

台帳 No. KL426003

土被り    H1=    1.510 m  
              H2=    3.000 m

土被り    H1=    1.510 m  
              H2=    3.000 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) 3000 × (L) 2000 [mm]
土被り	: H1 = 1.510 ~ H2 = 3.000 [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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

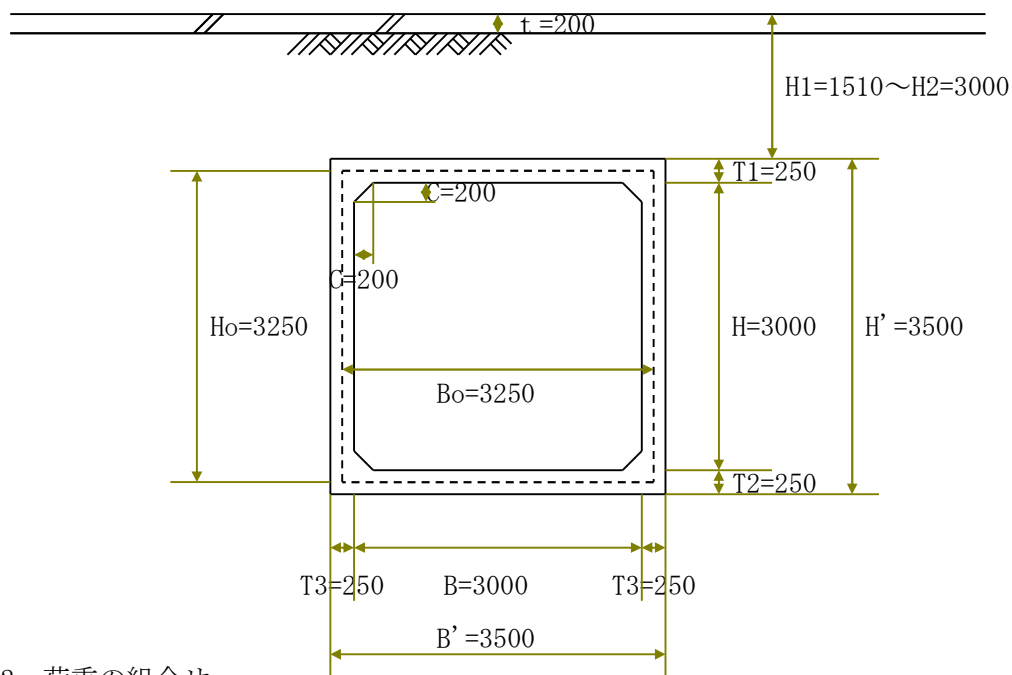
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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 :  $E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

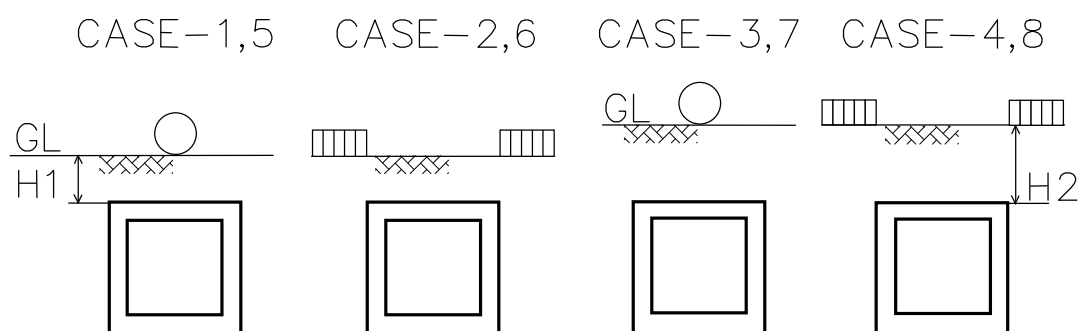
## (3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 23$	$\phi 26$	*****	(mm)
断面積	415.50	530.90	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	350000	450000	*****	(N)

## 1.11 標準断面図



## 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  | $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma s \times (H1 - t - t_b) + \gamma a \times t + \gamma b \times t_b \}$           |              |
| (3) 水平土圧  | $P_{hd1} = K a \times \{ \gamma a \times t + \gamma b \times t_b + \gamma s \times (H1 - t - t_b + T1/2) \}$       |              |
|           | $P_{hd2} = K a \times \{ \gamma a \times t + \gamma b \times t_b + \gamma s \times (H1 - t - t_b + T1/2 + H_o) \}$ |              |
| (4) 載 荷 重 | $P_q = K a \times Q$   |              |
| (5) 活荷重   | 輪分布幅 $u = a + 2 \times H1$   | = 3.220 m    |
|           | $v = b + 2 \times H1$  | = 3.520 m    |
|           | $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta$  | = 117.000 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	設計荷重時 1	設計荷重 2
	(kN/m <sup>2</sup> )	CASE-1 (kN/m <sup>2</sup> )	CASE-2 (kN/m <sup>2</sup> )
P <sub>vd1</sub>	6.125	6.125	6.125
P <sub>vd2</sub>	28.080	28.080	28.080
P <sub>hd1</sub> = P <sub>hd1</sub>	15.165	15.165	*****
P <sub>hd1</sub> = P <sub>hd1</sub> + P <sub>q</sub>	*****	*****	20.165
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>	44.415	44.415	*****
P <sub>hd2</sub> = P <sub>hd2</sub> + P <sub>q</sub>	*****	*****	49.415
P <sub>hd4</sub> = P <sub>hd4</sub>	*****	*****	*****
P <sub>vl</sub>	0.000	26.426	0.000
q <sub>v</sub>	*****	73.240	*****
q <sub>v</sub> '	47.058	*****	47.058

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
$\alpha$	1.0000	1.0000	1.0000
$\beta$	1.0000	1.0000	1.0000
N1	3.0000	3.0000	3.0000
N2	3.0000	3.0000	3.0000
CAD (kN・m/m)	41.421	64.466	41.421
CBC (kN・m/m)	30.108	53.365	30.108
CAB (kN・m/m)	28.796	28.796	33.197
CBA (kN・m/m)	23.647	23.647	28.048
$\theta_A$	-5.542	-17.091	-3.341
$\theta_B$	4.001	15.603	1.800
MAB (kN・m/m)	-35.879	-47.375	-38.080
MAD (kN・m/m)	35.879	47.375	38.080
MBA (kN・m/m)	26.107	37.762	28.307
MBC (kN・m/m)	-26.107	-37.762	-28.307

## 3.1.3 各部材の断面力

## (1) 頂 版

## 1) せん断力

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

## 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)	55.583	98.129	55.583
S CB	(kN/m)	-55.583	-98.129	-55.583
Mmax	(kN・m/m)	19.055	42.287	16.854
S AD	(kN/m)	76.469	119.015	76.469
S DA	(kN/m)	-76.469	-119.015	-76.469
Mmax	(kN・m/m)	26.252	49.324	24.052
S AB	(kN/m)	59.338	59.289	67.462
S BA	(kN/m)	-37.480	-37.529	-45.605
x	(m)	1.592	1.592	*****
		1.598	*****	1.598
Mmax	(kN・m/m)	8.354	-3.220	*****
Mmax	(kN・m/m)	8.354	*****	12.753

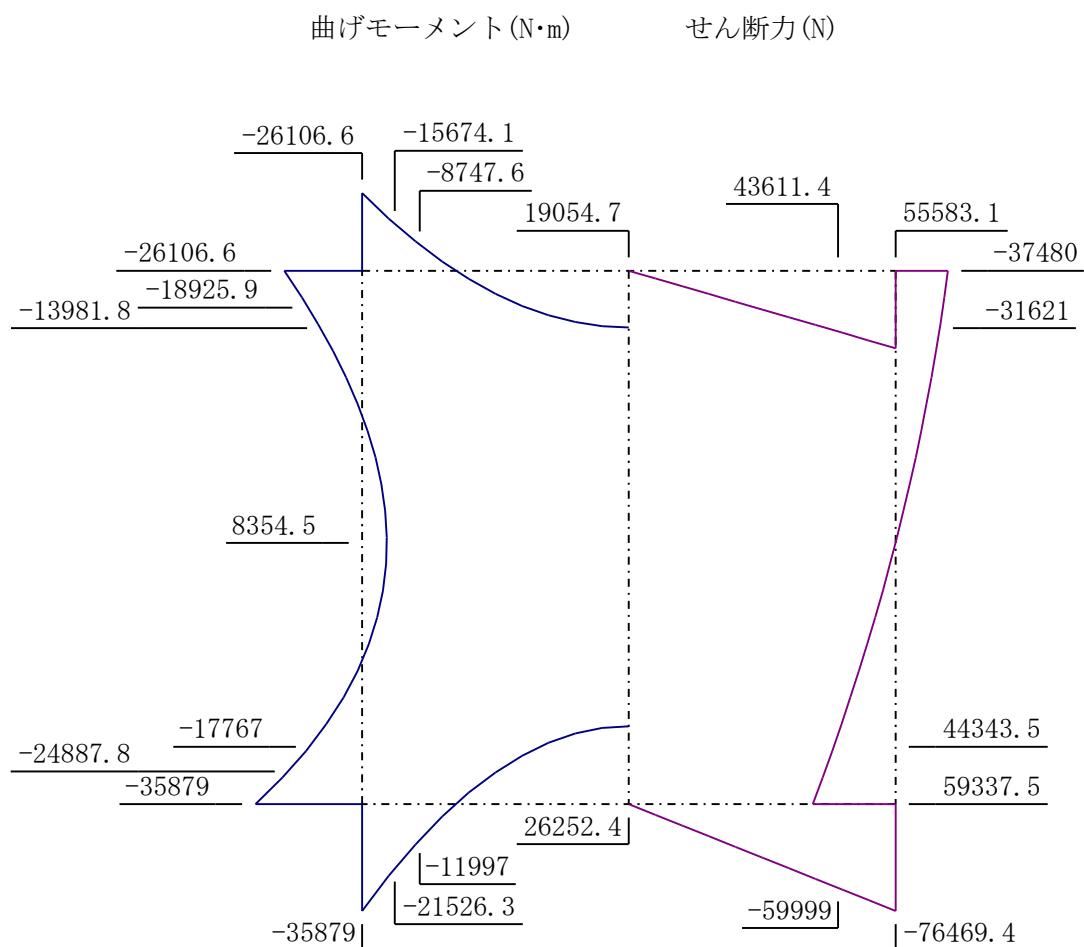
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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	0.125	-26107	55583	37480
	2 ハッチ始点	0.325	-15674	***	37480
	S2 τ 点	0.350	-8748	43611	37480
	1 中 央	1.625	19055	0	37480
底版	9, S9 端 部	0.125	-35879	76469	59338
	10 ハッチ始点	0.325	-21526	***	59338
	S10 τ 点	0.350	-11997	59999	59338
	11 中 央	1.625	26252	0	59338
側壁	4, S4 上 端部	3.125	-26107	-37480	55583
	5 上ハッチ点	2.925	-18926	***	56868
	S5 上 τ 点	2.900	-13982	-31621	57832
	6 中 間	1.592	8355	*****	66238
		1.598	8354	*****	66200
	S7 下 τ 点	0.350	-17767	44344	74220
	7 下ハッチ点	0.325	-24888	***	75184
	8, S8 下 端部	0.125	-35879	59338	76469

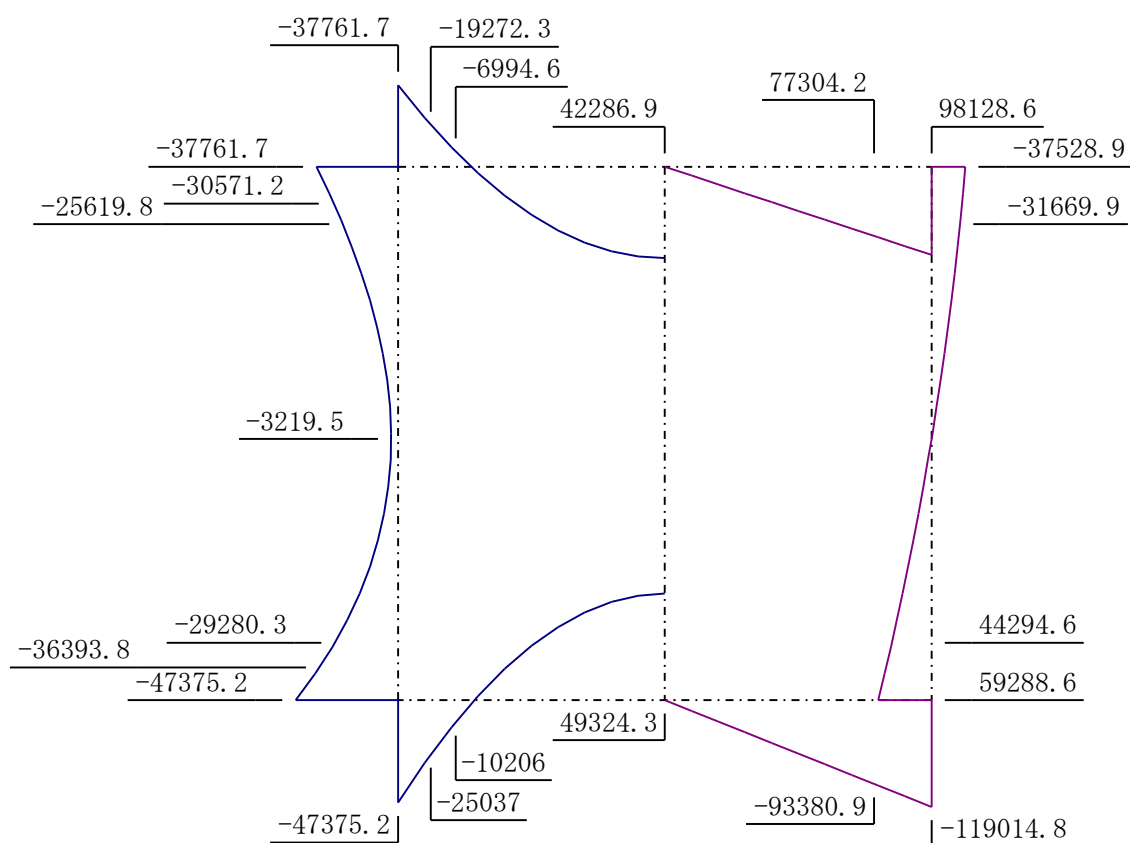


## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /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	0.125	-37762	98129	37529
	2 ハチ始点	0.325	-19272	***	37529
	S2 τ 点	0.350	-6995	77304	37529
	1 中 央	1.625	42287	0	37529
底版	9, S9 端 部	0.125	-47375	119015	59289
	10 ハチ始点	0.325	-25037	***	59289
	S10 τ 点	0.350	-10206	93381	59289
	11 中 央	1.625	49324	0	59289
側壁	4, S4 上 端部	3.125	-37762	-37529	98129
	5 上ハチ点	2.925	-30571	***	99414
	S5 上 τ 点	2.900	-25620	-31670	100378
	6 中 間	1.592	-3220	0	108784
	S7 下 τ 点	0.350	-29280	44295	116766
	7 下ハチ点	0.325	-36394	***	117730
	8, S8 下 端部	0.125	-47375	59289	119015

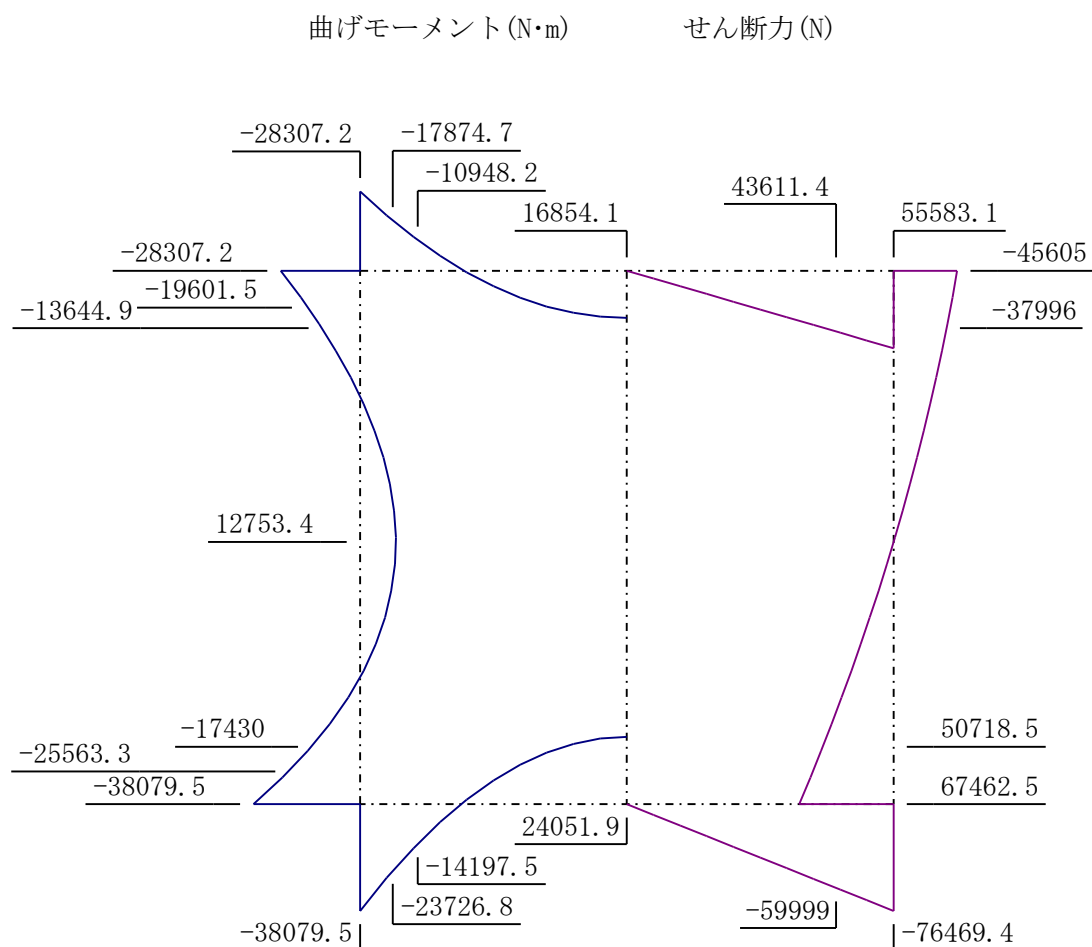
曲げモーメント (N・m)

せん断力 (N)



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

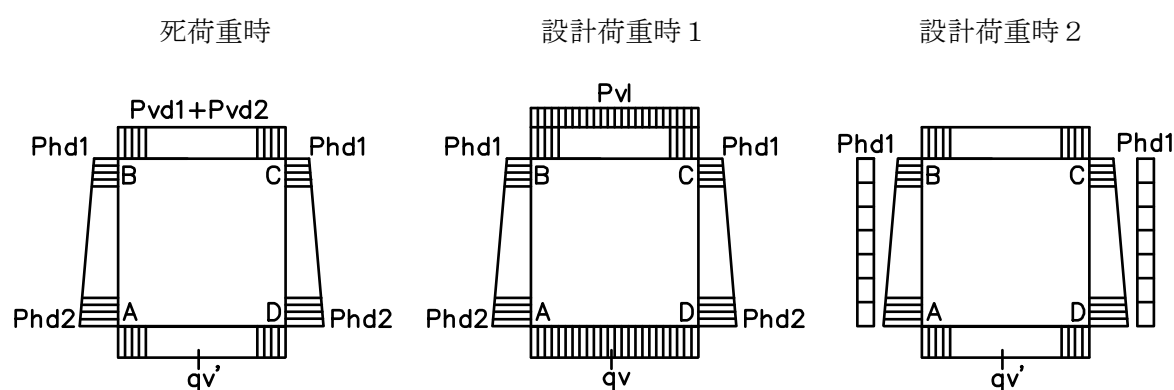
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-28307	55583	45605
	2 ハチ始点	0.325	-17875	***	45605
	S2 τ 点	0.350	-10948	43611	45605
	1 中 央	1.625	16854	0	45605
底版	9, S9 端 部	0.125	-38080	76469	67463
	10 ハチ始点	0.325	-23727	***	67463
	S10 τ 点	0.350	-14198	59999	67463
	11 中 央	1.625	24052	0	67463
側壁	4, S4 上 端部	3.125	-28307	-45605	55583
	5 上ハチ点	2.925	-19602	***	56868
	S5 上 τ 点	2.900	-13645	-37996	57832
	6 中 間	1.598	12753	0	66200
	S7 下 τ 点	0.350	-17430	50719	74220
	7 下ハチ点	0.325	-25563	***	75184
	8, S8 下 端部	0.125	-38080	67463	76469



## 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  $u = a + 2 \times H2 = 6.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H2 = 6.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / Bo$



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>)

$P_{vd1}$	6.125	6.125	6.125
$P_{vd2}$	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.575	28.575	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.575
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	57.825	57.825	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	62.825
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	13.724	0.000
$q_v$	*****	87.602	*****
$q_{v'}$	73.878	*****	73.878

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
$\alpha$	1.0000	1.0000	1.0000
$\beta$	1.0000	1.0000	1.0000
$N_1$	3.0000	3.0000	3.0000
$N_2$	3.0000	3.0000	3.0000
CAD (kN・m/m)	65.028	77.108	65.028
CBC (kN・m/m)	53.715	65.795	53.715
CAB (kN・m/m)	40.600	40.600	45.001
CBA (kN・m/m)	35.450	35.450	39.851
$\theta_A$	-11.444	-17.484	-9.243
$\theta_B$	9.903	15.943	7.702
MAB (kN・m/m)	-53.584	-59.624	-55.785
MAD (kN・m/m)	53.584	59.624	55.785
MBA (kN・m/m)	43.812	49.852	46.013
MBC (kN・m/m)	-43.812	-49.852	-46.013

## 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。

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

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

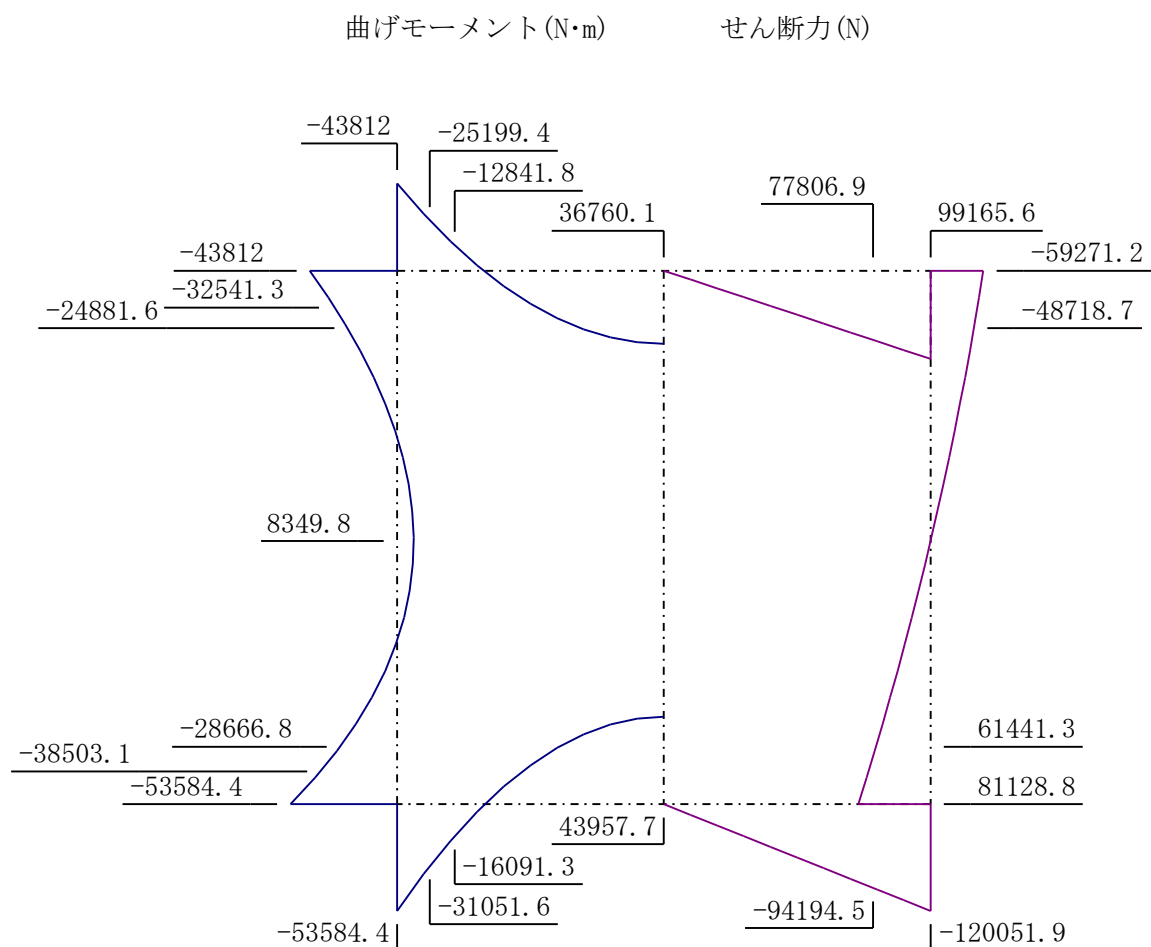
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	99.166	121.468	99.166
SCB (kN/m)	-99.166	-121.468	-99.166
Mmax (kN・m/m)	36.760	48.840	34.559
SAD (kN/m)	120.052	142.354	120.052
SDA (kN/m)	-120.052	-142.354	-120.052
Mmax (kN・m/m)	43.958	56.038	41.757
SAB (kN/m)	81.129	81.129	89.254
SBA (kN/m)	-59.271	-59.271	-67.396
x (m)	1.603	1.603	*****
	1.605	*****	1.605
Mmax (kN・m/m)	8.350	2.310	*****
Mmax (kN・m/m)	8.350	*****	12.750

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。

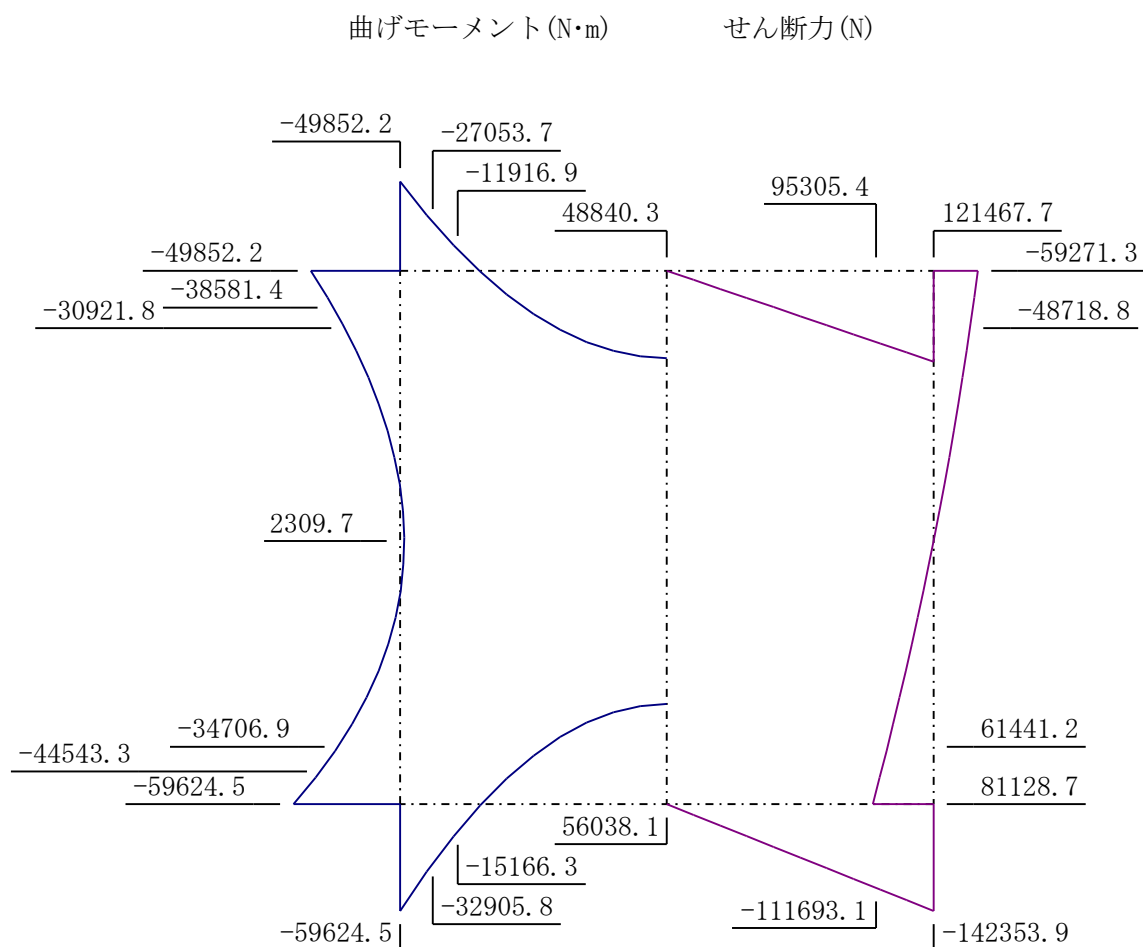
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	0.125	-43812	99166	59271
	2 ハッチ始点	0.325	-25199	***	59271
	S2 τ 点	0.350	-12842	77807	59271
	1 中 央	1.625	36760	0	59271
底板	9, S9 端 部	0.125	-53584	120052	81129
	10 ハッチ始点	0.325	-31052	***	81129
	S10 τ 点	0.350	-16091	94195	81129
	11 中 央	1.625	43958	0	81129
側壁	4, S4 上 端部	3.125	-43812	-59271	99166
	5 上ハッチ点	2.925	-32541	***	100451
	S5 上 τ 点	2.900	-24882	-48719	101415
	6 中 間	1.603	8350	*****	109750
		1.605	8350	*****	109737
	S7 下 τ 点	0.350	-28667	61441	117803
	7 下ハッチ点	0.325	-38503	***	118767
	8, S8 下 端部	0.125	-53584	81129	120052



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

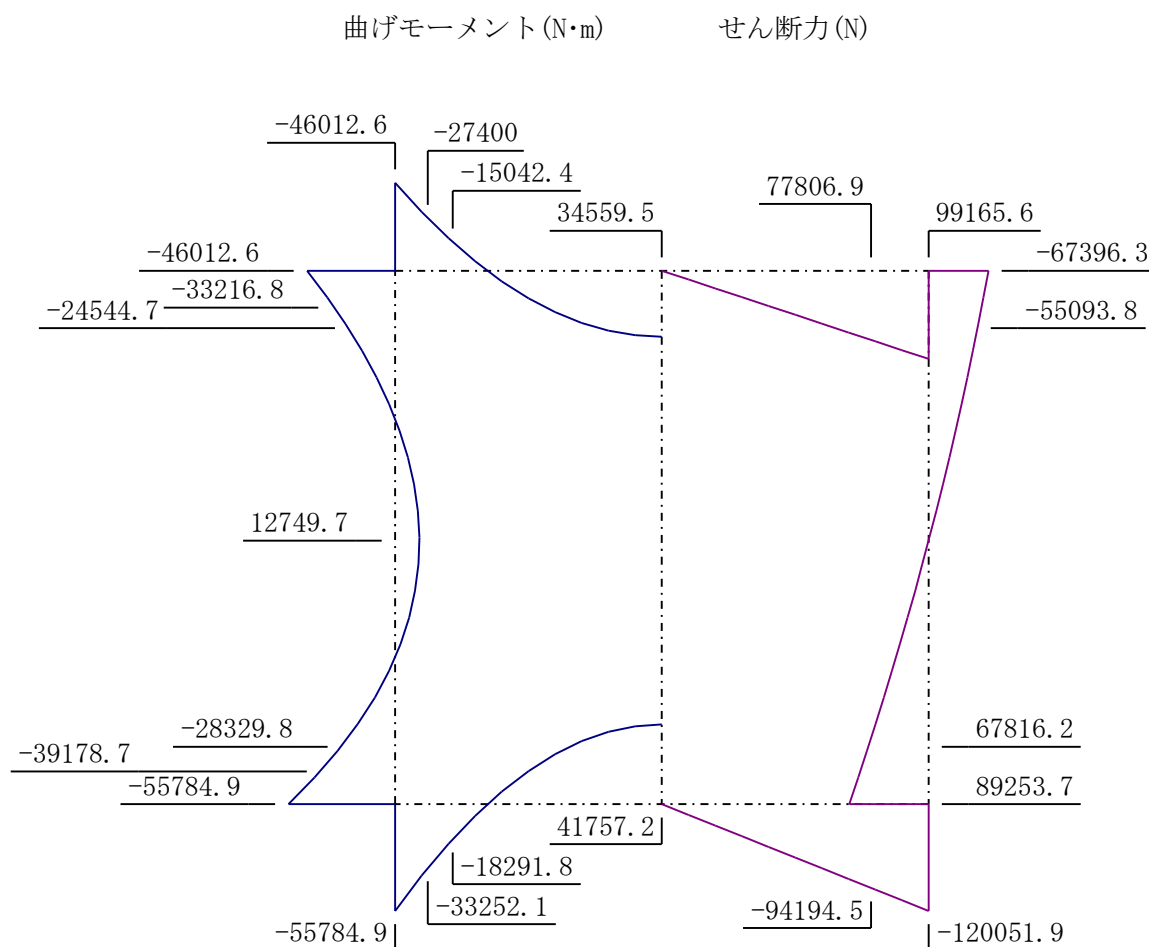
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-49852	121468	59271
	2 ハチ始点	0.325	-27054	***	59271
	S2 τ 点	0.350	***	95305	***
	1 中 央	1.625	48840	0	59271
底版	9, S9 端 部	0.125	-59625	142354	81129
	10 ハチ始点	0.325	-32906	***	81129
	S10 τ 点	0.350	***	111693	***
	11 中 央	1.625	56038	0	81129
側壁	4, S4 上 端部	3.125	-49852	-59271	121468
	5 上ハチ点	2.925	-38581	***	122753
	S5 上 τ点	2.900	***	-48719	***
	6 中 間	1.603	2310	0	132052
	S7 下 τ点	0.350	***	61441	***
	7 下ハチ点	0.325	-44543	***	141069
	8, S8 下 端部	0.125	-59625	81129	142354





## (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	0.125	-46013	99166	67396
	2 ハッチ始点	0.325	-27400	***	67396
	S2 τ 点	0.350	***	77807	***
	1 中 央	1.625	34560	0	67396
底板	9, S9 端 部	0.125	-55785	120052	89254
	10 ハッチ始点	0.325	-33252	***	89254
	S10 τ 点	0.350	***	94195	***
	11 中 央	1.625	41757	0	89254
側壁	4, S4 上 端部	3.125	-46013	-67396	99166
	5 上ハッチ点	2.925	-33217	***	100451
	S5 上 τ 点	2.900	***	-55094	***
	6 中 間	1.605	12750	0	109737
	S7 下 τ 点	0.350	***	67816	*****
	7 下ハッチ点	0.325	-39179	***	118767
	8, S8 下 端部	0.125	-55785	89254	120052



## 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	31.67	3166.7	264621.91	15.83	16712.96
ハチ始点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
τ 点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
中 央	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67

## 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	3.00	4.155	350000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 23	3.00	4.155	350000	-0.50	外 側
τ 点	φ 23	3.00	4.155	350000	-0.50	外 側
中 央	φ 23	3.00	4.155	350000	0.50	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	3.63	-0.47	85.69	25.27	731.40	0.868	3
ハチ始点	842.36	4.22	0.10	102.20	25.27	714.89	0.849	3
τ 点	842.36	4.22	0.05	101.48	25.27	715.61	0.850	3
中 央	842.36	4.22	-0.14	98.62	25.27	718.47	0.853	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.63	-0.47	85.69	25.27	731.40	0.868	3
ハチ始点	842.36	4.22	0.10	102.20	25.27	714.89	0.849	3
τ 点	842.36	4.22	0.05	101.48	25.27	715.61	0.850	3
中 央	842.36	4.22	-0.14	98.62	25.27	718.47	0.853	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	3.63	-0.47	85.69	25.27	731.40	0.868	3
ハチ始点	842.36	4.22	0.10	102.20	25.27	714.89	0.849	4
τ 点	842.36	4.22	0.05	101.48	25.27	715.61	0.850	4
中 央	842.36	4.22	-0.14	98.62	25.27	718.47	0.853	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.63	-0.47	85.69	25.27	731.40	0.868	3
ハチ始点	842.36	4.22	0.10	102.20	25.27	714.89	0.849	4
τ 点	842.36	4.22	0.05	101.48	25.27	715.61	0.850	4
中 央	842.36	4.22	-0.14	98.62	25.27	718.47	0.853	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	2.62	0.19	1.33	4.14	3
ハチ始点	2.42	0.24	3.99	6.65	3
中 央	3.53	0.24	3.15	6.92	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.62	0.19	4.42	1.99	3
ハチ始点	-2.42	0.24	3.14	0.95	3
中 央	-3.53	0.24	4.01	0.72	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.98	0.19	1.33	4.50	3
ハチ始点	2.63	0.27	3.99	6.89	4
中 央	4.69	0.24	3.15	8.08	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.98	0.19	4.42	1.63	3
ハチ始点	-2.63	0.27	3.14	0.78	4
中 央	-4.69	0.24	4.01	-0.44	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	-67.300	0.65	5.61	3.3	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-36.990	-0.05	7.91	0.2	0.0	0.002	0.079	4
中 央	65.934	-2.00	9.80	4.2	42.3	2.642	2.116	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	— 12	D 0	— 0	7.602 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 12	D 0	— 0	7.602 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)	σ c' (N/mm <sup>2</sup> )	τ (N/mm <sup>2</sup> )	σ i	ケース
端 部	100.0	12535	59.271	121.468	911.69	3.07	0.58	-0.104	3
τ 点	100.0	7813	59.271	95.305	892.01	3.81	0.57	-0.084	3
σ 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	-43.812	-6.040	-72.056	-84.749	-84.749	3
ハチ始点	-25.199	-2.201	-38.261	-46.580	-46.580	4
中 央	36.760	12.080	77.989	83.029	83.029	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	12.465	7.602	18.7	28.2	0.069	0.008	227.81	2.7	3
ハチ始点	12.465	7.602	12.0	21.5	0.069	0.012	146.32	3.1	4
中 央	12.465	7.602	13.0	21.5	0.069	0.011	156.30	1.9	3
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	31.67	3166.7	264621.91	15.83	16712.96
ハチ始点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
τ 点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
中 央	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67

## 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 26	3.00	5.309	450000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 26	3.00	5.309	450000	-0.50	外 側
τ 点	φ 26	3.00	5.309	450000	-0.50	外 側
中 央	φ 26	3.00	5.309	450000	0.50	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	847.62	4.67	-0.57	98.25	25.43	723.94	0.854	3
ハチ始点	847.62	5.43	0.12	118.43	25.43	703.76	0.830	3
τ 点	847.62	5.43	0.06	117.59	25.43	704.60	0.831	3
中 央	847.62	5.43	-0.17	114.18	25.43	708.01	0.835	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.67	-0.57	98.25	25.43	723.94	0.854	3
ハチ始点	847.62	5.43	0.12	118.43	25.43	703.76	0.830	3
τ 点	847.62	5.43	0.06	117.59	25.43	704.60	0.831	3
中 央	847.62	5.43	-0.17	114.18	25.43	708.01	0.835	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	4.67	-0.57	98.25	25.43	723.94	0.854	3
ハチ始点	847.62	5.43	0.12	118.43	25.43	703.76	0.830	4
τ 点	847.62	5.43	0.06	117.59	25.43	704.60	0.831	4
中 央	847.62	5.43	-0.17	114.18	25.43	708.01	0.835	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.67	-0.57	98.25	25.43	723.94	0.854	3
ハチ始点	847.62	5.43	0.12	118.43	25.43	703.76	0.830	4
τ 点	847.62	5.43	0.06	117.59	25.43	704.60	0.831	4
中 央	847.62	5.43	-0.17	114.18	25.43	708.01	0.835	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	3.21	0.26	1.69	5.15	3
ハチ始点	2.98	0.32	5.02	8.33	3
中 央	4.22	0.32	3.97	8.51	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.21	0.26	5.60	2.65	3
ハチ始点	-2.98	0.32	3.95	1.29	3
中 央	-4.22	0.32	5.05	1.16	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.57	0.26	1.69	5.51	3
ハチ始点	3.19	0.36	5.02	8.57	4
中 央	5.38	0.32	3.97	9.67	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.57	0.26	5.60	2.28	3
ハチ始点	-3.19	0.36	3.95	1.11	4
中 央	-5.38	0.32	5.05	0.00	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	-80.493	1.13	6.85	4.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-44.890	0.12	9.81	0.3	0.0	0.000	0.000	4
中 央	75.651	-1.77	11.67	3.3	29.2	1.826	1.648	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	— 12	D 0	— 0	7.602 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 12	D 0	— 0	7.602 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	12535	81.129	142.354	1153.02	3.90	0.67	-0.113	3
τ 点	100.0	7813	81.129	111.693	1122.23	4.81	0.67	-0.092	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	-53.584	-6.040	-84.760	-101.362	-101.362	3
ハッチ始点	-31.052	-2.200	-45.868	-56.529	-56.529	4
中 央	43.958	12.080	87.346	95.265	95.265	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	7.602	18.7	28.2	0.069	0.010	266.32	2.6	3
ハッチ始点	15.927	7.602	12.0	21.5	0.069	0.015	166.35	2.9	4
中 央	15.927	7.602	13.0	21.5	0.069	0.014	179.10	1.9	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	-49.852	121.468	41.04	12.33	64.833	3
	上ハチ点	-38.581	122.753	31.43	9.00	49.629	3
側壁	中 間	12.753	66.200	19.27	9.00	18.711	2
	下ハチ点	-44.543	141.069	31.58	9.00	57.239	3
	下端部	-59.624	142.354	41.88	12.33	77.182	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( $A_s$ )

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

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

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

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

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	64.833	14.19	17.69	31.67	8.621
	上ハチ点	49.629	12.41	15.91	25.00	8.838
側壁	中 間	18.711	7.62	11.12	25.00	1.795
	下ハチ点	57.239	13.33	16.83	25.00	10.388
	下端部	77.182	15.48	18.98	31.67	10.590
				$d + d' < T$	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 13 - 12	D 19 - 6
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 6

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	14.553	11.546	4.62	99.7	0.0
	上ハチ点	100.00	14.553	9.696	5.60	102.3	0.0
	中間	100.00	7.602	9.055	2.24	46.1	0.0
	下ハチ点	100.00	14.553	9.686	6.47	118.3	0.0
	下端部	100.00	14.553	11.493	5.52	120.1	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	77.304	43.611	95.305	77.807				
	M			-11.917					
	N			59.271					
	最大			○					
底版 τ点	S	93.381	59.999	111.693	94.195				
	M			-15.166					
	N			81.129					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-31.670	-37.996	-48.719	-55.094				
	M				-24.545				
	N				101.415				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	44.295	50.718	61.441	67.816				
	M				-28.330				
	N				117.803				
	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	25.0	3.5	21.5	1.400	D13-6	7.602	0.354	1.054
底版 $\tau$ 点	25.0	3.5	21.5	1.400	D13-6	7.602	0.354	1.054
側壁上 $\tau$ 点	25.0	3.5	21.5	1.400	D19-3 D16-3	14.553	0.677	1.306
側壁下 $\tau$ 点	25.0	3.5	21.5	1.400	D19-3 D16-3	14.553	0.677	1.306

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	-11.917	892.0	59.271	0.250	0.01042	-0.01	39.649	2.000
底版 $\tau$ 点	-15.166	1122.2	81.129	0.250	0.01042	-0.01	50.155	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-24.545	0.0	101.415	0.250	0.01042	0.00	4.227	1.172
側壁下 $\tau$ 点	-28.330	0.0	117.803	0.250	0.01042	0.00	4.910	1.173

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	1.054	2.000	0.797
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.054	2.000	0.797
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.306	1.172	0.579
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.306	1.173	0.579

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	95.305	21.5	0.443	0.797
底版 $\tau$ 点	111.693	21.5	0.520	0.797
側壁上 $\tau$ 点	55.094	21.5	0.256	0.579
側壁下 $\tau$ 点	67.816	21.5	0.315	0.579

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以 上