

受付 No.

台帳 No. PS405000



# CY-SYSTEM (PC)

## パワーボックスカルバート

### 設 計 計 算 書



○内空寸法： 内 幅 (B) 4500 mm  
内 高 (H) 2000 mm  
長 さ (L) 1000 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1 = 0.200 m  
H2 = 1.500 m

千 葉 窯 業 株 式 会 社

## 1 設計条件

## 1.1 一般条件

構造形式	: 一径間ボックスラーメン
内空寸法	: (B) 4500 × (H) 2000 × (L) 1000 [mm]
土被り	: H1 = 0.200 ~ H2 = 1.500 [m]
道路舗装厚	: t = 0.200 [m]
路盤厚	: t <sub>b</sub> = 0.000 [m]

## 1.2 単位容積重量

舗装材	: $\gamma_a = 22.5$ [kN/m <sup>3</sup> ]
路盤材 (地下水位以上)	: $\gamma_b = 19.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]
路盤材 (地下水位以下)	: $\gamma_{bw} = 10.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]
鉄筋コンクリート	: $\gamma_c = 24.5$ [kN/m <sup>3</sup> ]
土 (地下水位以上)	: $\gamma_s = 18.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]
土 (地下水位以下)	: $\gamma_w = 9.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]

1.3 土圧係数 (水平) :  $K_a = 0.500$ (鉛直) :  $\alpha = 1.000$ 1.4 活荷重 (上載) : T' 荷重 横断通行  
(輪接地幅 a = 0.20m b = 0.50m )(側載) :  $Q = 10.0$  [kN/m<sup>2</sup>]

1.5 衝撃係数 : i = 0.300

1.6 鉄筋かぶり : 頂版 底版 側壁  
: (内側) 40 mm 40 mm 40 mm  
: (外側) 40 mm 40 mm 40 mm1.7 断面力低減係数 (土被り H1) :  $\beta = 1.0$ (土被り H2) :  $\beta = 0.9$ 

## 1.8 許容応力度

## 1.8.1 鉄筋

引張応力度	: $\sigma_{sa} = 160$ [N/mm <sup>2</sup> ]
降伏点応力度	: $\sigma_{sy} = 295$ [N/mm <sup>2</sup> ]
弾性係数	: $E_s = 2.0 \times 10^5$ [N/mm <sup>2</sup> ]

## 1.8.2 コンクリート

- (1) 設計基準強度 :  $\sigma_{ck} = 40.0 \text{ N/mm}^2$
- (2) プレストレストコンクリート部材
- P S 導入時強度 :  $\sigma_{ck}' = 35.0 \text{ N/mm}^2$
- P S 導入直後
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{cat} = 19.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{tat} = -1.5 \text{ N/mm}^2$
- 設計荷重作用時
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{ca} = 15.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{ta} = -1.5 \text{ N/mm}^2$
- (死荷重作用時)
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{ta}' = 0.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容せん断応力度 :  $\tau_a = 0.270 \text{ N/mm}^2$
- 許容斜引張応力度 :  $\sigma_{ia} = -1.0 \text{ N/mm}^2$
- (3) 鉄筋コンクリート部材
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{ca} = 14.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容せん断応力度 :  $\tau_a = 0.270 \text{ N/mm}^2$
- (4) 弾性係数 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

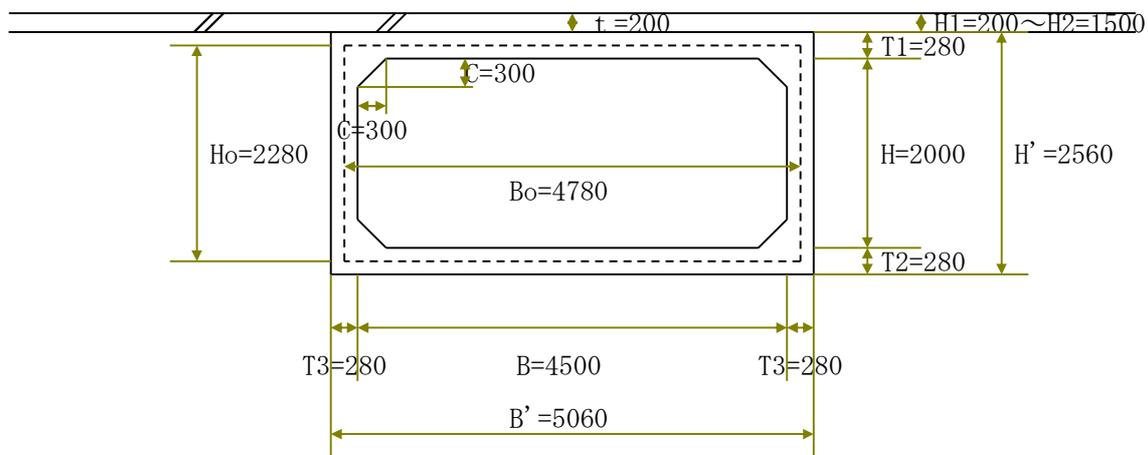
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (1) 許容引張応力度
- 引張強度 :  $\sigma_{pu} = 1230 \text{ N/mm}^2$
- 降伏点強度 :  $\sigma_{py} = 1080 \text{ N/mm}^2$
- プレストレッシング中 :  $\sigma_{pia} = 972 \text{ N/mm}^2$
- プレストレッシング直後 :  $\sigma_{pca} = 861 \text{ N/mm}^2$
- 設計荷重作用時 :  $\sigma_{pea} = 738 \text{ N/mm}^2$
- (2) 弾性係数 :  $E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

## (3) 使用 P C 鋼棒

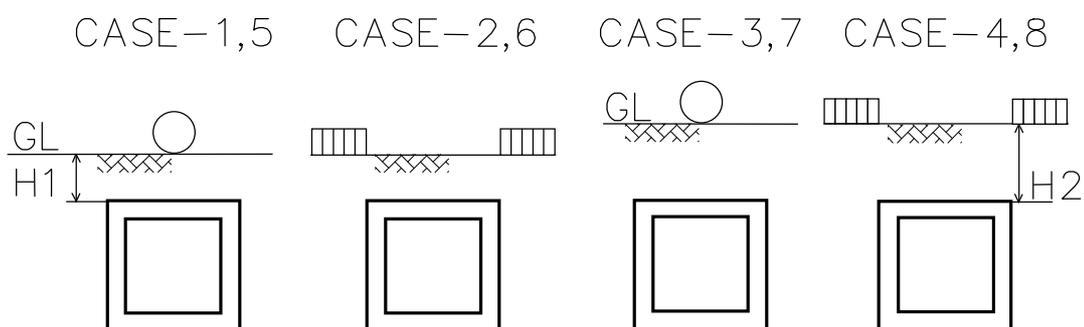
	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 26$	$\phi 26$	*****	(mm)
断面積	530.90	530.90	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	450000	450000	*****	(N)

## 1.11 標準断面図



[単位: mm]

## 1.12 荷重の組合せ



## [荷重 CASE]

CASE 1, 3, 5, 7 は、荷重がカルバート上載の場合

CASE 2, 4, 6, 8 は、荷重がカルバート側載の場合

また

CASE 1, 2, 5, 6 は、土被り H1 の場合

CASE 3, 4, 7, 8 は、土被り H2 の場合

また

CASE 1, 2, 3, 4 は、地下水の影響が無い場合

CASE 5, 6, 7, 8 は、地下水の影響が有る場合

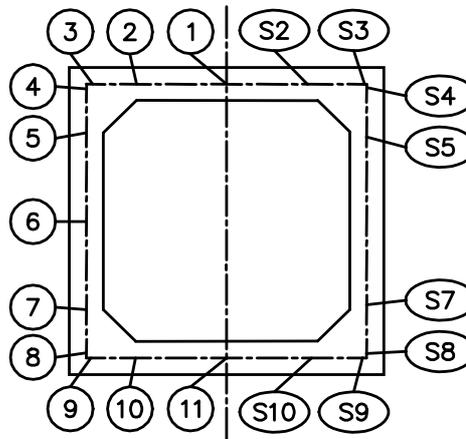
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

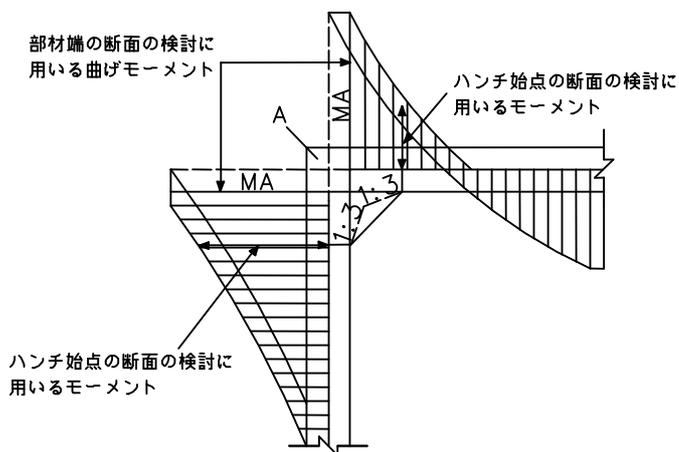
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

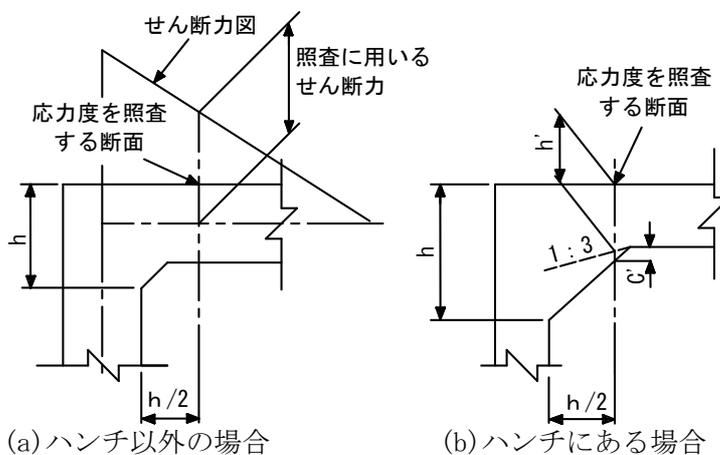
せん断力



1) 断面検討用曲げモーメント



2 せん断力に対する照査



b)について

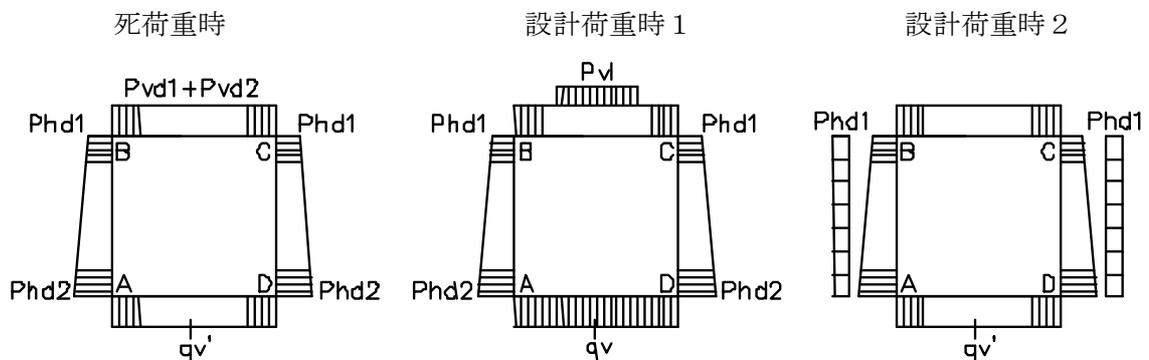
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分C'の1/3まで大きくとります。

$$h' = T + C'/3$$

3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = K_a \times Q$
- (5) 活荷重  
 輪分布幅  $u = a + 2 \times H1 = 0.600 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 0.900 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 130.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値	死荷重時 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 1 CASE-1 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重 2 CASE-2 (kN/m <sup>2</sup> )
P <sub>vd1</sub>	6.860	6.860	6.860
P <sub>vd2</sub>	4.500	4.500	4.500
P <sub>hd1</sub> = P <sub>hd1</sub>	3.510	3.510	*****
P <sub>hd1</sub> = P <sub>hd1</sub> + P <sub>q</sub>	*****	*****	8.510
P <sub>hd3</sub> = P <sub>hd3</sub>	*****	*****	*****
P <sub>hd3</sub> = P <sub>hd3</sub> + P <sub>q</sub>	*****	*****	*****
P <sub>hd5</sub> = P <sub>hd5</sub>	*****	*****	*****
P <sub>hd5</sub> = P <sub>hd5</sub> + P <sub>q</sub>	*****	*****	*****
P <sub>hd2</sub> = P <sub>hd2</sub>	24.030	24.030	*****
P <sub>hd2</sub> = P <sub>hd2</sub> + P <sub>q</sub>	*****	*****	29.030
P <sub>hd4</sub> = P <sub>hd4</sub>	*****	*****	*****
P <sub>v1</sub>	0.000	157.576	0.000
q <sub>v</sub>	*****	38.606	*****
q <sub>v'</sub>	18.827	*****	18.827

注) q<sub>v'</sub>は、P<sub>v1</sub> = 0 とした場合の底版反力

## 3.1.2 構造解析

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ ラーメン係数} \quad \alpha &= (H_0 \times T_1^3) / (B_0 \times T_3^3) \\
 &\beta = (H_0 \times T_2^3) / (B_0 \times T_3^3) \\
 N_1 &= 2 + \alpha \\
 N_2 &= 2 + \beta
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \text{ 荷重項} \quad CAD &= q_v \times B_0^2 / 12 \\
 CBC &= \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_0^3 + P_{v1} \times u \\
 &\quad \times (3 \times B_0^2 - u^2)\} / (24 \times B_0) \\
 CAB &= (H_0^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60 \\
 CBA &= (H_0^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60
 \end{aligned}$$

注1) 死荷重時、設計荷重時2のCADは、 $q_v = q_v'$

注2) 死荷重時、設計荷重時2のCBCは、 $P_{v1} = 0$

注3)  $P_{hd1} \sim P_{hd5}$ は、水平荷重（設計荷重参照）

$$\begin{aligned}
 (3) \text{ たわみ角} \quad \theta_A &= \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1) \\
 \theta_B &= \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (4) \text{ 端モーメント} \quad MAB &= 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB \\
 MAD &= \beta \times \theta_A + CAD \\
 MBA &= 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA \\
 MBC &= \alpha \times \theta_B - CBC
 \end{aligned}$$

$$MAB + MAD = 0 \quad MBA + MBC = 0$$

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
$\alpha$	0.4770	0.4770	0.4770
$\beta$	0.4770	0.4770	0.4770
N1	2.4770	2.4770	2.4770
N2	2.4770	2.4770	2.4770
CAD (kN・m/m)	35.847	73.508	35.847
CBC (kN・m/m)	21.630	77.824	21.630
CAB (kN・m/m)	6.854	6.854	9.020
CBA (kN・m/m)	5.076	5.076	7.242
$\theta_A$	-17.208	-46.315	-15.741
$\theta_B$	13.630	48.067	12.163
MAB (kN・m/m)	-27.639	-51.416	-28.339
MAD (kN・m/m)	27.639	51.416	28.339
MBA (kN・m/m)	15.129	54.897	15.828
MBC (kN・m/m)	-15.129	-54.897	-15.828

## 3.1.3 各部材の断面力

## (1) 頂版

## 1) せん断力

$$S_{XBC} = \{(P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o + P_{v1} \times u\} / 2 - (P_{vd1} + P_{vd2}) \times x$$

## 2) 曲げモーメント

$$M_{max} = (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^2 / 8 + P_{v1} \times u \times (B_o / 2 - u / 4) / 2 + M_{BC}$$

## (2) 底版

## 1) せん断力

$$S_{XAD} = q_v \times B_o / 2 - q_v \times x$$

## 2) 曲げモーメント

$$M_{max} = q_v \times B_o^2 / 8 - M_{AD}$$

## (3) 側壁

## 1) せん断力

$$S_{XAB} = P_{hd1} \times H_o / 2 + (P_{hd2} - P_{hd1}) \times H_o / 3 - (M_{AB} + M_{BA}) / H_o - P_{hd2} \times x + (P_{hd2} - P_{hd1}) \times x^2 / (2 \times H_o)$$

$$S_{XBA} = P_{hd1} \times H_o / 2 + (P_{hd2} - P_{hd1}) \times H_o / 3 - (M_{AB} + M_{BA}) / H_o - P_{hd2} \times x + (P_{hd2} - P_{hd1}) \times x^2 / (2 \times H_o)$$

## 2) 曲げモーメント

節点間の極値は、せん断力が0となる位置に生じる。次式を解いて位置xを求める。

$$S_x = S_{AB} - P_{hd2} \times x - (P_{hd1} - P_{hd2}) \times x^2 / (2 \times H_o)$$

$$M_{max} = S_{AB} \times x - P_{hd2} \times x^2 / 2 - (P_{hd1} - P_{hd2}) \times x^3 / (6 \times H_o) + M_{AB}$$

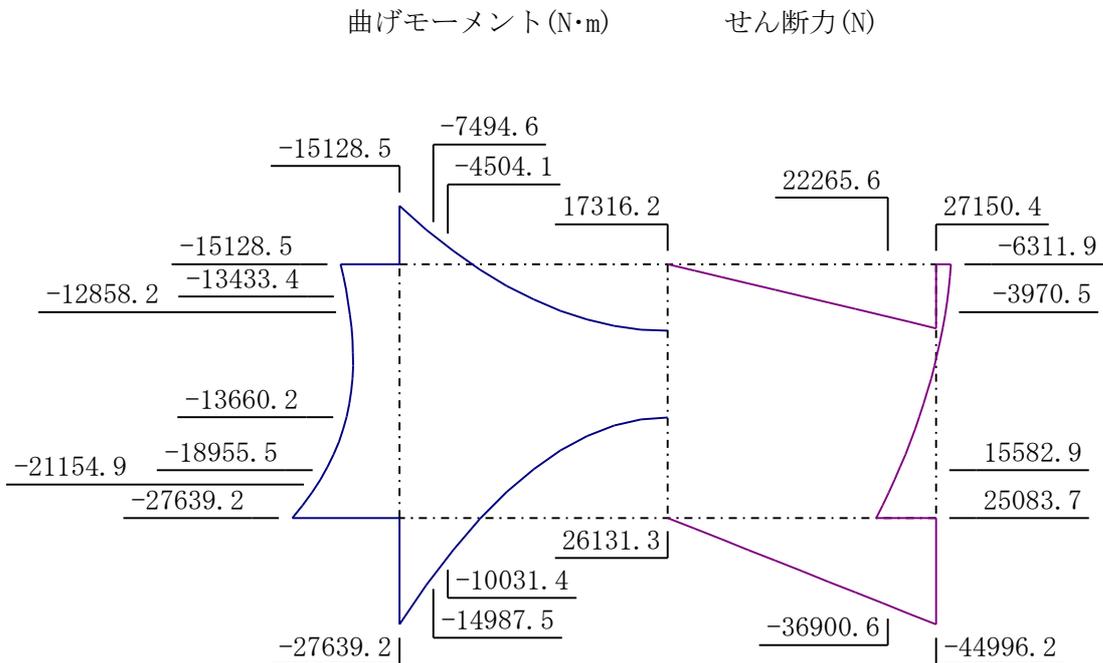
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
S BC (kN/m)	27.150	74.423	27.150
S CB (kN/m)	-27.150	-74.423	-27.150
Mmax (kN・m/m)	17.316	83.439	16.617
S AD (kN/m)	44.996	92.269	44.996
S DA (kN/m)	-44.996	-92.269	-44.996
Mmax (kN・m/m)	26.131	58.845	25.432
S AB (kN/m)	25.084	18.070	30.784
S BA (kN/m)	-6.312	-13.326	-12.012
x (m)	0.906	0.906	*****
	1.338	*****	1.338
Mmax (kN・m/m)	-13.660	-43.791	*****
Mmax (kN・m/m)	-11.994	*****	-9.542

注1) 頂版 死荷重時・設計荷重時2は、 $P_{v1} = 0$  とする。

注2) 底版 死荷重時・設計荷重時2は、 $q_v = q_v'$  とする。

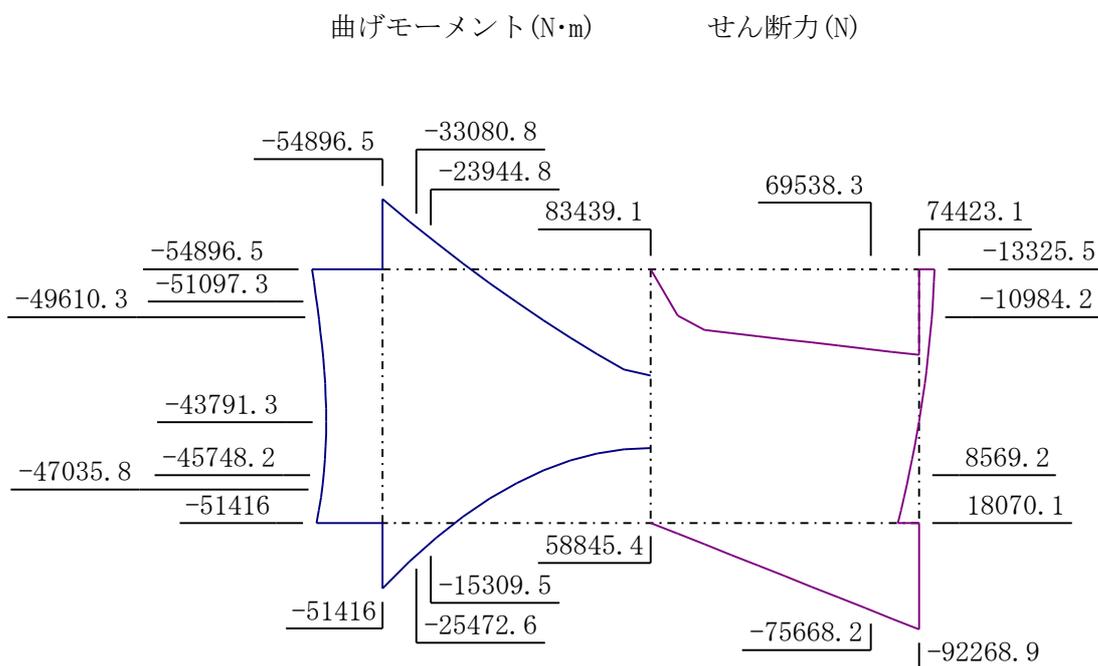
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ / 単位長]			
部材	照査点	距離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸力 N (N)
頂版	3, S3 端部	0.140	-15129	27150	6312
	2 ハッチ始点	0.440	-7495	***	6312
	S2 τ点	0.430	-4504	22266	6312
	1 中央	2.390	17316	0	6312
底板	9, S9 端部	0.140	-27639	44996	25084
	10 ハッチ始点	0.440	-14988	***	25084
	S10 τ点	0.430	-10031	36901	25084
	11 中央	2.390	26131	0	25084
側壁	4, S4 上端部	2.140	-15129	-6312	27150
	5 上ハッチ点	1.840	-13433	***	29499
	S5 上τ点	1.850	-12858	-3971	30516
	6 中間	0.906	-13660	*****	37905
		1.338	-11994	*****	34524
	S7 下τ点	0.430	-18956	15583	41631
	7 下ハッチ点	0.440	-21155	***	42648
	8, S8 下端部	0.140	-27639	25084	44996



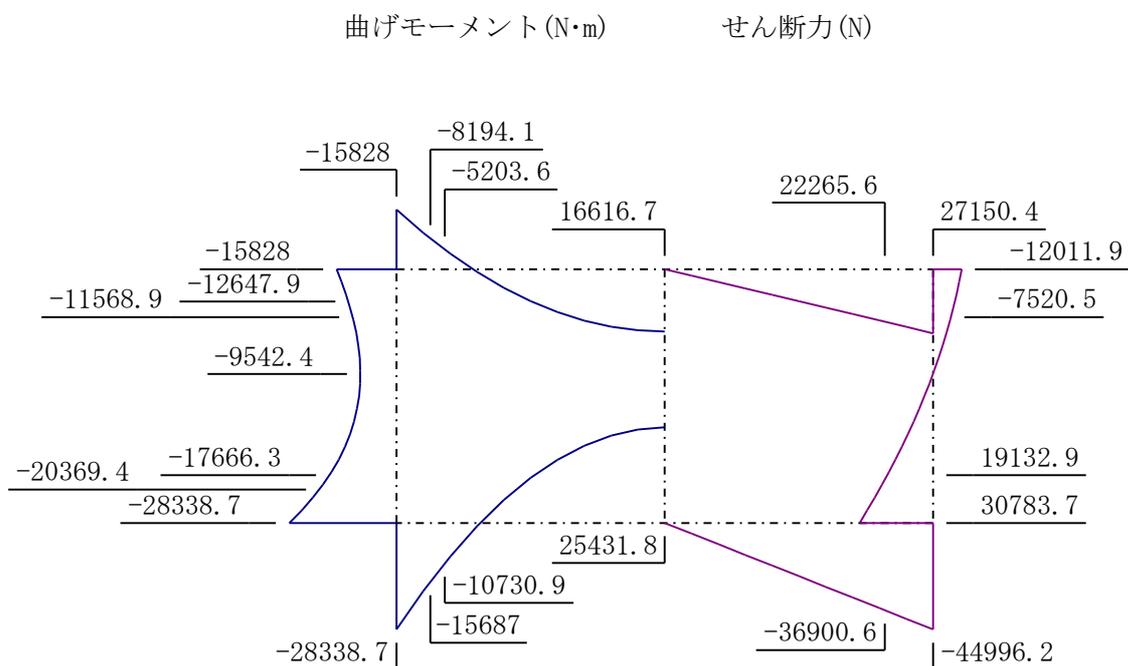
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

部材	照査点	距離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	[ /単位長]
					軸力 N (N)
頂版	3, S3 端部	0.140	-54897	74423	13326
	2 ハッチ始点	0.440	-33081	***	13326
	S2 τ点	0.430	-23945	69538	13326
	1 中央	2.390	83439	0	13326
底版	9, S9 端部	0.140	-51416	92269	18070
	10 ハッチ始点	0.440	-25473	***	18070
	S10 τ点	0.430	-15310	75668	18070
	11 中央	2.390	58845	0	18070
側壁	4, S4 上端部	2.140	-54897	-13326	74423
	5 上ハッチ点	1.840	-51097	***	76771
	S5 上τ点	1.850	-49610	-10984	77789
	6 中間	0.906	-43791	0	85178
	S7 下τ点	0.430	-45748	8569	88903
	7 下ハッチ点	0.440	-47036	***	89921
	8, S8 下端部	0.140	-51416	18070	92269



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

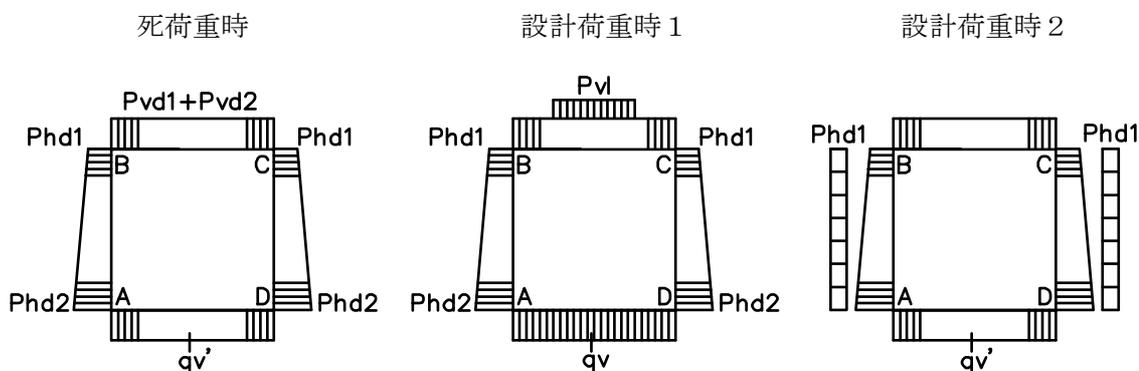
部材	照査点	距離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	[ /単位長]
					軸力 N (N)
頂版	3, S3 端部	0.140	-15828	27150	12012
	2 ハッチ始点	0.440	-8194	***	12012
	S2 τ点	0.430	-5204	22266	12012
	1 中央	2.390	16617	0	12012
底版	9, S9 端部	0.140	-28339	44996	30784
	10 ハッチ始点	0.440	-15687	***	30784
	S10 τ点	0.430	-10731	36901	30784
	11 中央	2.390	25432	0	30784
側壁	4, S4 上端部	2.140	-15828	-12012	27150
	5 上ハッチ点	1.840	-12648	***	29499
	S5 上τ点	1.850	-11569	-7521	30516
	6 中間	1.338	-9542	0	34524
	S7 下τ点	0.430	-17666	19133	41631
	7 下ハッチ点	0.440	-20369	***	42648
	8, S8 下端部	0.140	-28339	30784	44996



3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

3.2.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H2 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + H_o) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = K_a \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅  $u = a + 2 \times H2 = 3.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H2 = 3.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値	死荷重時 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 1 CASE-3 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 2 CASE-4 (kN/m <sup>2</sup> )
$P_{vd1}$	6.860	6.860	6.860
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	15.210	15.210	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	20.210
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	35.730	35.730	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	40.730
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	60.028	*****
$q_{v'}$	42.227	*****	42.227

注)  $q_{v'}$  は、 $P_{v1}=0$  とした場合の底版反力。

## 3.2.2 構造解析

(1) ラーメン係数

$$\alpha = (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3)$$

$$\beta = (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3)$$

$$N_1 = 2 + \alpha$$

$$N_2 = 2 + \beta$$

(2) 荷重項

$$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$

$$CBC = \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{v1} \times u \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o)$$

$$CAB = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60$$

$$CBA = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60$$

注1) 死荷重時、設計荷重時2のCADは、 $q_v = q_v'$   
 注2) 死荷重時、設計荷重時2のCBCは、 $P_{v1} = 0$   
 注3)  $P_{hd1} \sim P_{hd5}$ は、水平荷重(設計荷重参照)

(3) たわみ角

$$\theta_A = \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$

$$\theta_B = \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$

(4) 端モーメント

$$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$

$$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$

$$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$

$$MBC = \alpha \times \theta_B - CBA$$

$$MAB + MAD = 0 \quad MBA + MBC = 0$$

計算値	死荷重時	設計荷重時1 CASE-3	設計荷重時2 CASE-4
$\alpha$	0.4770	0.4770	0.4770
$\beta$	0.4770	0.4770	0.4770
N1	2.4770	2.4770	2.4770
N2	2.4770	2.4770	2.4770
CAD (kN・m/m)	80.401	114.296	80.401
CBC (kN・m/m)	66.184	109.431	66.184
CAB (kN・m/m)	11.923	11.923	14.089
CBA (kN・m/m)	10.145	10.145	12.311
$\theta_A$	-43.942	-68.711	-42.475
$\theta_B$	40.364	67.823	38.898
MAB (kN・m/m)	-59.442	-81.522	-60.141
MAD (kN・m/m)	59.442	81.522	60.141
MBA (kN・m/m)	46.931	77.080	47.631
MBC (kN・m/m)	-46.931	-77.080	-47.631

## 3.2.3 各部材の断面力

## (1) 頂版

## 1) せん断力

$$S_{XBC} = \{(P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o + P_{v1} \times u\} / 2 - (P_{vd1} + P_{vd2}) \times x$$

## 2) 曲げモーメント

$$M_{max} = (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^2 / 8 + P_{v1} \times u \times (B_o / 2 - u / 4) / 2 + M_{BC}$$

## (2) 底版

## 1) せん断力

$$S_{XAD} = q_v \times B_o / 2 - q_v \times x$$

## 2) 曲げモーメント

$$M_{max} = q_v \times B_o^2 / 8 - M_{AD}$$

## (3) 側壁

## 1) せん断力

$$S_{XAB} = P_{hd1} \times H_o / 2 + (P_{hd2} - P_{hd1}) \times H_o / 3 - (M_{AB} + M_{BA}) / H_o - P_{hd2} \times x + (P_{hd2} - P_{hd1}) \times x^2 / (2 \times H_o)$$

$$S_{XBA} = P_{hd1} \times H_o / 2 + (P_{hd2} - P_{hd1}) \times H_o / 3 - (M_{AB} + M_{BA}) / H_o - P_{hd2} \times x + (P_{hd2} - P_{hd1}) \times x^2 / (2 \times H_o)$$

## 2) 曲げモーメント

節点間の極値は、せん断力が0となる位置に生じる。次式を解いて位置xを求める。

$$S_x = S_{AB} - P_{hd2} \times x - (P_{hd1} - P_{hd2}) \times x^2 / (2 \times H_o)$$

$$M_{max} = S_{AB} \times x - P_{hd2} \times x^2 / 2 - (P_{hd1} - P_{hd2}) \times x^3 / (6 \times H_o) + M_{AB}$$

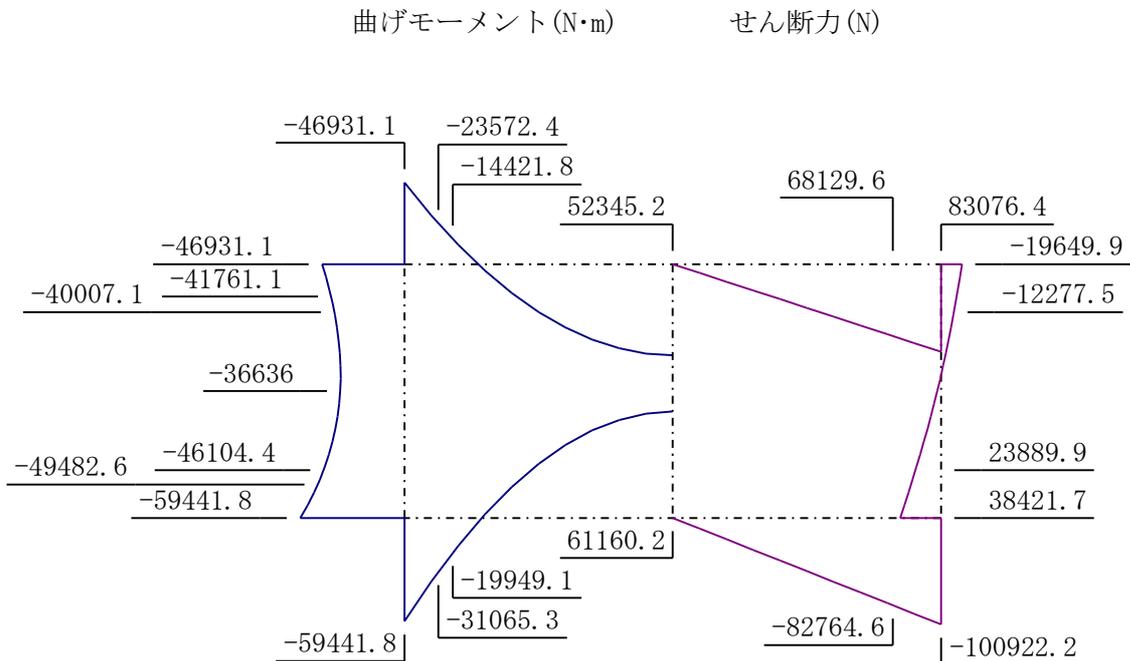
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	83.076	125.622	83.076
SCB (kN/m)	-83.076	-125.622	-83.076
Mmax (kN・m/m)	52.345	89.844	51.646
SAD (kN/m)	100.922	143.468	100.922
SDA (kN/m)	-100.922	-143.468	-100.922
Mmax (kN・m/m)	61.160	89.922	60.461
SAB (kN/m)	38.422	34.883	44.122
SBA (kN/m)	-19.650	-23.189	-25.350
x (m)	1.140	1.140	*****
	1.258	*****	1.258
Mmax (kN・m/m)	-36.636	-62.750	*****
Mmax (kN・m/m)	-36.393	*****	-33.879

注1) 頂版 死荷重時・設計荷重時2は、 $P_{v1} = 0$  とする。

注2) 底版 死荷重時・設計荷重時2は、 $q_v = q_v'$  とする。

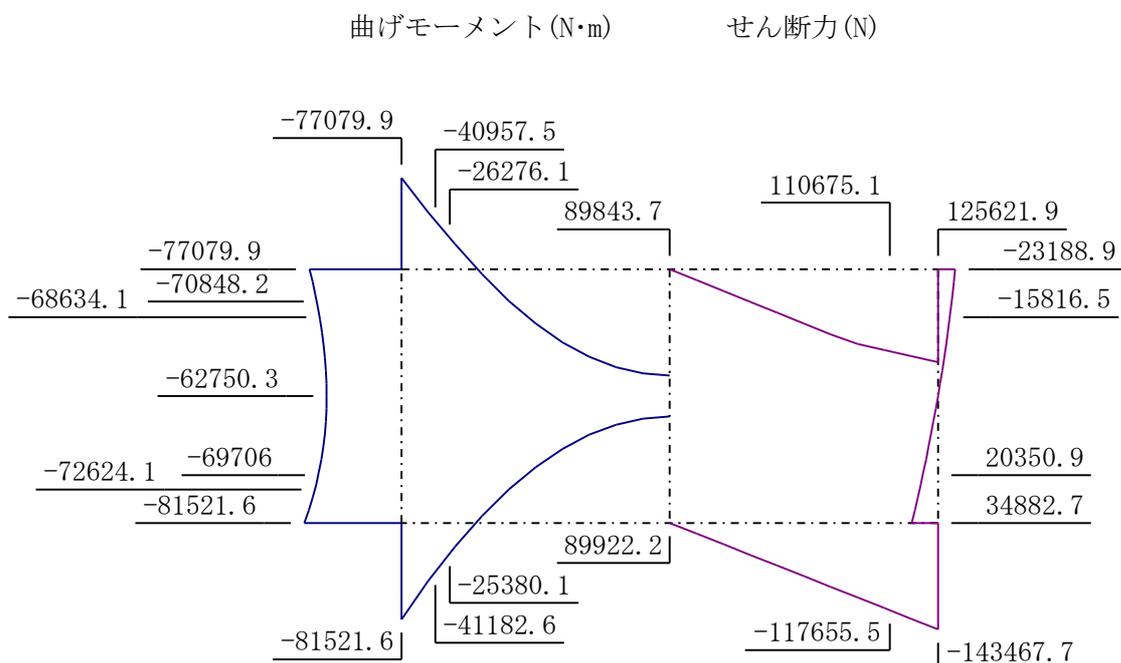
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

部材	照査点	距離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	[ / 単位長]	
				せん断力 S (N)	軸力 N (N)
頂版	3, S3 端部	0.140	-46931	83076	19650
	2 ハッチ始点	0.440	-23572	***	19650
	S2 τ点	0.430	-14422	68130	19650
	1 中央	2.390	52345	0	19650
底版	9, S9 端部	0.140	-59442	100922	38422
	10 ハッチ始点	0.440	-31065	***	38422
	S10 τ点	0.430	-19949	82765	38422
	11 中央	2.390	61160	0	38422
側壁	4, S4 上端部	2.140	-46931	-19650	83076
	5 上ハッチ点	1.840	-41761	***	85425
	S5 上τ点	1.850	-40007	-12278	86442
	6 中間	1.140	-36636	*****	91999
		1.258	-36393	*****	91076
	S7 下τ点	0.430	-46104	23890	97557
	7 下ハッチ点	0.440	-49483	***	98574
	8, S8 下端部	0.140	-59442	38422	100922



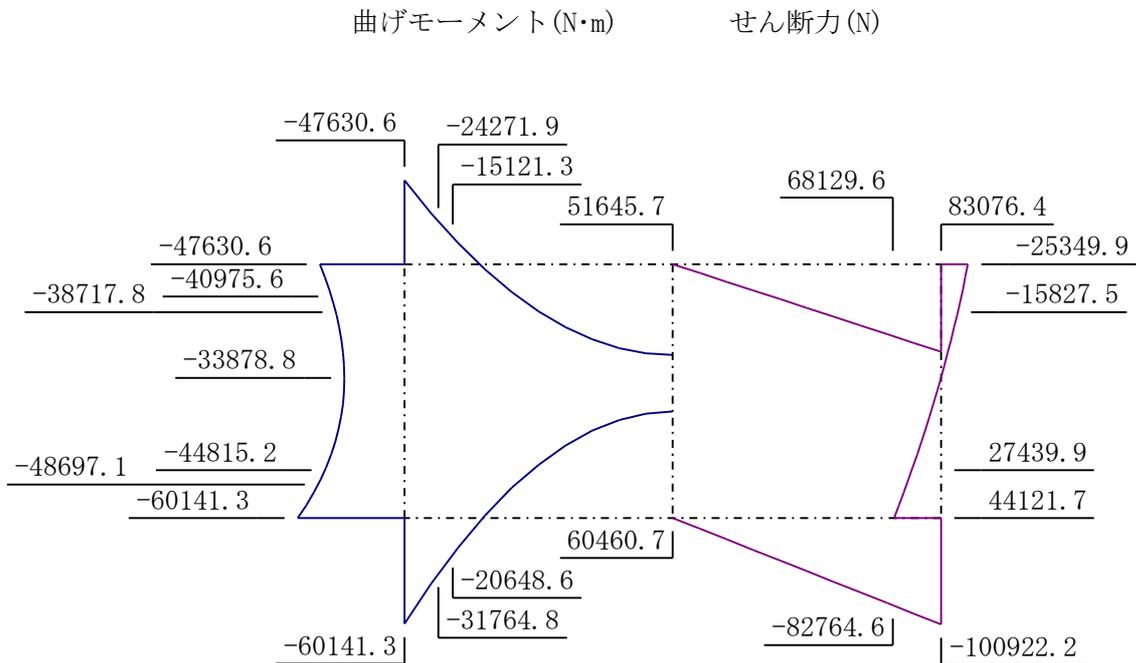
## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

部材	照査点	距離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	[ / 単位長]
					軸力 N (N)
頂版	3, S3 端部	0.140	-77080	125622	23189
	2 ハッチ始点	0.440	-40958	***	23189
	S2 τ点	0.430	***	110675	***
	1 中央	2.390	89844	0	23189
底版	9, S9 端部	0.140	-81522	143468	34883
	10 ハッチ始点	0.440	-41183	***	34883
	S10 τ点	0.430	***	117656	***
	11 中央	2.390	89922	0	34883
側壁	4, S4 上端部	2.140	-77080	-23189	125622
	5 上ハッチ点	1.840	-70848	***	127970
	S5 上τ点	1.850	***	-15817	***
	6 中間	1.140	-62750	0	134545
	S7 下τ点	0.430	***	20351	***
	7 下ハッチ点	0.440	-72624	***	141120
	8, S8 下端部	0.140	-81522	34883	143468



(3) 設計荷重時 2 (CASE-4)

部材	照査点	距離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	[ / 単位長]
					軸力 N (N)
頂版	3, S3 端部	0.140	-47631	83076	25350
	2 ハッチ始点	0.440	-24272	***	25350
	S2 τ点	0.430	***	68130	***
	1 中央	2.390	51646	0	25350
底版	9, S9 端部	0.140	-60141	100922	44122
	10 ハッチ始点	0.440	-31765	***	44122
	S10 τ点	0.430	***	82765	***
	11 中央	2.390	60461	0	44122
側壁	4, S4 上端部	2.140	-47631	-25350	83076
	5 上ハッチ点	1.840	-40976	***	85425
	S5 上τ点	1.850	***	-15828	***
	6 中間	1.258	-33879	0	91076
	S7 下τ点	0.430	***	27440	*****
	7 下ハッチ点	0.440	-48697	***	98574
	8, S8 下端部	0.140	-60141	44122	100922



## 4 プレストレスの計算

## 4.1 荷重による曲げ応力度

$$\sigma_m = \pm M/Z = \pm 6 \times M / (b \times T^2) \times 1000$$

ここに、	$\sigma_m$ : 曲げ応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	M : 曲げモーメント	(kN・m)
	Z : 断面係数	(cm <sup>3</sup> )
	B : 部材幅	(cm)
	T : 部材厚	(cm)

## 4.2 有効プレトレス

(1) 有効係数  $\eta$ 

$$\eta = \sigma_{pe} / \sigma_{pt}$$

$$\sigma_{pt} = P_t / A_p \times 1/100$$

$$\sigma_{pe} = \sigma_{pt} - \Delta\sigma_{pcs} - \Delta\sigma_{pr}$$

$$\Delta\sigma_{pcs} = \frac{[n \times \phi \times (\sigma_{cd} + \sigma_{cpt}) + E_p \times \varepsilon_{cs}]}{[1 + n \times (\sigma_{cpt} / \sigma_{pt}) \times (1 + \phi / 2)]}$$

$$\sigma_{cpt} = N_p \times P_t \times (1 / A_c + e_p^2 / I) \times 10$$

$$\Delta\sigma_{pr} = \gamma \times \sigma_{pt}$$

ここに、	$\sigma_{pt}$ : 有効引張応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$P_t$ : 緊張作業直後のPC鋼棒引張応力度	(kN)
	$A_p$ : 1本当りのPC鋼棒断面積	(cm <sup>2</sup> )
	$\Delta\sigma_{pcs}$ : コンクリートの乾燥収縮及びクリープによるPC鋼棒の応力度の減少量	(N/mm <sup>2</sup> )
	$n$ : 弾性係数比 ( $E_p / E_c = 6.45$ )	
	$E_p$ : PC鋼棒の弾性係数 ( $2.0 \times 10^5$ N/mm <sup>2</sup> )	
	$E_c$ : コンクリートの弾性係数 ( $3.1 \times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )	
	$\phi$ : クリープ係数 (= 2.5)	
	$\sigma_{cd}$ : 考えているPC鋼棒位置における永久荷重によるコンクリートの圧縮応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$\sigma_{cpt}$ : 考えているPC鋼棒位置における緊張作業直後のプレストレス	(N/mm <sup>2</sup> )
	$\varepsilon_{cs}$ : コンクリートの乾燥収縮度 (= 200 $\mu$ )	
	$\sigma_{pt}$ : 緊張作業直後のPC鋼棒の引張応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$N_p$ : m当りPC鋼棒本数	(本)
	$A_c$ : コンクリート断面積	(cm <sup>2</sup> )
	$e_p$ : PC鋼棒偏心量	(cm)
	$I$ : 断面二次モーメント	(cm <sup>4</sup> )
	$\Delta\sigma_{pr}$ : PC鋼棒のリラクゼーションによる引張応力度の減少量	(N/mm <sup>2</sup> )
	$\gamma$ : PC鋼棒の見掛けのリラクゼーション (= 0.03)	

(2) 有効プレストレス  $\sigma_{ce}$ 

$$\sigma_{ce} = N_p \times P_t \times \eta \times (1 / A_c \pm e_p / Z) \times 10 \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここに、	$N_p$	: m当り P C 鋼棒本数	(本)
	$P_t$	: 引張作業直後	(kN)
	$\eta$	: 有効係数	
	$A_c$	: コンクリート断面積	( $\text{cm}^2$ )
	$e_p$	: P C 鋼棒偏心量	(cm)
	$Z$	: 断面係数	( $\text{cm}^3$ )

## 4.3 合成応力度

$$\sigma_c = \sigma_m + \sigma_{ce} + N / A_c \times 10$$

ここに、	$\sigma_c$	: 合成応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$\sigma_m$	: 曲げ応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$\sigma_{ce}$	: 有効プレストレス	( $\text{N/mm}^2$ )
	$N$	: 軸方向圧縮力	(kN)
	$A_c$	: コンクリート断面積	( $\text{cm}^2$ )

## 4.4 引張鉄筋量の計算

## (1) 曲げモーメント

引張鉄筋は次の荷重作用に対して、引張応力の作用する区間に配置する。

$$\text{荷重の組み合わせ (永久荷重 + 変動荷重)} \times 1.35$$

## (2) 配置鉄筋量

配置鉄筋量は次の 1)、2) のうちいずれか大きい値以上とする。

## 1) の値

$$\begin{aligned} A_{s1} &= T_c / \sigma_{sa} \times 10 \\ &= b \times x \times | \sigma_{c1} | / (2 \times \sigma_{sa}) \\ \therefore x &= | \sigma_{c1} | / (\sigma_{c2} + | \sigma_{c1} |) \times T \end{aligned}$$

## 2) の値

$$A_{s2} = 0.005 \times b \times x$$

ここに、	$A_{s1}$	: 引張鉄筋断面積	( $\text{cm}^2$ )
	$A_{s2}$	: 引張鉄筋断面積	( $\text{cm}^2$ )
		引張応力の作用する コンクリート面積の 0.5%	
	$T_c$	: 断面に生じる引張力の合力	(kN)
	$\sigma_{sa}$	: 鉄筋の許容引張応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$\sigma_{c1}$	: 引張縁に生じる引張応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$\sigma_{c2}$	: 圧縮縁に生じる圧縮応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$b$	: 部材幅	(cm)
	$x$	: 引張縁から中立軸までの距離	(cm)
	$T$	: 部材厚	(cm)

## 4.5 斜引張応力度の計算

斜引張応力度は次式を用いて、断面図心位置における値を求める。

$$\sigma_i = 1 / 2 \times [\sigma_x - \sqrt{(\sigma_x^2 + 4 \times \tau^2)}]$$

$$\sigma_x = [P_e / A_c + N / A_c] \times 10$$

$$\tau = S \times G / (b \times I) \times 10$$

$$I = b \times T^3 / 12$$

$$G = b \times T^2 / 8$$

ここに、	$\sigma_i$	: 斜引張応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$\sigma_x$	: 部材軸方向圧縮応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$\tau$	: せん断応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$P_e$	: m当り全有効引張力	(kN)
	$S$	: せん断力	(kN)
	$G$	: 断面一次モーメント	(cm <sup>3</sup> )
	$b$	: 部材幅	(cm)
	$I$	: 断面二次モーメント	(cm <sup>4</sup> )
	$T$	: 部材厚	(cm)

## 4.6 破壊安全度の検討

## (1) 曲げモーメント

## 1) 安全係数

破壊に対する安全度の検討に使用する安全係数を次のように定める。

材料強度に関するもの	-----	1.0
荷重作用に関するもの (永久荷重作用)	-----	1.3 または 1.7
(変動荷重作用)	-----	2.5 または 1.7

## 2) 終局荷重作用時の曲げモーメント

終局荷重作用時の曲げモーメントは、次に示す荷重作用の大きい方とする。

$$M_d = 1.3 \times M_1 + 2.5 \times M_2 \quad (\text{kN}\cdot\text{m})$$

$$M_d = 1.7 \times M_1 + 1.7 \times M_2 \quad (\text{kN}\cdot\text{m})$$

ここに、	$M_d$	: 終局荷重作用時曲げモーメント
	$M_1$	: 永久荷重による曲げモーメント
	$M_2$	: 変動荷重による曲げモーメント (設計荷重時 - 死荷重時)

## (2) 曲げ破壊安全度

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

$$\begin{aligned} M_u = & 0.7 \times (0.93 \times A_p \times \sigma_{pud} \times d_p) \\ & \times [1 - A_p / (1.7 \times b \times d_p) \\ & \times 0.93 \times \sigma_{pud} / \sigma_{ck}] \times 1/1000 \\ & + A_s \times \sigma_{syd} \times d_s \times [1 - A_s / (1.7 \times b \times d_s) \\ & \times \sigma_{syd} / \sigma_{ck}] \times 1/1000 \end{aligned}$$

ここに、	Mu	: 破壊抵抗曲げモーメント	(kN・m)
	Ap	: P C鋼棒断面積	(cm <sup>2</sup> )
	As	: 鉄筋の断面積	(cm <sup>2</sup> )
	σ pud	: P C鋼棒引張強度	(N/mm <sup>2</sup> )
	σ syd	: 引張鉄筋の降伏点応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	σ ck	: コンクリートの設計基準強度	(N/mm <sup>2</sup> )
	dp	: 圧縮縁からP C鋼棒図心迄の距離	(cm)
	ds	: 圧縮縁から鉄筋図心迄の距離	(cm)
	b	: 部材幅	(cm)
	Sf	: 曲げ破壊安全度	

終局つり合い鋼材比が配置される引張鋼材比より大であることを確認する。

$$P_{pb} = 0.68 \times \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sp}) \times \sigma_{ck} / (0.93 \times \sigma_{pud}) + 0.68 \times \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s) \times \sigma_{ck} / \sigma_{syd}$$

$$P_{pd} = A_p / (b \times d_p) + A_s / (b \times d_s) \times \sigma_{syd} / (0.93 \times \sigma_{pud}) \times d_s / d_p < P_{pb}$$

ここに、	Ppb	: 終局つり合い鋼材比	
	Ppd	: 引張鋼材比	
	ε cu	: コンクリートの終局ひずみ	(0.0035)
	ε sp	: P C鋼棒の終局ひずみ	(0.015)
	σ pud	: P C鋼棒の引張強さ	(N/mm <sup>2</sup> )
	ε s	: 引張鉄筋の降伏ひずみ	(σ syd / Es)

## 5 PC部材の検討

## 5.1 頂版

## 5.1.1 断面諸元

位置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	中立軸 (cm)	断面係数 (cm <sup>3</sup> )
端部	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
ハチ始点	100.00	28.00	2800.0	182933.33	14.00	13066.67
τ点	100.00	28.33	2833.3	188876.56	14.17	13332.46
中央	100.00	28.00	2800.0	182933.33	14.00	13066.67

## 5.1.2 使用PC鋼棒

位置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端部	φ26	3.00	5.309	450000	3.00	外側
ハチ始点	φ26	3.00	5.309	450000	-2.00	外側
τ点	φ26	3.00	5.309	450000	-2.00	外側
中央	φ26	3.00	5.309	450000	2.00	内側

## 5.1.3 有効係数

計算項/ 位置	σ <sub>pt</sub>	σ <sub>cpt</sub>	σ <sub>cd</sub>	Δσ <sub>pcs</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Δσ <sub>pr</sub>	σ <sub>pe</sub>	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端部	847.62	3.82	-0.31	90.69	25.43	731.50	0.863	3
ハチ始点	847.62	5.12	0.26	116.48	25.43	705.71	0.833	3
τ点	847.62	5.05	0.15	114.04	25.43	708.15	0.835	3
中央	847.62	5.12	-0.57	104.17	25.43	718.02	0.847	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端部	847.62	3.82	-0.31	90.69	25.43	731.50	0.863	3
ハチ始点	847.62	5.12	0.26	116.48	25.43	705.71	0.833	3
τ点	847.62	5.05	0.15	114.04	25.43	708.15	0.835	3
中央	847.62	5.12	-0.57	104.17	25.43	718.02	0.847	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端部	847.62	3.82	-0.31	90.69	25.43	731.50	0.863	3
ハチ始点	847.62	5.12	0.26	116.48	25.43	705.71	0.833	3
τ点	847.62	5.05	0.15	114.04	25.43	708.15	0.835	3
中央	847.62	5.12	-0.57	104.17	25.43	718.02	0.847	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端部	847.62	3.82	-0.31	90.69	25.43	731.50	0.863	3
ハチ始点	847.62	5.12	0.26	116.48	25.43	705.71	0.833	3
τ点	847.62	5.05	0.15	114.04	25.43	708.15	0.835	3
中央	847.62	5.12	-0.57	104.17	25.43	718.02	0.847	3

## 5.1.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/Ac (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.95	0.05	1.61	3.62	3
ハチ始点	1.80	0.07	5.73	7.61	3
中 央	4.01	0.07	2.33	6.41	3
				$\sigma_c < 15.0$	CHECK OK
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.95	0.05	4.52	2.62	3
ハチ始点	-1.80	0.07	2.29	0.56	3
中 央	-4.01	0.07	5.83	1.90	3
				$\sigma_t > 0.0$	CHECK OK
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.20	0.06	1.61	4.88	3
ハチ始点	3.13	0.08	5.73	8.95	3
中 央	6.88	0.08	2.33	9.29	3
				$\sigma_c < 15.0$	CHECK OK
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.20	0.06	4.52	1.38	3
ハチ始点	-3.13	0.08	2.29	-0.76	3
中 央	-6.88	0.08	5.83	-0.96	3
				$\sigma_t > -1.5$	CHECK OK

## 5.1.5 引張鉄筋量

位置	曲げモーメント (kN・m/m)	合成応力度		x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm <sup>2</sup> )	内側 (N/mm <sup>2</sup> )			As1 (cm <sup>2</sup> /m)	As2 (cm <sup>2</sup> /m)	
端部	-104.058	0.28	6.02	1.7	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-55.293	-1.83	10.08	4.3	39.2	2.451	2.147	3
中央	121.289	-3.34	11.73	6.2	103.4	6.464	3.100	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外側	D 13	— 3	D 16	— 3	9.759 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内側	D 13	— 3	D 16	— 3	9.759 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2

## 5.1.6 斜引張応力度

位置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント(cm <sup>3</sup> )	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	$\sigma c'$	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma i$	ケース
端部	100.0	18050	23.189	125.622	1165.06	3.13	0.50	-0.077	3
$\tau$ 点	100.0	10035	23.189	110.675	1127.87	4.06	0.59	-0.083	3

$\sigma i > -1.00$  CHECK OK

## 5.1.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端部	-46.931	-30.149	-136.382	-131.036	-136.382	3
ハチ始点	-23.572	-17.385	-74.107	-69.628	-74.107	3
中央	17.316	66.123	187.818	141.846	187.818	1

位置	Ap (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端部	15.927	9.759	22.0	34.0	0.069	0.008	343.07	2.5	3
ハチ始点	15.927	9.759	12.0	24.0	0.069	0.015	186.74	2.5	3
中央	15.927	9.759	16.0	24.0	0.069	0.012	237.76	1.3	1

$Ppb > Ppd$   $Sf > 1.0$  CHECK OK

## 5.2 底版

## 5.2.1 断面諸元

位置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	中立軸 (cm)	断面係数 (cm <sup>3</sup> )
端部	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
ハチ始点	100.00	28.00	2800.0	182933.33	14.00	13066.67
τ点	100.00	28.33	2833.3	188876.56	14.17	13332.46
中央	100.00	28.00	2800.0	182933.33	14.00	13066.67

## 5.2.2 使用PC鋼棒

位置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端部	φ26	3.00	5.309	450000	3.00	外側
ハチ始点	φ26	3.00	5.309	450000	-2.00	外側
τ点	φ26	3.00	5.309	450000	-2.00	外側
中央	φ26	3.00	5.309	450000	2.00	内側

## 5.2.3 有効係数

計算項/ 位置	σ <sub>pt</sub>	σ <sub>cpt</sub>	σ <sub>cd</sub>	Δσ <sub>pcs</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Δσ <sub>pr</sub>	σ <sub>pe</sub>	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端部	847.62	3.82	-0.39	89.45	25.43	732.74	0.864	3
ハチ始点	847.62	5.12	0.34	117.69	25.43	704.50	0.831	3
τ点	847.62	5.05	0.21	114.92	25.43	707.27	0.834	3
中央	847.62	5.12	-0.67	102.74	25.43	719.45	0.849	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端部	847.62	3.82	-0.39	89.45	25.43	732.74	0.864	3
ハチ始点	847.62	5.12	0.34	117.69	25.43	704.50	0.831	3
τ点	847.62	5.05	0.21	114.92	25.43	707.27	0.834	3
中央	847.62	5.12	-0.67	102.74	25.43	719.45	0.849	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端部	847.62	3.82	-0.39	89.45	25.43	732.74	0.864	3
ハチ始点	847.62	5.12	0.34	117.69	25.43	704.50	0.831	3
τ点	847.62	5.05	0.21	114.93	25.43	707.26	0.834	3
中央	847.62	5.12	-0.67	102.74	25.43	719.45	0.849	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端部	847.62	3.82	-0.39	89.45	25.43	732.74	0.864	3
ハチ始点	847.62	5.12	0.34	117.69	25.43	704.50	0.831	3
τ点	847.62	5.05	0.21	114.93	25.43	707.26	0.834	3
中央	847.62	5.12	-0.67	102.74	25.43	719.45	0.849	3

## 5.2.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/Ac (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.47	0.10	1.62	4.19	3
ハチ始点	2.38	0.14	5.72	8.24	3
中 央	4.68	0.14	2.34	7.16	3
			$\sigma_c < 15.0$	CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.47	0.10	4.53	2.16	3
ハチ始点	-2.38	0.14	2.29	0.05	3
中 央	-4.68	0.14	5.85	1.30	3
			$\sigma_t > 0.0$	CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.39	0.09	1.62	5.10	3
ハチ始点	3.15	0.12	5.72	9.00	3
中 央	6.88	0.12	2.34	9.34	3
			$\sigma_c < 15.0$	CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.39	0.09	4.53	1.23	3
ハチ始点	-3.15	0.12	2.29	-0.74	3
中 央	-6.88	0.12	5.85	-0.91	3
			$\sigma_t > -1.5$	CHECK OK	

## 5.2.5 引張鉄筋量

位置	曲げモーメント (kN・m/m)	合成応力度		x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm <sup>2</sup> )	内側 (N/mm <sup>2</sup> )			As1 (cm <sup>2</sup> /m)	As2 (cm <sup>2</sup> /m)	
端部	-110.054	0.08	6.31	0.5	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-55.597	-1.80	10.15	4.2	37.8	2.365	2.106	3
中央	121.395	-3.28	11.80	6.1	99.7	6.230	3.043	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外側	D 13	— 3	D 16	— 3	9.759 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内側	D 13	— 3	D 16	— 3	9.759 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2

## 5.2.6 斜引張応力度

位置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント(cm <sup>3</sup> )	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	$\sigma c'$	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma i$	ケース
端部	100.0	18050	34.883	143.468	1167.03	3.16	0.57	-0.098	3
$\tau$ 点	100.0	10035	34.883	117.656	1126.47	4.10	0.63	-0.093	3

$\sigma i > -1.00$  CHECK OK

## 5.2.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端部	-59.442	-22.080	-132.474	-138.587	-138.587	3
ハチ始点	-31.065	-10.117	-65.678	-70.010	-70.010	3
中央	61.160	28.762	151.413	152.868	152.868	3

位置	Ap (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端部	15.927	9.759	22.0	34.0	0.069	0.008	343.07	2.5	3
ハチ始点	15.927	9.759	12.0	24.0	0.069	0.015	186.74	2.7	3
中央	15.927	9.759	16.0	24.0	0.069	0.012	237.76	1.6	3

$Ppb > Ppd$   $Sf > 1.0$  CHECK OK

## 6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

M	: 部材モーメント	(kN・m)
S	: せん断力	(kN)
N	: 軸力	(kN)
e	: M/N偏心位置	(cm)
c	: 部材中心軸と鉄筋間距離	(cm)
Ms	: 軸力を考慮した曲げモーメント	(kN・m)

$$Ms = N \times (e + c) / 100 \quad (\text{kN}\cdot\text{m})$$

但し、軸力は

頂版端部軸力	=	側壁上端部せん断力
底版端部軸力	=	側壁下端部せん断力
側壁上端部軸力	=	頂版端部せん断力
側壁下端部軸力	=	底版端部せん断力

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[ /単位長 ]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-77.080	125.622	61.36	15.00	95.923	3
	上ハチ点	-70.848	127.970	55.36	10.00	83.645	3
側壁	中 間	-62.750	134.545	46.64	10.00	76.205	3
	下ハチ点	-72.624	141.119	51.46	10.00	86.736	3
	下端部	-81.522	143.468	56.82	15.00	103.042	3

注1) CASEのMは、曲げモーメント抽出ケースを示す。

注2) \*\*\*\*\* 表示は、P C部材。

## 7 必要有効高および必要鉄筋量

## 7.1 必要有効高

$$\begin{aligned}
 k &= n \times \sigma_{ca} / (n \times \sigma_{ca} + \sigma_{sa}) &&= 0.568 \\
 c1 &= \sqrt{[6 / \sigma_{ca} / (3 - k) / k]} &&= 0.557 \\
 d &= c1 \times \sqrt{(Ms / b)} && \quad h = d + d' < T
 \end{aligned}$$

ここに、 Ms : 軸力を考慮した曲げモーメント (kN・m/m)  
 b : 単位長 (cm)  
 d' : 鉄筋かぶり (cm)  
 h : 必要部材厚 (cm)  
 n : ヤング係数比 (15)

## 7.2 必要鉄筋量

鉄筋の曲げ引張応力度が許容値( $\sigma_{sa}$ )に達する場合の必要鉄筋量( $A_s$ )

$$A_s = [\sigma_c / 2 \times s - N / (b \times da)] / \sigma_{sa} \times b \times da$$

$$\begin{aligned}
 \therefore \sigma_c^3 + [3 \times \sigma_{sa} / (2 \times n) - 3 \times N \times (e + c) / (b \times da^2)] \times \sigma_c^2 \\
 - 6 \times N \times (e + c) / (n \times b \times da^2) \times \sigma_{sa} \times \sigma_c \\
 - 3 \times N \times (e + c) / (n^2 \times b \times da^2) \times \sigma_{sa}^2 = 0
 \end{aligned}$$

上式を解いて  $\sigma_c$  を求める。また  $da = T - d'$  とする。

$$\therefore s = n \times \sigma_c / (n \times \sigma_c + \sigma_{sa})$$

部材	点	Ms (kN・m/m)	必要有効高 d (cm)	必要部材厚 d + d' (cm)	部材厚 T (cm)	必要鉄筋量 As (cm <sup>2</sup> /m)
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****
	上端部	95.923	17.26	21.26	38.00	12.037
	上ハチ点	83.645	16.11	20.11	28.00	17.396
側壁	中 間	76.205	15.38	19.38	28.00	14.590
	下ハチ点	86.736	16.41	20.41	28.00	17.574
	下端部	103.042	17.89	21.89	38.00	12.481
d + d' < T					CHECK OK	

## 8 配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

## 8.1 コンクリート及び鉄筋

$$\sigma_c = N / \{ b \times x / 2 - n \times A_s / x \times (c + T / 2 - x) \}$$

$$\sigma_s = n \times \sigma_c / x \times (c + T / 2 - x)$$

ここに、 N : 軸力 (kN)  
 b : 部材幅 (cm)  
 T : 部材厚 (cm)  
 c : 部材中心軸と鉄筋間距離 (cm)  
 A<sub>s</sub> : 主鉄筋断面積 (cm<sup>2</sup>)  
 x : 中心軸。次の3次元方程式より求める。 (cm)  

$$x^3 - 3 \times (T / 2 - e) \times x^2 + 6 \times n \times A_s / b \times (e + c) \times x - 6 \times n \times A_s / b \times (c + T / 2) \times (e + c) = 0$$
  
 e : 偏心位置 (M / N) (cm)

## 配筋(製品当り)

頂版内側	頂版外側	底版内側	底版外側	側壁内側	側壁外側
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 19 - 3
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 22 - 3

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> /m)	x (cm)	実応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		
					σ <sub>c</sub>	σ <sub>s</sub>	σ <sub>s</sub> '
頂版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハンチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
底版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハンチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
側壁	上端部	100.00	20.208	14.022	4.67	99.7	0.0
	上ハンチ点	100.00	20.208	10.790	7.60	139.5	0.0
	中間	100.00	20.208	11.060	6.78	119.1	0.0
	下ハンチ点	100.00	20.208	10.899	7.81	140.9	0.0
	下端部	100.00	20.208	14.224	4.95	103.3	0.0

$$\sigma_c < \sigma_{ca} \quad \sigma_s < \sigma_{sa}$$

CHECK OK

## 9 せん断力に対する検討

## 9.1 せん断力照査点の断面力と最大値抽出

部材	断面力	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7	CASE-8
頂版 τ点	S	69.538	22.266	110.675	68.130				
	M			-26.276					
	N			23.189					
	最大			○					
底版 τ点	S	75.668	36.901	117.656	82.765				
	M			-25.380					
	N			34.883					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-10.984	-7.521	-15.816	-15.828				
	M				-38.718				
	N				86.442				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	8.569	19.133	20.351	27.440				
	M				-44.815				
	N				97.556				
	最大				○				

ここに、S：せん断力(kN)、M：モーメント(kN・m)、N：軸力(kN)を示す。

## 9.2 せん断応力度の検討

コンクリートのせん断応力度は、平均せん断応力度として算出する。

$$\tau = \frac{S}{b \cdot d} \times 10 < C_e \cdot C_{pt} \cdot C_N \cdot \tau_a$$

ここに、 S : せん断力 (kN)  
d : 有効高さ (cm)  
b : 部材幅 (cm)

各せん断応力度照査位置の許容せん断応力度は、以下の補正係数を乗じて求める。

## ① 部材断面の有効高 d の影響

次表に示す部材断面の有効高さに関する補正係数(Ce)をτaに乘じる。

有効高さ (m)	0.3 以下	1.0	3.0	5.0	10.0 以上
補正係数(Ce)	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

## ② 軸方向引張鉄筋比の影響

次表に示す軸方向引張鉄筋比に関する補正係数(Cpt)をτaに乘じる。

鉄筋比は中立軸よりも引張側にある軸方向鉄筋の断面積の総和をbdで除して求める。

引張鉄筋比 (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0 以上
補正係数(Cpt)	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

## ③ 軸方向圧縮力の影響

軸方向圧縮力が大きな部材の場合、次式により計算される軸方向圧縮力による補正係数(CN)を $\tau_a$ に乗じる。

$$CN = 1 + Mo/M \quad Mo = \{(Pe+N) \cdot Z/Ac + Pe \cdot ep\} \quad \text{ただし } 1 \leq CN \leq 2$$

ここに、CN：軸方向力による補正係数

Mo：有効プレストレス力及び軸方向力によりコンクリートの応力度が引張縁で0となる曲げモーメント(kN・m)

M：断面に作用する曲げモーメント(kN・m)

N：断面に作用する軸方向圧縮力(kN)

Pe：P C鋼棒に作用するm当りの全有効引張力(kN)

Z：図心軸に関する断面係数(m<sup>3</sup>)

Ac：部材断面積(m<sup>2</sup>)

ep：P C鋼棒の偏心量<引張縁側+／圧縮縁側->(m)

照査位置	T (cm)	d' (cm)	d (cm)	Ce	引張鉄筋		Pt (%)	Cpt
					径-本数	As(cm <sup>2</sup> )		
頂版 $\tau$ 点	28.3	4.0	24.3	1.400	D13-3 D16-3	9.759	0.401	1.101
底版 $\tau$ 点	28.3	4.0	24.3	1.400	D13-3 D16-3	9.759	0.401	1.101
側壁上 $\tau$ 点	28.3	4.0	24.3	1.400	D19-3 D22-3	20.208	0.830	1.398
側壁下 $\tau$ 点	28.3	4.0	24.3	1.400	D19-3 D22-3	20.208	0.830	1.398

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m <sup>2</sup> )	Z (m <sup>4</sup> )	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 $\tau$ 点	-26.276	1127.9	23.189	0.283	0.01333	-0.02	31.661	2.000
底版 $\tau$ 点	-25.380	1126.5	34.883	0.283	0.01333	-0.02	32.174	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-38.718	0.0	86.442	0.283	0.01333	0.00	4.072	1.105
側壁下 $\tau$ 点	-44.815	0.0	97.556	0.283	0.01333	0.00	4.595	1.103

照査位置	$\tau_a$	補正係数			補正 $\tau_a$
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.101	2.000	0.832
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.101	2.000	0.832
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.398	1.105	0.584
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.398	1.103	0.583

照査位置	せん断力 S (kN)	有効高 d (cm)	せん断応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	補正 $\tau_a$ (N/mm <sup>2</sup> )
頂版 $\tau$ 点	110.675	24.3	0.455	0.832
底版 $\tau$ 点	117.656	24.3	0.484	0.832
側壁上 $\tau$ 点	15.828	24.3	0.065	0.584
側壁下 $\tau$ 点	27.440	24.3	0.113	0.583

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上