

目 次

1 設計条件	1
1-1 単位体積重量	1
1-2 諸元、荷重	1
1-3 許容応力度	1
1-4 躯体形状	2
2 断面諸定数	4
2-1 柱断面	4
2-1-1 面積	4
2-1-2 図心	4
2-1-3 断面二次モーメント	4
2-2 操作台	5
2-2-1 面積	5
2-2-2 体積	5
2-2-3 斜線部の断面二次モーメント	5
2-2-4 重心位置	6
3 組合せ荷重ケース	7
4 横方向の設計	8
4-1 ラーメン解析モデル	8
4-1-1 ラーメン寸法	8
4-1-2 座標データ	8
4-1-3 部材データ	8
4-2 荷重の計算	9
4-2-1 組合せケース 1	9
4-2-2 組合せケース 2	10
4-3 設計断面力	12
4-3-1 組合せケース 1	12
4-3-2 組合せケース 2	13
4-4 設計断面力の集計	14
4-5 設計断面力の配分	15
4-5-1 柱	15
4-5-2 操作台	15
4-6 応力度計算	16
4-6-1 柱1 (軸力考慮する)	16
4-6-2 柱2 (軸力考慮する)	18
4-6-3 操作台 (軸力考慮しない)	20
4-7 一覧表	22
4-7-1 組合せケース 1	22
4-7-2 組合せケース 2	22
5 縦方向の設計	23
5-1 荷重の計算	23
5-1-1 組合せケース 1	23
5-1-2 組合せケース 2	26
5-2 設計断面力の集計	29
5-3 応力度計算	30
5-3-1 柱	30
5-4 一覧表	32
5-4-1 組合せケース 1	32
5-4-2 組合せケース 2	32

門柱の設計

1 設計条件

1-1 単位体積重量

鉄筋コンクリートの単位体積重量 $\gamma_c = 25.00 \text{ kN/m}^3$

1-2 諸元、荷重

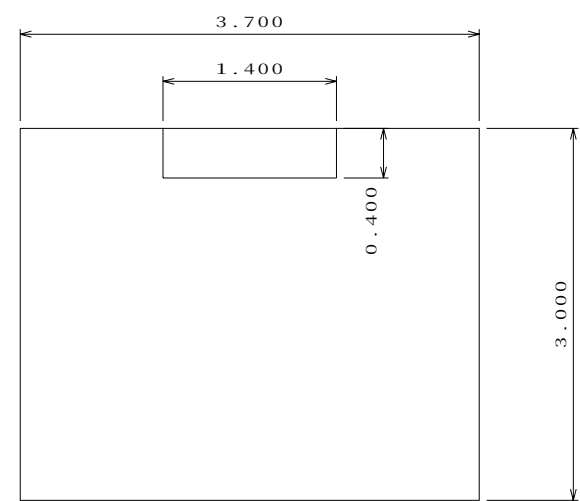
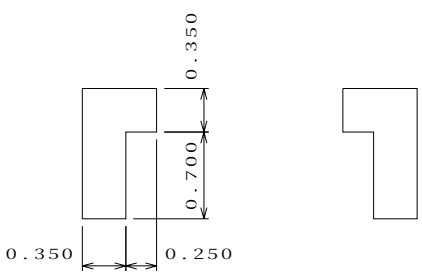
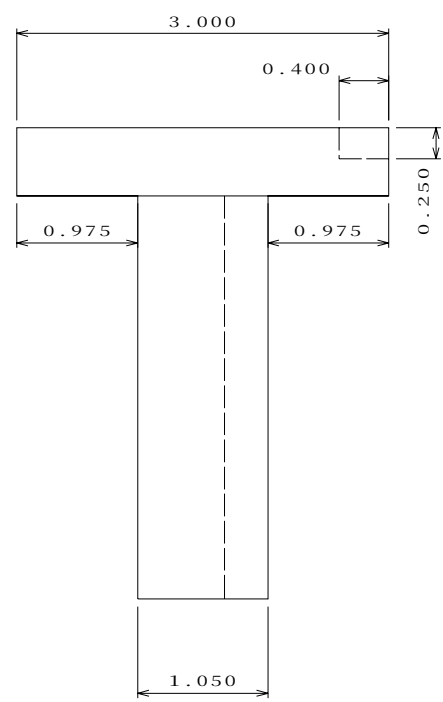
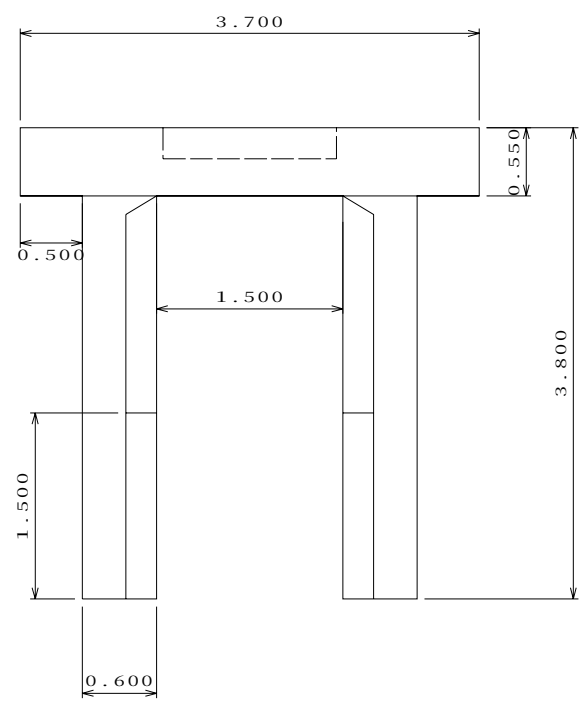
群集荷重（常時） $W_u = 3.50 \text{ kN/m}^2$
（地震時） $W_{ud} = 0.00 \text{ kN/m}^2$
風荷重 $W_p = 3.00 \text{ kN/m}^2$
上屋荷重 $W_{ho} = 100.00 \text{ kN}$
上屋の高さ $h_e = 3.000 \text{ m}$
管理橋反力（死+活） $R_{d+l} = 8.10 \text{ kN/1箇所}$
（死） $R_d = 2.60 \text{ kN/1箇所}$
管理橋の桁間隔 $W_{bl} = 1.400 \text{ m}$
金物取付部コンクリート重量 $W_{to} = 3.50 \text{ kN/m}$
設計水平震度 $K_h = 0.200$
開閉機及びゲート自重等によるスラブ反力 $P_l = 27.00 \text{ kN/門}$
開閉機重量 $W_m = 8.00 \text{ kN}$
ゲート自重 $W_g = 5.00 \text{ kN}$
開閉機吊り本数 $m_t = 1 \text{ 本}$
温度変化（上昇時） $T_1 = 15.0 \text{ }^\circ\text{C}$
温度変化（下降時） $T_2 = -15.0 \text{ }^\circ\text{C}$
線熱膨張係数 $\alpha = 1.00 \times 10^{-5}$

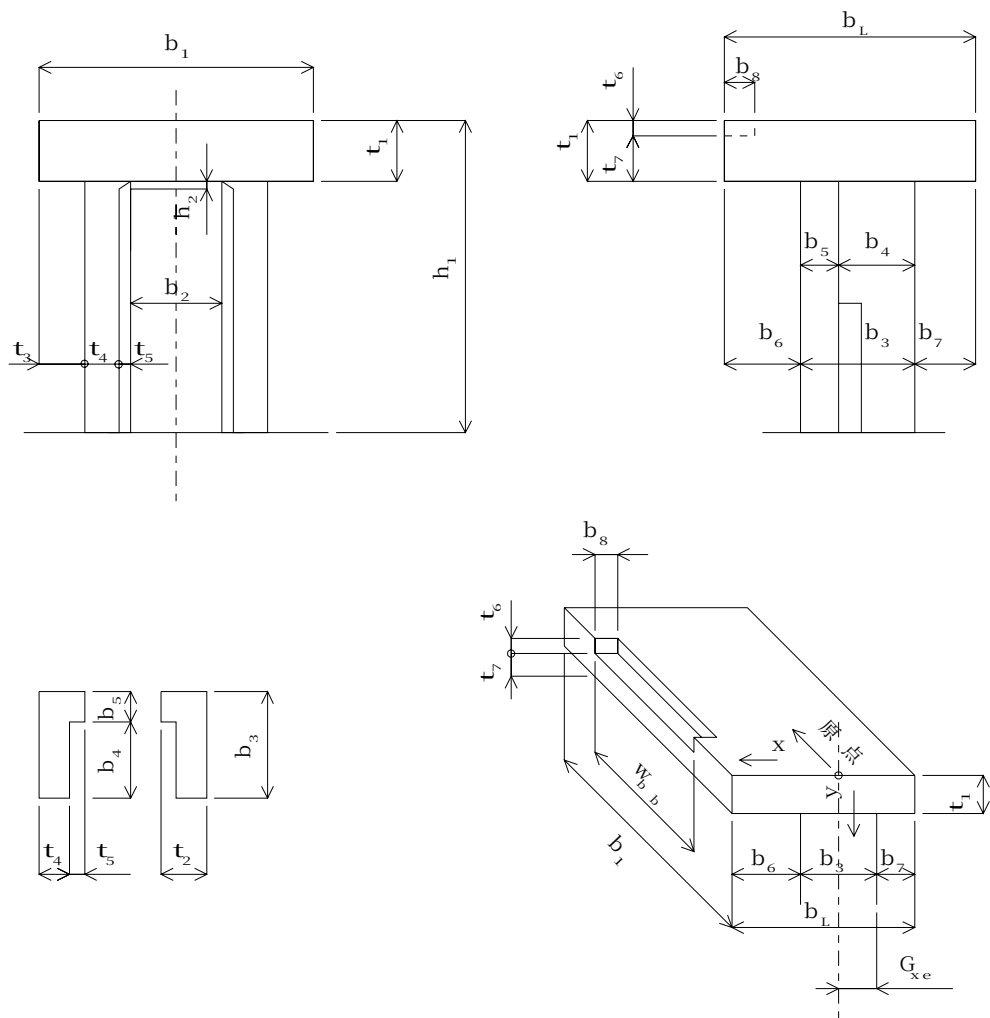
コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 24.00 \text{ N/mm}^2$
コンクリートのヤング係数 $E_c = 2.50 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

1-3 許容応力度

項 目	記号	単位	設定値	
			柱	操作台
鉄筋許容引張応力度（常 時基準値）	σ_{sa}	N/mm ²	160.0	160.0
（地震時基準値）	σ_{sa}	N/mm ²	200.0	200.0
コンクリート許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	N/mm ²	8.0	
コンクリート許容せん断応力度	τ_a	N/mm ²	0.39	

1-4 躯体形状





項目	記号	(m)	項目	記号	(m)
全高	h_1	3.800	柱部	b_3	1.050
操作台幅	b_1	3.700		b_4	0.700
操作台厚さ	t_1	0.550		b_5	0.350
柱部	t_2	0.600		b_6	0.975
	t_3	0.500		b_7	0.975
	t_4	0.350	管理橋切り欠き部	b_8	0.400
	t_5	0.250		t_6	0.250
				t_7	0.300
				W_{bb}	1.400
ハンチ部	h_2	0.150	ゲート高	h_g	1.500
操作台奥行き	b_L	3.000	開閉機設置位置	G_{v4L}	1.675
柱間の距離	b_2	1.500			

2 断面諸定数

2-1 柱断面

2-1-1 面積

$$A_{e1} = t_2 \cdot b_5 = 0.600 \times 0.350 = 0.210 \text{ m}^2$$

$$A_{e2} = t_4 \cdot b_4 = 0.350 \times 0.700 = 0.245 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_{e1} + A_{e2} = 0.210 + 0.245 = 0.455 \text{ m}^2$$

2-1-2 図心

$$\begin{aligned} G_{xe} &= \frac{A_{e1} \cdot (b_4 + 0.5 \cdot b_5) + 0.5 \cdot A_{e2} \cdot b_4}{A_e} \\ &= \frac{0.210 \times (0.700 + 0.5 \times 0.350) + 0.5 \times 0.245 \times 0.700}{0.455} \\ &= 0.592 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{ye} &= \frac{0.5 \cdot A_{e1} \cdot t_2 + 0.5 \cdot A_{e2} \cdot t_4}{A_e} \\ &= \frac{0.5 \times 0.210 \times 0.600 + 0.5 \times 0.245 \times 0.350}{0.455} \\ &= 0.233 \text{ m} \end{aligned}$$

2-1-3 断面二次モーメント

a) 断面1のy方向に対して

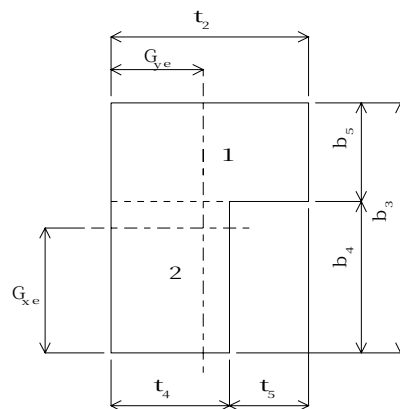
$$I_{ye1} = \frac{b_5 \cdot t_2^3}{12} = \frac{0.350 \times 0.600^3}{12} = 0.00630 \text{ m}^4$$

b) 断面2のy方向に対して

$$I_{ye2} = \frac{b_4 \cdot t_4^3}{12} = \frac{0.700 \times 0.350^3}{12} = 0.00250 \text{ m}^4$$

以上によりy軸に対する断面二次モーメントは、次のようになる。

$$\begin{aligned} I_{ye} &= I_{ye1} + I_{ye2} + A_{e1} \cdot \left(\frac{t_2}{2}\right)^2 + A_{e2} \cdot \left(\frac{t_4}{2}\right)^2 - A_e \cdot G_{ye}^2 \\ &= 0.00630 + 0.00250 + 0.210 \times \left(\frac{0.600}{2}\right)^2 \\ &\quad + 0.245 \times \left(\frac{0.350}{2}\right)^2 - 0.455 \times 0.233^2 \\ &= 0.01050 \text{ m}^4 \end{aligned}$$



2-2 操作台

操作台には管理橋を受ける切り欠きを設けるため、その部分を差し引いて換算する。

2-2-1 面積

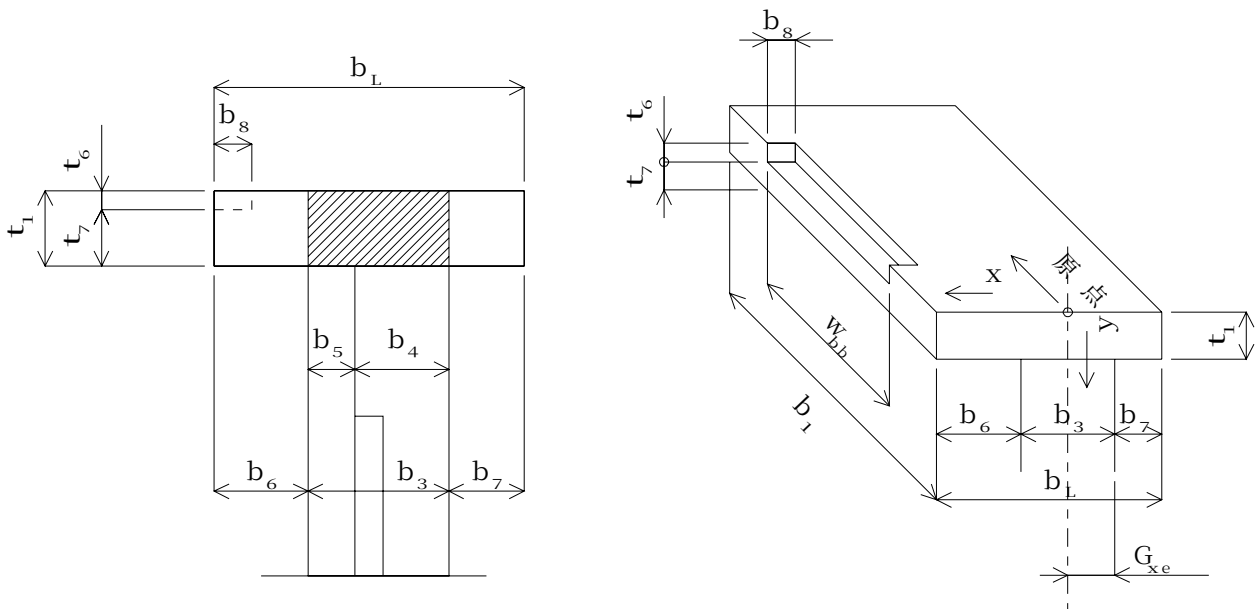
$$\begin{aligned} A_b &= b_L \cdot t_1 - b_8 \cdot t_6 \cdot \frac{W_{bb}}{b_1} \\ &= 3.000 \times 0.550 - 0.400 \times 0.250 \times \frac{1.400}{3.700} \\ &= 1.612 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2-2-2 体積

$$\begin{aligned} V_s &= b_L \cdot t_1 \cdot b_1 - b_8 \cdot t_6 \cdot W_{bb} + t_5 \cdot h_2 \cdot b_4 \\ &= 3.000 \times 0.550 \times 3.700 - 0.400 \times 0.250 \times 1.400 + 0.250 \times 0.150 \times 0.700 \\ &= 5.991 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2-2-3 斜線部の断面二次モーメント

$$I_{by} = \frac{b_3 \cdot t_1^3}{12} = \frac{1.050 \times 0.550^3}{12} = 0.01456 \text{ m}^4$$



2-2-4 重心位置

x 方向

$$V_1 = \{t_1 \cdot (b_7 + G_{xe})\} \cdot b_1 = \{0.550 \times (0.975 + 0.592)\} \times 3.700 \\ = 3.189 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \{t_1 \cdot (b_6 + b_3 - G_{xe})\} \cdot b_1 - t_6 \cdot b_8 \cdot w_{bb} \\ = \{0.550 \times (0.975 + 1.050 - 0.592)\} \times 3.700 - 0.250 \times 0.400 \times 1.400 \\ = 2.776 \text{ m}^3$$

$$V_1 \cdot x_1 = \frac{V_1 \cdot (b_7 + G_{xe})}{2} = \frac{3.189 \times (0.975 + 0.592)}{2} \\ = 2.498 \text{ m}^4$$

$$V_2 \cdot x_2 = \frac{V_2 \cdot (b_6 + b_3 - G_{xe})}{2} = \frac{2.776 \times (0.975 + 1.050 - 0.592)}{2} \\ = 1.989 \text{ m}^4$$

$$G_x = \frac{V_2 \cdot x_2 - V_1 \cdot x_1}{\sum (V_i)} = \frac{-0.509}{5.965} \\ = -0.085 \text{ m}$$

y 方向

$$V_1 = b_8 \cdot t_6 \cdot (b_1 - w_{bb}) = 0.400 \times 0.250 \times (3.700 - 1.400) \\ = 0.230 \text{ m}^3$$

$$V_2 = (b_L - b_8) \cdot t_6 \cdot b_1 = (3.000 - 0.400) \times 0.250 \times 3.700 \\ = 2.405 \text{ m}^3$$

$$V_3 = b_L \cdot t_7 \cdot b_1 = 3.000 \times 0.300 \times 3.700 \\ = 3.330 \text{ m}^3$$

$$V_1 \cdot y_1 = \frac{V_1 \cdot t_6}{2} = \frac{0.230 \times 0.250}{2} \\ = 0.029 \text{ m}^4$$

$$V_2 \cdot y_2 = \frac{V_2 \cdot t_6}{2} = \frac{2.405 \times 0.250}{2} \\ = 0.301 \text{ m}^4$$

$$V_3 \cdot y_3 = V_3 \cdot (t_6 + \frac{t_7}{2}) = 3.330 \times (0.250 + \frac{0.300}{2}) \\ = 1.332 \text{ m}^4$$

$$G_y = \frac{\sum (V_i \cdot y_i)}{\sum (V_i)} = \frac{1.661}{5.965} \\ = 0.279 \text{ m}$$

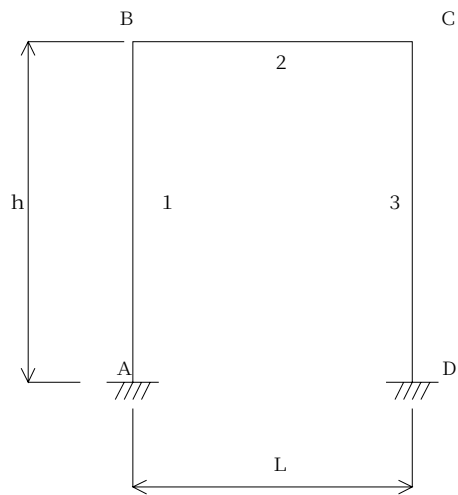
3 組合せ荷重ケース

荷重名称	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
常時	○	×	×	×	×	×	×	×
地震時	×	○	×	×	×	×	×	×
風荷重	○	×	×	×	×	×	×	×
温度荷重(上昇)	×	×	×	×	×	×	×	×
温度荷重(下降)	×	×	×	×	×	×	×	×
許容応力度の 割増し係数	1.25	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

4 横方向の設計

4-1 ラーメン解析モデル

4-1-1 ラーメン寸法



$$h = h_1 - \frac{t_1}{2} = 3.800 - \frac{0.550}{2} = 3.525 \text{ m}$$

$$L = b_1 - 2 \cdot (t_3 + G_{ye}) = 3.700 - 2 \times (0.500 + 0.233) = 2.234 \text{ m}$$

4-1-2 座標データ

節点符号	x 座標 (m)	y 座標 (m)
A	0.000	0.000
B	0.000	3.525
C	2.234	3.525
D	2.234	0.000

4-1-3 部材データ

部材番号	節点符号		断面積 (m ²)	断面2次 モーメント(m ⁴)
	開始	終了		
1	A	B	0.455	0.01050
2	B	C	1.612	0.01456
3	D	C	0.455	0.01050

4-2 荷重の計算

4-2-1 組合せケース 1

タイプ：常時 + 風荷重

操作台

$$W_1 = \frac{A_b \cdot \gamma_c \cdot b_1}{L}$$

$$= \frac{1.612 \times 25.00 \times 3.700}{2.234} = 66.75 \text{ kN/m}$$

載荷重 (群集荷重 + 上屋)

$$W_{1d} = \frac{b_L \cdot W_u \cdot b_1 + W_{ho}}{L}$$

$$= \frac{3.000 \times 3.50 \times 3.700 + 100.00}{2.234} = 62.15 \text{ kN/m}$$

柱の風荷重

$$W_2 = b_3 \cdot W_p = 1.050 \times 3.00 = 3.15 \text{ kN/m}$$

開閉装置及びゲート自重によるスラブ反力

$$P_1 = 27.00 \text{ kN}$$

管理橋反力

$$P_2 = R_{d+1} = 8.10 \text{ kN}$$

操作台及び上屋の風荷重

$$P_3 = (t_1 + h_e) \cdot b_L \cdot W_p = (0.550 + 3.000) \times 3.000 \times 3.00 = 31.95 \text{ kN}$$

柱自重

$$P_4 = A_e \cdot \gamma_c = 0.455 \times 25.00 = 11.38 \text{ kN/m}$$

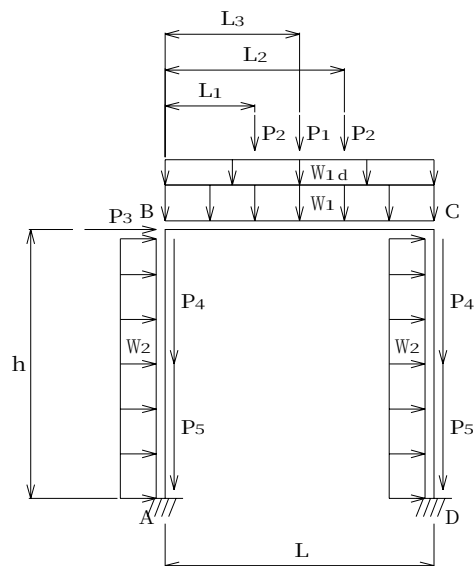
柱自重 + 金物取付部コンクリート重量

$$P_5 = W_{t0} + A_e \cdot \gamma_c = 3.50 + 0.455 \times 25.00 = 14.88 \text{ kN/m}$$

$$L_1 = \frac{L - W_{bL}}{2} = \frac{2.234 - 1.400}{2} = 0.417 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + W_{bL} = 0.417 + 1.400 = 1.817 \text{ m}$$

$$L_3 = \frac{L}{2} = \frac{2.234}{2} = 1.117 \text{ m}$$



4-2-2 組合せケース 2

タイプ：地震時

操作台

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{A_b \cdot \gamma_c \cdot b_1}{L} \\ &= \frac{1.612 \times 25.00 \times 3.700}{2.234} = 66.75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

載荷重（群集荷重+上屋）

$$\begin{aligned} W_{1d} &= \frac{b_L \cdot W_{ud} \cdot b_1 + W_{ho}}{L} \\ &= \frac{3.000 \times 0.00 \times 3.700 + 100.00}{2.234} = 44.76 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

柱慣性力

$$W_2 = A_e \cdot \gamma_c \cdot K_h = 0.455 \times 25.00 \times 0.20 = 2.28 \text{ kN/m}$$

ゲート+金物取付部コンクリートの慣性力

$$W_3 = \left(\frac{W_g}{h_g} + W_{to} \right) \cdot K_h = \left(\frac{5.00}{1.500} + 3.50 \right) \times 0.20 = 1.37 \text{ kN/m}$$

金物取付部コンクリートの慣性力

$$W_4 = W_{to} \cdot K_h = 3.50 \times 0.20 = 0.70 \text{ kN/m}$$

ゲート自重+開閉装置自重

$$P_1 = W_g + W_m = 5.00 + 8.00 = 13.00 \text{ kN}$$

管理橋反力（死）

$$P_2 = R_d = 2.60 \text{ kN}$$

操作台+管理橋反力+開閉装置+上屋の慣性力

$$\begin{aligned} P_3 &= (A_b \cdot \gamma_c \cdot b_1 + 2 \cdot R_d + W_m + W_{ho}) \cdot K_h \\ &= (1.612 \times 25.00 \times 3.700 + 2 \times 2.60 + 8.00 + 100.00) \times 0.20 \\ &= 52.46 \text{ kN} \end{aligned}$$

柱自重

$$P_4 = A_e \cdot \gamma_c = 0.455 \times 25.00 = 11.38 \text{ kN/m}$$

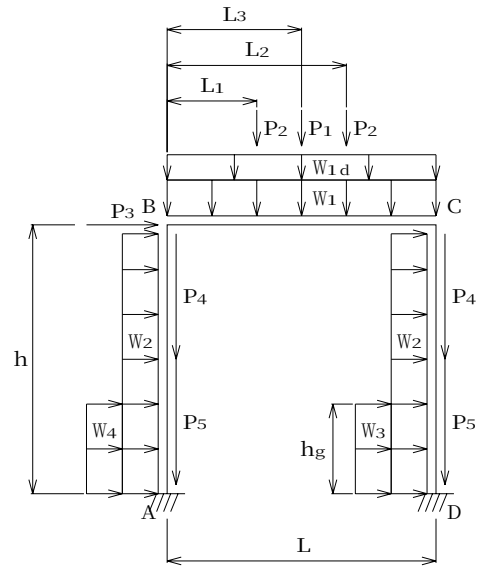
柱自重+金物取付部コンクリート重量

$$P_5 = W_{to} + A_e \cdot \gamma_c = 3.50 + 0.455 \times 25.00 = 14.88 \text{ kN/m}$$

$$L_1 = \frac{L - W_{bL}}{2} = \frac{2.234 - 1.400}{2} = 0.417 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + W_{bL} = 0.417 + 1.400 = 1.817 \text{ m}$$

$$L_3 = \frac{L}{2} = \frac{2.234}{2} = 1.117 \text{ m}$$

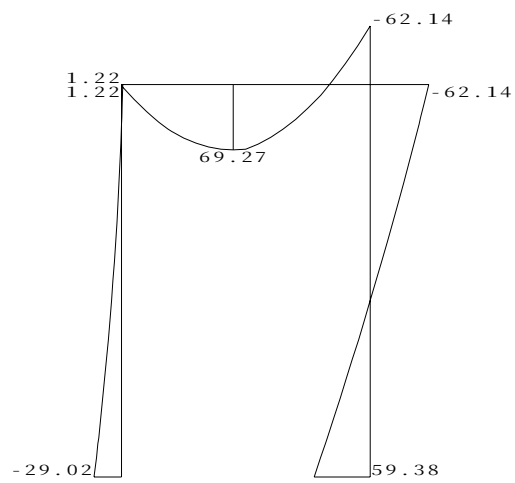


4-3 設計断面力

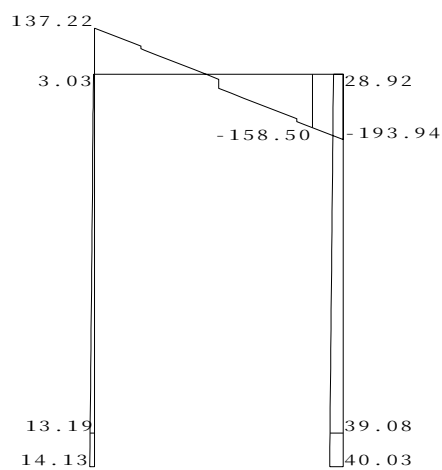
4-3-1 組合せケース 1

タイプ：常時 + 風荷重

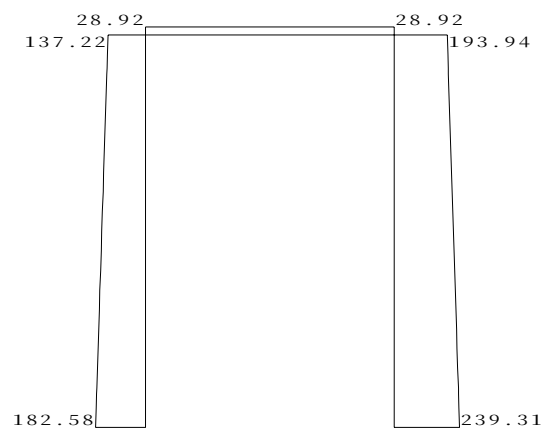
a. 曲げモーメント



b. せん断力



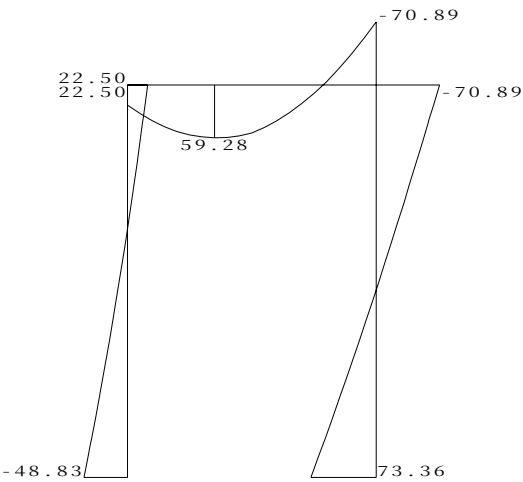
c. 軸力



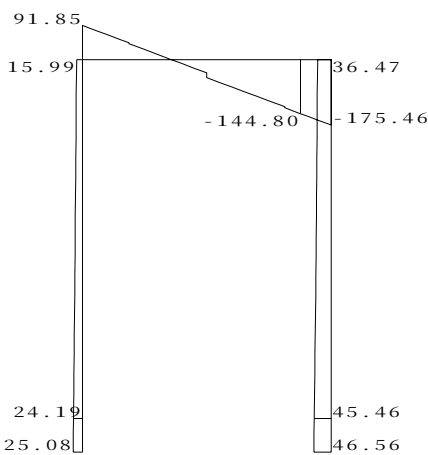
4-3-2 組合せケース 2

タイプ：地震時

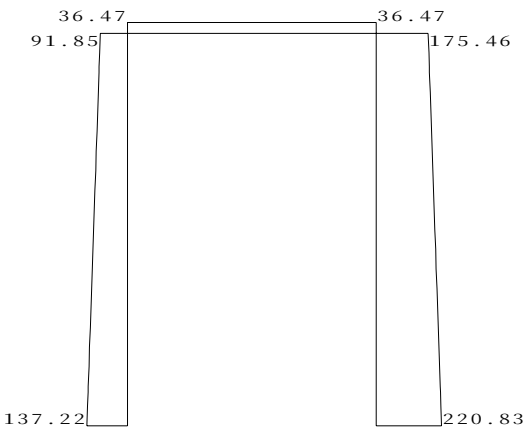
a. 曲げモーメント



b. せん断力



c. 軸力



4-4 設計断面力の集計

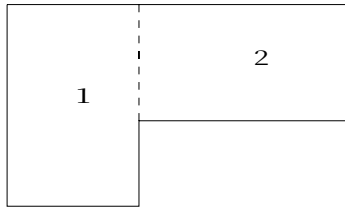
ケース番号	組合せタイプ	割増し係数
ケース1	常時 + 風荷重	1.25
ケース2	地震時	1.50

ケース番号	部材	曲げモーメント M (kN・m)	せん断力 S (kN)	軸力 N (kN)
ケース1	柱 (A～B)	-29.02	14.13	182.58
	操作台 (B～C)	69.27	-193.94	28.92
	柱 (D～C)	-62.14	40.03	193.94
ケース2	柱 (A～B)	-48.83	25.08	137.22
	操作台 (B～C)	-70.89	-175.46	36.47
	柱 (D～C)	73.36	46.56	220.83

4-5 設計断面力の配分

4-5-1 柱

設計では、柱を1と2の部分に分割して複鉄筋長方形梁として行う。



部材	断面積 (m^2)	断面2次 モーメント(m^4)
柱 1	0.210	0.00630
柱 2	0.245	0.00250

ケース番号	柱部材	曲げモーメント M ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	せん断力 S (kN)	軸力 N (kN)
ケース1	全体	62.14	40.03	193.94
	1	44.49	18.48	89.51
	2	17.65	21.55	104.43
ケース2	全体	73.36	46.56	220.83
	1	52.52	21.49	101.92
	2	20.84	25.07	118.91

4-5-2 操作台

操作台は、斜線部に対する複鉄筋長方形梁として行う。

4-6 応力度計算

4-6-1 柱1 (軸力考慮する)

a. 組合せケース 1

タイプ : 常時 + 風荷重

鉄筋は D16× 2本 の配置とする

曲げモーメント	M	=	44490000 N・mm
せん断力	S	=	18480 N
軸力	N	=	89510 N
部材幅	b	=	350 mm
部材高	h	=	600 mm
かぶり	d'	=	110 mm
有効高	d	=	490 mm
使用鉄筋量	A _s	=	397.2 mm ²
圧縮縁から中立軸までの距離	X	=	166 mm

$$\sigma_c = 4.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 133.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{S}{b \cdot d} = \frac{18480}{350 \times 490} = 0.11 \text{ N/mm}^2$$

項目	単位	実応力度		許容応力度	判定
鉄筋引張応力度	N/mm ²	133.8	<	200.0	OK
コンクリート曲げ圧縮応力度	N/mm ²	4.6	<	10.0	OK
コンクリートせん断応力度	N/mm ²	0.11	<	0.49	OK

b. 組合せケース 2

タイプ：地震時

鉄筋は D16× 2本 の配置とする

曲げモーメント	M	=	52520000 N・mm
せん断力	S	=	21490 N
軸力	N	=	101920 N
部材幅	b	=	350 mm
部材高	h	=	600 mm
かぶり	d'	=	110 mm
有効高	d	=	490 mm
使用鉄筋量	A _s	=	397.2 mm ²
圧縮縁から中立軸までの距離	X	=	164 mm

$$\sigma_c = 5.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 162.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{S}{b \cdot d} = \frac{21490}{350 \times 490} = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

項目	単位	実応力度		許容応力度	判定
鉄筋引張応力度	N/mm ²	162.5	<	300.0	OK
コンクリート曲げ圧縮応力度	N/mm ²	5.4	<	12.0	OK
コンクリートせん断応力度	N/mm ²	0.13	<	0.59	OK

4-6-2 柱2（軸力考慮する）

a. 組合せケース 1

タイプ：常時＋風荷重

鉄筋は D16× 5本 の配置とする

曲げモーメント	M	=	17650000 N・mm
せん断力	S	=	21550 N
軸力	N	=	104430 N
部材幅	b	=	700 mm
部材高	h	=	350 mm
かぶり	d'	=	110 mm
有効高	d	=	240 mm
使用鉄筋量	A _s	=	993.0 mm ²
圧縮縁から中立軸までの距離	X	=	142 mm

$$\sigma_c = 2.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 25.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{S}{b \cdot d} = \frac{21550}{700 \times 240} = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

項目	単位	実応力度		許容応力度	判定
鉄筋引張応力度	N/mm ²	25.3	<	200.0	OK
コンクリート曲げ圧縮応力度	N/mm ²	2.4	<	10.0	OK
コンクリートせん断応力度	N/mm ²	0.13	<	0.49	OK

b. 組合せケース 2

タイプ：地震時

鉄筋は D16× 5本 の配置とする

曲げモーメント	M	=	20840000 N・mm
せん断力	S	=	25070 N
軸力	N	=	118910 N
部材幅	b	=	700 mm
部材高	h	=	350 mm
かぶり	d'	=	110 mm
有効高	d	=	240 mm
使用鉄筋量	A _s	=	993.0 mm ²
圧縮縁から中立軸までの距離	X	=	139 mm

$$\sigma_c = 2.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 31.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{S}{b \cdot d} = \frac{25070}{700 \times 240} = 0.15 \text{ N/mm}^2$$

項目	単位	実応力度		許容応力度	判定
鉄筋引張応力度	N/mm ²	31.8	<	300.0	OK
コンクリート曲げ圧縮応力度	N/mm ²	2.9	<	12.0	OK
コンクリートせん断応力度	N/mm ²	0.15	<	0.59	OK

4-6-3 操作台 (軸力考慮しない)

a. 組合せケース 1

タイプ：常時 + 風荷重

鉄筋は D16× 7本 の配置とする

曲げモーメント	M	=	69270000 N・mm
せん断力	S	=	193940 N
部材幅	b	=	1050 mm
部材高	h	=	550 mm
かぶり	d'	=	65 mm
有効高	d	=	485 mm
使用鉄筋量	A _s	=	1390.2 mm ²
圧縮縁から中立軸までの距離	X	=	113 mm

$$\sigma_c = 2.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 112.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{S}{b \cdot d} = \frac{193940}{1050 \times 485} = 0.38 \text{ N/mm}^2$$

項目	単位	実応力度		許容応力度	判定
鉄筋引張応力度	N/mm ²	112.3	<	200.0	OK
コンクリート曲げ圧縮応力度	N/mm ²	2.3	<	10.0	OK
コンクリートせん断応力度	N/mm ²	0.38	<	0.49	OK

b. 組合せケース 2

タイプ：地震時

鉄筋は D16× 7本 の配置とする

曲げモーメント	M	=	70890000 N・mm
せん断力	S	=	175460 N
部材幅	b	=	1050 mm
部材高	h	=	550 mm
かぶり	d'	=	65 mm
有効高	d	=	485 mm
使用鉄筋量	A _s	=	1390.2 mm ²
圧縮縁から中立軸までの距離	X	=	113 mm

$$\sigma_c = 2.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 114.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{S}{b \cdot d} = \frac{175460}{1050 \times 485} = 0.34 \text{ N/mm}^2$$

項目	単位	実応力度		許容応力度	判定
鉄筋引張応力度	N/mm ²	114.9	<	300.0	OK
コンクリート曲げ圧縮応力度	N/mm ²	2.3	<	12.0	OK
コンクリートせん断応力度	N/mm ²	0.34	<	0.59	OK

4-7 一覧表

4-7-1 組合せケース 1

タイプ：常時 + 風荷重

項目	記号	単位	柱 1	柱 2	操作台
曲げモーメント	M	N・mm	44490000	17650000	69270000
せん断力	S	N	18480	21550	193940
軸力	N	N	89510	104430	---
部材幅	b	mm	350	700	1050
部材高	h	mm	600	350	550
圧縮かぶり	d'	mm	110	110	65
有効高	d	mm	490	240	485
鉄筋量	A_s	mm, 本 mm ²	D16× 2本 397.2	D16× 5本 993.0	D16× 7本 1390.2
中立軸	X	mm	166	142	113
応力度	σ_s	N/mm ²	133.8	25.3	112.3
	σ_c	N/mm ²	4.6	2.4	2.3
	τ_c	N/mm ²	0.11	0.13	0.38
許容応力度	σ_{sa}	N/mm ²	200.0	200.0	200.0
	σ_{ca}	N/mm ²	10.0	10.0	10.0
	τ_{ca}	N/mm ²	0.49	0.49	0.49

4-7-2 組合せケース 2

タイプ：地震時

項目	記号	単位	柱 1	柱 2	操作台
曲げモーメント	M	N・mm	52520000	20840000	70890000
せん断力	S	N	21490	25070	175460
軸力	N	N	101920	118910	---
部材幅	b	mm	350	700	1050
部材高	h	mm	600	350	550
圧縮かぶり	d'	mm	110	110	65
有効高	d	mm	490	240	485
鉄筋量	A_s	mm, 本 mm ²	D16× 2本 397.2	D16× 5本 993.0	D16× 7本 1390.2
中立軸	X	mm	164	139	113
応力度	σ_s	N/mm ²	162.5	31.8	114.9
	σ_c	N/mm ²	5.4	2.9	2.3
	τ_c	N/mm ²	0.13	0.15	0.34
許容応力度	σ_{sa}	N/mm ²	300.0	300.0	300.0
	σ_{ca}	N/mm ²	12.0	12.0	12.0
	τ_{ca}	N/mm ²	0.59	0.59	0.59

5 縦方向の設計

縦方向の設計は、樋管本体の頂版に固定された片持梁として行う。

5-1 荷重の計算

5-1-1 組合せケース 1

タイプ：常時 + 風荷重

a. 荷重値

管理橋

$$G_{v1} = 2 \cdot R_{d+1} = 2 \times 8.10 = 16.20 \text{ kN}$$

開閉装置

$$G_{v2} = W_m = 8.00 \text{ kN}$$

操作台

$$G_{v3} = V_s \cdot \gamma_c = 5.991 \times 25.00 = 149.78 \text{ kN}$$

$$G_{h3} = b_1 \cdot t_1 \cdot W_p = 3.700 \times 0.550 \times 3.00 = 6.11 \text{ kN}$$

柱

$$G_{v4} = 2 \cdot A_e \cdot \gamma_c = 2 \times 0.455 \times 25.00 = 22.75 \text{ kN/m}$$

$$G_{h4} = 2 \cdot t_2 \cdot W_p = 2 \times 0.600 \times 3.00 = 3.60 \text{ kN/m}$$

ゲート

$$G_{v5} = \frac{W_g}{h_g} + 2 \cdot W_{to} = \frac{5.00}{1.500} + 2 \times 3.50 = 10.33 \text{ kN/m}$$

$$G_{h5} = b_2 \cdot W_p = 1.500 \times 3.00 = 4.50 \text{ kN/m}$$

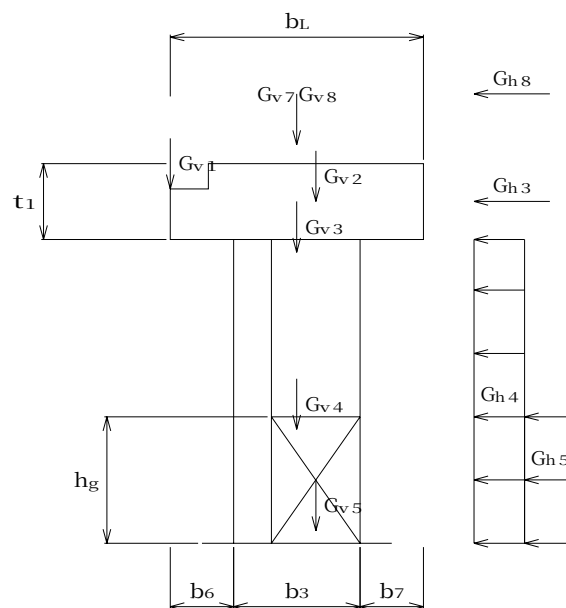
載荷重

$$G_{v7} = b_L \cdot b_1 \cdot W_u = 3.000 \times 3.700 \times 3.50 = 38.85 \text{ kN}$$

上屋

$$G_{v8} = W_{ho} = 100.00 \text{ kN}$$

$$G_{h8} = b_1 \cdot h_e \cdot W_p = 3.700 \times 3.000 \times 3.00 = 33.30 \text{ kN}$$



b. 曲げモーメント

鉛直力による曲げモーメント

$$G_{xx} = \frac{b_3}{2} = \frac{1.050}{2} = 0.525 \text{ m}$$

$$G_{v4L} = 1.675 \text{ m (開閉装置載荷位置)}$$

管理橋

$$\begin{aligned} M_{v1} &= G_{v1} \cdot \{b_L - (G_{xx} + b_7)\} = 16.20 \times \{3.000 - (0.525 + 0.975)\} \\ &= 24.30 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

開閉装置

$$\begin{aligned} M_{v2} &= G_{v2} \cdot (G_{xx} + b_6 - G_{v4L}) = 8.00 \times (0.525 + 0.975 - 1.675) \\ &= -1.40 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

操作台

$$\begin{aligned} M_{v3} &= G_{v3} \cdot (G_{xe} + G_x - G_{xx}) = 149.78 \times (0.592 + (-0.085) - 0.525) \\ &= -2.70 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

柱

$$\begin{aligned} M_{v4} &= G_{v4} \cdot (h_1 - t_1) \cdot (G_{xe} - G_{xx}) = 22.75 \times (3.800 - 0.550) \times (0.592 - 0.525) \\ &= 4.95 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

ゲート

$$\begin{aligned} M_{v5} &= G_{v5} \cdot h_g \cdot (G_{xx} + b_6 - G_{v4L}) = 10.33 \times 1.500 \times (0.525 + 0.975 - 1.675) \\ &= -2.71 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

載荷重

$$\begin{aligned} M_{v7} &= G_{v7} \cdot \left\{ (G_{xx} + b_6) - \frac{b_L}{2} \right\} = 38.85 \times \left\{ (0.525 + 0.975) - \frac{3.000}{2} \right\} \\ &= 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

上屋

$$\begin{aligned} M_{v8} &= G_{v8} \cdot \left\{ (G_{xx} + b_6) - \frac{b_L}{2} \right\} = 100.00 \times \left\{ (0.525 + 0.975) - \frac{3.000}{2} \right\} \\ &= 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$M_v = \sum (M_{vi}) = 22.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

水平力による曲げモーメント

操作台

$$\begin{aligned} M_{h3} &= G_{h3} \cdot (h_1 - \frac{t_1}{2}) = 6.11 \times (3.800 - \frac{0.550}{2}) \\ &= 21.54 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

柱

$$\begin{aligned} M_{h4} &= \frac{G_{h4} \cdot (h_1 - t_1)^2}{2} = \frac{3.60 \times (3.800 - 0.550)^2}{2} \\ &= 19.01 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

ゲート

$$\begin{aligned} M_{h5} &= \frac{G_{h5} \cdot h_g^2}{2} = \frac{4.50 \times 1.500^2}{2} \\ &= 5.06 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

上屋

$$\begin{aligned} M_{h8} &= G_{h8} \cdot (h_1 + \frac{h_e}{2}) = 33.30 \times (3.800 + \frac{3.000}{2}) \\ &= 176.49 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$M_h = \sum (M_{hi}) = 222.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

以上により曲げモーメントは、

$$M = M_v + M_h = 22.44 + 222.10 = 244.54 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

c.せん断力

$$\begin{aligned} S &= G_{h3} + G_{h4} \cdot (h_1 - t_1) + G_{h5} \cdot h_g + G_{h8} \\ &= 6.11 + 3.60 \times (3.800 - 0.550) + 4.50 \times 1.500 + 33.30 \\ &= 57.86 \text{ kN} \end{aligned}$$

d.軸力

$$\begin{aligned} N &= G_{v1} + G_{v2} + G_{v3} + G_{v4} \cdot (h_1 - t_1) + G_{v5} \cdot h_g + G_{v7} + G_{v8} \\ &= 16.20 + 8.00 + 149.78 + 22.75 \times (3.800 - 0.550) + 10.33 \times 1.500 \\ &\quad + 38.85 + 100.00 \\ &= 402.26 \text{ kN} \end{aligned}$$

5-1-2 組合せケース 2

タイプ：地震時

a. 荷重値

管理橋

$$G_{v1} = 2 \cdot R_d = 2 \times 2.60 = 5.20 \text{ kN}$$

$$G_{h1} = G_{v1} \cdot K_h = 5.20 \times 0.20 = 1.04 \text{ kN}$$

開閉装置

$$G_{v2} = W_m = 8.00 \text{ kN}$$

$$G_{h2} = G_{v2} \cdot K_h = 8.00 \times 0.20 = 1.60 \text{ kN}$$

操作台

$$G_{v3} = V_s \cdot \gamma_c = 5.991 \times 25.00 = 149.78 \text{ kN}$$

$$G_{h3} = G_{v3} \cdot K_h = 149.78 \times 0.20 = 29.96 \text{ kN}$$

柱

$$G_{v4} = 2 \cdot A_e \cdot \gamma_c = 2 \times 0.455 \times 25.00 = 22.75 \text{ kN/m}$$

$$G_{h4} = G_{v4} \cdot K_h = 22.75 \times 0.20 = 4.55 \text{ kN/m}$$

ゲート

$$G_{v5} = \frac{W_g}{h_g} + 2 \cdot W_{to} = \frac{5.00}{1.500} + 2 \times 3.50 = 10.33 \text{ kN/m}$$

$$G_{h5} = G_{v5} \cdot K_h = 10.33 \times 0.20 = 2.07 \text{ kN/m}$$

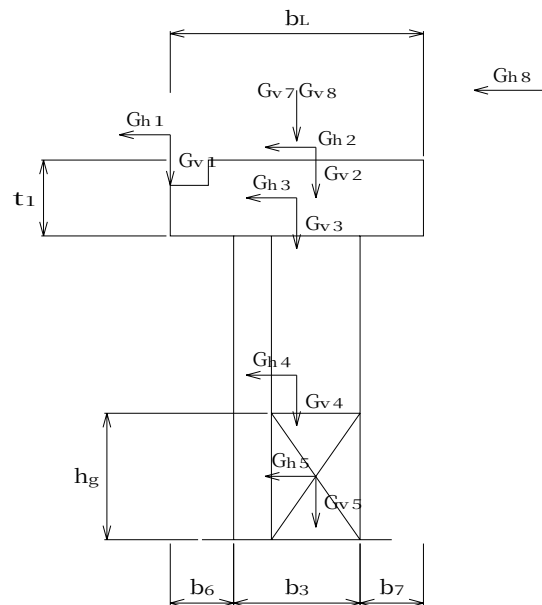
載荷重

$$G_{v7} = b_L \cdot b_1 \cdot W_{ud} = 3.000 \times 3.700 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN/m}$$

上屋

$$G_{v8} = W_{ho} = 100.00 \text{ kN}$$

$$G_{h8} = G_{v8} \cdot K_h = 100.00 \times 0.20 = 20.00 \text{ kN}$$



b. 曲げモーメント

鉛直力による曲げモーメント

$$G_{xx} = \frac{b_3}{2} = \frac{1.050}{2} = 0.525 \text{ m}$$

$$G_{v4L} = 1.675 \text{ m (開閉装置載荷位置)}$$

管理橋

$$\begin{aligned} M_{v1} &= G_{v1} \cdot \{b_L - (G_{xx} + b_7)\} \\ &= 5.20 \times \{3.000 - (0.525 + 0.975)\} \\ &= 7.80 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

開閉装置

$$\begin{aligned} M_{v2} &= G_{v2} \cdot (G_{xx} + b_6 - G_{v4L}) \\ &= 8.00 \times (0.525 + 0.975 - 1.675) \\ &= -1.40 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

操作台

$$\begin{aligned} M_{v3} &= G_{v3} \cdot (G_{xe} + G_x - G_{xx}) \\ &= 149.78 \times (0.592 + (-0.085) - 0.525) \\ &= -2.70 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

柱

$$\begin{aligned} M_{v4} &= G_{v4} \cdot (h_1 - t_1) \cdot (G_{xe} - G_{xx}) \\ &= 22.75 \times (3.800 - 0.550) \times (0.592 - 0.525) \\ &= 4.95 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

ゲート

$$\begin{aligned} M_{v5} &= G_{v5} \cdot h_g \cdot (G_{xx} + b_6 - G_{v4L}) \\ &= 10.33 \times 1.500 \times (0.525 + 0.975 - 1.675) \\ &= -2.71 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

載荷重

$$\begin{aligned} M_{v7} &= G_{v7} \cdot \left\{ (G_{xx} + b_6) - \frac{b_L}{2} \right\} = 0.00 \times \left\{ (0.525 + 0.975) - \frac{3.000}{2} \right\} \\ &= 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

上屋

$$\begin{aligned} M_{v8} &= G_{v8} \cdot \left\{ (G_{xx} + b_6) - \frac{b_L}{2} \right\} = 100.00 \times \left\{ (0.525 + 0.975) - \frac{3.000}{2} \right\} \\ &= 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$M_v = \sum (M_{vi}) = 5.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

水平力による曲げモーメント

管理橋+開閉装置

$$\begin{aligned} M_{h1} &= (G_{h1} + G_{h2}) \times h_1 \\ &= (1.04 + 1.60) \times 3.800 \\ &= 10.03 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

操作台

$$\begin{aligned} M_{h3} &= G_{h3} \cdot (h_1 - \frac{t_1}{2}) \\ &= 29.96 \times (3.800 - \frac{0.550}{2}) \\ &= 105.61 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

柱

$$\begin{aligned} M_{h4} &= \frac{G_{h4} \cdot (h_1 - t_1)^2}{2} \\ &= \frac{4.55 \times (3.800 - 0.550)^2}{2} \\ &= 24.03 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

ゲート

$$\begin{aligned} M_{h5} &= \frac{G_{h5} \cdot h_g^2}{2} \\ &= \frac{2.07 \times 1.500^2}{2} \\ &= 2.33 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

上屋

$$\begin{aligned} M_{h8} &= G_{h8} \cdot (h_1 + \frac{h_e}{2}) = 20.00 \times (3.800 + \frac{3.000}{2}) \\ &= 106.00 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$M_h = \sum (M_{hi}) = 248.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

以上により曲げモーメントは、

$$M = M_v + M_h = 5.94 + 248.00 = 253.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

c.せん断力

$$\begin{aligned} S &= G_{h1} + G_{h2} + G_{h3} + G_{h4} \cdot (h_1 - t_1) + G_{h5} \cdot h_g + G_{h8} \\ &= 1.04 + 1.60 + 29.96 + 4.55 \times (3.800 - 0.550) + 2.07 \times 1.500 + 20.00 \\ &= 70.49 \text{ kN} \end{aligned}$$

d.軸力

$$\begin{aligned} N &= G_{v1} + G_{v2} + G_{v3} + G_{v4} \cdot (h_1 - t_1) + G_{v5} \cdot h_g + G_{v7} + G_{v8} \\ &= 5.20 + 8.00 + 149.78 + 22.75 \times (3.800 - 0.550) + 10.33 \times 1.500 \\ &\quad + 0.00 + 100.00 \\ &= 352.41 \text{ kN} \end{aligned}$$

5-2 設計断面力の集計

ケース番号	組合せタイプ	割増し係数
ケース1	常時 + 風荷重	1.25
ケース2	地震時	1.50

ケース番号	柱本数	曲げモーメント M (kN・m)	せん断力 S (kN)	軸力 N (kN)
ケース1	柱2本当たり	244.54	57.86	402.26
	柱1本当たり	122.27	28.93	201.13
ケース2	柱2本当たり	253.94	70.49	352.41
	柱1本当たり	126.97	35.25	176.21

5-3 応力度計算

応力度計算については、軸力を考慮する。

5-3-1 柱

a. 組合せケース 1

タイプ：常時 + 風荷重

鉄筋は D16× 2本 の配置とする

曲げモーメント	M	=	122270000 N・mm
せん断力	S	=	28930 N
軸力	N	=	201130 N
部材幅	b	=	350 mm
部材高	h	=	1050 mm
かぶり	d'	=	110 mm
有効高	d	=	940 mm
使用鉄筋量	A _s	=	397.2 mm ²
圧縮縁から中立軸までの距離	X	=	324 mm

$$\sigma_c = 4.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 116.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{S}{b \cdot d} = \frac{28930}{350 \times 940} = 0.09 \text{ N/mm}^2$$

項目	単位	実応力度		許容応力度	判定
鉄筋引張応力度	N/mm ²	116.3	<	200.0	OK
コンクリート曲げ圧縮応力度	N/mm ²	4.1	<	10.0	OK
コンクリートせん断応力度	N/mm ²	0.09	<	0.49	OK

b.組合せケース 2

タイプ：地震時

鉄筋は D16× 2本 の配置とする

曲げモーメント	M	=	126970000 N・mm
せん断力	S	=	35250 N
軸力	N	=	176210 N
部材幅	b	=	350 mm
部材高	h	=	1050 mm
かぶり	d'	=	110 mm
有効高	d	=	940 mm
使用鉄筋量	A _s	=	397.2 mm ²
圧縮縁から中立軸までの距離	X	=	285 mm

$$\sigma_c = 4.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 153.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{S}{b \cdot d} = \frac{35250}{350 \times 940} = 0.11 \text{ N/mm}^2$$

項目	単位	実応力度		許容応力度	判定
鉄筋引張応力度	N/mm ²	153.2	<	300.0	OK
コンクリート曲げ圧縮応力度	N/mm ²	4.4	<	12.0	OK
コンクリートせん断応力度	N/mm ²	0.11	<	0.59	OK

5-4 一覧表

5-4-1 組合せケース 1

タイプ：常時 + 風荷重

項目	記号	単位	端柱
曲げモーメント	M	N・mm	122270000
せん断力	S	N	28930
軸力	N	N	201130
部材幅	b	mm	350
部材高	h	mm	1050
圧縮かぶり	d'	mm	110
有効高	d	mm	940
鉄筋量		mm, 本	D16× 2本
	A _s	mm ²	397.2
中立軸	X	mm	324
応力度	σ _s	N/mm ²	116.3
	σ _c	N/mm ²	4.1
	τ _c	N/mm ²	0.09
許容応力度	σ _{sa}	N/mm ²	200.0
	σ _{ca}	N/mm ²	10.0
	τ _{ca}	N/mm ²	0.49

5-4-2 組合せケース 2

タイプ：地震時

項目	記号	単位	端柱
曲げモーメント	M	N・mm	126970000
せん断力	S	N	35250
軸力	N	N	176210
部材幅	b	mm	350
部材高	h	mm	1050
圧縮かぶり	d'	mm	110
有効高	d	mm	940
鉄筋量		mm, 本	D16× 2本
	A _s	mm ²	397.2
中立軸	X	mm	285
応力度	σ _s	N/mm ²	153.2
	σ _c	N/mm ²	4.4
	τ _c	N/mm ²	0.11
許容応力度	σ _{sa}	N/mm ²	300.0
	σ _{ca}	N/mm ²	12.0
	τ _{ca}	N/mm ²	0.59