.490	0.019	
3	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		0.221	0.221	0.032	
4	$24.500 \times 0.135 \times 1.365$	4.515	4.515		1.183	0.868	5.341	
5	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 1.365) \div 2$	0.845	0.845		1.267	0.640	1.071	
6	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		1.079	0.221	0.156	
7	$24.500 \times 1.300 \times 0.185$	5.892	5.892		0.650	0.093	3.830	
合計		15.138	15.138	0.000			10.806	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。

7) 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	15.138		10.806	
土圧および載荷重	3.930	3.054	3.317	2.061
合 計	19.068	3.054	14.123	2.061

$$e = |1.300 / 2 - (14.123 - 2.061) / 19.068|$$

$$= 0.017 \text{ (m)}$$

$$L_e = 1.300 - 2 \times 0.017 = 1.266 \text{ (m)}$$

$$q_{\max} = 19.068 / 1.266 = 15.062 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{\max} = 15.062 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 30.000 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

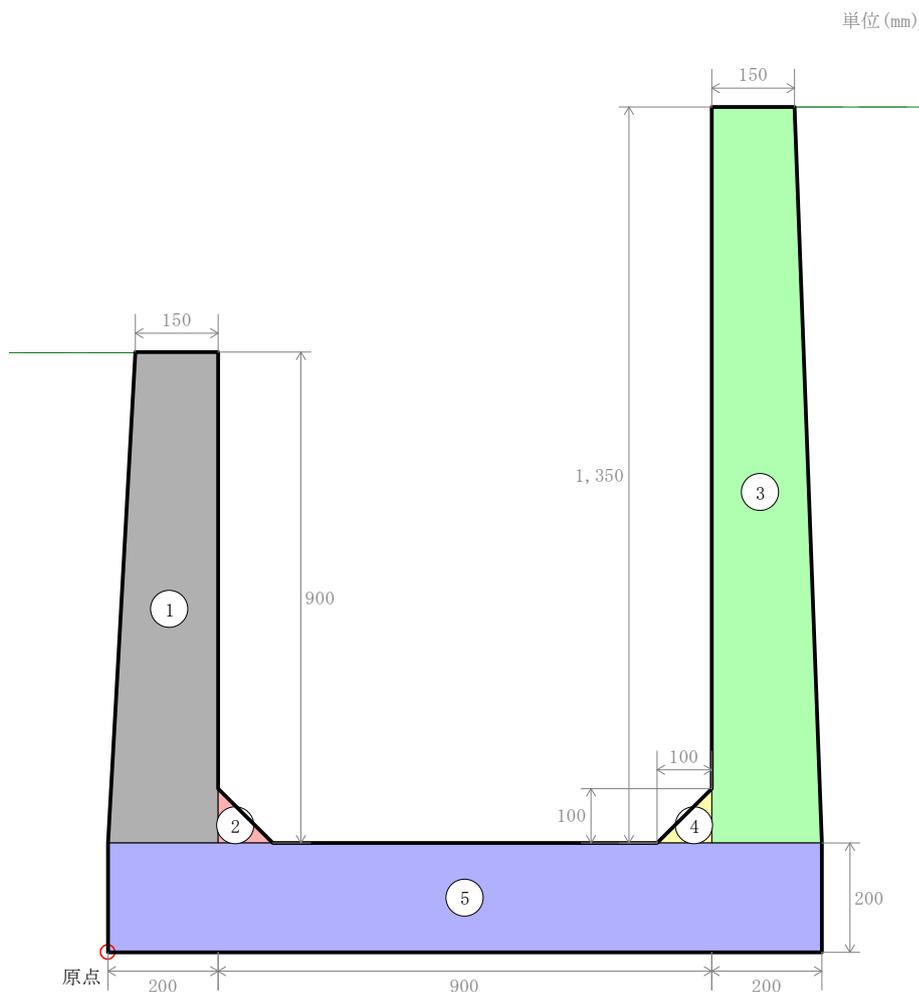
3.3 転倒に対する検討

- ・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。
- ・鉛直方に浮力を考慮する。

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: 6.372	—	—	—	—	kN/m ²	
自動車荷重	L: 10.000 R: 2.810	—	—	—	—	kN/m ²	
合計						kN/m ²	

2) 自重の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.900 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	3.859	3.859		0.112	0.629	0.432	
2	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		0.233	0.233	0.029	
3	$24.500 \times 1.350 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	5.788	5.788		1.188	0.843	6.876	
4	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		1.067	0.233	0.131	
5	$24.500 \times 1.300 \times 0.200$	6.370	6.370		0.650	0.100	4.141	
合計		16.263	16.263	0.000			11.609	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

$$\begin{aligned}H_{R1} &= 0.500 \text{ m} \\H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 1.350 + 0.200 - 0.000 - 0.500 \\&= 1.050 \text{ m} \\H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 0.900 + 0.200 - 0.000 - 0.500 \\&= 0.600 \text{ m} \\P_{H1} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.313 \times 18.000 \times 1.050 \\&= 5.916 \text{ kN/m}^2 \\P_{H2} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.313 \times 10.000 \times 0.500 + 5.916 \\&= 7.481 \text{ kN/m}^2 \\P_{H3} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.321 \times 18.000 \times 0.600 \\&= 3.467 \text{ kN/m}^2 \\P_{H4} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H3} = 0.321 \times 10.000 \times 0.500 + 3.467 \\&= 5.072 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

ここに、

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

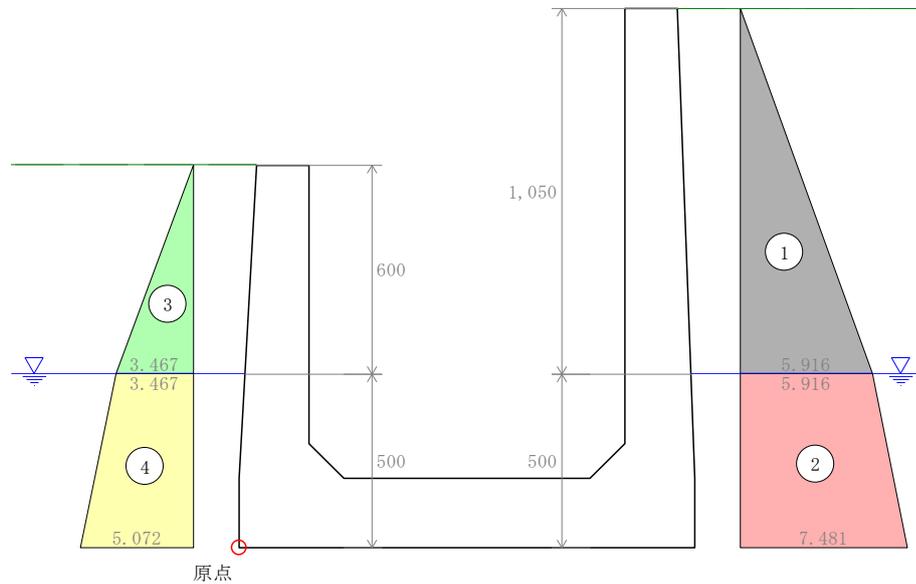
水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

$$\begin{aligned}\text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 87.879) \\&= 0.377 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 87.879) \\&= 0.926\end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}\text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 86.820) \\&= 0.394 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 86.820) \\&= -0.919\end{aligned}$$

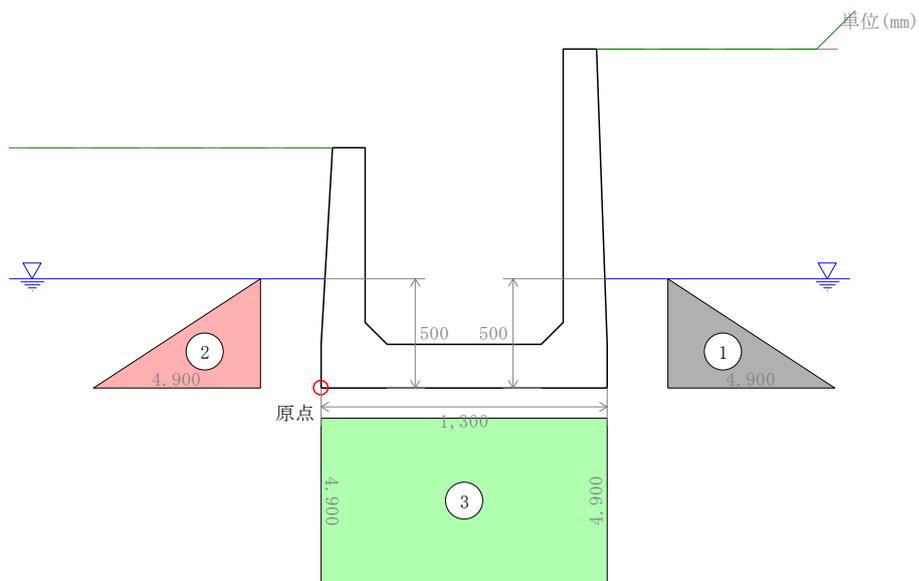


番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$5.916 \times 1.050 \div 2$	3.106	1.171	2.876	1.300	0.850	1.522	2.445
2	$0.500 \times (5.916 + 7.481) \div 2$	3.349	1.263	3.101	1.300	0.240	1.642	0.744
3	$3.467 \times 0.600 \div 2$	1.040	0.410	-0.956		0.700		-0.669
4	$0.500 \times (3.467 + 5.072) \div 2$	2.135	0.841	-1.962		0.234		-0.459
合計		9.630	3.685	3.059			3.164	2.061

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

4) 水圧の算出

$$\begin{aligned}
 P_{H1} &= \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{H2} &= \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{V1} &= \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{V2} &= \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		1.225	1.300	0.167		0.205
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	1.300×4.900	6.370	-6.370		0.650		-4.141	
合計		8.820	-6.370	0.000			-4.141	0.000

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

5) 転倒に対する検討

構造物の転倒に対する安定条件は、以下の値を満足するものでなければならない。

- ① $L/2 < e$ ならば、構造物は転倒する。
- ② $L/6 < e \leq L/2$ ならば、転倒はしないが構造物底面部に引張応力が生ずる。したがって、転倒に対する安定条件は、式(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	16.263		11.609	
土圧および載荷重	3.685	3.059	3.164	2.061
水 圧	-6.370		-4.141	
合 計	13.578	3.059	10.632	2.061

$$e = |1.300 / 2 - (10.632 - 2.061) / 13.578|$$

$$= 0.019 \text{ (m)}$$

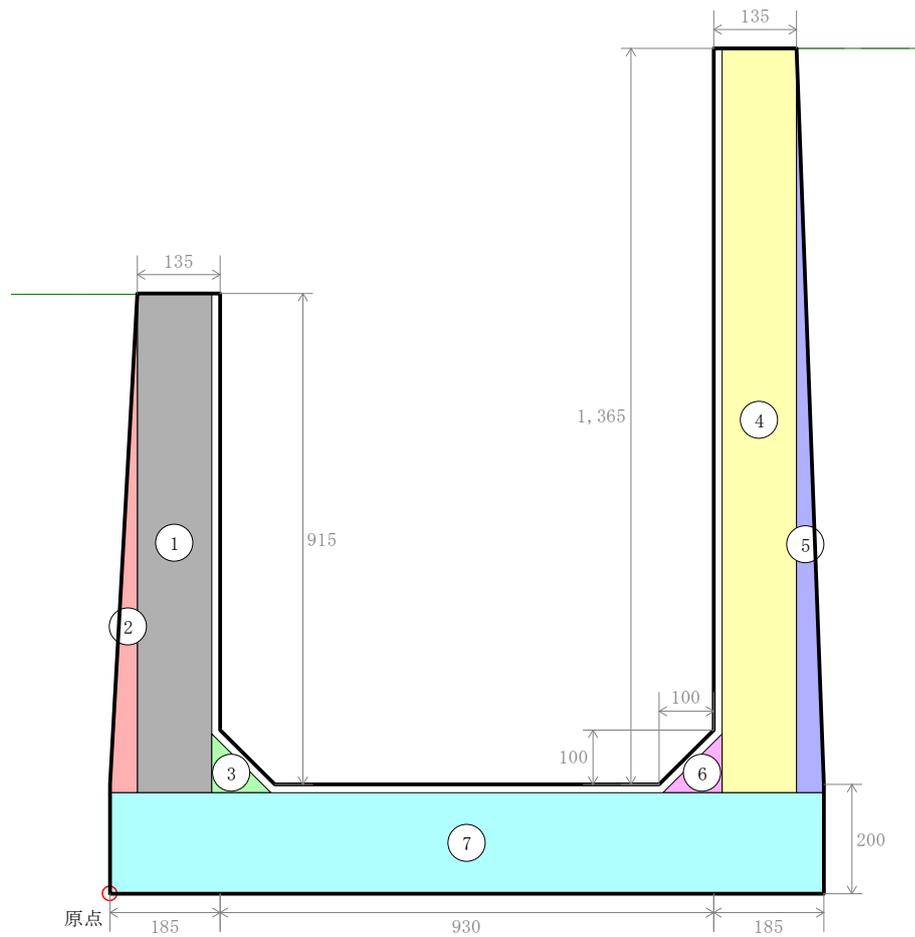
$$L/6 = 1.300 / 6$$

$$= 0.217 \text{ (m)}$$

$$e = 0.019 \text{ (m)} \leq L/6 = 0.217 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

6) 自重の算出 (摩耗時)

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	$24.500 \times 0.135 \times 0.915$	3.026	3.026		0.118	0.643	0.357	
2	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 0.915) \div 2$	0.570	0.570		0.033	0.490	0.019	
3	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		0.221	0.221	0.032	
4	$24.500 \times 0.135 \times 1.365$	4.515	4.515		1.183	0.868	5.341	
5	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 1.365) \div 2$	0.845	0.845		1.267	0.640	1.071	
6	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		1.079	0.221	0.156	
7	$24.500 \times 1.300 \times 0.185$	5.892	5.892		0.650	0.093	3.830	
合計		15.138	15.138	0.000			10.806	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。

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部に引張応力が生ずる。
- したがって、転倒に対する安定条件は、式(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	15.138		10.806	
土圧および載荷重	3.685	3.059	3.164	2.061
水 圧	-6.370		-4.141	
合 計	12.453	3.059	9.829	2.061

$$e = |1.300 / 2 - (9.829 - 2.061) / 12.453|$$

$$= 0.026 \text{ (m)}$$

$$L/6 = 1.300 / 6$$

$$= 0.217 \text{ (m)}$$

$$e = 0.026 \text{ (m)} \leq L/6 = 0.217 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

3.4 滑動に対する検討

1) 諸条件

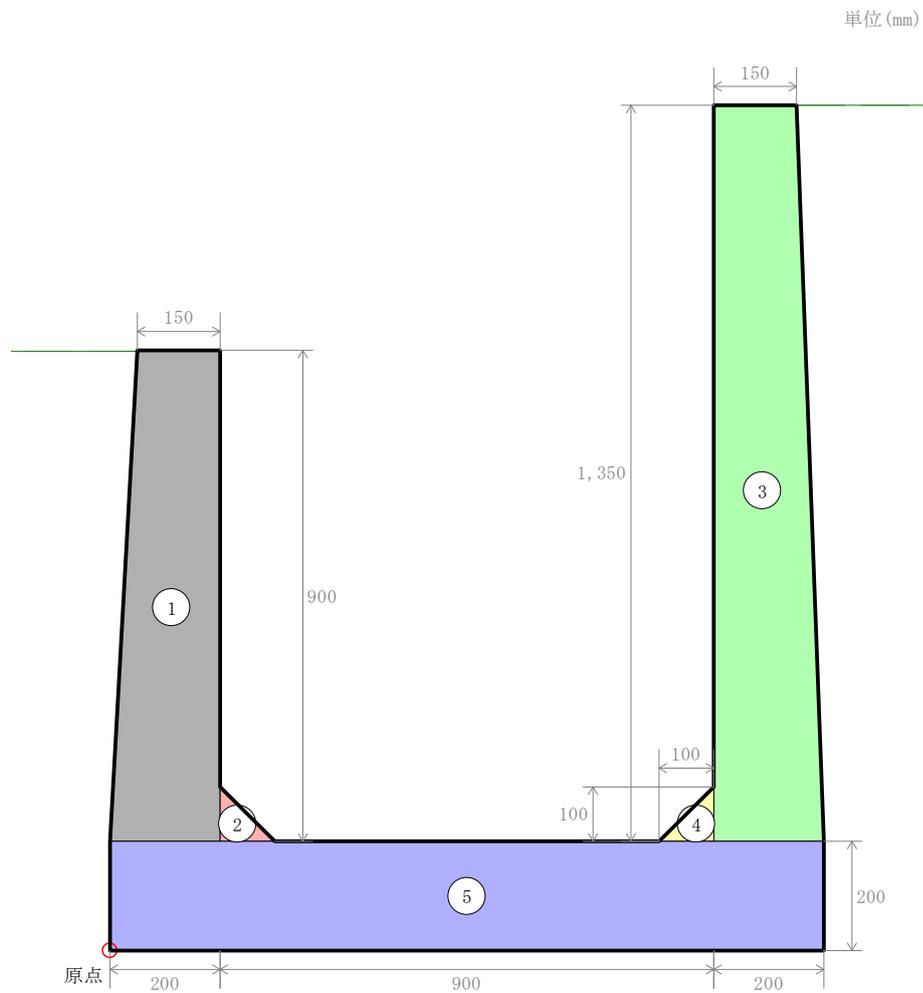
項目	記号	値	単位	備考
安全率	F_s	1.500		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.577		$\tan \phi$

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し上の土砂重量を自重に含めない。
- ・水路内の水重量を自重に含めない。
- ・地下水圧を考慮しない。
- ・地下水位以下の土砂重量を湿潤土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を含めない。

2) 作用する荷重の組み合わせ

項目	値	考慮		採用値		単位	備考
		左	右	左	右		
盛土荷重	L: 0.000 R: 6.372	—	—	—	—	kN/m^2	
自動車荷重	L: 10.000 R: 2.810	—	—	—	—	kN/m^2	
合計						kN/m^2	

3) 自重の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_X (kN・m)	M_Y (kN・m)
1	$24.500 \times 0.900 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	3.859	3.859		0.112	0.629	0.432	
2	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		0.233	0.233	0.029	
3	$24.500 \times 1.350 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	5.788	5.788		1.188	0.843	6.876	
4	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		1.067	0.233	0.131	
5	$24.500 \times 1.300 \times 0.200$	6.370	6.370		0.650	0.100	4.141	
合計		16.263	16.263	0.000			11.609	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

$$H_{R1} = 0.500 \text{ m}$$

$$H_{R2} = H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 1.350 + 0.200 - 0.000 - 0.500 = 1.050 \text{ m}$$

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

$$H_{L2} = H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 0.900 + 0.200 - 0.000 - 0.500 = 0.600 \text{ m}$$

$$P_{H1} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.313 \times 18.000 \times 1.050 = 5.916 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.313 \times 18.000 \times 0.500 + 5.916 = 8.733 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H3} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.321 \times 18.000 \times 0.600 = 3.467 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H4} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} + P_{H3} = 0.321 \times 18.000 \times 0.500 + 3.467 = 6.356 \text{ kN/m}^2$$

ここに、

H_{DR} : 右側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{DL} : 左側壁天端から地盤までの落差 (m)

H_{R1} : 水路右側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

H_{R2} : 水路右側における地盤線より地下水位線までの深さ (m)

H_{L1} : 水路左側における底版下より地下水位線までの高さ (m)

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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 87.879) \\ &= 0.377 \end{aligned}$$

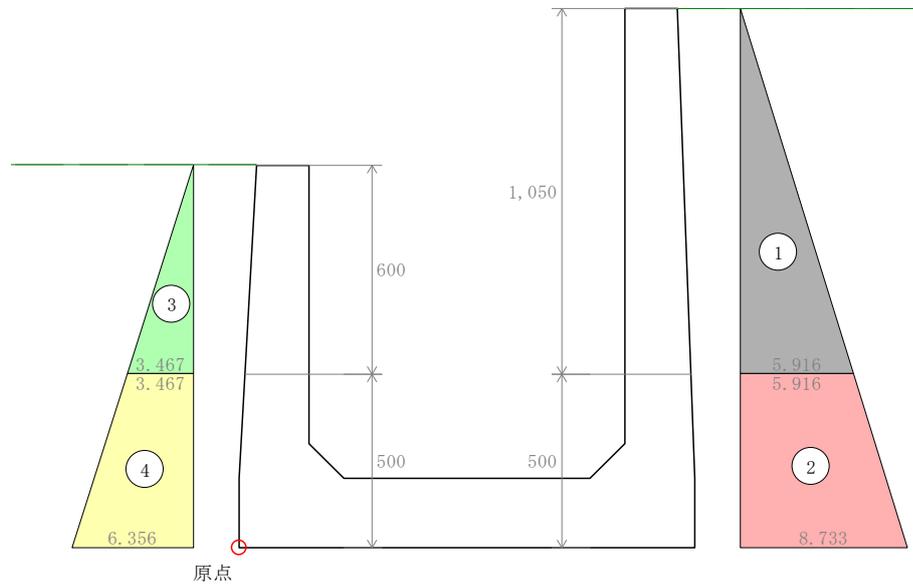
$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 87.879) \\ &= 0.926 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 86.820) \\ &= 0.394 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 86.820) \\ &= -0.919 \end{aligned}$$



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	$5.916 \times 1.050 \div 2$	3.106	1.171	2.876	1.300	0.850	1.522	2.445
2	$0.500 \times (5.916 + 8.733) \div 2$	3.662	1.381	3.391	1.300	0.234	1.795	0.793
3	$3.467 \times 0.600 \div 2$	1.040	0.410	-0.956		0.700		-0.669
4	$0.500 \times (3.467 + 6.356) \div 2$	2.456	0.968	-2.257		0.225		-0.508
合計		10.264	3.930	3.054			3.317	2.061

「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) 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、 $\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2$

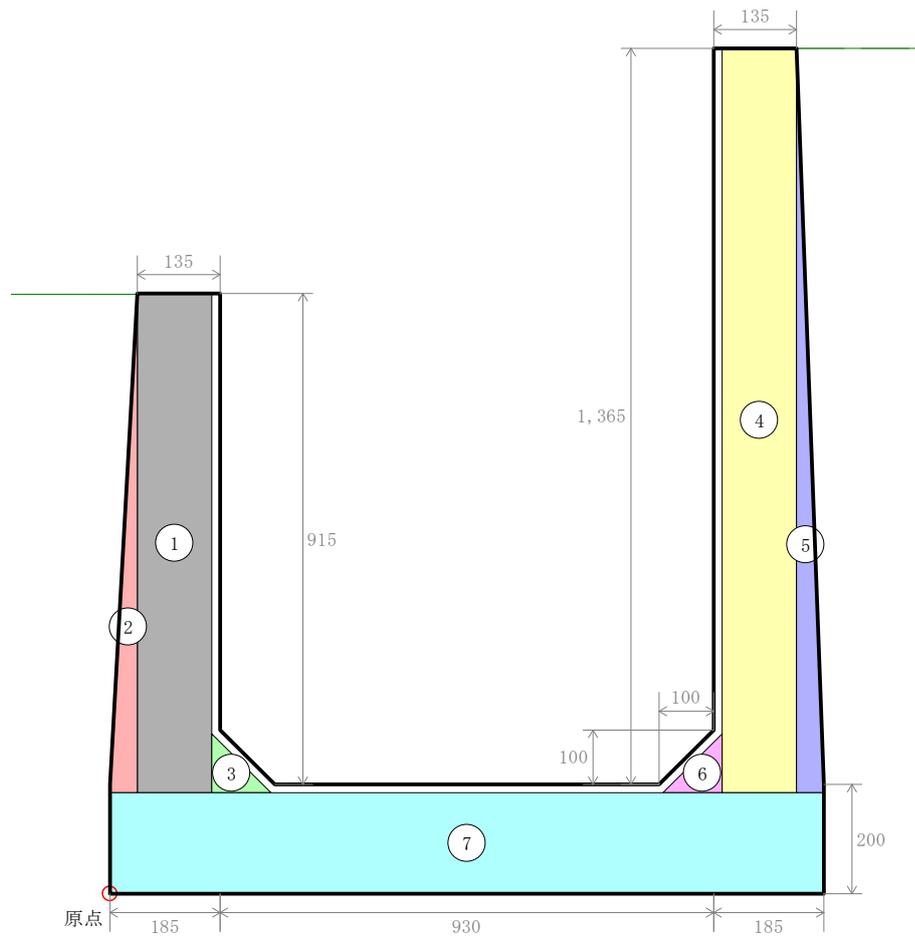
項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	16.263		11.609	
土圧および載荷重	3.930	3.054	3.317	2.061
合 計	20.193	3.054	14.926	2.061

$$\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2 = (30.000 + 30.000) / 2 = 30.000$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.500 \\ &= 20.193 \times \tan 30.000 / 3.054 \geq 1.500 \\ &= 20.193 \times 0.577 / 3.054 \geq 1.500 \\ &= 3.815 \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

6) 自重の算出 (摩耗時)

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	$24.500 \times 0.135 \times 0.915$	3.026	3.026		0.118	0.643	0.357	
2	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 0.915) \div 2$	0.570	0.570		0.033	0.490	0.019	
3	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		0.221	0.221	0.032	
4	$24.500 \times 0.135 \times 1.365$	4.515	4.515		1.183	0.868	5.341	
5	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 1.365) \div 2$	0.845	0.845		1.267	0.640	1.071	
6	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		1.079	0.221	0.156	
7	$24.500 \times 1.300 \times 0.185$	5.892	5.892		0.650	0.093	3.830	
合計		15.138	15.138	0.000			10.806	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。

7) 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	15.138		10.806	
土圧および載荷重	3.930	3.054	3.317	2.061
合 計	19.068	3.054	14.123	2.061

$$\phi = (\phi_R + \phi_L) / 2 = (30.000 + 30.000) / 2 = 30.000$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.500 \\ &= 19.068 \times \tan 30.000 / 3.054 \geq 1.500 \\ &= 19.068 \times 0.577 / 3.054 \geq 1.500 \\ &= 3.602 \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

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=2.934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 15.850 (kN/m²) が、設定されている許容支持力 30.000 (kN/m²) 以下のため。

..... OK

- ・ 転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.019 (m) が、基礎面の長さ 1.300 (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=3.815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=2.757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 15.062 (kN/m²)が、設定されている許容支持力 30.000 (kN/m²)以下のため。

..... OK

- ・ 転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.026 (m)が、基礎面の長さ 1.300 (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=3.602が、設定された安全率=1.500以上となるため。

..... OK

4 部材断面の検討

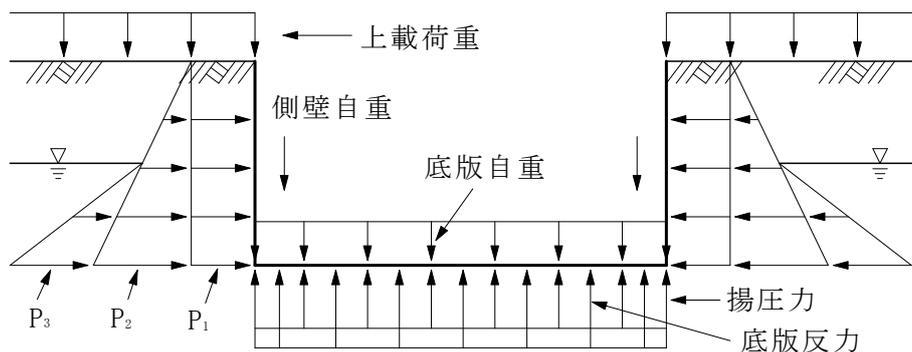
4.1 荷重の組み合わせ（荷重ケース）

荷重		項目	部材断面の検討		備考
			ケース 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				
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	常時	

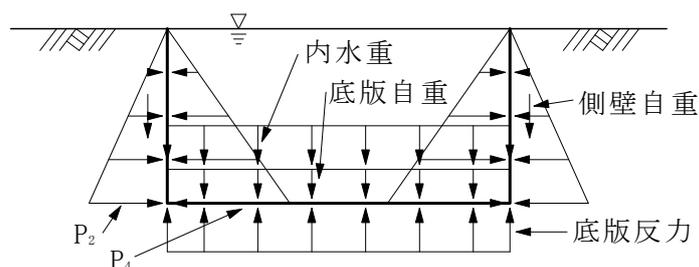
ケース 1：側壁、底版の各部材の外側に最大曲げモーメントが生ずる場合。

ケース 3：側壁、底版の各部材の内側に最大曲げモーメントが生ずる場合。

（側壁の埋戻し土の反力が期待できる場合）



ケース I



ケース III

【仮想背面との摩擦角 常時】

・右側

部材計算時の壁面摩擦角 δ の値は $(2/3)\phi$ とする。

張出しの長さ

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

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

・左側

張出しの長さ

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

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

【壁背面の傾斜角】

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{H_R / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{1350 / (200 - 150)\} \\ &= 87.879^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_L &= \tan^{-1}\{H_L / (T_{L2} - T_{L1})\} \\ &= \tan^{-1}\{900 / (200 - 150)\} \\ &= 86.820^\circ\end{aligned}$$

【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。

$$K_{AR} = 0.313$$

$$K_{AL} = 0.321$$

また、荷重ケース 3 においては、内部摩擦角 30° における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

$$\delta = 20.000$$

$$K_{AR30} = 0.313$$

・左側

$$\delta = 20.000$$

$$K_{AL30} = 0.321$$

5 部材断面力計算

5.1 荷重組み合わせパターン（常時：ケース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	底版の上面	1.350	1.350	0.300	—	—	○	—
	2	側壁付根	1.450	1.450	0.400	—	—	—	○
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	3	底版の上面	0.900	0.900	0.300	—	—	○	—
	4	側壁付根	1.000	1.000	0.400	—	—	—	○
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	5	左側壁付け根	0.000		1.100		—	○	
	6	左側壁内面	0.100		1.000		○	—	
	7	最大モーメント	0.338		0.762		—	○	
	8	右側壁内面	1.000		0.100		○	—	
	9	右側壁付け根	1.100		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

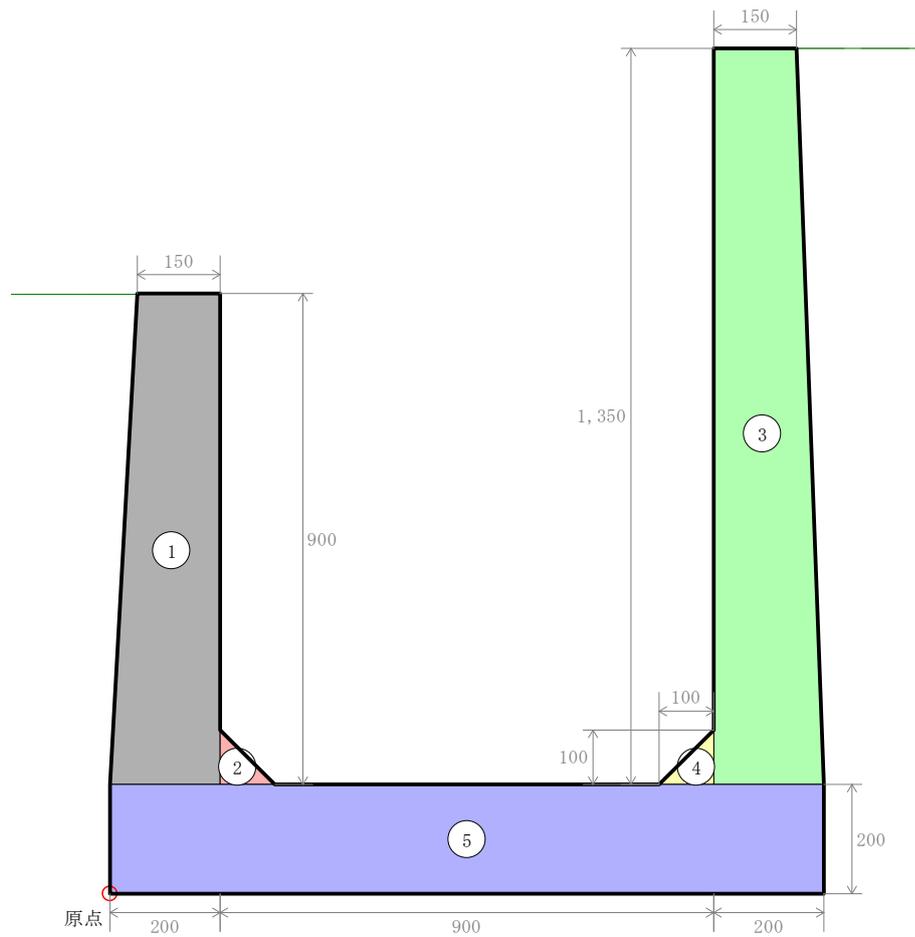
2) 上載荷重

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: 6.372		—	○	6.372
自動車荷重	L: 10.000 R: 2.810	○	10.000	○	2.810
群集荷重	—		—		—
積雪荷重	—		—		—
任意荷重	—		—		—
合計			10.000		9.182

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

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	$24.500 \times 0.900 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	3.859	3.859		0.112	0.629	0.432	
2	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		0.233	0.233	0.029	
3	$24.500 \times 1.350 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	5.788	5.788		1.188	0.843	6.876	
4	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		1.067	0.233	0.131	
5	$24.500 \times 1.300 \times 0.200$	6.370	6.370		0.650	0.100	4.141	
合計		16.263	16.263	0.000			11.609	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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} \\
 &= 3.859 + 0.123 + 5.788 + 0.123 \\
 &= 9.893
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧強度の算出

$$\begin{aligned}H_{R1} &= 0.500 \text{ m} \\H_{R2} &= H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 1.350 + 0.200 - 0.000 - 0.500 \\&= 1.050 \text{ m} \\H_{L1} &= 0.500 \text{ m} \\H_{L2} &= H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 0.900 + 0.200 - 0.000 - 0.500 \\&= 0.600 \text{ m} \\P_{H1} &= K_{AR} \cdot q_R = 0.313 \times 9.182 \\&= 2.874 \text{ kN/m}^2 \\P_{H2} &= K_{AL} \cdot q_L = 0.321 \times 10.000 \\&= 3.210 \text{ kN/m}^2 \\P_{H3} &= K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.313 \times 18.000 \times 1.050 \\&= 5.916 \text{ kN/m}^2 \\P_{H4} &= K_{AR} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{R1} + P_{H3} = 0.313 \times 10.000 \times 0.500 + 5.916 \\&= 7.481 \text{ kN/m}^2 \\P_{H5} &= K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.321 \times 18.000 \times 0.600 \\&= 3.467 \text{ kN/m}^2 \\P_{H6} &= K_{AL} \cdot \gamma_{ws} \cdot H_{L1} + P_{H5} = 0.321 \times 10.000 \times 0.500 + 3.467 \\&= 5.032 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

ここに、

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

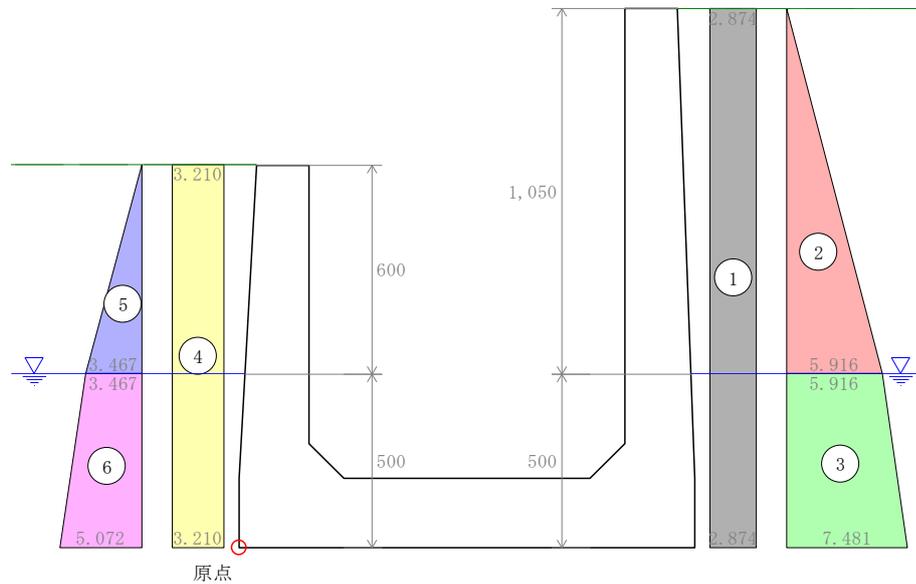
水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

$$\begin{aligned}\text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 87.879) \\&= 0.377 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 87.879) \\&= 0.926\end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}\text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 86.820) \\&= 0.394 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 86.820) \\&= -0.919\end{aligned}$$



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	2.874×1.550	4.455	1.680	4.125	1.300	0.775	2.184	3.197
2	$5.916 \times 1.050 \div 2$	3.106	1.171	2.876	1.300	0.850	1.522	2.445
3	$0.500 \times (5.916 + 7.481) \div 2$	3.349	1.263	3.101	1.300	0.240	1.642	0.744
4	3.210×1.100	3.531	1.391	-3.245		0.550		-1.785
5	$3.467 \times 0.600 \div 2$	1.040	0.410	-0.956		0.700		-0.669
6	$0.500 \times (3.467 + 5.072) \div 2$	2.135	0.841	-1.962		0.234		-0.459
合計		17.616	6.756	3.939			5.348	3.473

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

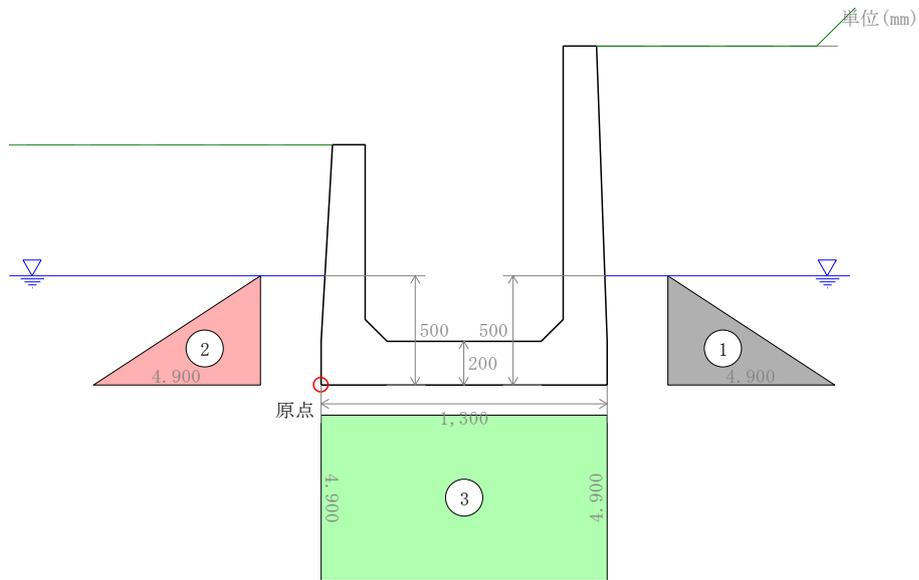
5) 水圧の算出

$$P_{H1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$

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

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$

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



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		1.225	1.300	0.167		0.205
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	1.300×4.900	6.370	-6.370		0.650		-4.141	
合計		8.820	-6.370	0.000			-4.141	0.000

「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・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	16.263		11.609		9.893
土圧および載荷重	6.756	3.939	5.348	3.473	6.756
水 圧	-6.370		-4.141		
合 計	16.649	3.939	12.816	3.473	16.649

$$\begin{aligned}
 e &= 1.300 / 2 - (12.816 - 3.473) / 16.649 \\
 &= 0.089 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(0.550m)の1/3(0.183m)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。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 16.649 / 1.100 \times (1 - 6 \times 0.089 / 1.100) \\
 &= 7.788 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 16.649 / 1.100 \times (1 + 6 \times 0.089 / 1.100) \\
 &= 22.483 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

7) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= (1/2 \times 18.000 \times 1.350^2 + 9.182 \times 1.350) \times 0.313 \times \cos 20.000 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\ &\quad 0.300^2 \times 0.313 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 \\ &= 8.805 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= (1/6 \times 18.000 \times 1.450^3 + 1/2 \times 9.182 \times 1.450^2) \times 0.313 \times \cos 20.000 + 1/6 \times (10.000 - \\ &\quad 18.000) \times 0.400^3 \times 0.313 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.400^3 \\ &= 5.609 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_L \cdot h_d) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= (1/2 \times 18.000 \times 0.900^2 + 10.000 \times 0.900) \times 0.321 \times \cos 20.000 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\ &\quad 0.300^2 \times 0.321 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 \\ &= 5.220 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} M_{S4} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_L \cdot h_d^2) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= (1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 + 1/2 \times 10.000 \times 1.000^2) \times 0.321 \times \cos 20.000 + 1/6 \times (10.000 - \\ &\quad 18.000) \times 0.400^3 \times 0.321 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.400^3 \\ &= 2.485 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

8) 底版の断面力計算

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

・ 右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S2} = 5.609 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・ 左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S4} = 2.485 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面5 底版

$$\begin{aligned} M_{T5} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (5.609 - 2.485) \times 0.000 / 1.100 + 2.485 + 1/6 \times 0.000 \times (1.100 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / \\ &\quad 1.100) \times (22.483 - 7.788) - 3 \times 22.483\} \\ &= 2.485 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 底版

$$\begin{aligned} S_{T6} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= -1/2 \times 22.483 \times (1.100 - 2 \times 0.100) + (22.483 - 7.788) \times 1.100 \times 1/2 \times (1/3 - 0.100^2 / 1 \\ &\quad .100^2) + (5.609 - 2.485) / 1.100 \\ &= -4.650 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (5.609 - 2.485) \times 0.338 / 1.100 + 2.485 + 1/6 \times 0.338 \times (1.100 - 0.338) \times \{(1 + 0.338 / \\ &\quad 1.100) \times (22.483 - 7.788) - 3 \times 22.483\} \\ &= 1.374 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= -1/2 \times 22.483 \times (1.100 - 2 \times 1.000) + (22.483 - 7.788) \times 1.100 \times 1/2 \times (1/3 - 1.000^2 / 1 \\ &\quad .100^2) + (5.609 - 2.485) / 1.100 \\ &= 8.972 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (5.609 - 2.485) \times 1.100 / 1.100 + 2.485 + 1/6 \times 1.100 \times (1.100 - 1.100) \times \{(1 + 1.100 / \\ &\quad 1.100) \times (22.483 - 7.788) - 3 \times 22.483\} \\ &= 5.609 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

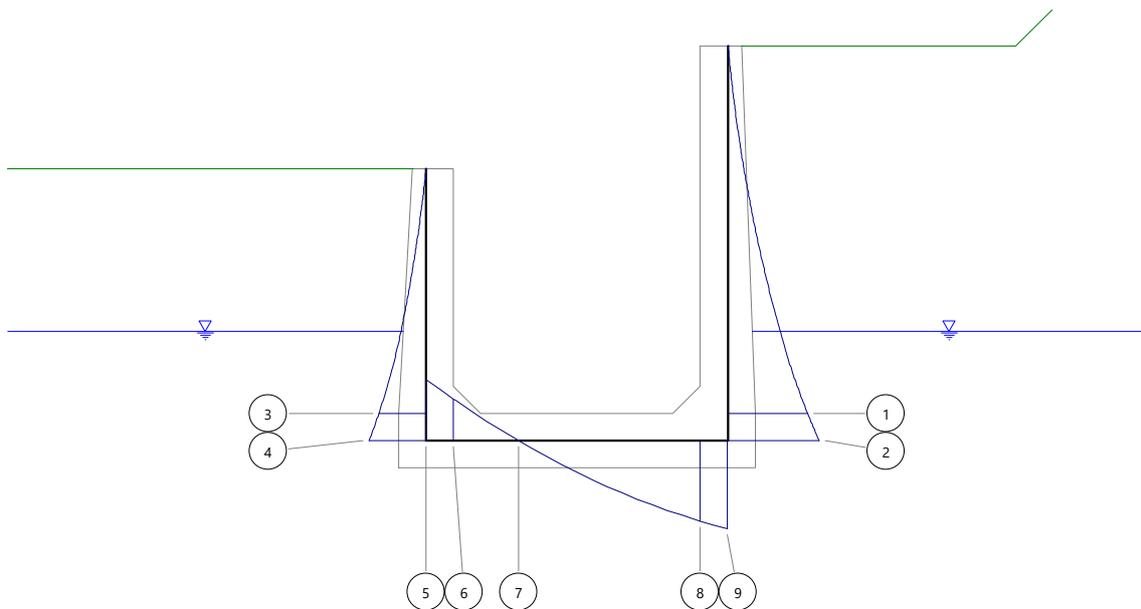
9) 断面力一覧

右側壁	記号	位置	h (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	1	底版の上面	1.350	8.805	—
2	側壁付根	1.450	—	5.609	
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)
	3	底版の上面	0.900	5.220	—
4	側壁付根	1.000	—	2.485	
底版	記号	位置	χ (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	5	左側壁付け根	0.000	—	2.485
	6	左側壁内面	0.100	-4.650	—
	7	最大モーメント	0.338	—	1.374
	8	右側壁内面	1.000	8.972	—
9	右側壁付け根	1.100	—	5.609	

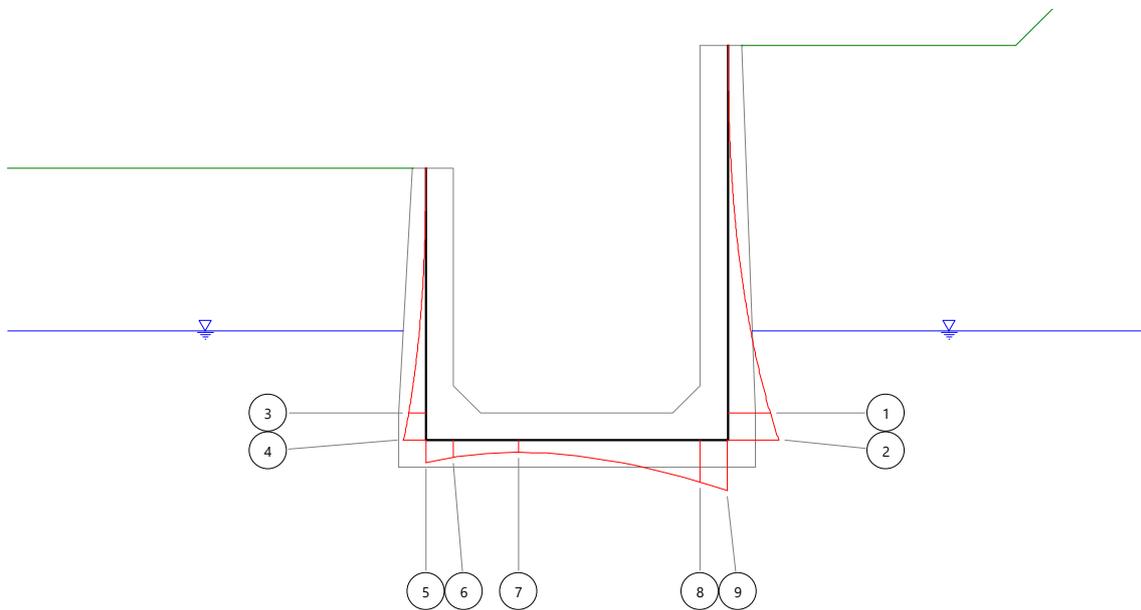
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

10) せん断力図



11) 曲げモーメント図



5.2 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	底版の上面	1.350	1.350	—	0.700	0.700	○	—
	2	側壁付根	1.450	1.450	—	0.700	0.800	—	○
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	3	底版の上面	0.900	0.900	—	0.700	0.700	○	—
	4	側壁付根	1.000	1.000	—	0.700	0.800	—	○
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	5	左側壁付け根	0.000		1.100		—	○	
	6	左側壁内面	0.100		1.000		○	—	
	7	最大モーメント	0.289		0.811		—	○	
	8	右側壁内面	1.000		0.100		○	—	
	9	右側壁付け根	1.100		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

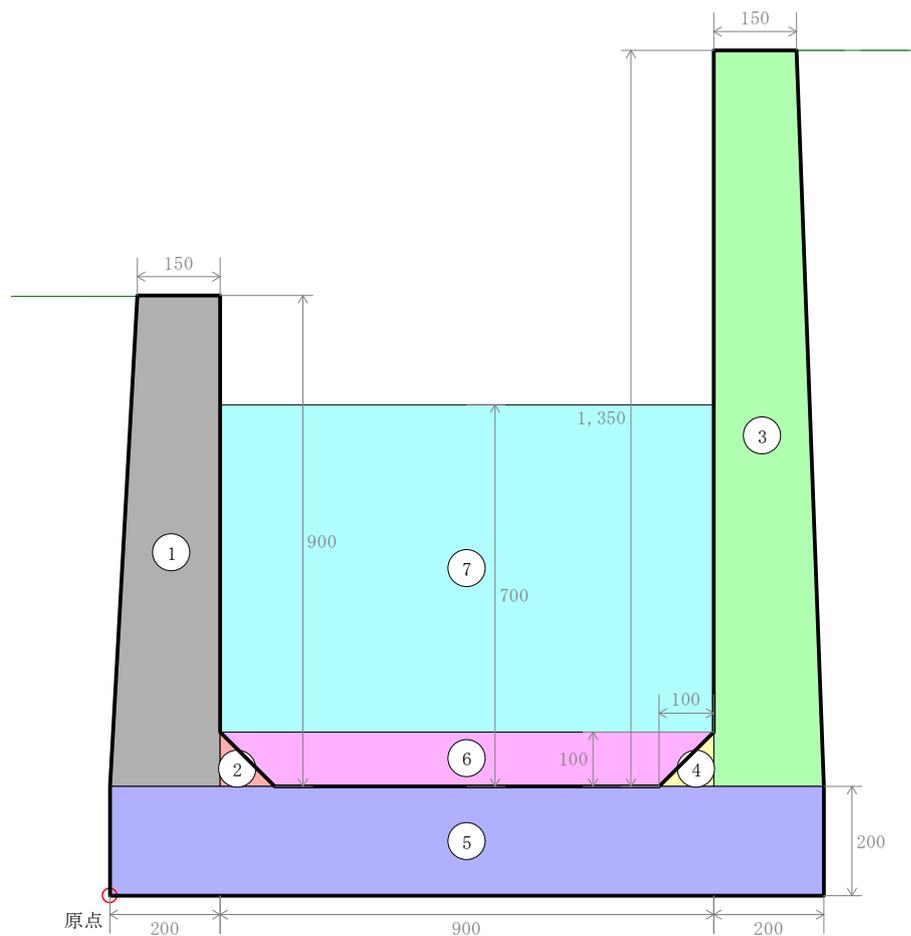
2) 上載荷重

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: 6.372		—	○	6.372
自動車荷重	L: 10.000 R: 2.810		—		—
群集荷重	—		—		—
積雪荷重	—		—		—
任意荷重	—		—		—
合計			—		6.372

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

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	$24.500 \times 0.900 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	3.859	3.859		0.112	0.629	0.432	
2	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		0.233	0.233	0.029	
3	$24.500 \times 1.350 \times (0.150 + 0.200) \div 2$	5.788	5.788		1.188	0.843	6.876	
4	$24.500 \times 0.100 \times 0.100 \div 2$	0.123	0.123		1.067	0.233	0.131	
5	$24.500 \times 1.300 \times 0.200$	6.370	6.370		0.650	0.100	4.141	
6	$9.800 \times 0.100 \times (0.700 + 0.900) \div 2$	0.784	0.784		0.650	0.252	0.510	
7	$9.800 \times 0.900 \times 0.600$	5.292	5.292		0.650	0.600	3.440	
合計		22.339	22.339	0.000			15.559	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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} \\
 &= 3.859 + 0.123 + 5.788 + 0.123 \\
 &= 9.893
 \end{aligned}$$

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

$$\text{右側 } K_{AR30} = 0.313$$

$$\text{左側 } K_{AL30} = 0.321$$

$$\text{右側 } K_{AR} = 0.313 \leq K_{AR30} = 0.313$$

$$\text{左側 } K_{AL} = 0.321 \leq K_{AL30} = 0.321$$

したがって主働土圧係数は各々

$$\text{右側 } K_{AR} = 0.313$$

$$\text{左側 } K_{AL} = 0.321$$

とし、水路外側の主働土圧を求める。

主働土圧強度の算出

$$H_{R1} = 0.500 \text{ m}$$

$$H_{R2} = H_R + T_3 - H_{DR} - H_{R1} = 1.350 + 0.200 - 0.000 - 0.500 \\ = 1.050 \text{ m}$$

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

$$H_{L2} = H_L + T_3 - H_{DL} - H_{L1} = 0.900 + 0.200 - 0.000 - 0.500 \\ = 0.600 \text{ m}$$

$$P_{H1} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R2} = 0.313 \times 18.000 \times 1.050 \\ = 5.916 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H2} = K_{AR} \cdot \gamma_t \cdot H_{R1} + P_{H1} = 0.313 \times 18.000 \times 0.500 + 5.916 \\ = 8.733 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H3} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L2} = 0.321 \times 18.000 \times 0.600 \\ = 3.467 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{H4} = K_{AL} \cdot \gamma_t \cdot H_{L1} + P_{H3} = 0.321 \times 18.000 \times 0.500 + 3.467 \\ = 6.356 \text{ kN/m}^2$$

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/m^2)

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。

$$\text{鉛直方向} = \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 87.879) \\ = 0.377$$

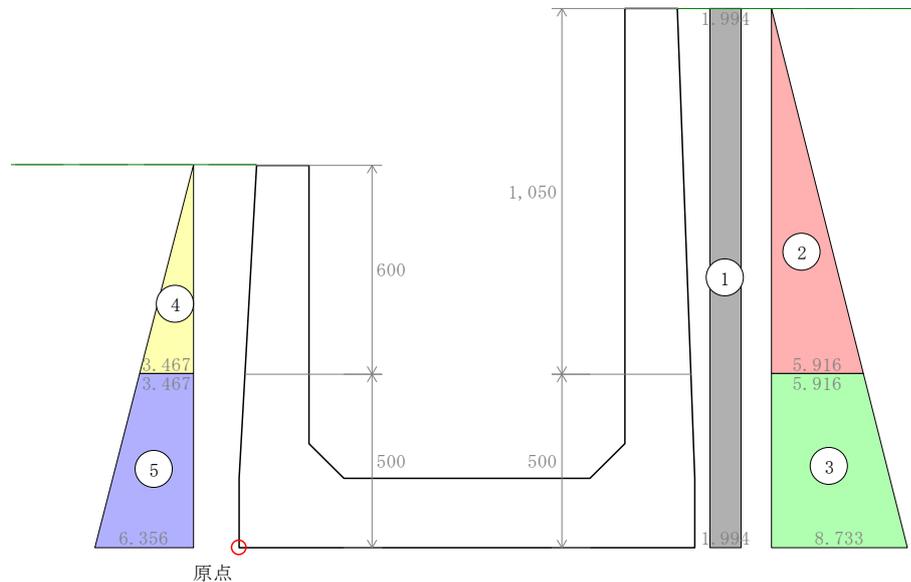
$$\text{水平方向} = \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 87.879) \\ = 0.926$$

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

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

$$\text{鉛直方向} = \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(20.000 + 90 - 86.820) \\ = 0.394$$

$$\text{水平方向} = -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(20.000 + 90 - 86.820) \\ = -0.919$$



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	1.994×1.550	3.091	1.165	2.862	1.300	0.775	1.515	2.218
2	$5.916 \times 1.050 \div 2$	3.106	1.171	2.876	1.300	0.850	1.522	2.445
3	$0.500 \times (5.916 + 8.733) \div 2$	3.662	1.381	3.391	1.300	0.234	1.795	0.793
4	$3.467 \times 0.600 \div 2$	1.040	0.410	-0.956		0.700		-0.669
5	$0.500 \times (3.467 + 6.356) \div 2$	2.456	0.968	-2.257		0.225		-0.508
合計		13.355	5.095	5.916			4.832	4.279

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

5) 偏心距離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	22.339		15.559		9.893
土圧および載荷重	5.095	5.916	4.832	4.279	5.095
合 計	27.434	5.916	20.391	4.279	14.988

$$e = 1.300 / 2 - (20.391 - 4.279) / 27.434$$

$$= 0.063 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(0.550m)の1/3(0.183m)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。

$$q_R = 14.988 / 1.100 \times (1 - 6 \times 0.063 / 1.100)$$

$$= 8.943 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_L = 14.988 / 1.100 \times (1 + 6 \times 0.063 / 1.100)$$

$$= 18.308 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

6) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= (1/2 \times 18.000 \times 1.350^2 + 6.372 \times 1.350) \times 0.313 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.700^2) \\ &= 4.953 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= (1/6 \times 18.000 \times 1.450^3 + 1/2 \times 6.372 \times 1.450^2) \times 0.313 \times \cos 20.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 0.700^2 \times (3 \\ &\quad \times 0.800 - 2 \times 0.700)\} \\ &= 3.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 18.000 \times 0.900^2 \times 0.321 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.700^2) \\ &= -0.202 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= 1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 \times 0.321 \times \cos 20.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 0.700^2 \times (3 \times 0.800 - 2 \times \\ &\quad 0.700)\} \\ &= 0.105 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

7) 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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S2} = 3.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S4} = 0.105 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面5 底版

$$\begin{aligned} M_{T5} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (3.860 - 0.105) \times 0.000 / 1.100 + 0.105 + 1/6 \times 0.000 \times (1.100 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 1.100) \times (18.308 - 8.943) - 3 \times 18.308\} \\ &= 0.105 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 底版

$$\begin{aligned} S_{T6} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= -1/2 \times 18.308 \times (1.100 - 2 \times 0.100) + (18.308 - 8.943) \times 1.100 \times 1/2 \times (1/3 - 0.100^2 / 1.100^2) + (3.860 - 0.105) / 1.100 \\ &= -3.151 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (3.860 - 0.105) \times 0.289 / 1.100 + 0.105 + 1/6 \times 0.289 \times (1.100 - 0.289) \times \{(1 + 0.289 / 1.100) \times (18.308 - 8.943) - 3 \times 18.308\} \\ &= -0.592 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= -1/2 \times 18.308 \times (1.100 - 2 \times 1.000) + (18.308 - 8.943) \times 1.100 \times 1/2 \times (1/3 - 1.000^2 / 1.100^2) + (3.860 - 0.105) / 1.100 \\ &= 9.112 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (3.860 - 0.105) \times 1.100 / 1.100 + 0.105 + 1/6 \times 1.100 \times (1.100 - 1.100) \times \{(1 + 1.100 / 1.100) \times (18.308 - 8.943) - 3 \times 18.308\} \\ &= 3.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

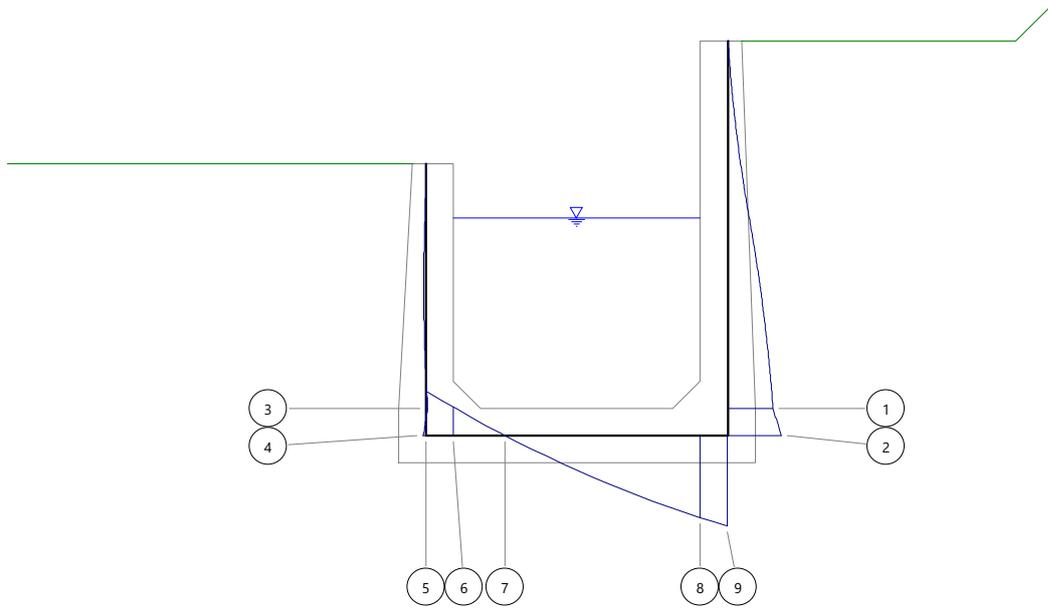
8) 断面力一覧

右側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	1	底版の上面	1.350	4.953	—
2	側壁付根	1.450	—	3.860	
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)
	3	底版の上面	0.900	-0.202	—
4	側壁付根	1.000	—	0.105	
底版	記号	位置	χ (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	5	左側壁付け根	0.000	—	0.105
	6	左側壁内面	0.100	-3.151	—
	7	最大モーメント	0.289	—	-0.592
	8	右側壁内面	1.000	9.112	—
9	右側壁付け根	1.100	—	3.860	

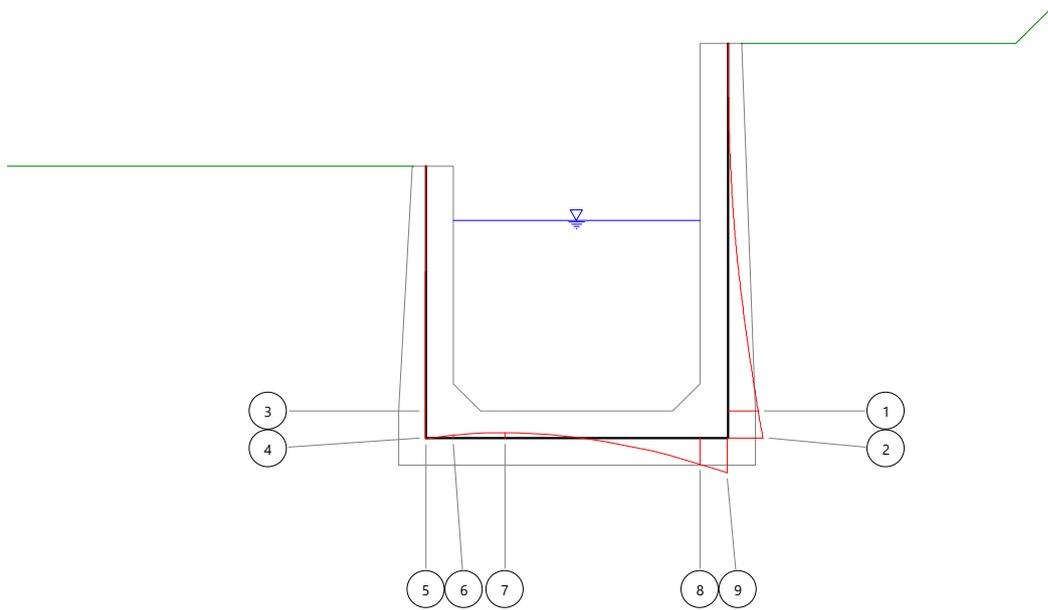
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

9) せん断力図



10) 曲げモーメント図



6 部材断面力計算（摩耗考慮）

6.1 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	底版の上面	1.365	1.365	0.315	—	—	○	—
2	側壁付根	1.458	1.458	0.408	—	—	—	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	3	底版の上面	0.915	0.915	0.315	—	—	○	—
4	側壁付根	1.008	1.008	0.408	—	—	—	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	5	左側壁付け根	0.000		1.100		—	○	
	6	左側壁内面	0.092		1.008		○	—	
	7	最大モーメント	0.335		0.766		—	○	
	8	右側壁内面	1.023		0.077		○	—	
9	右側壁付け根	1.115		-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 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

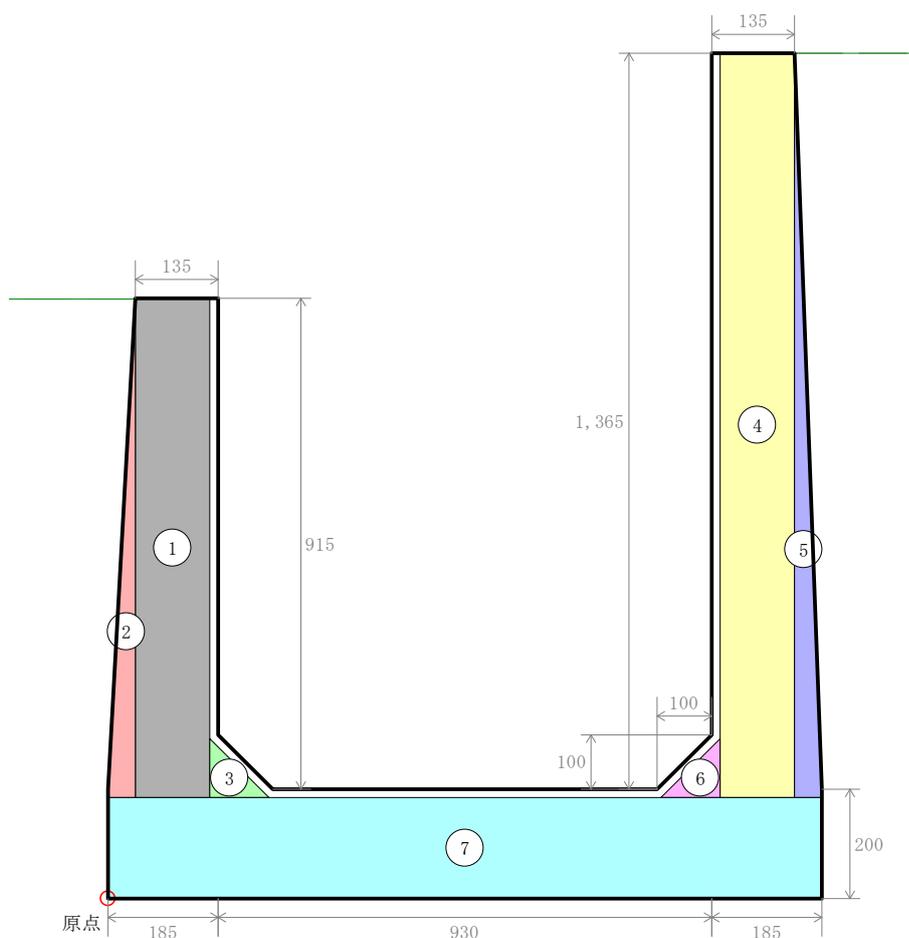
ha: 内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は hi)}$

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）

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	$24.500 \times 0.135 \times 0.915$	3.026	3.026		0.118	0.643	0.357	
2	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 0.915) \div 2$	0.570	0.570		0.033	0.490	0.019	
3	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		0.221	0.221	0.032	
4	$24.500 \times 0.135 \times 1.365$	4.515	4.515		1.183	0.868	5.341	
5	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 1.365) \div 2$	0.845	0.845		1.267	0.640	1.071	
6	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		1.079	0.221	0.156	
7	$24.500 \times 1.300 \times 0.185$	5.892	5.892		0.650	0.093	3.830	
合計		15.138	15.138	0.000			10.806	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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} + \text{No. 5} + \text{No. 6} \\
 &= 3.026 + 0.570 + 0.145 + 4.515 + 0.845 + 0.145 \\
 &= 9.246
 \end{aligned}$$

3) 土圧および載荷重の算出

項目5.1内の「土圧および載荷重の算出」を参照

4) 浮力の算出

項目5.1内の「浮力の算出」を参照

5) 水圧の算出

項目5.1内の「水圧の算出」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・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	15.138		10.806		9.246
土圧および載荷重	6.756	3.939	5.348	3.473	6.756
水 圧	-6.370		-4.141		
合 計	15.524	3.939	12.013	3.473	16.002

$$\begin{aligned}
 e &= 1.300 / 2 - (12.013 - 3.473) / 15.524 \\
 &= 0.100 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(0.558m)の1/3(0.186m)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。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 16.002 / 1.115 \times (1 - 6 \times 0.100 / 1.115) \\
 &= 6.629 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 16.002 / 1.115 \times (1 + 6 \times 0.100 / 1.115) \\
 &= 22.074 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

7) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= (1/2 \times 18.000 \times 1.350^2 + 9.182 \times 1.350) \times 0.313 \times \cos 20.000 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\ &\quad 0.300^2 \times 0.313 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 \\ &= 8.805 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= (1/6 \times 18.000 \times 1.450^3 + 1/2 \times 9.182 \times 1.450^2) \times 0.313 \times \cos 20.000 + 1/6 \times (10.000 - \\ &\quad 18.000) \times 0.400^3 \times 0.313 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.400^3 \\ &= 5.609 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_L \cdot h_d) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= (1/2 \times 18.000 \times 0.900^2 + 10.000 \times 0.900) \times 0.321 \times \cos 20.000 + 1/2 \times (10.000 - 18.000) \times \\ &\quad 0.300^2 \times 0.321 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 \\ &= 5.220 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} M_{S4} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_L \cdot h_d^2) \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot (\gamma_{ws} - \gamma_t) \cdot h_o^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= (1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 + 1/2 \times 10.000 \times 1.000^2) \times 0.321 \times \cos 20.000 + 1/6 \times (10.000 - \\ &\quad 18.000) \times 0.400^3 \times 0.321 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.400^3 \\ &= 2.485 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

8) 底版の断面力計算

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

・ 右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S2} = 5.609 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・ 左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S4} = 2.485 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面5 底版

$$\begin{aligned} M_{T5} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (5.609 - 2.485) \times 0.000 / 1.115 + 2.485 + 1/6 \times 0.000 \times (1.115 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 1.115) \times (22.074 - 6.629) - 3 \times 22.074\} \\ &= 2.485 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 底版

$$\begin{aligned} S_{T6} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= -1/2 \times 22.074 \times (1.115 - 2 \times 0.100) + (22.074 - 6.629) \times 1.115 \times 1/2 \times (1/3 - 0.100^2 / 1.115^2) + (5.609 - 2.485) / 1.115 \\ &= -4.650 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (5.609 - 2.485) \times 0.338 / 1.115 + 2.485 + 1/6 \times 0.338 \times (1.115 - 0.338) \times \{(1 + 0.338 / 1.115) \times (22.074 - 6.629) - 3 \times 22.074\} \\ &= 1.374 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= -1/2 \times 22.074 \times (1.115 - 2 \times 1.000) + (22.074 - 6.629) \times 1.115 \times 1/2 \times (1/3 - 1.000^2 / 1.115^2) + (5.609 - 2.485) / 1.115 \\ &= 8.972 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (5.609 - 2.485) \times 1.100 / 1.115 + 2.485 + 1/6 \times 1.100 \times (1.115 - 1.100) \times \{(1 + 1.100 / 1.115) \times (22.074 - 6.629) - 3 \times 22.074\} \\ &= 5.609 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

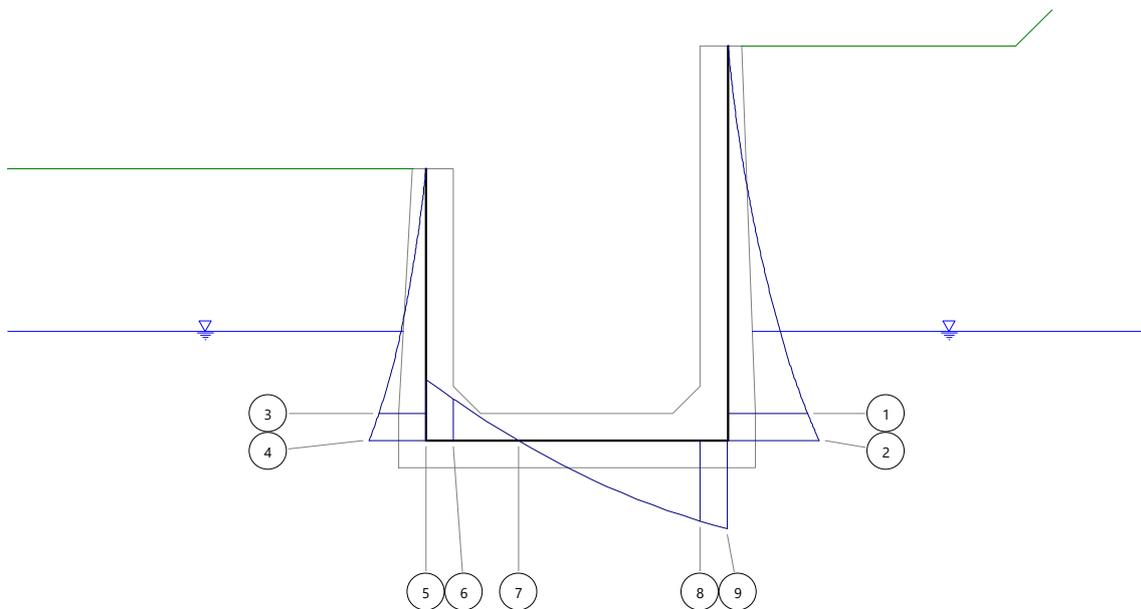
9) 断面力一覧

右側壁	記号	位置	h (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	1	底版の上面	1.350	8.805	—
2	側壁付根	1.450	—	5.609	
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)
	3	底版の上面	0.900	5.220	—
4	側壁付根	1.000	—	2.485	
底版	記号	位置	χ (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	5	左側壁付け根	0.000	—	2.485
	6	左側壁内面	0.100	-4.650	—
	7	最大モーメント	0.338	—	1.374
	8	右側壁内面	1.000	8.972	—
9	右側壁付け根	1.100	—	5.609	

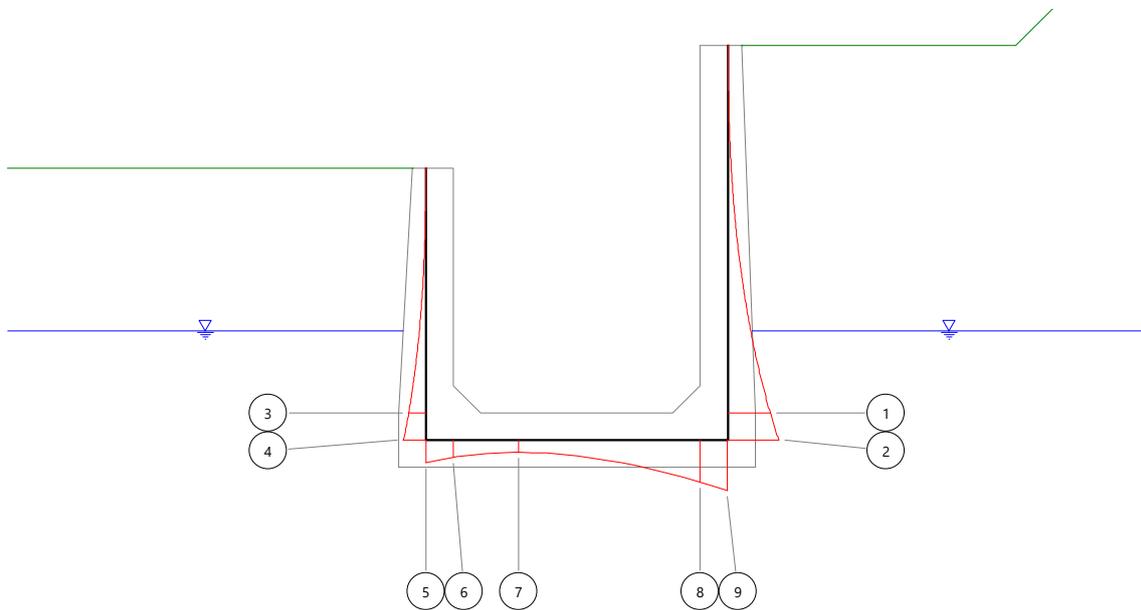
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

10) せん断力図



11) 曲げモーメント図



6.2 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	底版の上面	1.365	1.365	—	0.700	0.700	○	—
2	側壁付根	1.458	1.458	—	0.700	0.793	—	○	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)	S	M
	3	底版の上面	0.915	0.915	—	0.700	0.700	○	—
4	側壁付根	1.008	1.008	—	0.700	0.793	—	○	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		S	M	
	5	左側壁付け根	0.000		1.100		—	○	
	6	左側壁内面	0.092		1.008		○	—	
	7	最大モーメント	0.283		0.817		—	○	
	8	右側壁内面	1.023		0.077		○	—	
9	右側壁付け根	1.115		-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 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

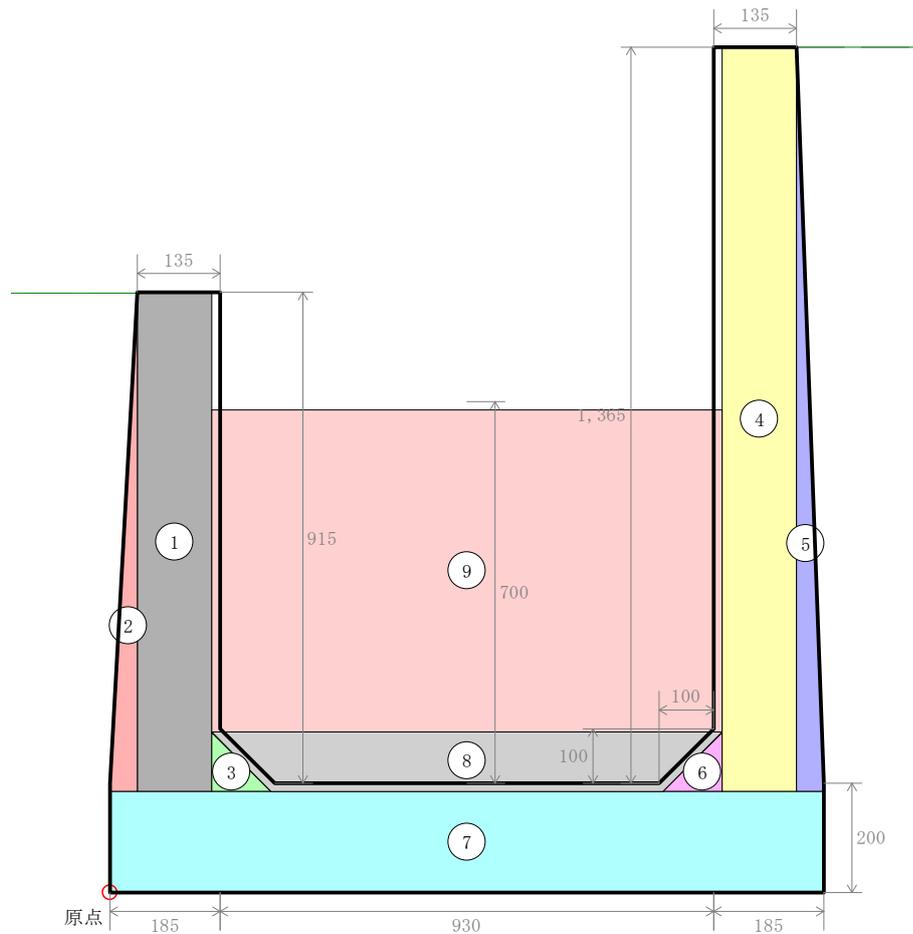
ha:内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は } hi)$

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）

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	$24.500 \times 0.135 \times 0.915$	3.026	3.026		0.118	0.643	0.357	
2	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 0.915) \div 2$	0.570	0.570		0.033	0.490	0.019	
3	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		0.221	0.221	0.032	
4	$24.500 \times 0.135 \times 1.365$	4.515	4.515		1.183	0.868	5.341	
5	$24.500 \times 0.050 \times (0.015 + 1.365) \div 2$	0.845	0.845		1.267	0.640	1.071	
6	$24.500 \times 0.109 \times 0.109 \div 2$	0.145	0.145		1.079	0.221	0.156	
7	$24.500 \times 1.300 \times 0.185$	5.892	5.892		0.650	0.093	3.830	
8	$9.800 \times 0.109 \times (0.712 + 0.930) \div 2$	0.877	0.877		0.650	0.242	0.570	
9	$9.800 \times 0.930 \times 0.591$	5.389	5.389		0.650	0.590	3.503	
合計		21.404	21.404	0.000			14.879	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。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} + \text{No. 3} + \text{No. 4} + \text{No. 5} + \text{No. 6} \\
 &= 3.026 + 0.570 + 0.145 + 4.515 + 0.845 + 0.145 \\
 &= 9.246
 \end{aligned}$$

3) 土圧および載荷重の算出

項目5.2内の「土圧および載荷重の算出」を参照

4) 水圧の算出

項目5.2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	21.404		14.879		9.246
土圧および載荷重	5.095	5.916	4.832	4.279	5.095
合 計	26.499	5.916	19.711	4.279	14.341

$$\begin{aligned}
 e &= 1.300 / 2 - (19.711 - 4.279) / 26.499 \\
 &= 0.068 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(0.558m)の1/3(0.186m)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。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 14.341 / 1.115 \times (1 - 6 \times 0.068 / 1.115) \\
 &= 8.155 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 14.341 / 1.115 \times (1 + 6 \times 0.068 / 1.115) \\
 &= 17.568 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

6) 側壁の断面力計算

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= (1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 + q_R \cdot h_d) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= (1/2 \times 18.000 \times 1.350^2 + 6.372 \times 1.350) \times 0.313 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.700^2) \\ &= 4.953 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} M_{S2} &= (1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 + 1/2 \cdot q_R \cdot h_d^2) \cdot K_{AR} \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= (1/6 \times 18.000 \times 1.450^3 + 1/2 \times 6.372 \times 1.450^2) \times 0.313 \times \cos 20.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 0.700^2 \times (3 \\ &\quad \times 0.800 - 2 \times 0.700)\} \\ &= 3.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot \gamma_t \cdot h_d^2 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 18.000 \times 0.900^2 \times 0.321 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.700^2) \\ &= -0.202 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot \gamma_t \cdot h_d^3 \cdot K_{AL} \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= 1/6 \times 18.000 \times 1.000^3 \times 0.321 \times \cos 20.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 0.700^2 \times (3 \times 0.800 - 2 \times \\ &\quad 0.700)\} \\ &= 0.105 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

7) 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

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S2} = 3.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S4} = 0.105 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面5 底版

$$\begin{aligned} M_{T5} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (3.860 - 0.105) \times 0.000 / 1.115 + 0.105 + 1/6 \times 0.000 \times (1.115 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 1.115) \times (17.568 - 8.155) - 3 \times 17.568\} \\ &= 0.105 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 底版

$$\begin{aligned} S_{T6} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= -1/2 \times 17.568 \times (1.115 - 2 \times 0.100) + (17.568 - 8.155) \times 1.115 \times 1/2 \times (1/3 - 0.100^2 / 1.115^2) + (3.860 - 0.105) / 1.115 \\ &= -3.151 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (3.860 - 0.105) \times 0.289 / 1.115 + 0.105 + 1/6 \times 0.289 \times (1.115 - 0.289) \times \{(1 + 0.289 / 1.115) \times (17.568 - 8.155) - 3 \times 17.568\} \\ &= -0.592 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2 / B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= -1/2 \times 17.568 \times (1.115 - 2 \times 1.000) + (17.568 - 8.155) \times 1.115 \times 1/2 \times (1/3 - 1.000^2 / 1.115^2) + (3.860 - 0.105) / 1.115 \\ &= 9.112 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi / B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (3.860 - 0.105) \times 1.100 / 1.115 + 0.105 + 1/6 \times 1.100 \times (1.115 - 1.100) \times \{(1 + 1.100 / 1.115) \times (17.568 - 8.155) - 3 \times 17.568\} \\ &= 3.860 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

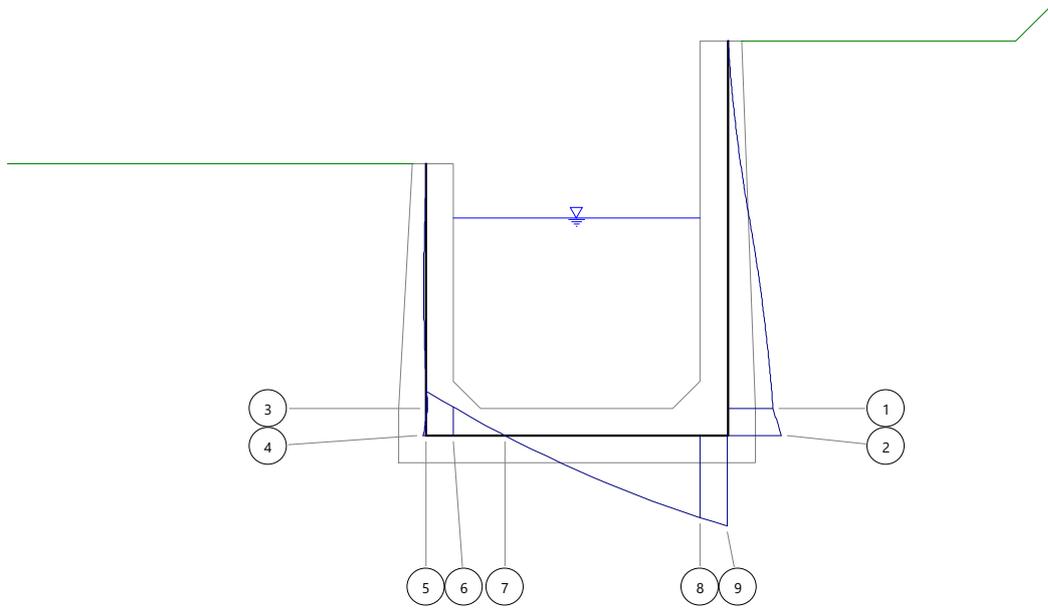
8) 断面力一覧

右側壁	記号	位置	h (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	1	底版の上面	1.350	4.953	—
2	側壁付根	1.450	—	3.860	
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)
	3	底版の上面	0.900	-0.202	—
4	側壁付根	1.000	—	0.105	
底版	記号	位置	χ (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	5	左側壁付け根	0.000	—	0.105
	6	左側壁内面	0.100	-3.151	—
	7	最大モーメント	0.289	—	-0.592
	8	右側壁内面	1.000	9.112	—
9	右側壁付け根	1.100	—	3.860	

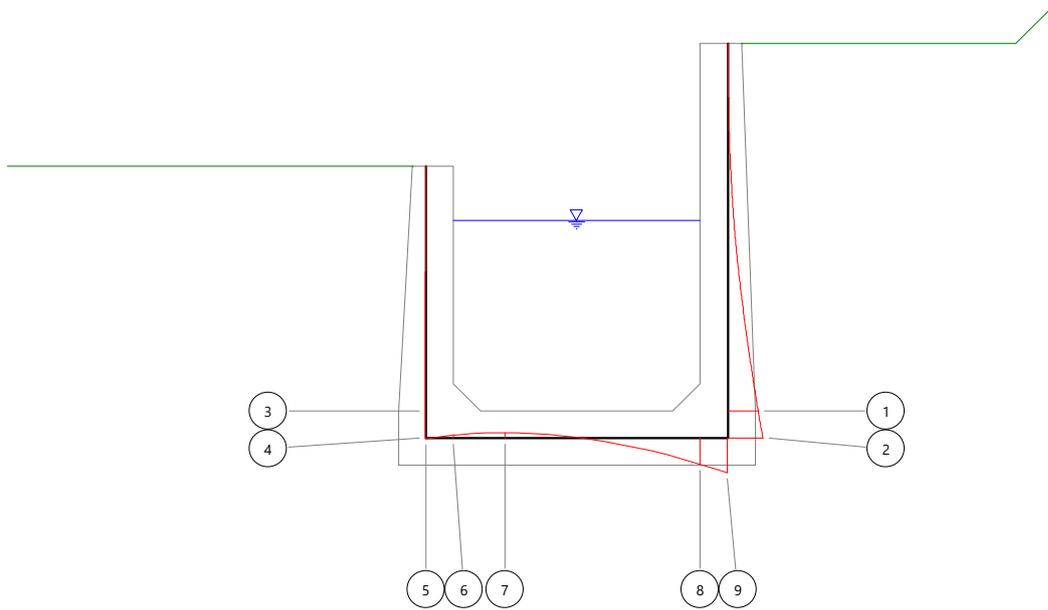
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

9) せん断力図



10) 曲げモーメント図



7 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	1,350	200
2	1,450	200

- ・左側壁部材厚一覧表

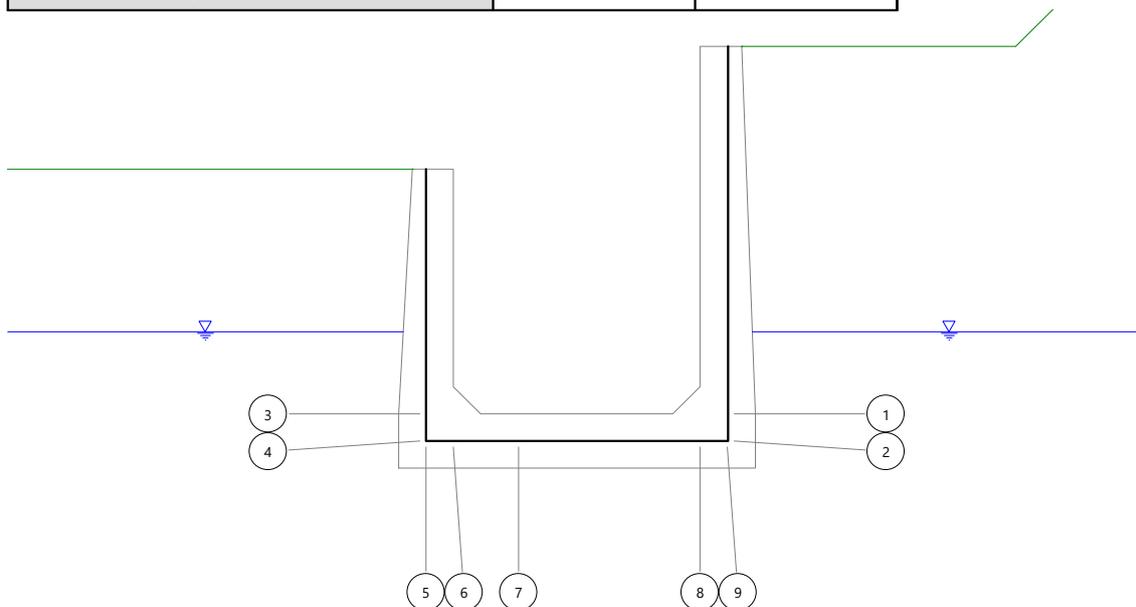
No	照査位置 h (mm)	部材厚 W (mm)
1	900	200
2	1,000	200

8 応力度計算(鉄筋)

8.1 荷重組み合わせパターン (常時: ケース1)

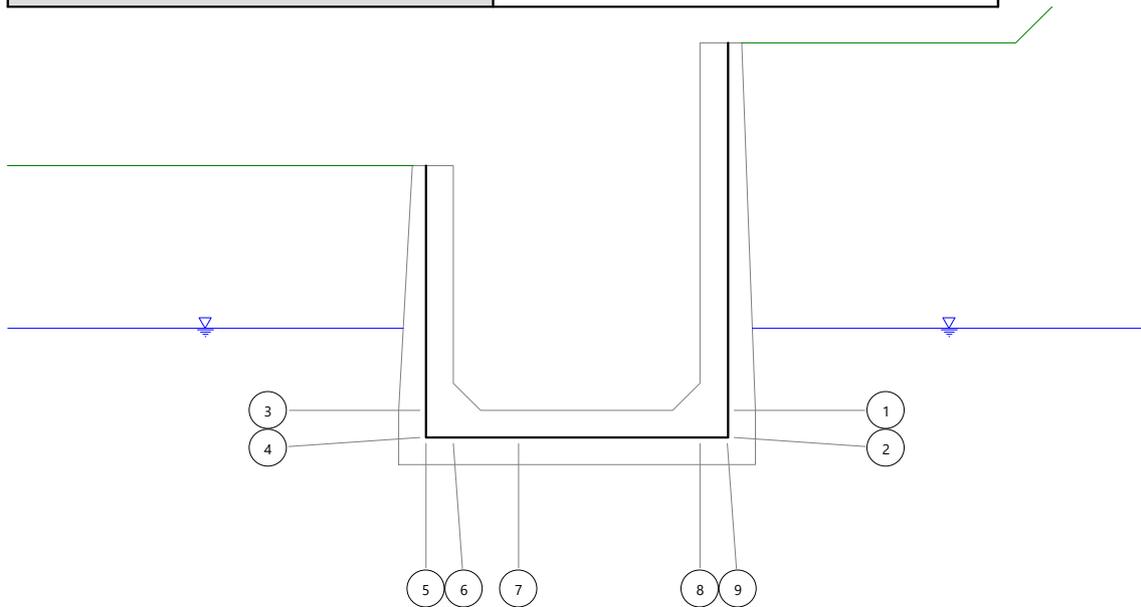
1) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	右側壁		左側壁	
			1	2	3	4
検討位置 H (m)			1.350	1.450	0.900	1.000
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		—	5.609	—	2.485
	せん断力 S (kN)		8.805	—	5.220	—
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		200	200	200	200
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D13@250	D13@250	D13@250	D13@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
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		507	507	507	507
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		160	160	160	160
	有効部材厚 d (mm)		130	130	130	130
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00390	0.00390	0.00390	0.00390
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—
	中立軸比 k		0.28852	0.28852	0.28852	0.28852
	応力軸比 j		0.90383	0.90383	0.90383	0.90383
	係数 L_c		—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		37.51	37.51	37.51	37.51
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	8.000	—	2.545	—	1.128
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	—	94.156	—	41.715
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.420	0.075	—	0.044	—
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.500	0.468	—	0.278	—
判定			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)

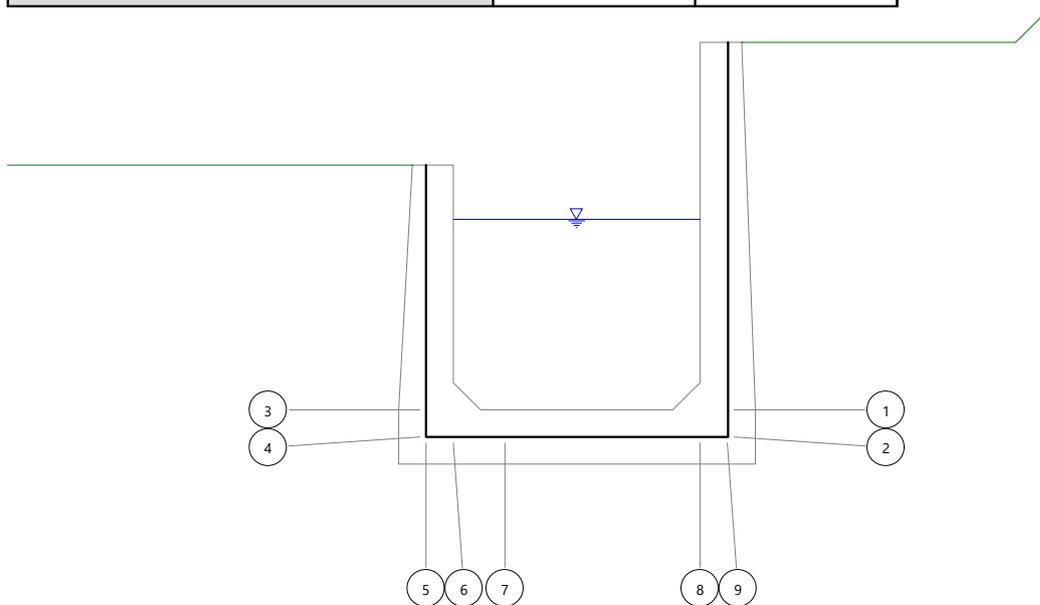
		許容値	底 版				
			5	6	7	8	9
検討位置 H (m)			0.000	0.100	0.338	1.000	1.100
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		2.485	—	1.374	—	5.609
	せん断力 S (kN)		—	-4.650	—	8.972	—
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		200	200	200	200	200
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D13@250	D13@250	D13@250	D13@250	D13@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
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		507	507	507	507	507
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		160	160	160	160	160
	有効部材厚 d (mm)		130	130	130	130	130
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 ρ		0.00390	0.00390	0.00390	0.00390	0.00390
	圧縮鉄筋比 ρ'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.28852	0.28852	0.28852	0.28852	0.28852
	応力軸比 j		0.90383	0.90383	0.90383	0.90383	0.90383
	係数 L _c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		37.51	37.51	37.51	37.51	37.51
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	8.000	1.128	—	0.624	—	2.545
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	41.715	—	23.065	—	94.156
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.420	—	0.040	—	0.076	—
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.500	—	0.247	—	0.477	—
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				



8.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケース3）

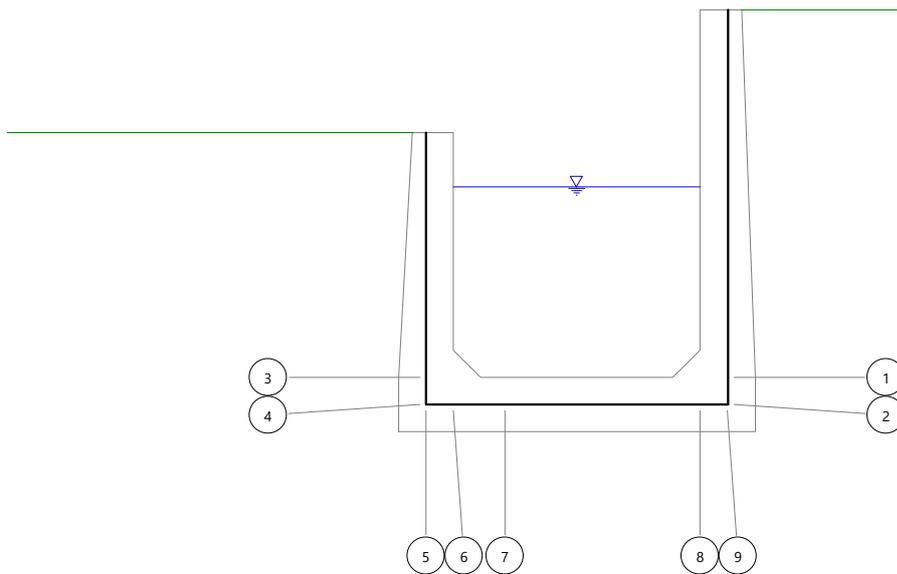
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁		左側壁	
			1	2	3	4
検討位置 H (m)			1.350	1.450	0.900	1.000
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		—	3.860	—	0.105
	せん断力 S (kN)		4.953	—	-0.202	—
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		200	200	200	200
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D13@250	D13@250	D13@250	D13@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
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		507	507	507	507
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		160	160	160	160
	有効部材厚 d (mm)		130	130	130	130
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00390	0.00390	0.00390	0.00390
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—
	中立軸比 k		0.28852	0.28852	0.28852	0.28852
	応力軸比 j		0.90383	0.90383	0.90383	0.90383
	係数 L_c		—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		37.51	37.51	37.51	37.51
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	8.000	—	1.752	—	0.048
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	—	64.796	—	1.763
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.420	0.042	—	0.002	—
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.500	0.263	—	0.011	—
判 定			OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算		単鉄筋計算	

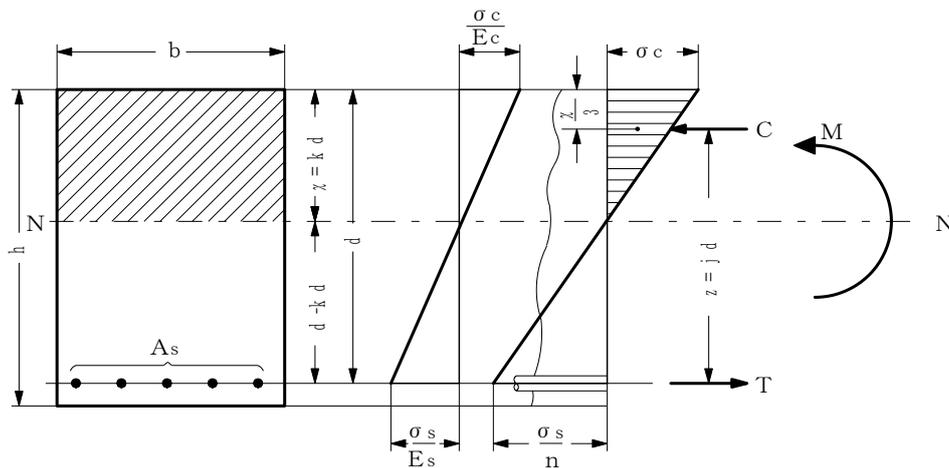


2) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	底 版				
			5	6	7	8	9
検討位置 H (m)			0.000	0.100	0.289	1.000	1.100
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		0.105	—	-0.592	—	3.860
	せん断力 S (kN)		—	-3.151	—	9.112	—
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		200	200	200	200	200
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	130	130	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D13@250	D13@250	D13@250	D13@250	D13@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	内側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		507	507	507	507	507
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		160	160	160	160	160
	有効部材厚 d (mm)		130	70	70	130	130
	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		0.00390	0.00724	0.00724	0.00390	0.00390
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.28852	0.36993	0.36993	0.28852	0.28852
	応力軸比 j		0.90383	0.87669	0.87669	0.90383	0.90383
	係数 L _c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		37.51	25.89	25.89	37.51	37.51
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	8.000	0.048	—	0.745	—	1.752
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	1.763	—	19.027	—	64.796
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.420	—	0.051	—	0.078	—
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.500	—	0.321	—	0.485	—
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				



単鉄筋の算定式



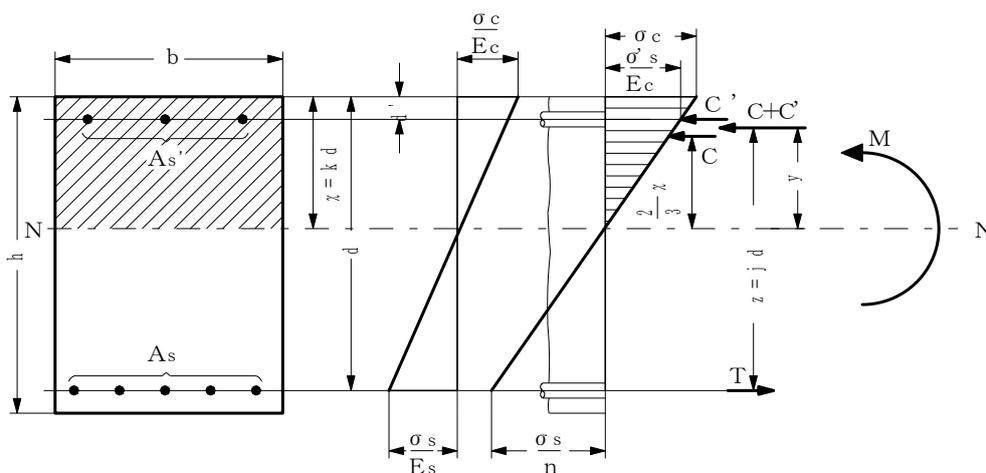
$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

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

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

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

複鉄筋の算定式



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

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

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

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

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

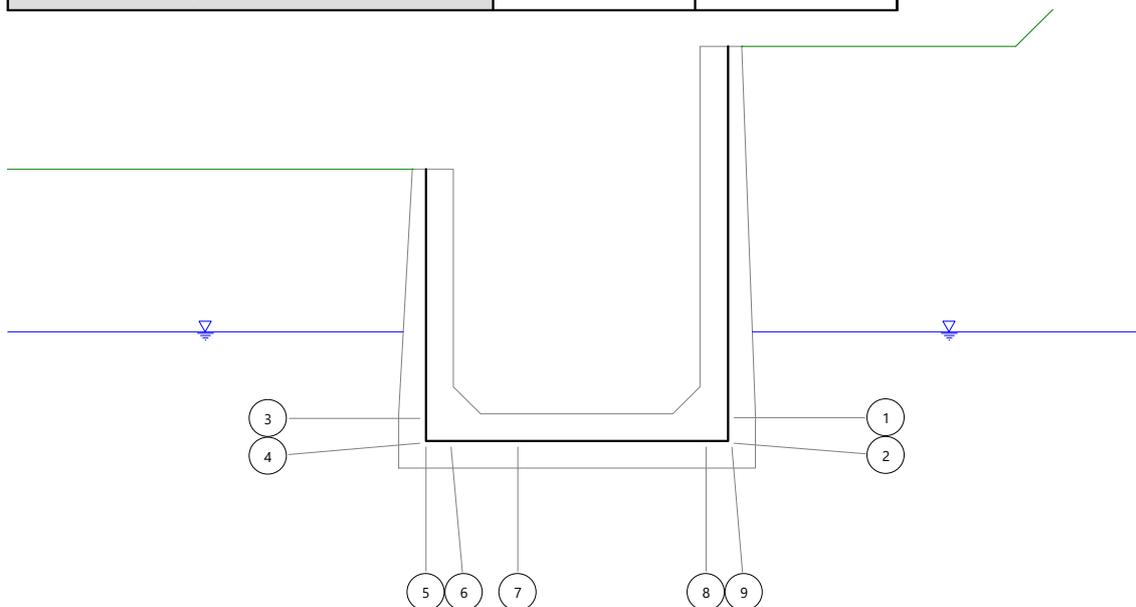
$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \quad \tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d} \quad \tau_0 = \frac{S}{U \cdot j \cdot d} \quad \sigma_{s'} = n \cdot \sigma_c \left(1 - \frac{d'}{k \cdot d} \right)$$

9 応力度計算(鉄筋) (摩耗考慮)

9.1 荷重組み合わせパターン (常時: ケース1)

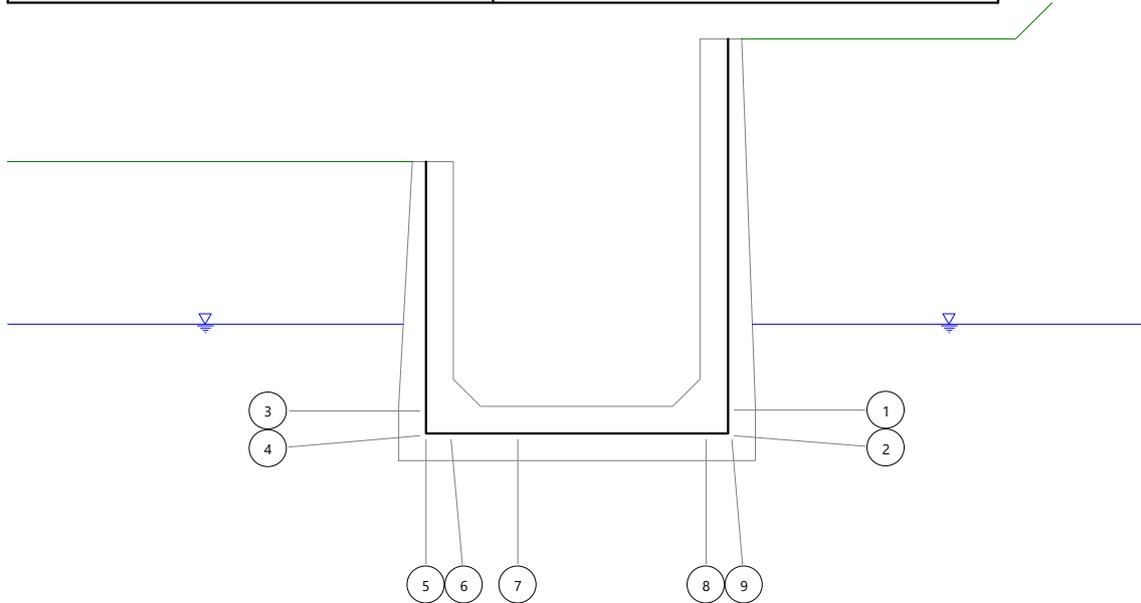
1) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	右側壁		左側壁	
			1	2	3	4
検討位置 H (m)			1.365	1.458	0.915	1.008
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		—	5.690	—	2.536
	せん断力 S (kN)		8.988	—	5.372	—
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		185	185	185	185
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D13@250	D13@250	D13@250	D13@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
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		507	507	507	507
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		160	160	160	160
	有効部材厚 d (mm)		115	115	115	115
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00441	0.00441	0.00441	0.00441
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—
	中立軸比 k		0.30355	0.30355	0.30355	0.30355
	応力軸比 j		0.89882	0.89882	0.89882	0.89882
	係数 L_c		—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		34.91	34.91	34.91	34.91
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	8.000	—	3.154	—	1.406
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	—	108.576	—	48.392
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.420	0.087	—	0.052	—
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.500	0.543	—	0.325	—
判定			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)

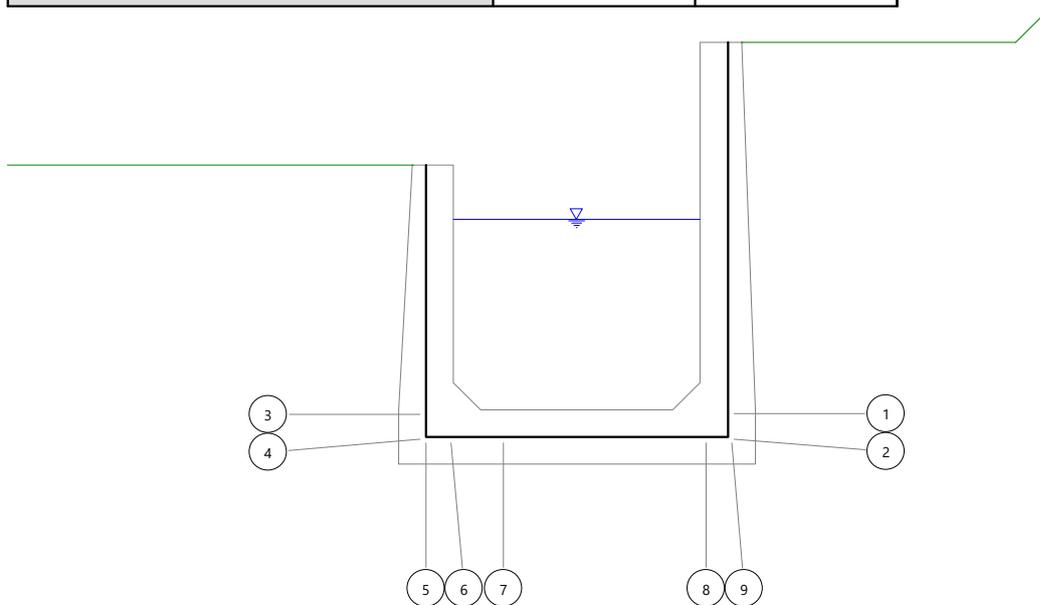
		許容値	底 版				
			5	6	7	8	9
検討位置 H (m)			0.000	0.092	0.335	1.023	1.115
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		2.536	—	1.474	—	5.690
	せん断力 S (kN)		—	-4.625	—	8.722	—
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		185	185	185	185	185
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D13@250	D13@250	D13@250	D13@250	D13@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
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		507	507	507	507	507
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		160	160	160	160	160
	有効部材厚 d (mm)		115	115	115	115	115
	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		0.00441	0.00441	0.00441	0.00441	0.00441
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.30355	0.30355	0.30355	0.30355	0.30355
	応力軸比 j		0.89882	0.89882	0.89882	0.89882	0.89882
	係数 L _c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		34.91	34.91	34.91	34.91	34.91
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	8.000	1.406	—	0.817	—	3.154
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	48.392	—	28.127	—	108.576
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.420	—	0.045	—	0.084	—
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.500	—	0.280	—	0.527	—
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				



9.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケース3）

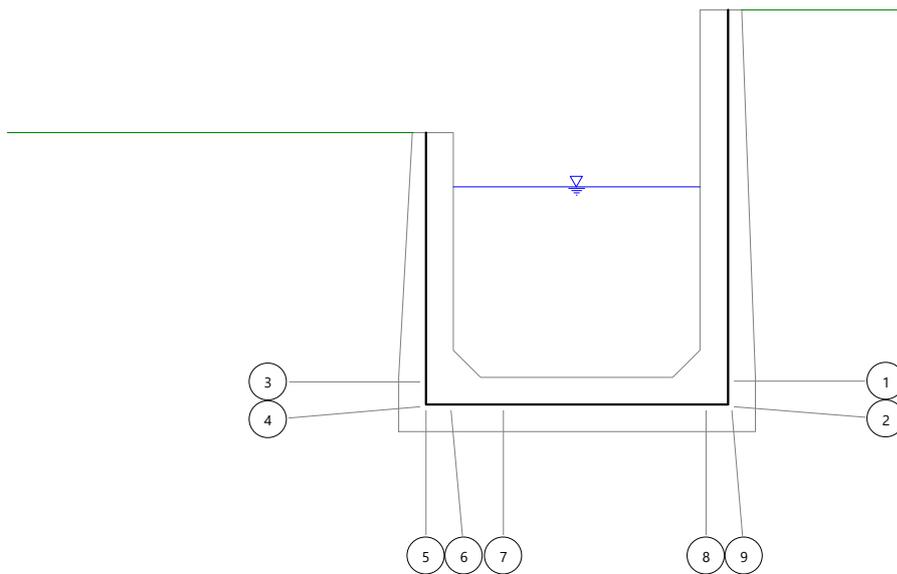
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁		左側壁	
			1	2	3	4
検討位置 H (m)			1.365	1.458	0.915	1.008
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		—	3.943	—	0.143
	せん断力 S (kN)		5.089	—	-0.128	—
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		185	185	185	185
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	70	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D13@250	D13@250	D13@250	D13@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
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		507	507	507	507
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		160	160	160	160
	有効部材厚 d (mm)		115	115	115	115
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00441	0.00441	0.00441	0.00441
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—
	中立軸比 k		0.30355	0.30355	0.30355	0.30355
	応力軸比 j		0.89882	0.89882	0.89882	0.89882
	係数 L _c		—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		34.91	34.91	34.91	34.91
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	8.000	—	2.186	—	0.079
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	—	75.240	—	2.729
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.420	0.049	—	0.001	—
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.500	0.308	—	0.008	—
判 定			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				
			5	6	7	8	9
検討位置 H (m)			0.000	0.092	0.283	1.023	1.115
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		0.143	—	-0.498	—	3.943
	せん断力 S (kN)		—	-3.048	—	8.913	—
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		185	185	185	185	185
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		70	115	115	70	70
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D13@250	D13@250	D13@250	D13@250	D13@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	内側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		507	507	507	507	507
	圧縮側 鉄筋断面積 A _{s'} (mm ²)		—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		160	160	160	160	160
	有効部材厚 d (mm)		115	70	70	115	115
	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		0.00441	0.00724	0.00724	0.00441	0.00441
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.30355	0.36993	0.36993	0.30355	0.30355
	応力軸比 j		0.89882	0.87669	0.87669	0.89882	0.89882
	係数 L _c		—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		34.91	25.89	25.89	34.91	34.91
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	8.000	0.079	—	0.627	—	2.186
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	2.729	—	16.006	—	75.240
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.420	—	0.050	—	0.086	—
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.500	—	0.310	—	0.539	—
判 定			OK	OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算				

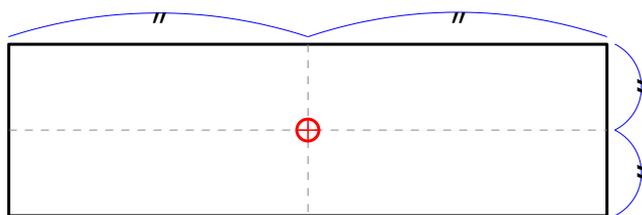


参考資料 重心の計算

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。

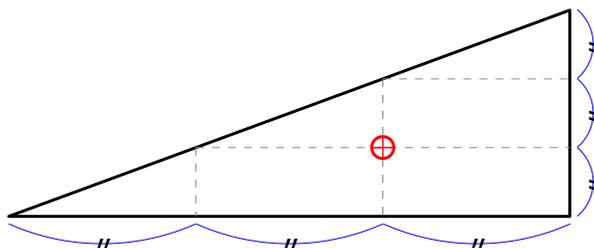
丸は重心の位置を示す。



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。



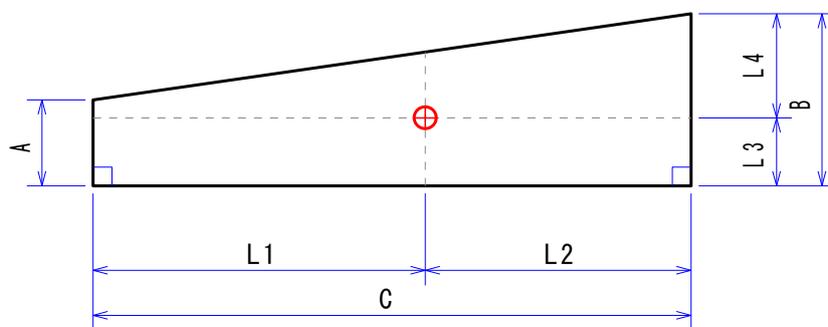
3. 台形（直角のある台形）の重心

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。



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

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

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

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