

受付 No.

台帳 No. PM408000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

C Y - S Y S T E M ( P C )

パワーボックスカルバート

設 計 計 算 書

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

○内空寸法： 内 幅 (B) 3000 mm  
内 高 (H) 2000 mm  
長 さ (L) 1500 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) 3000 × (H) 2000 × (L) 1500 [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)	35 mm	35 mm	35 mm
: (外側)	35 mm	35 mm	35 mm

## 1.7 断面力低減係数 (土被り H1)

:  $\beta = 0.9$

(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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

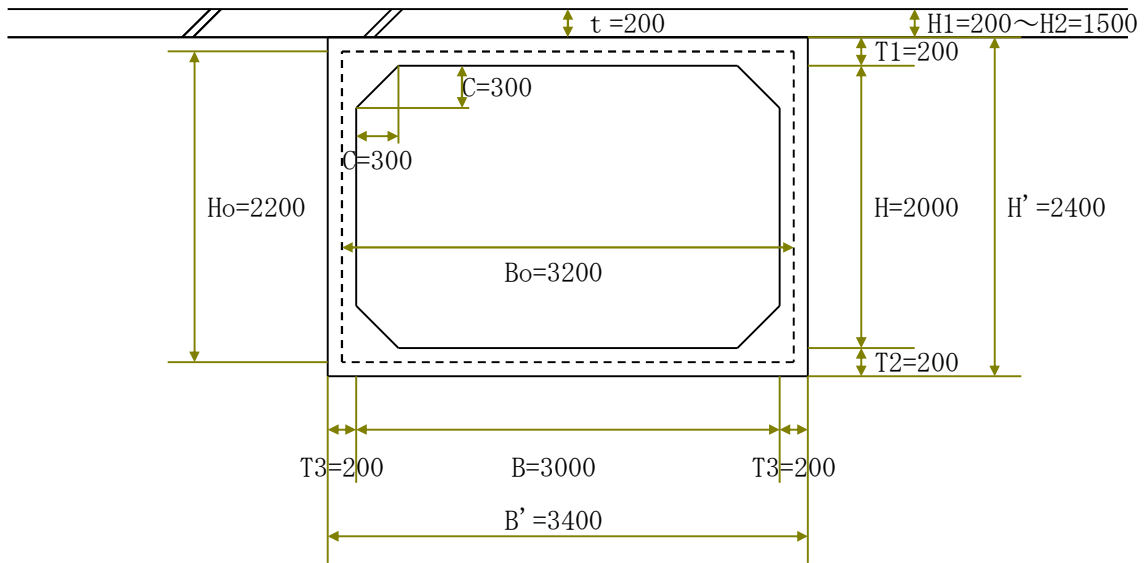
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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

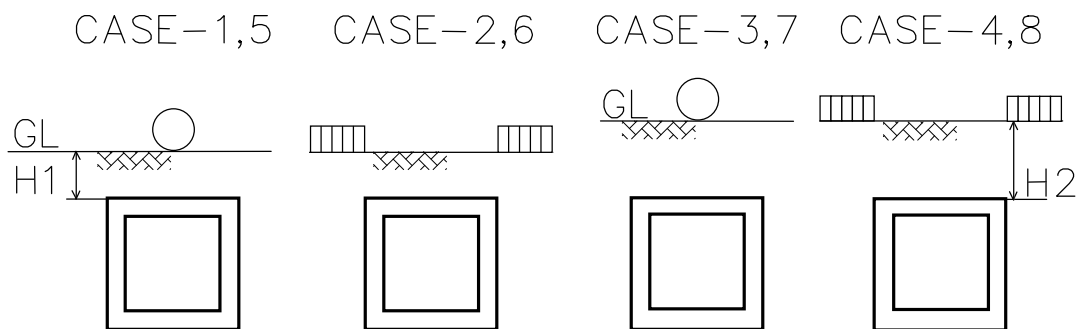
	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 23$	$\phi 23$	*****	(mm)
断面積	415.50	415.50	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	350000	350000	*****	(N)

## 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

ハッチにある場合の部材断面の高さは、ハッ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  $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅  $u = a + 2 \times H1 = 0.600 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 0.900 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



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> )
-------	------------------------------	---	--

Pvd1	4.900	4.900	4.900
Pvd2	4.500	4.500	4.500
Phd1 = Phd1	3.150	3.150	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	8.150
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	22.950	22.950	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	27.950
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	141.818	0.000
qv	*****	44.107	*****
qv'	17.516	*****	17.516

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

## 3.1.2 構造解析

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

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

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）

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

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
$\alpha$	0.6875	0.6875	0.6875
$\beta$	0.6875	0.6875	0.6875
N1	2.6875	2.6875	2.6875
N2	2.6875	2.6875	2.6875
CAD (kN・m/m)	14.947	37.638	14.947
CBC (kN・m/m)	8.021	41.659	8.021
CAB (kN・m/m)	6.062	6.062	8.079
CBA (kN・m/m)	4.465	4.465	6.482
$\theta_A$	-4.409	-19.614	-3.214
$\theta_B$	2.964	21.138	1.769
MAB (kN・m/m)	-11.916	-24.153	-12.737
MAD (kN・m/m)	11.916	24.153	12.737
MBA (kN・m/m)	5.984	27.127	6.805
MBC (kN・m/m)	-5.984	-27.127	-6.805

## 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
SBC	(kN/m)	15.040	57.585	15.040
SCB	(kN/m)	-15.040	-57.585	-15.040
Mmax	(kN・m/m)	6.048	46.596	5.227
SAD	(kN/m)	28.025	70.570	28.025
SDA	(kN/m)	-28.025	-70.570	-28.025
Mmax	(kN・m/m)	10.504	32.304	9.683
SAB	(kN/m)	20.681	16.633	26.181
SBA	(kN/m)	-8.029	-12.077	-13.529
x	(m)	0.875	0.875	*****
		1.149	*****	1.149
Mmax	(kN・m/m)	-1.600	-17.379	*****
Mmax	(kN・m/m)	-1.027	*****	1.171

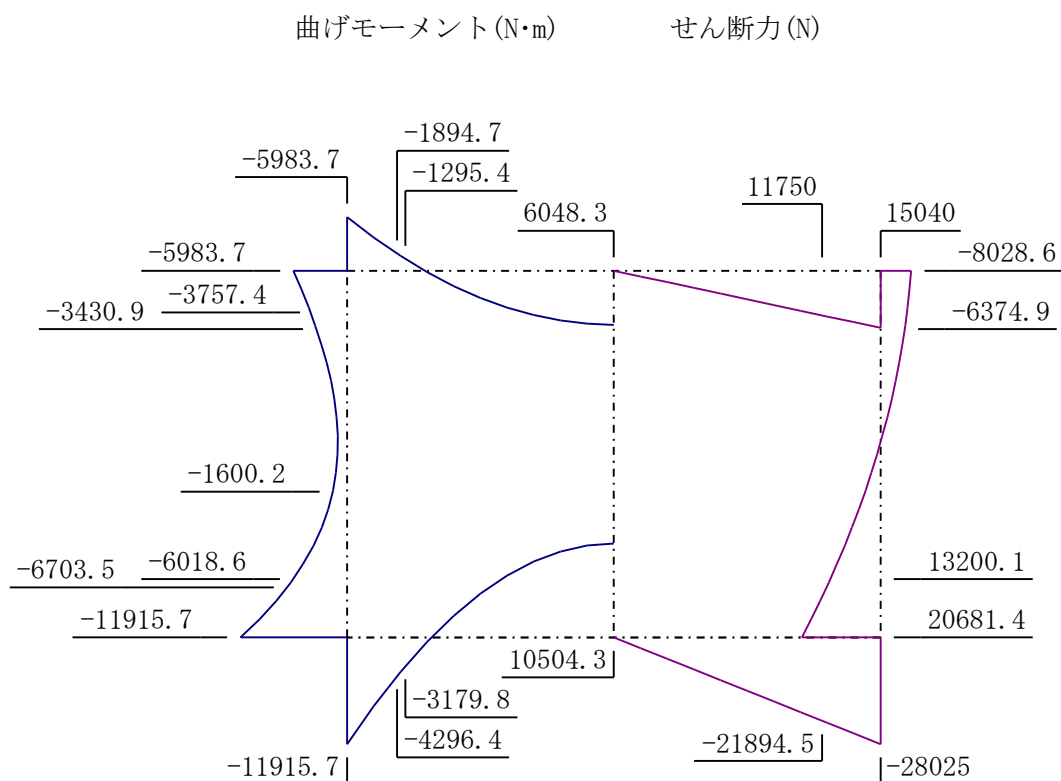
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



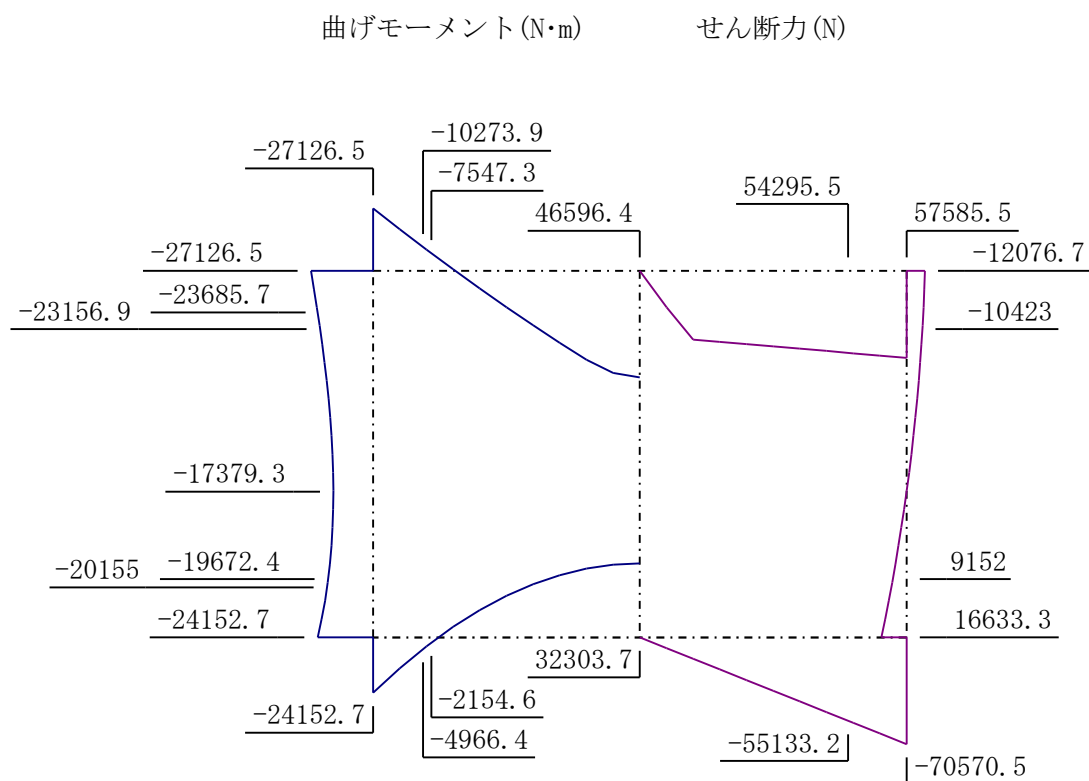
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	0.100	-5984	15040	8029
	2 ハッチ始点	0.400	-1895	***	8029
	S2 τ 点	0.350	-1295	11750	8029
	1 中 央	1.600	6048	0	8029
底版	9, S9 端 部	0.100	-11916	28025	20681
	10 ハッチ始点	0.400	-4296	***	20681
	S10 τ 点	0.350	-3180	21895	20681
	11 中 央	1.600	10504	0	20681
側壁	4, S4 上 端部	2.100	-5984	-8029	15040
	5 上ハッチ点	1.800	-3757	***	16811
	S5 上 τ 点	1.850	-3431	-6375	17106
	6 中 間	0.875	-1600	*****	22861
		1.149	-1027	*****	21243
	S7 下 τ 点	0.350	-6019	13200	25959
	7 下ハッチ点	0.400	-6704	***	26254
	8, S8 下 端部	0.100	-11916	20681	28025



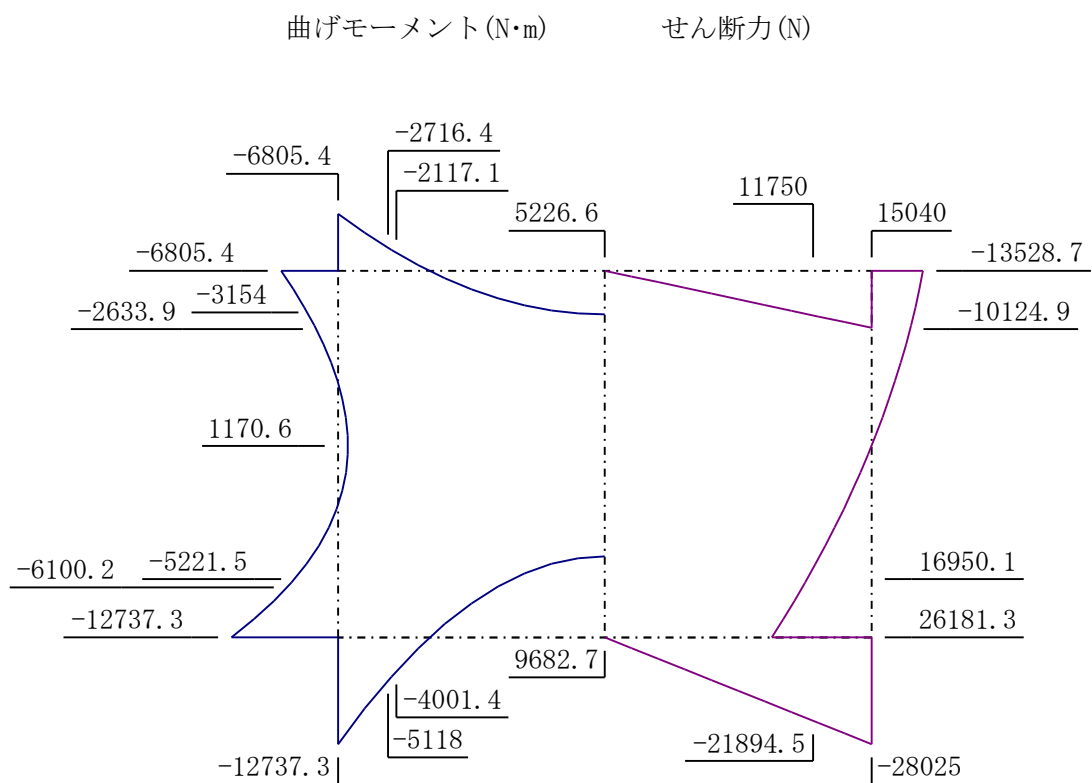
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

					[ /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	0.100	-27127	57586	12077
	2 ハチ始点	0.400	-10274	***	12077
	S2 τ 点	0.350	-7547	54296	12077
	1 中 央	1.600	46596	0	12077
底版	9, S9 端 部	0.100	-24153	70571	16633
	10 ハチ始点	0.400	-4966	***	16633
	S10 τ 点	0.350	-2155	55133	16633
	11 中 央	1.600	32304	0	16633
側壁	4, S4 上 端部	2.100	-27127	-12077	57586
	5 上ハチ点	1.800	-23686	***	59356
	S5 上 τ 点	1.850	-23157	-10423	59651
	6 中 間	0.875	-17379	0	65406
	S7 下 τ 点	0.350	-19672	9152	68505
	7 下ハチ点	0.400	-20155	***	68800
	8, S8 下 端部	0.100	-24153	16633	70571



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-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	0.100	-6805	15040	13529
	2 ハチ始点	0.400	-2716	***	13529
	S2 τ 点	0.350	-2117	11750	13529
	1 中 央	1.600	5227	0	13529
底板	9, S9 端 部	0.100	-12737	28025	26181
	10 ハチ始点	0.400	-5118	***	26181
	S10 τ 点	0.350	-4001	21895	26181
	11 中 央	1.600	9683	0	26181
側壁	4, S4 上 端部	2.100	-6805	-13529	15040
	5 上ハチ点	1.800	-3154	***	16811
	S5 上 τ点	1.850	-2634	-10125	17106
	6 中 間	1.149	1171	0	21243
	S7 下 τ点	0.350	-5222	16950	25959
	7 下ハチ点	0.400	-6100	***	26254
	8, S8 下 端部	0.100	-12737	26181	28025



## 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  $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = Ka \times Q$
- (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  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / B_o$



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2

(kN/m<sup>2</sup>)CASE-3  
(kN/m<sup>2</sup>)CASE-4  
(kN/m<sup>2</sup>)

$P_{vd1}$	4.900	4.900	4.900
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	14.850	14.850	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	19.850
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	34.650	34.650	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	39.650
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	67.507	*****
$q_{v'}$	40.916	*****	40.916

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
- $$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$
- $$CBC = \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1}) \times B_o^2\} / 12$$
- $$CAB = (H_o^2) \times (2 \times Phd1 + 3 \times Phd2) / 60$$
- $$CBA = (H_o^2) \times (2 \times Phd2 + 3 \times Phd1) / 60$$
- 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)  $Phd1 \sim Phd5$  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
- $$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$
- $$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$
- $$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$
- $$MBC = \alpha \times \theta_B - CBC$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
$\alpha$	0.6875	0.6875	0.6875
$\beta$	0.6875	0.6875	0.6875
$N_1$	2.6875	2.6875	2.6875
$N_2$	2.6875	2.6875	2.6875
CAD (kN・m/m)	34.915	57.606	34.915
CBC (kN・m/m)	27.989	50.680	27.989
CAB (kN・m/m)	10.781	10.781	12.798
CBA (kN・m/m)	9.184	9.184	11.201
$\theta_A$	-13.445	-26.892	-12.250
$\theta_B$	12.000	25.447	10.805
MAB (kN・m/m)	-25.671	-39.118	-26.493
MAD (kN・m/m)	25.671	39.118	26.493
MBA (kN・m/m)	19.739	33.186	20.561
MBC (kN・m/m)	-19.739	-33.186	-20.561

## 3.2.3 各部材の断面力

## (1) 頂 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (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。

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

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

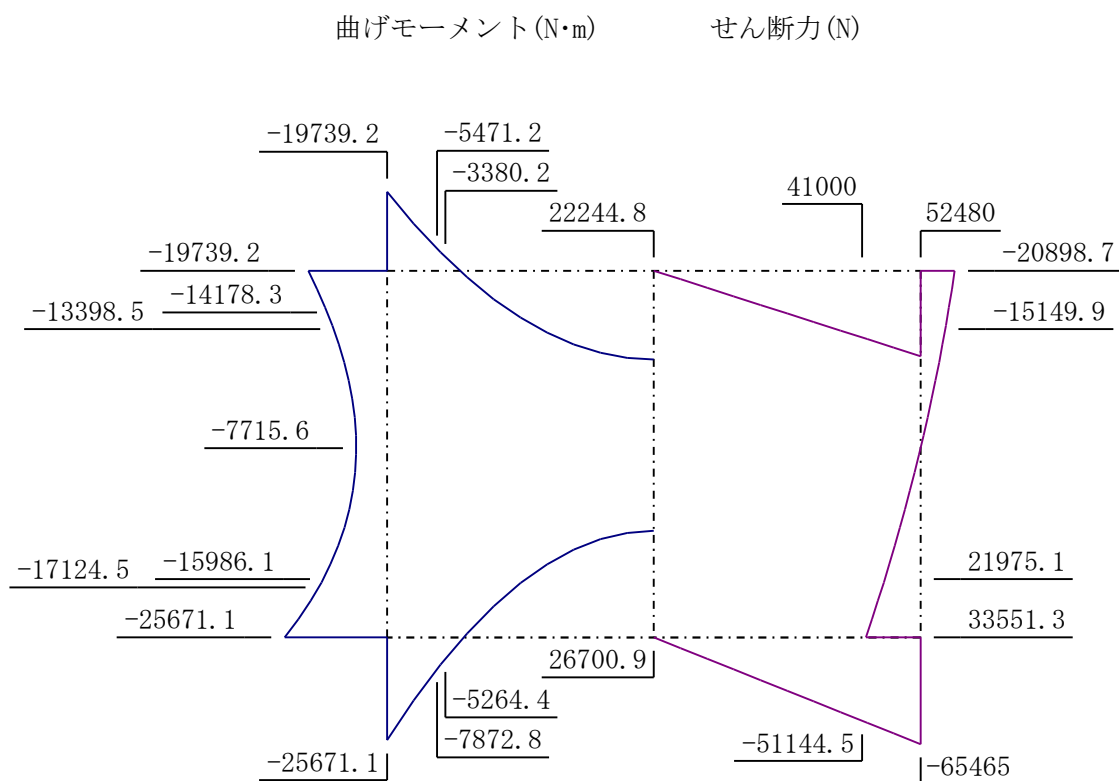
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	52.480	95.025	52.480
SCB (kN/m)	-52.480	-95.025	-52.480
Mmax (kN・m/m)	22.245	42.835	21.423
SAD (kN/m)	65.465	108.010	65.465
SDA (kN/m)	-65.465	-108.010	-65.465
Mmax (kN・m/m)	26.701	47.291	25.879
SAB (kN/m)	33.551	33.551	39.051
SBA (kN/m)	-20.899	-20.899	-26.399
x (m)	1.136	1.136	*****
	1.130	*****	1.130
Mmax (kN・m/m)	-7.716	-21.162	*****
Mmax (kN・m/m)	-7.716	*****	-5.515

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。

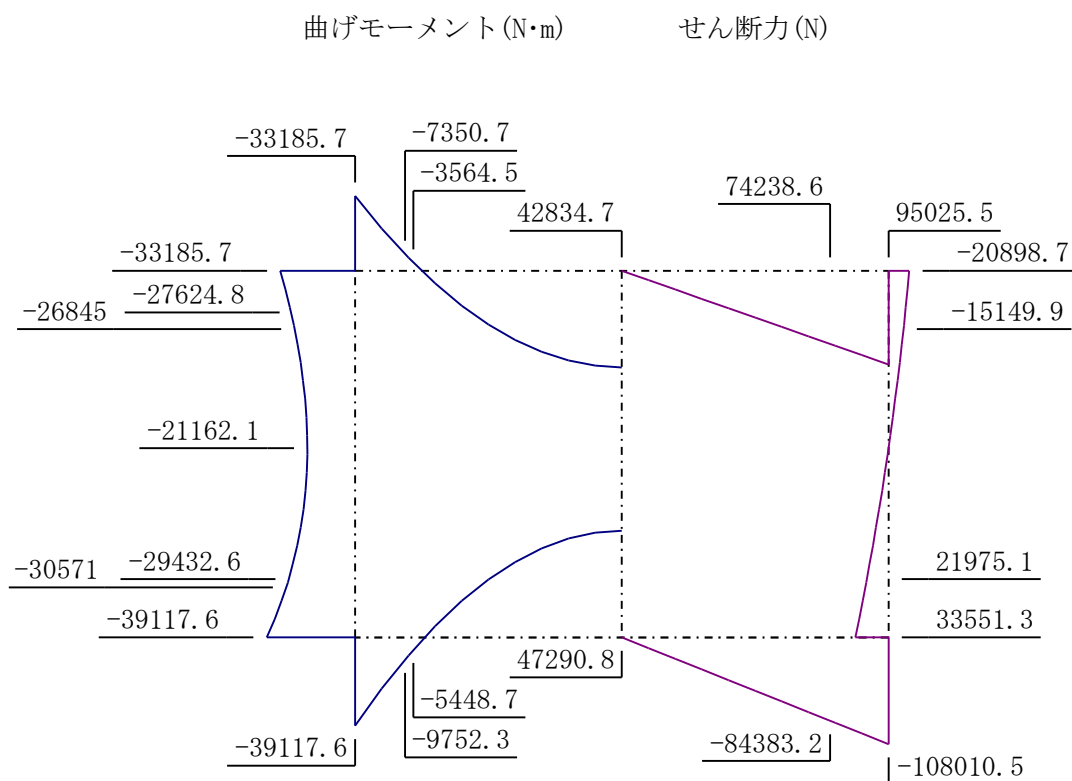
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	0.100	-19739	52480	20899
	2 ハッチ始点	0.400	-5471	***	20899
	S2 τ 点	0.350	-3380	41000	20899
	1 中 央	1.600	22245	0	20899
底版	9, S9 端 部	0.100	-25671	65465	33551
	10 ハッチ始点	0.400	-7873	***	33551
	S10 τ 点	0.350	-5264	51145	33551
	11 中 央	1.600	26701	0	33551
側壁	4, S4 上 端部	2.100	-19739	-20899	52480
	5 上ハッチ点	1.800	-14178	***	54251
	S5 上 τ 点	1.850	-13399	-15150	54546
	6 中 間	1.136	-7716	*****	58760
		1.130	-7716	*****	58795
	S7 下 τ 点	0.350	-15986	21975	63399
	7 下ハッチ点	0.400	-17125	***	63694
	8, S8 下 端部	0.100	-25671	33551	65465



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

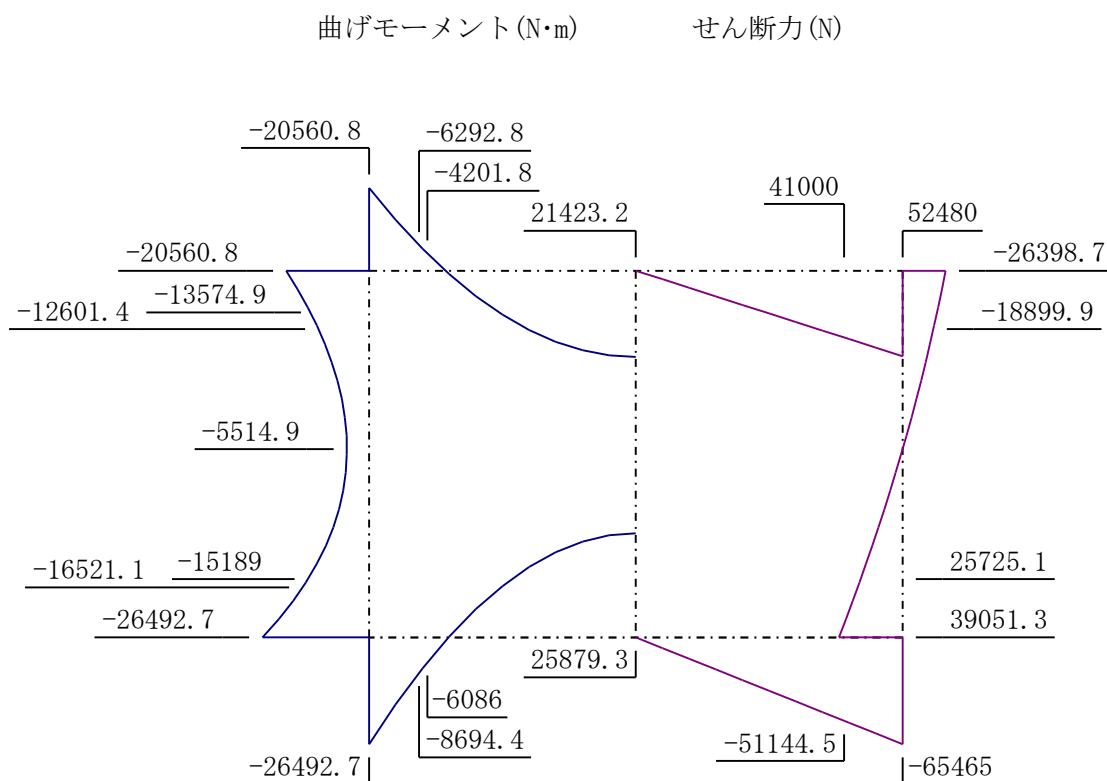
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-33186	95026	20899
	2 ハッチ始点	0.400	-7351	***	20899
	S2 τ 点	0.350	***	74239	***
	1 中 央	1.600	42835	0	20899
底版	9, S9 端 部	0.100	-39118	108011	33551
	10 ハッチ始点	0.400	-9752	***	33551
	S10 τ 点	0.350	***	84383	***
	11 中 央	1.600	47291	0	33551
側壁	4, S4 上 端部	2.100	-33186	-20899	95026
	5 上ハッチ点	1.800	-27625	***	96796
	S5 上 τ 点	1.850	***	-15150	***
	6 中 間	1.136	-21162	0	101306
	S7 下 τ 点	0.350	***	21975	***
	7 下ハッチ点	0.400	-30571	***	106240
	8, S8 下 端部	0.100	-39118	33551	108011





## (3) 設計荷重時 2 (CASE-4)

[ /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	0.100	-20561	52480	26399
	2 ハチ始点	0.400	-6293	***	26399
	S2 τ 点	0.350	***	41000	***
	1 中 央	1.600	21423	0	26399
底版	9, S9 端 部	0.100	-26493	65465	39051
	10 ハチ始点	0.400	-8694	***	39051
	S10 τ 点	0.350	***	51145	***
	11 中 央	1.600	25879	0	39051
側壁	4, S4 上 端部	2.100	-20561	-26399	52480
	5 上ハチ点	1.800	-13575	***	54251
	S5 上 τ 点	1.850	***	-18900	***
	6 中 間	1.130	-5515	0	58795
	S7 下 τ 点	0.350	***	25725	*****
	7 下ハチ点	0.400	-16521	***	63694
	8, S8 下 端部	0.100	-26493	39051	65465



## 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 有効プレストレス

#### (1) 有効係数 $\eta$

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

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

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

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

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

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

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P C鋼棒引張応力度	(kN)
	$A_p$ : 1本当たりのP C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P C鋼棒の応力度の減少量	(N/mm <sup>2</sup> )
$n$	: 弾性係数比 ( $E_p / E_c = 6.45$ )	
$E_p$	: P C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P C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P C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P C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> )
$e_p$	: P C鋼棒偏心量	(cm)
$I$	: 断面二次モーメント	(cm <sup>4</sup> )
$\Delta\sigma_{pr}$	: P C鋼棒のリラクセーションによる引張応力度の減少量	(N/mm <sup>2</sup> )
$\gamma$	: P C鋼棒の見掛けのリラクセーション (= 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> )
	d p	: 圧縮縁からP C鋼棒図心迄の距離	(cm)
	d s	: 圧縮縁から鉄筋図心迄の距離	(cm)
	b	: 部材幅	(cm)
	S f	: 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。

$$\begin{aligned}
 P_{pb} &= 0.68 \times \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sp}) \\
 &\quad \times \sigma_{ck} / (0.93 \times \sigma_{pud}) + \\
 &\quad 0.68 \times \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s) \\
 &\quad \times \sigma_{ck} / \sigma_{syd} \\
 P_{pd} &= A_p / (b \times d_p) + A_s / (b \times d_s) \\
 &\quad \times \sigma_{syd} / (0.93 \times \sigma_{pud}) \times d_s / d_p < P_{pb}
 \end{aligned}$$

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 / E s)

## 5 P C 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	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	21.67	2166.7	85152.61	10.83	7860.24
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

## 5.1.2 使用 P C 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	φ 23	3.33	4.155	350000	4.00	外 側
ハチ始点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.00	外 側
τ 点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.00	外 側
中 央	φ 23	3.33	4.155	350000	1.00	内 側

## 5.1.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.72	-0.35	102.14	25.27	714.95	0.849	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.08	125.26	25.27	691.82	0.821	3
τ 点	842.36	5.52	0.04	118.44	25.27	698.65	0.829	3
中 央	842.36	6.01	-0.33	119.19	25.27	697.90	0.829	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.72	-0.35	102.14	25.27	714.95	0.849	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.08	125.26	25.27	691.82	0.821	3
τ 点	842.36	5.52	0.04	118.44	25.27	698.65	0.829	3
中 央	842.36	6.01	-0.33	119.19	25.27	697.90	0.829	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.72	-0.35	102.14	25.27	714.95	0.849	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.03	124.48	25.27	692.61	0.822	1
τ 点	842.36	5.52	0.02	118.08	25.27	699.01	0.830	1
中 央	842.36	6.01	-0.09	122.74	25.27	694.35	0.824	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.72	-0.35	102.14	25.27	714.95	0.849	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.03	124.48	25.27	692.61	0.822	1
τ 点	842.36	5.52	0.02	118.08	25.27	699.01	0.830	1
中 央	842.36	6.01	-0.09	122.74	25.27	694.35	0.824	1

## 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	1.32	0.07	0.66	2.05	3
ハチ始点	0.82	0.10	6.23	7.15	3
中 央	3.34	0.10	3.38	6.82	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.32	0.07	5.94	4.69	3
ハチ始点	-0.82	0.10	3.35	2.64	3
中 央	-3.34	0.10	6.28	3.05	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.21	0.07	0.66	2.94	3
ハチ始点	1.54	0.06	6.24	7.84	1
中 央	6.99	0.06	3.37	10.42	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.21	0.07	5.94	3.80	3
ハチ始点	-1.54	0.06	3.36	1.88	1
中 央	-6.99	0.06	6.25	-0.68	1
$\sigma_t > -1.5$				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	-44.801	3.05	3.74	13.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-13.870	1.36	8.40	2.8	0.0	0.000	0.000	1
中 央	62.905	-3.10	12.88	3.9	60.2	3.765	1.941	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	— 10	D 0	— 0	8.447 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 10	D 0	— 0	8.447 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	11250	20.899	95.025	990.21	3.37	0.48	-0.066	3
$\tau$ 点	100.0	5868	20.899	74.239	967.62	4.56	0.51	-0.057	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	-5.984	-21.143	-60.636	-46.115	-60.636	1
ハッチ始点	-1.895	-8.379	-23.411	-17.466	-23.411	1
中 央	6.048	40.548	109.233	79.214	109.233	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	13.850	8.447	19.0	26.5	0.069	0.008	249.99	4.1	1
ハッチ始点	13.850	8.447	9.0	16.5	0.069	0.018	114.17	4.9	1
中 央	13.850	8.447	11.0	16.5	0.069	0.015	136.35	1.2	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	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	21.67	2166.7	85152.61	10.83	7860.24
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

## 5.2.2 使用P C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	φ 23	3.33	4.155	350000	4.00	外 側
ハチ始点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.00	外 側
τ 点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.00	外 側
中 央	φ 23	3.33	4.155	350000	1.00	内 側

## 5.2.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.72	-0.46	100.57	25.27	716.52	0.851	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.12	125.79	25.27	691.30	0.821	3
τ 点	842.36	5.52	0.06	118.76	25.27	698.33	0.829	3
中 央	842.36	6.01	-0.40	118.21	25.27	698.88	0.830	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.72	-0.46	100.57	25.27	716.52	0.851	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.12	125.79	25.27	691.30	0.821	3
τ 点	842.36	5.52	0.06	118.76	25.27	698.33	0.829	3
中 央	842.36	6.01	-0.40	118.21	25.27	698.88	0.830	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.72	-0.46	100.57	25.27	716.52	0.851	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.12	125.79	25.27	691.30	0.821	3
τ 点	842.36	5.52	0.06	118.76	25.27	698.33	0.829	4
中 央	842.36	6.01	-0.40	118.21	25.27	698.88	0.830	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.72	-0.46	100.57	25.27	716.52	0.851	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.12	125.79	25.27	691.30	0.821	3
τ 点	842.36	5.52	0.06	118.76	25.27	698.33	0.829	4
中 央	842.36	6.01	-0.40	118.21	25.27	698.88	0.830	3

## 5.2.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/A <sub>c</sub> (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	1.71	0.11	0.66	2.48	3
ハチ始点	1.18	0.17	6.22	7.57	3
中 央	4.01	0.17	3.39	7.56	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.71	0.11	5.95	4.35	3
ハチ始点	-1.18	0.17	3.35	2.34	3
中 央	-4.01	0.17	6.29	2.45	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.61	0.11	0.66	3.38	3
ハチ始点	1.46	0.17	6.22	7.85	3
中 央	7.09	0.17	3.39	10.65	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.61	0.11	5.95	3.46	3
ハチ始点	-1.46	0.17	3.35	2.06	3
中 央	-7.09	0.17	6.29	-0.63	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	
端 部	-52.809	2.58	4.33	11.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-13.166	1.60	8.42	3.2	0.0	0.000	0.000	3
中 央	63.843	-3.06	13.19	3.8	57.6	3.598	1.882	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	— 10	D 0	— 0	8.447 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 10	D 0	— 0	8.447 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)	σ c' (N/mm <sup>2</sup> )	τ (N/mm <sup>2</sup> )	σ i	ケース
端 部	100.0	11250	33.551	108.010	992.38	3.42	0.54	-0.083	3
τ 点	100.0	5868	33.551	84.383	967.19	4.62	0.58	-0.072	3
σ 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	-25.671	-13.447	-66.989	-66.500	-66.989	3
ハッチ始点	-7.873	-1.880	-14.933	-16.579	-16.579	3
中 央	26.701	20.590	86.186	80.394	86.186	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	13.850	8.447	19.0	26.5	0.069	0.008	249.99	3.7	3
ハッチ始点	13.850	8.447	9.0	16.5	0.069	0.018	114.17	6.9	3
中 央	13.850	8.447	11.0	16.5	0.069	0.015	136.35	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	-33.186	95.025	34.92	11.50	44.114	3
	上ハチ点	-27.625	96.796	28.54	6.50	33.917	3
側壁	中 間	-21.162	101.305	20.89	6.50	27.747	3
	下ハチ点	-30.571	106.240	28.78	6.50	37.477	3
	下端部	-39.118	108.010	36.22	11.50	51.539	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

$$\begin{aligned}
 k &= n \times \sigma_{ca} / (n \times \sigma_{ca} + \sigma_{sa}) &= 0.568 \\
 c_1 &= \sqrt{[6 / \sigma_{ca} / (3 - k) / k]} &= 0.557 \\
 d &= c_1 \times \sqrt{(M_s / b)} &h = d + d' < T
 \end{aligned}$$

ここに、 $M_s$  : 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( $A_s$ )

$$\begin{aligned}
 A_s &= [\sigma_c / 2 \times s - N / (b \times d_a)] / \sigma_{sa} \times b \times d_a \\
 \therefore \sigma_c^3 + [3 \times \sigma_{sa} / (2 \times n) - 3 \times N \times (e + c) / (b \times d_a^2)] \times \sigma_c^2 \\
 &\quad - 6 \times N \times (e + c) / (n \times b \times d_a^2) \times \sigma_{sa} \times \sigma_c \\
 &\quad - 3 \times N \times (e + c) / (n^2 \times b \times d_a^2) \times \sigma_{sa}^2 = 0 \\
 &\text{上式を解いて } \sigma_c \text{ を求める。また } d_a = T - d' \text{ とする。} \\
 \therefore s &= n \times \sigma_c / (n \times \sigma_c + \sigma_{sa})
 \end{aligned}$$

部材	点	$M_s$ (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 $A_s$ (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	44.114	11.70	15.20	30.00	5.631
	上ハチ点	33.917	10.26	13.76	20.00	8.784
側壁	中 間	27.747	9.28	12.78	20.00	5.659
	下ハチ点	37.477	10.79	14.29	20.00	9.853
	下端部	51.539	12.65	16.15	30.00	6.872
$d + d' < T$					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)  
 $A_s$  : 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 16 - 5
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 13 - 5

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> )		
					$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_{s'}$
頂版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
底版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
側壁	上端部	100.00	10.843	10.253	3.73	88.6	0.0
	上ハチ点	100.00	10.843	7.141	6.73	132.3	0.0
	中間	100.00	10.843	7.656	5.20	90.0	0.0
	下ハチ点	100.00	10.843	7.130	7.44	146.7	0.0
	下端部	100.00	10.843	10.155	4.39	106.0	0.0

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

CHECK OK

## 9 セン断力に対する検討

### 9.1 セン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	54.295	11.750	74.239	41.000				
	M			-3.564					
	N			20.899					
	最大			○					
底版 τ点	S	55.133	21.895	84.383	51.145				
	M			-5.449					
	N			33.551					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-10.423	-10.125	-15.150	-18.900				
	M				-12.601				
	N				54.546				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	9.152	16.950	21.975	25.725				
	M				-15.189				
	N				63.399				
	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 セン断応力度の検討

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 : セン断力 (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 $\tau_a$ に乘じる。

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

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	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-6.7	8.447	0.465	1.165
底版 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-6.7	8.447	0.465	1.165
側壁上 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D16-3.3 D13-3.3	10.843	0.597	1.258
側壁下 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D16-3.3 D13-3.3	10.843	0.597	1.258

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	-3.564	967.6	20.899	0.217	0.00786	-0.01	26.129	2.000
底版 $\tau$ 点	-5.449	967.2	33.551	0.217	0.00786	-0.01	26.576	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-12.601	0.0	54.546	0.217	0.00786	0.00	1.976	1.157
側壁下 $\tau$ 点	-15.189	0.0	63.399	0.217	0.00786	0.00	2.296	1.151

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	1.165	2.000	0.881
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.165	2.000	0.881
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.258	1.157	0.550
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.258	1.151	0.547

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	74.239	18.2	0.409	0.881
底版 $\tau$ 点	84.383	18.2	0.464	0.881
側壁上 $\tau$ 点	18.900	18.2	0.104	0.550
側壁下 $\tau$ 点	25.725	18.2	0.142	0.547

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上