

集水樹の構造計算

集水樹 3.0 × 2.5 × 3.15、横断方向断面の計算

1. 計算条件

1-1. 集水樹の寸法

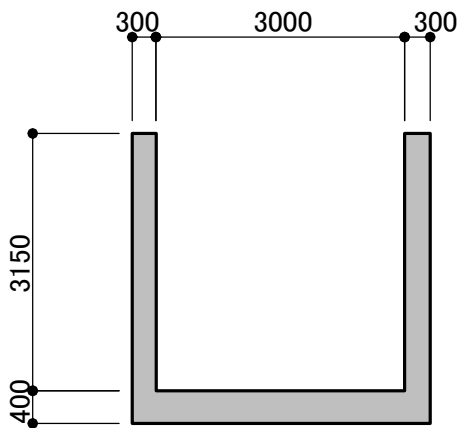
・ 内空幅	B =	3.000	(m)
・ 内空奥行き	L =	2.500	(m)
・ 内空高さ	H =	3.150	(m)
・ 側壁厚	T _w =	0.300	(m)
・ 底版厚	T _b =	0.400	(m)

1-2. 土質条件

・ 土の単位体積重量	$\gamma_s =$	18.000	(kN/m ³)
・ 土の内部摩擦角	$\phi =$	30.000	(°)

1-3. 許容応力度

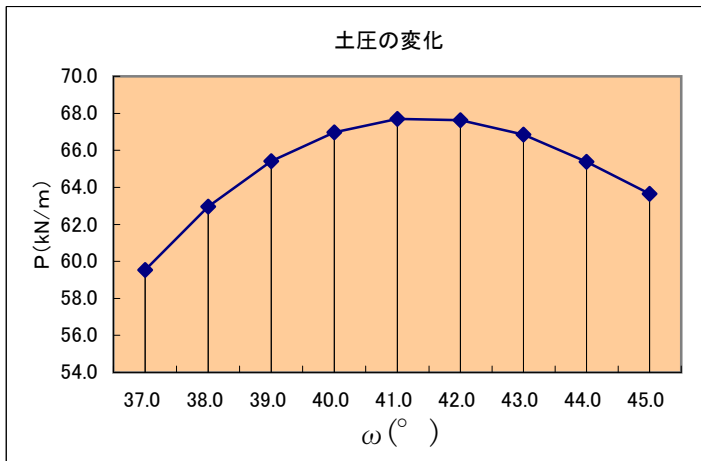
・ 設計基準強度	$\sigma_{ck} =$	18.000	(N/mm ²)
・ 許容曲げ引張応力度	$\sigma_{ta} =$	0.225	(N/mm ²)
・ 許容曲げ圧縮応力度	$\sigma_{ca} =$	8.000	(N/mm ²)
・ 許容せん断応力度	$\tau_a =$	0.450	(N/mm ²)
・ 許容引張応力度	$\sigma_{sa} =$	160.0	(N/mm ²)



2.側壁に作用する荷重計算

2-1.試行かさび法による最大土圧の計算

・ 最大土圧を生じるすべり角	$\omega =$	41.4 (°)
・ 土塊面積	$A =$	18.292 (m ² /m)
・ 土塊重量	$W =$	329.261 (kN/m)
・ 載荷重	$Q =$	9.712 (kN/m)
・ 最大土圧	$P_A =$	67.763 (kN/m)
・ 水平土圧	$Ph = P_A \times \cos \delta =$	63.676 (kN/m)
・ 鉛直土圧	$Pv = P_A \times \sin \delta =$	23.176 (kN/m)



ω (度)	P (kN/m)
37.0	59.540
38.0	62.966
39.0	65.421
40.0	66.976
41.0	67.696
42.0	67.637
43.0	66.849
44.0	65.378
45.0	63.654
ω max(度)	P max(kN/m)
41.4	67.763

2-2.土圧係数 (水平土圧係数)

土圧が三角形分布するものと仮定して土圧係数を求める。

$$\begin{aligned}
 K_A &= 2 \times Ph / (\gamma \times h^2) \\
 &= 2 \times 63.676 / (18.00 \times 3.350 \times 3.350) \\
 &= 0.63
 \end{aligned}$$

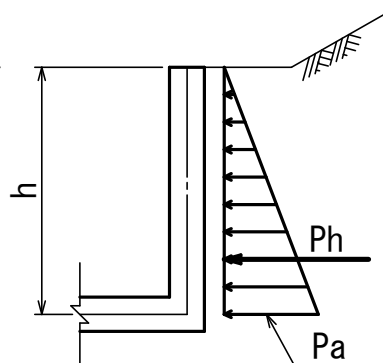
2-3.荷重計算

- ・ 底版中央までの深度

$$\begin{aligned}
 h &= H + Tb/2 = 3.150 + 0.400/2 \\
 &= 3.350 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

- ・ 最下端の土圧強度

$$\begin{aligned}
 Pa &= \gamma_s \times h \times KA = 18.00 \times 3.350 \times 0.630 \\
 &= 37.989 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$



3.底版に作用する荷重計算

底版に作用する荷重は躯体重量と鉛直土圧の合計を底版面積で除した地盤反力とする。

・ 躯体自重(側壁重量)の計算

$$\begin{aligned} \text{柵重量} \quad W_m &= (V_2 - V_1) \times \gamma_c \\ &= (35.154 - 23.625) \times 23.00 [24.50] \quad [] \text{内は鉄筋コンクリート} \\ &= 265.167 \text{ (kN)} \quad : \text{無筋コンクリートの場合} \\ &= 282.461 \text{ (kN)} \quad : \text{鉄筋コンクリートの場合} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{柵内空体積} \quad V_1 &= B \times L \times H = 3.000 \times 2.500 \times 3.150 \\ &= 23.625 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{柵全体体積} \quad V_2 &= B_o \times L_o \times H = 3.600 \times 3.100 \times 3.150 \\ &= 35.154 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{柵全幅} \quad B_o &= B + 2 \times T_w = 3.000 + 2 \times 0.300 \\ &= 3.600 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{柵全奥行き} \quad L_o &= L + 2 \times T_w = 2.500 + 2 \times 0.300 \\ &= 3.100 \text{ (m)} \end{aligned}$$

・ 鉛直土圧

$$\begin{aligned} W_p &= P_v \times L_o = 23.176 \times 3.100 \\ &= 71.846 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

・ 鉛直力合計

$$\begin{aligned} &\text{無筋コンクリートの場合} \\ W_t &= W_m + W_p = 265.167 + 71.846 \\ &= 337.013 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{鉄筋コンクリートの場合} \\ W_t &= W_m + W_p = 282.461 + 71.846 \\ &= 354.307 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

・ 地盤反力の計算

底版面積(底版面積は、側壁中心で囲まれた範囲とする。)

$$\begin{aligned} A &= (B + T_w) \times (L + T_w) = (3.000 + 0.300) \times (2.500 + 0.300) \\ &= 9.240 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{地盤反力(無筋コンクリートの場合)} \\ w &= W_t / A = 337.013 / 9.240 \\ &= 36.473 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

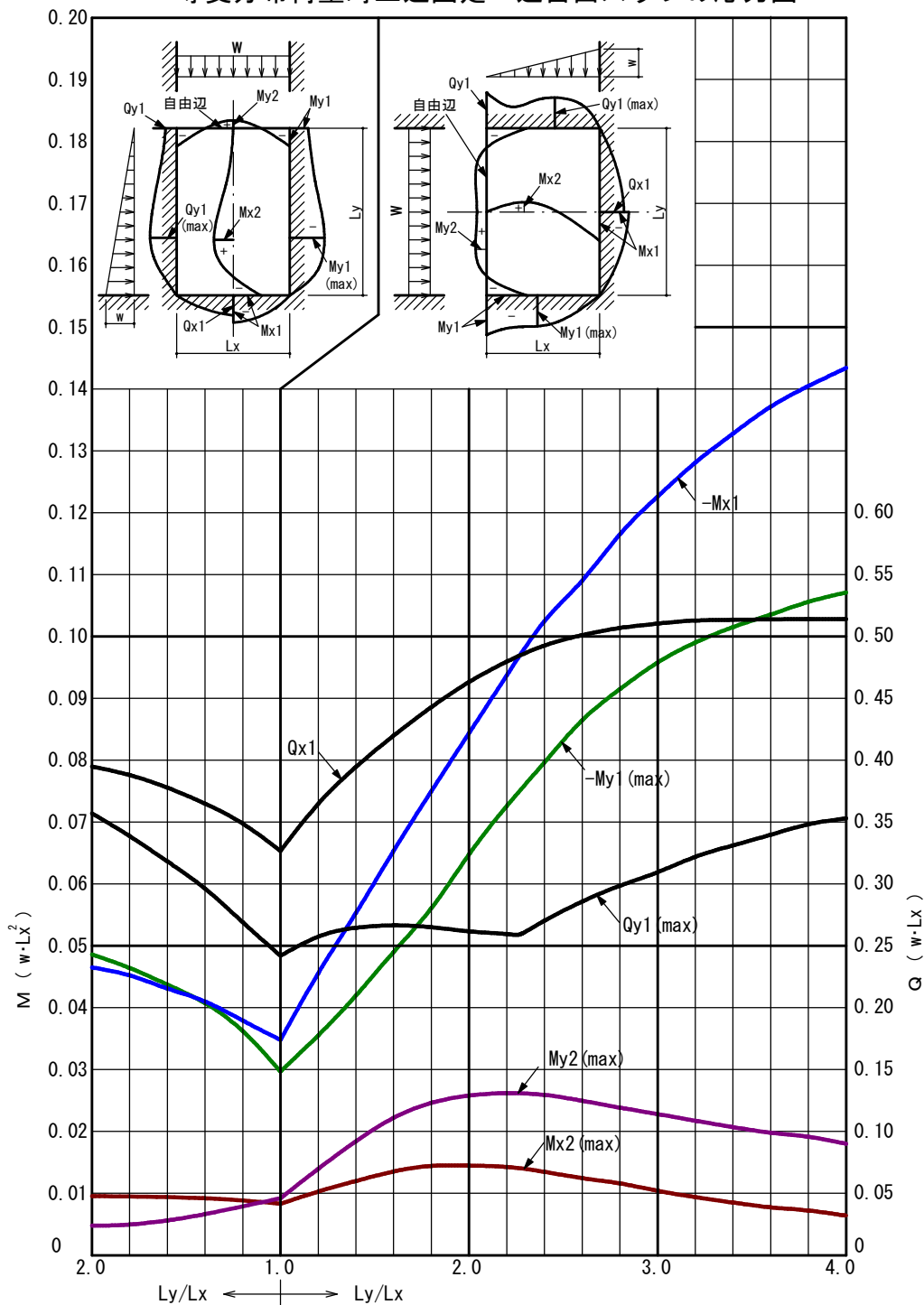
$$\begin{aligned} &\text{地盤反力(鉄筋コンクリートの場合)} \\ w &= W_t / A = 354.307 / 9.240 \\ &= 38.345 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

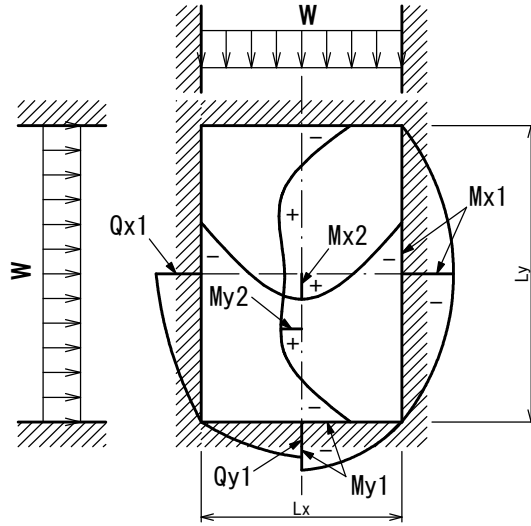
3.断面力の計算

3-1.断面力の計算方法

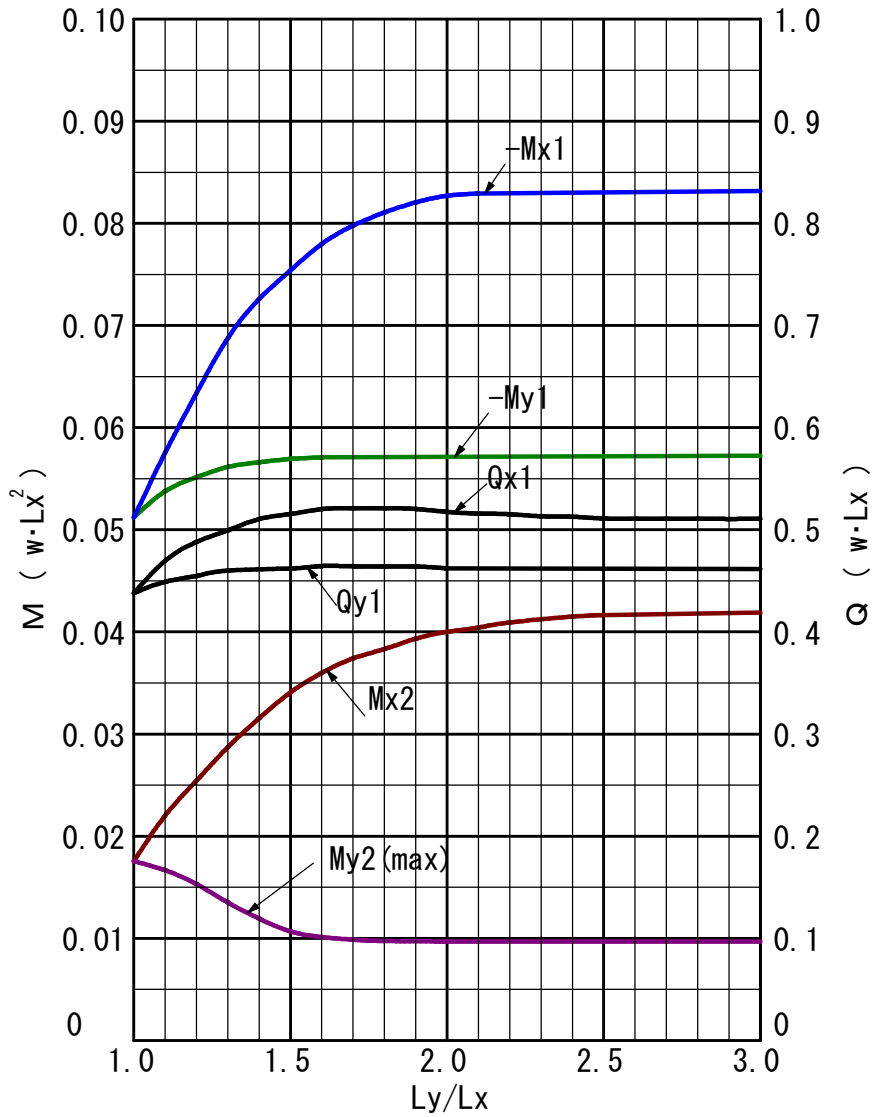
集水枡の側壁については「三辺固定一辺自由スラブ」として計算する。また、底版については「四辺固定スラブ」として計算する。
 固定スラブの断面力は、日本建築学会の「長方形スラブの応力とたわみ」の図表を用いて算出する。

等変分布荷重時三辺固定一辺自由スラブの応力図





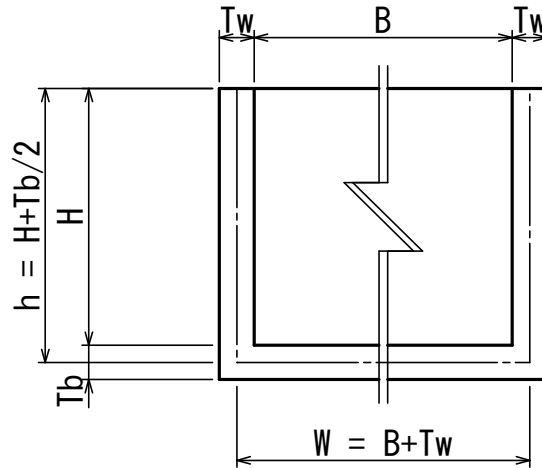
等分布荷重時四辺固定スラブの応力図



3-2.側壁の断面力計算

(1) 側壁版の辺長比 (Ly/Lx)

- ・ 側壁版の高さ $h = H + Tb/2 = 3.150 + 0.400/2 = 3.350$ (m)
- ・ 側壁版の幅 $W = B + Tw = 3.000 + 0.300 = 3.300$ (m)
- ・ 短辺長 $Lx = \text{MIN}(h, W) = \text{MIN}(3.350, 3.300) = 3.300$ (m)
- ・ 長辺長 $Ly = \text{MAX}(h, W) = \text{MAX}(3.350, 3.300) = 3.350$ (m)
- ・ 辺長比 $Ly/Lx = 3.350 / 3.300 = 1.015$

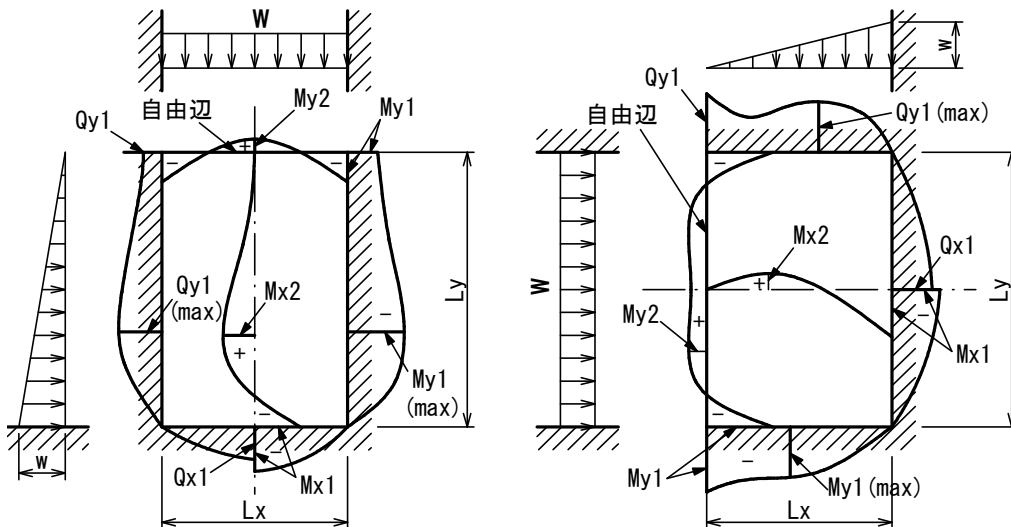


(2) 等変分布荷重による断面力

- $Lx = 3.300$ (m)
- $Ly = 3.350$ (m)
- $Ly/Lx = 1.015$
- $Pa = 37.989$ (kN/m²)

等変分布荷重による断面力計算表

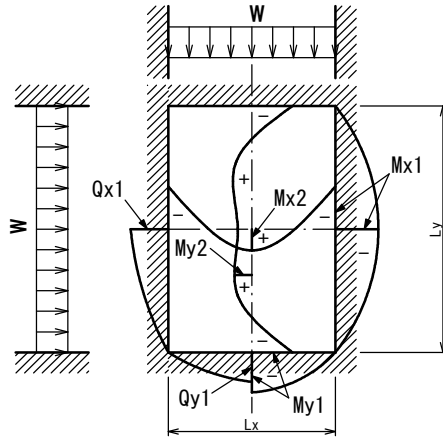
項目	照査箇所	係数 C	算式	断面力	備考	
曲げ モーメント (kN・m)	Mx1	縦方向・外側	-0.0351	$C \cdot Pa \cdot Lx^2$	-14.521	
	Mx2	縦方向・内側	0.0083	$C \cdot Pa \cdot Lx^2$	3.434	
	My1	横方向・外側	-0.0303	$C \cdot Pa \cdot Lx^2$	-12.535	
	My2	横方向・内側	0.0091	$C \cdot Pa \cdot Lx^2$	3.765	
せん断力 (kN)	Qx	縦方向	0.3290	$C \cdot Pa \cdot Lx$	41.245	
	Qy	横方向	0.2444	$C \cdot Pa \cdot Lx$	30.639	



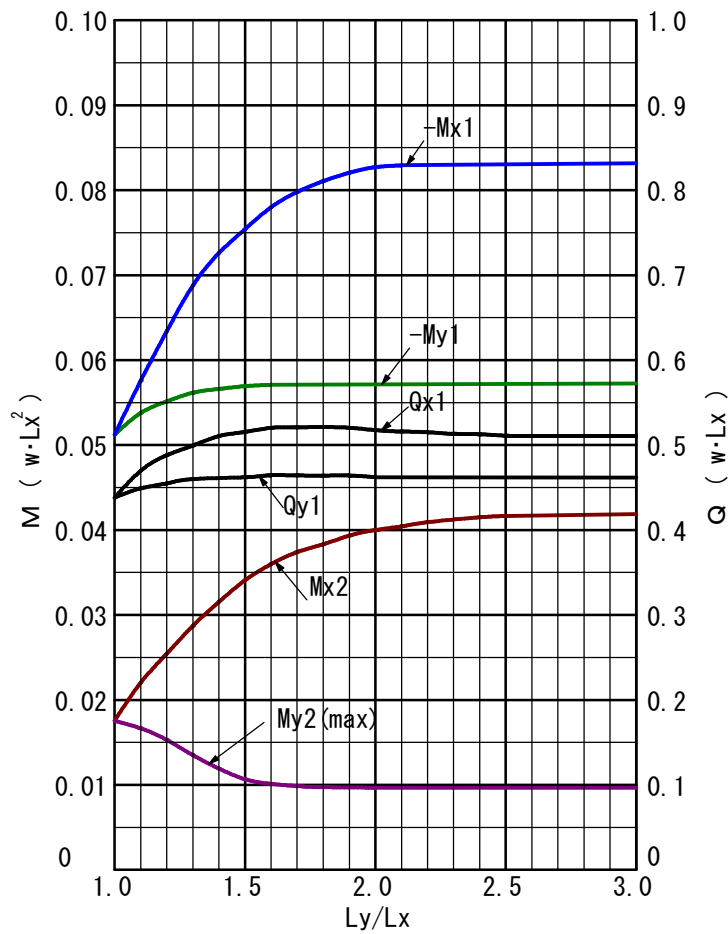
3-3.底版の断面力計算

(1) 底版の辺長比 (L_y/L_x)

- ・ 底版の幅 $Bb = B + Tw = 3.000 + 0.300 = 3.300$ (m)
- ・ 奥行き $Lb = L + Tw = 2.500 + 0.300 = 2.800$ (m)
- ・ 短辺長 $Lx = \text{MIN}(Bb, Lb) = \text{MIN}(3.300, 2.800) = 2.800$ (m)
- ・ 長辺長 $Ly = \text{MAX}(Bb, Lb) = \text{MAX}(3.300, 2.800) = 3.300$ (m)
- ・ 辺長比 $Ly/Lx = 3.300 / 2.800 = 1.179$



等分布荷重時四辺固定スラブの応力図



(2) 地盤反力による断面力(無筋コンクリートの場合)

$$\begin{aligned} L_x &= 2.800 \text{ (m)} \\ L_y &= 3.300 \text{ (m)} \\ L_y/L_x &= 1.179 \\ w &= 36.473 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

地盤反力による断面力(無筋コンクリートの場合)

項目	照査箇所	係数 C	算式	断面力	備考
曲げ モーメント (kN・m)	Mx1	短辺方向・外側	-0.0625	$C \cdot w \cdot L_x^2$	-17.872
	Mx2	短辺方向・内側	0.0244	$C \cdot w \cdot L_x^2$	6.977
	My1	長辺方向・外側	-0.0548	$C \cdot w \cdot L_x^2$	-15.670
	My2	長辺方向・内側	0.0156	$C \cdot w \cdot L_x^2$	4.461
せん断力 (kN)	Qx	短辺方向	0.4812	$C \cdot w \cdot L_x$	49.142
	Qy	長辺方向	0.4517	$C \cdot w \cdot L_x$	46.130

ポアソン比による曲げモーメントの補正(補正式は「構造力学公式集・P336」に拠る)
 上の表で求めた断面力は、ポアソン比を $\nu=0$ とした場合の値である。
 そこで、入力した $\nu=0.200$ に対する値を次式を用いて補正する。
 なお、 ν による補正は、版の中央で直交する Mx2とMy2に対して行う。

$$M_{x2}' = \frac{(1 - \nu_1 \cdot \nu_2) \cdot M_{x2} + (\nu_2 - \nu_1) \cdot M_{y2}}{1 - \nu_1^2}$$

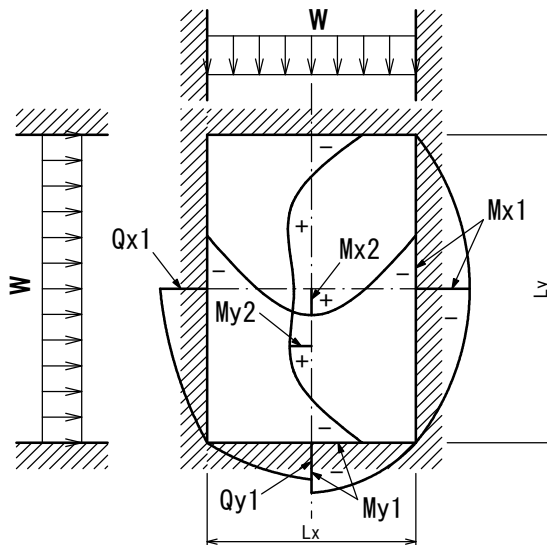
$$M_{y2}' = \frac{(1 - \nu_1 \cdot \nu_2) \cdot M_{y2} + (\nu_2 - \nu_1) \cdot M_{x2}}{1 - \nu_1^2}$$

ここに、

$$\begin{aligned} \nu_1 &: \text{補正前のポアソン比} = && 0.000 \\ \nu_2 &: \text{実際のポアソン比(入力値)} = && 0.200 \\ M_{x2}, M_{y2} &: \text{補正前の曲げモーメント} \\ M_{x2}', M_{y2}' &: \text{補正後の曲げモーメント} \end{aligned}$$

Mx2、My2のポアソン比による補正計算表

補正前の曲げモーメント $\nu_1 = 0.000$		補正後の曲げモーメント $\nu_2 = 0.200$	
Mx2	6.977	Mx2'	7.869
My2	4.461	My2'	5.856



(3) 地盤反力による断面力(鉄筋コンクリートの場合)

$$\begin{aligned} L_x &= 2.800 \text{ (m)} \\ L_y &= 3.300 \text{ (m)} \\ L_y/L_x &= 1.179 \\ w &= 38.345 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

地盤反力による断面力(無筋コンクリートの場合)

項目	照査箇所	係数 C	算式	断面力	備考
曲げ モーメント (kN・m)	Mx1	短辺方向・外側	-0.0625	$C \cdot w \cdot L_x^2$	-18.789
	Mx2	短辺方向・内側	0.0244	$C \cdot w \cdot L_x^2$	7.335
	My1	長辺方向・外側	-0.0548	$C \cdot w \cdot L_x^2$	-16.474
	My2	長辺方向・内側	0.0156	$C \cdot w \cdot L_x^2$	4.690
せん断力 (kN)	Qx	短辺方向	0.4812	$C \cdot w \cdot L_x$	51.665
	Qy	長辺方向	0.4517	$C \cdot w \cdot L_x$	48.497

ポアソン比による曲げモーメントの補正(補正式は「構造力学公式集・P336」に拠る)
 上の表で求めた断面力は、ポアソン比を $\nu=0$ とした場合の値である。
 そこで、入力した $\nu=0.200$ に対する値を次式を用いて補正する。
 なお、 ν による補正は、版の中央で直交する Mx2とMy2に対して行う。

$$Mx2' = \frac{(1 - \nu_1 \cdot \nu_2) \cdot Mx2 + (\nu_2 - \nu_1) \cdot My2}{1 - \nu_1^2}$$

$$My2' = \frac{(1 - \nu_1 \cdot \nu_2) \cdot My2 + (\nu_2 - \nu_1) \cdot Mx2}{1 - \nu_1^2}$$

ここに、

$$\nu_1: \text{補正前のポアソン比} = 0.000$$

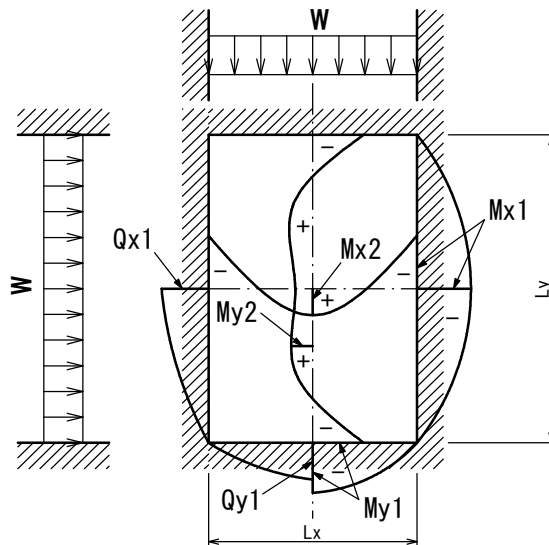
$$\nu_2: \text{実際のポアソン比(入力値)} = 0.200$$

Mx2, My2: 補正前の曲げモーメント

Mx2', My2': 補正後の曲げモーメント

Mx2、My2のポアソン比による補正計算表

補正前の曲げモーメント $\nu_1 = 0.000$		補正後の曲げモーメント $\nu_2 = 0.200$	
Mx2	7.335	Mx2'	8.273
My2	4.690	My2'	6.157



4.応力照査

(1) 断面力一覧表

側壁の断面力一覧表

項目	記号	単位	照査箇所			
			側壁の縦方向		側壁の横方向	
			外側	内側	外側	内側
			Mx1	Mx2	My1	My2
曲げモーメント	M	kN・m	-14.521	3.434	-12.535	3.765
せん断力	S	kN	41.245	-	30.639	-

底版の断面力一覧表（無筋コンクリートの場合）

項目	記号	単位	照査箇所			
			底版の短辺方向		底版の長辺方向	
			外側	内側	外側	内側
			Mx1	Mx2	My1	My2
曲げモーメント	M	kN・m	-17.872	7.869	-15.670	5.856
せん断力	S	kN	49.142	-	46.130	-

底版の断面力一覧表（鉄筋コンクリートの場合）

項目	記号	単位	照査箇所			
			底版の短辺方向		底版の長辺方向	
			外側	内側	外側	内側
			Mx1	Mx2	My1	My2
曲げモーメント	M	kN・m	-18.789	8.273	-16.474	6.157
せん断力	S	kN	51.665		48.497	

(2) 応力計算

無筋構造の応力計算(側壁)

項目	記号	単位	照査箇所				
			側壁の縦方向		側壁の横方向		
			外側	内側	外側	内側	
断面力	曲げモーメント	M	kN・m	-14.521	3.434	-12.535	3.765
	せん断力	S	kN	41.245	0.000	30.639	0.000
部材	部材単位幅	b	mm	1,000	1,000	1,000	1,000
	部材厚	h	mm	300	300	300	300
	断面係数	Z	mm ³	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000
応力度	曲げ引張応力度	$\sigma_t=M/Z$	N/mm ²	0.968	0.229	0.836	0.251
	許容曲げ引張応力度	σ_{ta}	N/mm ²	0.225	0.225	0.225	0.225
判定 ($\sigma_{ta} \geq \sigma_t$)		-	-	×	×	×	×

無筋構造の応力計算(底版)

項目	記号	単位	照査箇所				
			底版の短辺方向		底版の長辺方向		
			外側	内側	外側	内側	
断面力	曲げモーメント	M	kN・m	-17.872	7.869	-15.670	5.856
	せん断力	S	kN	49.142	0.000	46.130	0.000
部材	部材単位幅	b	mm	1,000	1,000	1,000	1,000
	部材厚	h	mm	400	400	400	400
	断面係数	Z	mm ³	26,666,667	26,666,667	26,666,667	26,666,667
応力度	曲げ引張応力度	$\sigma_t=M/Z$	N/mm ²	0.670	0.295	0.588	0.220
	許容曲げ引張応力度	σ_{ta}	N/mm ²	0.225	0.225	0.225	0.225
判定 ($\sigma_{ta} \geq \sigma_t$)		-	-	×	×	×	OK

無筋長方形断面の応力度算定式

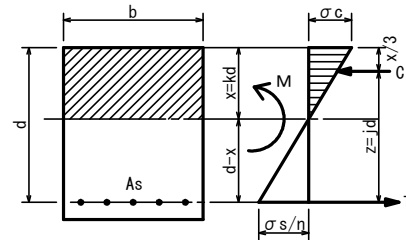
- ・ 断面係数 $Z = b \cdot h^2 / 6$
- ・ 曲げ引張応力度 $\sigma_c = M / Z$

鉄筋構造の応力計算(側壁)

項目		記号	単位	照査箇所			
				側壁の縦方向		側壁の横方向	
				外側	内側	外側	内側
断面力	曲げモーメント	M	kN・m	-14.521	3.434	-12.535	3.765
	せん断力	S	kN	41.245	-	30.639	-
部材	部材単位幅	b	mm	1,000	1,000	1,000	1,000
	部材厚	h	mm	300	300	300	300
鉄筋配置	鉄筋のかぶり	d'	mm	63.0	63.0	50.0	50.0
	有効高	d	mm	237.0	237.0	250.0	250.0
	鉄筋径	D	-	D13	D13	D13	D13
	鉄筋間隔	@	mm	250.0	250.0	250.0	250.0
	鉄筋本数(単位幅当り)	N	本	4.000	4.000	4.000	4.000
	鉄筋断面積	As	mm ²	506.80	506.80	506.80	506.80
応力計算 諸係数	ヤング係数比	n	-	15.0	15.0	15.0	15.0
	鉄筋比	p	-	0.00214	0.00214	0.00203	0.00203
	中立軸比	k	-	0.223	0.223	0.218	0.218
	内力間距離比	j	-	0.926	0.926	0.927	0.927
応力度	曲げ圧縮応力度	σ_c	N/mm ²	2.504	0.592	1.985	0.596
	鉄筋の引張応力度	σ_s	N/mm ²	130.557	30.875	106.725	32.056
	最大せん断応力度	τ	N/mm ²	0.188	-	0.132	-
許容 応力度	許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	N/mm ²	8.000	8.000	8.000	8.000
	許容曲げ引張応力度	σ_{sa}	N/mm ²	160.0	160.0	160.0	160.0
	許容せん断応力度	τ_a	N/mm ²	0.450	0.450	0.450	0.450
判定	曲げ圧縮応力度	$\sigma_c \geq \sigma_{ca}$		OK	OK	OK	OK
	引張応力度	$\sigma_s \geq \sigma_{sa}$		OK	OK	OK	OK
	最大せん断応力度	$\tau \geq \tau_a$		OK	-	OK	-

単鉄筋長方形断面の応力度算定式

- ・ 鉄筋比 $p = A_s / b \cdot d$
- ・ 中立軸比 $k = \frac{2n \cdot p + (n \cdot p)^2}{1 + n \cdot p}$
- ・ 内力間距離比 $j = 1 - k/3$
- ・ 曲げ圧縮応力度 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2)$
- ・ 鉄筋の引張応力度 $\sigma_s = M / (A_s \cdot j \cdot d)$
- ・ 最大せん断応力度 $\tau = S / (b \cdot j \cdot d)$



鉄筋構造の応力計算(底版)

項目		記号	単位	照査箇所			
				底版の短辺方向		底版の長辺方向	
				外側	内側	外側	内側
断面力	曲げモーメント	M	kN・m	-18.789	8.273	-16.474	6.157
	せん断力	S	kN	51.665	-	48.497	-
部材	部材単位幅	b	mm	1,000	1,000	1,000	1,000
	部材厚	h	mm	400	400	400	400
鉄筋配置	鉄筋のかぶり	d'	mm	63.0	63.0	50.0	50.0
	有効高	d	mm	337.0	337.0	350.0	350.0
	鉄筋径	D	-	D13	D13	D13	D13
	鉄筋間隔	@	mm	250.0	250.0	250.0	250.0
	鉄筋本数(単位幅当り)	N	本	4.000	4.000	4.000	4.000
	鉄筋断面積	As	mm ²	506.80	506.80	506.80	506.80
応力計算 諸係数	ヤング係数比	n	-	15.0	15.0	15.0	15.0
	鉄筋比	p	-	0.00150	0.00150	0.00145	0.00145
	中立軸比	k	-	0.191	0.191	0.188	0.188
	内力間距離比	j	-	0.936	0.936	0.937	0.937
応力度	曲げ圧縮応力度	σ_c	N/mm ²	1.851	0.815	1.527	0.571
	鉄筋の引張応力度	σ_s	N/mm ²	117.533	51.751	99.119	37.045
	最大せん断応力度	τ	N/mm ²	0.164	-	0.148	-
許容 応力度	許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	N/mm ²	8.000	8.000	8.000	8.000
	許容曲げ引張応力度	σ_{sa}	N/mm ²	160.0	160.0	160.0	160.0
	許容せん断応力度	τ_a	N/mm ²	0.450	0.450	0.450	0.450
判定	曲げ圧縮応力度	$\sigma_c \geq \sigma_{ca}$		OK	OK	OK	OK
	引張応力度	$\sigma_s \geq \sigma_{sa}$		OK	OK	OK	OK
	最大せん断応力度	$\tau \geq \tau_a$		OK	-	OK	-

単鉄筋長方形断面の応力度算定式

- ・ 鉄筋比 $p = A_s / b \cdot d$
- ・ 中立軸比 $k = \frac{2n \cdot p + (n \cdot p)^2}{1 + n \cdot p}$
- ・ 内力間距離比 $j = 1 - k/3$
- ・ 曲げ圧縮応力度 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2)$
- ・ 鉄筋の引張応力度 $\sigma_s = M / (A_s \cdot j \cdot d)$
- ・ 最大せん断応力度 $\tau = S / (b \cdot j \cdot d)$

