

受付 No.

台帳 No. KL419003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

プレキャスト

PCボックスカルバート

設計計算書

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

○内空寸法： 内 幅 (B) 2800 mm  
内 高 (H) 1500 mm  
長 さ (L) 2000 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

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) 2800 × (H) 1500 × (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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

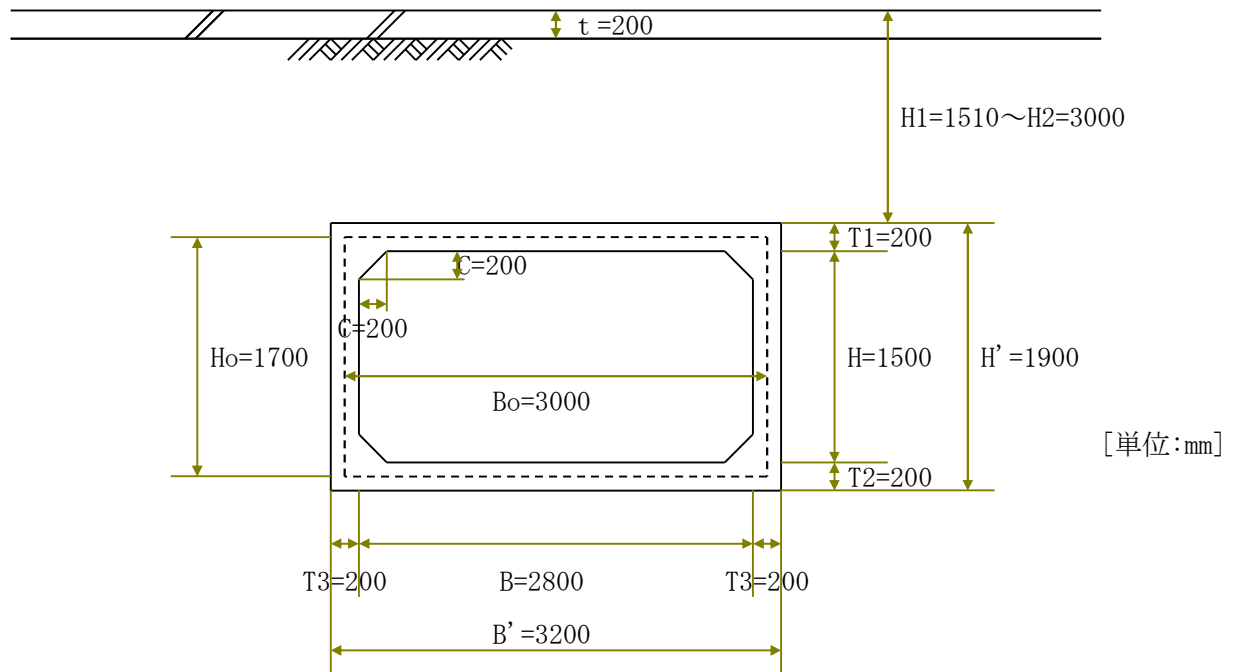
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

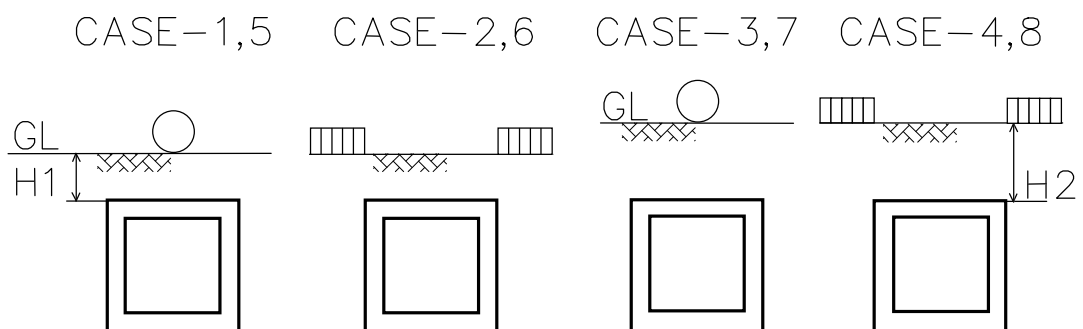
## (3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 26$	$\phi 26$	*****	(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



## 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

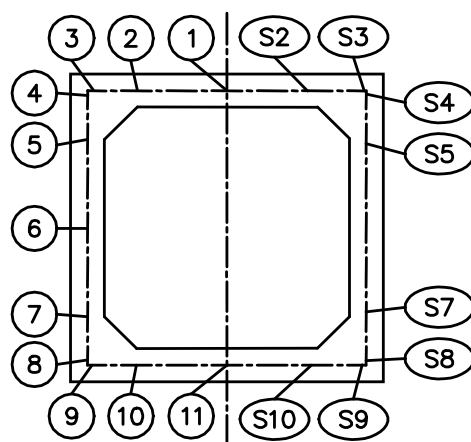
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

## 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)

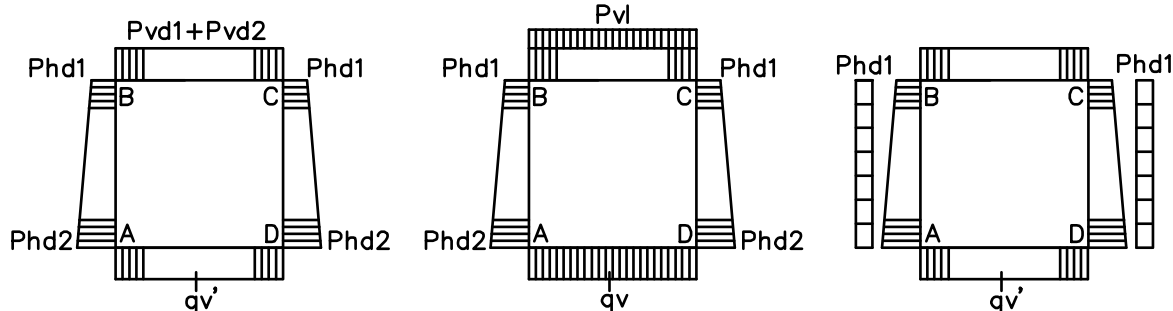
### 3.1.1 設計荷重

- |           |   |                        |
|-----------|---|------------------------|
| (1) 頂版自重  | $Pvd1 = \gamma c \times T1$   |                        |
| (2) 鉛直土圧  | $Pvd2 = \alpha \times \{ \gamma s \times (H1 - t - tb) + \gamma a \times t + \gamma b \times tb \}$         |                        |
| (3) 水平土圧  | $Phd1 = Ka \times \{ \gamma a \times t + \gamma b \times tb + \gamma s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$      |                        |
|           | $Phd2 = Ka \times \{ \gamma a \times t + \gamma b \times tb + \gamma s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$ |                        |
| (4) 載 荷 重 | $Pq = Ka \times Q$  |                        |
| (5) 活荷重   | $輪分布幅 \quad u = a + 2 \times H1$  | $= 3.220 \text{ m}$    |
|           | $\quad \quad \quad v = b + 2 \times H1$   | $= 3.520 \text{ m}$    |
|           | $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta$   | $= 117.000 \text{ kN}$ |
|           | $Pv1 = 2 \times P1 / 2.75 / u$  |                        |
| (6) 底版反力  | $qv = Pvd1 + Pvd2 + Pv1 + \gamma c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / Bo$                      |                        |

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2



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>	4.900	4.900	4.900
P <sub>vd2</sub>	28.080	28.080	28.080
Phd1 = Phd1	14.940	14.940	*****
Phd1 = Phd1 + P <sub>q</sub>	*****	*****	19.940
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + P <sub>q</sub>	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + P <sub>q</sub>	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	30.240	30.240	*****
Phd2 = Phd2 + P <sub>q</sub>	*****	*****	35.240
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
P <sub>v1</sub>	0.000	26.426	0.000
q <sub>v</sub>	*****	65.612	*****
q <sub>v</sub> '	39.187	*****	39.187

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

## 3.1.2 構造解析

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \text{ラーメン係数} \quad \alpha &= (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 \beta &= (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 N1 &= 2 + \alpha \\
 N2 &= 2 + \beta
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \text{荷 重 項} \quad CAD &= q_v \times B_o^2 / 12 \\
 CBC &= \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{vl}) \times B_o^2\} / 12 \\
 CAB &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60 \\
 CBA &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60
 \end{aligned}$$

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、 $P_{vl} = 0$

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

$$\begin{aligned}
 (3) \quad \text{た わ み 角} \quad \theta A &= \{N1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N1 \times N2 - 1) \\
 \theta B &= \{N2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N1 \times N2 - 1)
 \end{aligned}$$

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
$\alpha$	0.5667	0.5667	0.5667
$\beta$	0.5667	0.5667	0.5667
N1	2.5667	2.5667	2.5667
N2	2.5667	2.5667	2.5667
CAD (kN・m/m)	29.390	49.209	29.390
CBC (kN・m/m)	24.735	44.554	24.735
CAB (kN・m/m)	5.809	5.809	7.013
CBA (kN・m/m)	5.072	5.072	6.276
$\theta A$	-14.351	-27.001	-13.582
$\theta B$	13.252	25.903	12.483
MAB (kN・m/m)	-21.258	-33.909	-21.694
MAD (kN・m/m)	21.258	33.909	21.694
MBA (kN・m/m)	17.226	29.876	17.661
MBC (kN・m/m)	-17.226	-29.876	-17.661

## 3.1.3 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

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

## (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-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	49.470	89.109	49.470
SCB	(kN/m)	-49.470	-89.109	-49.470
Mmax	(kN・m/m)	19.877	36.955	19.442
SAD	(kN/m)	58.780	98.419	58.780
SDA	(kN/m)	-58.780	-98.419	-58.780
Mmax	(kN・m/m)	22.827	39.905	22.391
SAB	(kN/m)	23.741	23.741	27.991
SBA	(kN/m)	-14.662	-14.662	-18.912
x	(m)	0.908	0.908	*****
		0.897	*****	0.897
Mmax	(kN・m/m)	-11.044	-23.695	*****
Mmax	(kN・m/m)	-11.045	*****	-9.680

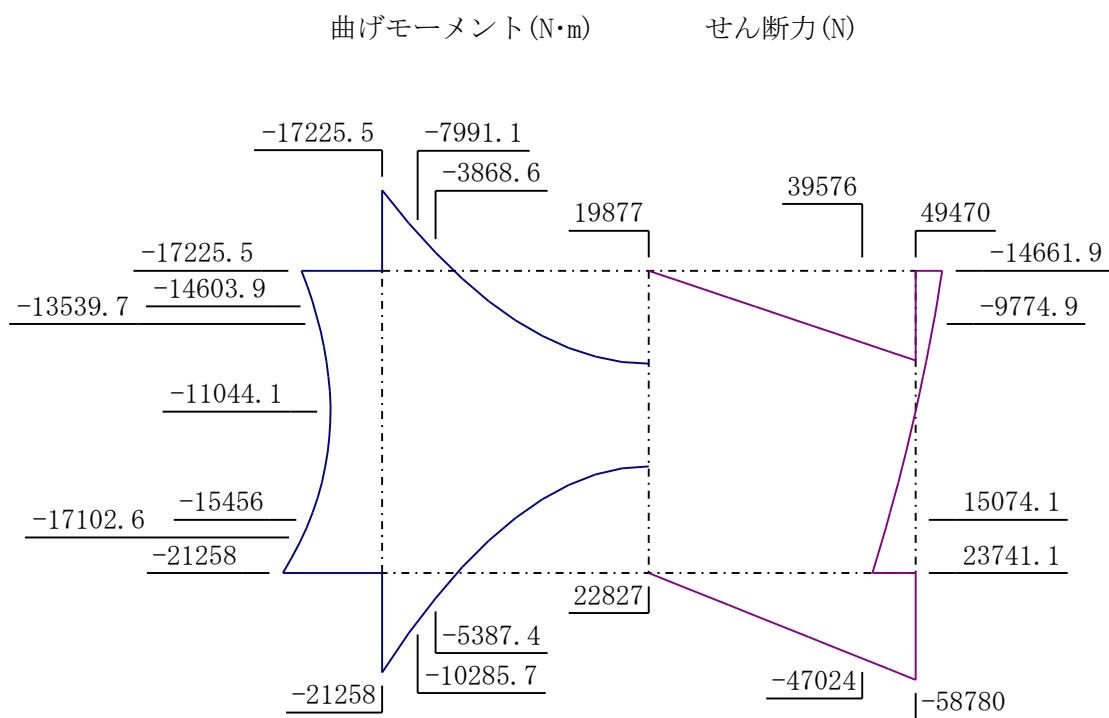
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



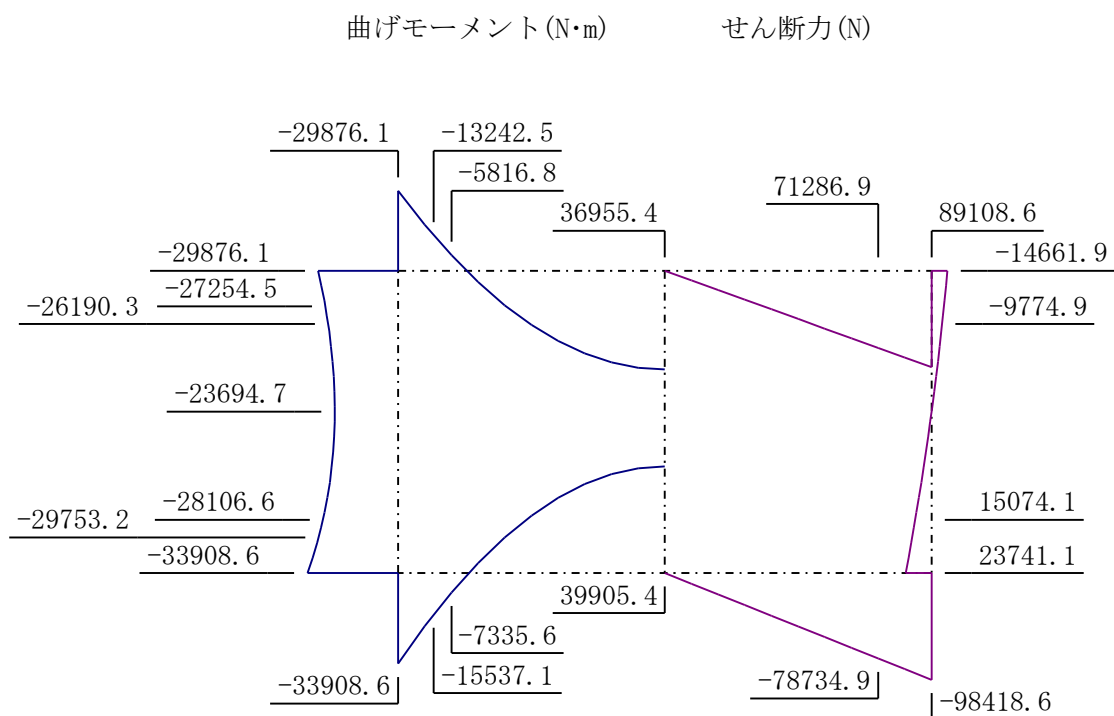
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	-17226	49470	14662
	2 ハッチ始点	0.300	-7991	***	14662
	S2 τ 点	0.300	-3869	39576	14662
	1 中 央	1.500	19877	0	14662
底版	9, S9 端 部	0.100	-21258	58780	23741
	10 ハッチ始点	0.300	-10286	***	23741
	S10 τ 点	0.300	-5387	47024	23741
	11 中 央	1.500	22827	0	23741
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-17226	-14662	49470
	5 上ハッチ点	1.400	-14604	***	50565
	S5 上 τ 点	1.400	-13540	-9775	51113
	6 中 間	0.908	-11044	*****	53807
		0.897	-11045	*****	53868
	S7 下 τ 点	0.300	-15456	15074	57137
	7 下ハッチ点	0.300	-17103	***	57685
	8, S8 下 端部	0.100	-21258	23741	58780



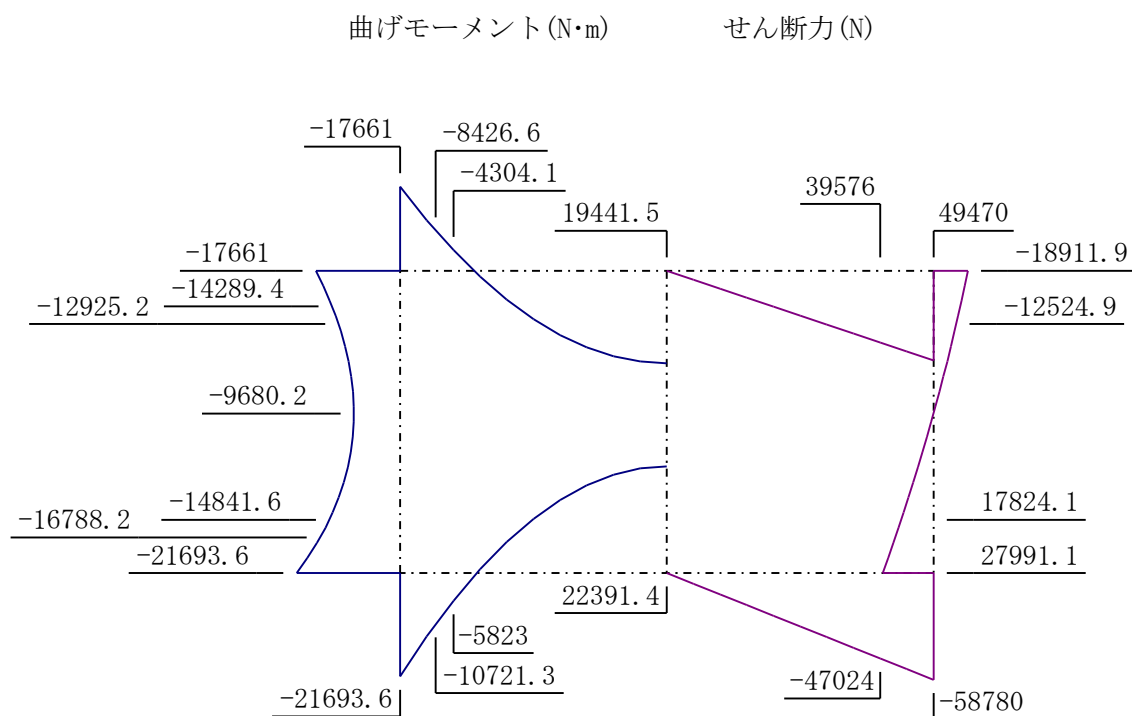
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

		[ / 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	-29876	89109	14662
	2 ハンチ始点	0.300	-13243	***	14662
	S2 τ 点	0.300	-5817	71287	14662
	1 中 央	1.500	36955	0	14662
底版	9, S9 端 部	0.100	-33909	98419	23741
	10 ハンチ始点	0.300	-15537	***	23741
	S10 τ 点	0.300	-7336	78735	23741
	11 中 央	1.500	39905	0	23741
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-29876	-14662	89109
	5 上ハンチ点	1.400	-27255	***	90204
	S5 上 τ 点	1.400	-26190	-9775	90752
	6 中 間	0.908	-23695	0	93446
	S7 下 τ 点	0.300	-28107	15074	96776
	7 下ハンチ点	0.300	-29753	***	97323
	8, S8 下 端部	0.100	-33909	23741	98419



## (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	-17661	49470	18912
	2 ハチ始点	0.300	-8427	***	18912
	S2 τ 点	0.300	-4304	39576	18912
	1 中 央	1.500	19442	0	18912
底版	9, S9 端 部	0.100	-21694	58780	27991
	10 ハチ始点	0.300	-10721	***	27991
	S10 τ 点	0.300	-5823	47024	27991
	11 中 央	1.500	22391	0	27991
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-17661	-18912	49470
	5 上ハチ点	1.400	-14289	***	50565
	S5 上 τ 点	1.400	-12925	-12525	51113
	6 中 間	0.897	-9680	0	53868
	S7 下 τ 点	0.300	-14842	17824	57137
	7 下ハチ点	0.300	-16788	***	57685
	8, S8 下 端部	0.100	-21694	27991	58780



## 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  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / B_o$



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
$P_{vd2}$	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.350	28.350	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.350
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	43.650	43.650	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	48.650
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	13.724	0.000
$q_v$	*****	79.731	*****
$q_{v'}$	66.007	*****	66.007

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
$\alpha$	0.5667	0.5667	0.5667
$\beta$	0.5667	0.5667	0.5667
$N_1$	2.5667	2.5667	2.5667
$N_2$	2.5667	2.5667	2.5667
CAD (kN・m/m)	49.505	59.798	49.505
CBC (kN・m/m)	44.850	55.143	44.850
CAB (kN・m/m)	9.038	9.038	10.243
CBA (kN・m/m)	8.302	8.302	9.506
$\theta_A$	-25.129	-31.699	-24.360
$\theta_B$	24.030	30.600	23.261
MAB (kN・m/m)	-35.266	-41.836	-35.701
MAD (kN・m/m)	35.266	41.836	35.701
MBA (kN・m/m)	31.233	37.803	31.669
MBC (kN・m/m)	-31.233	-37.803	-31.669

## 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。

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

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

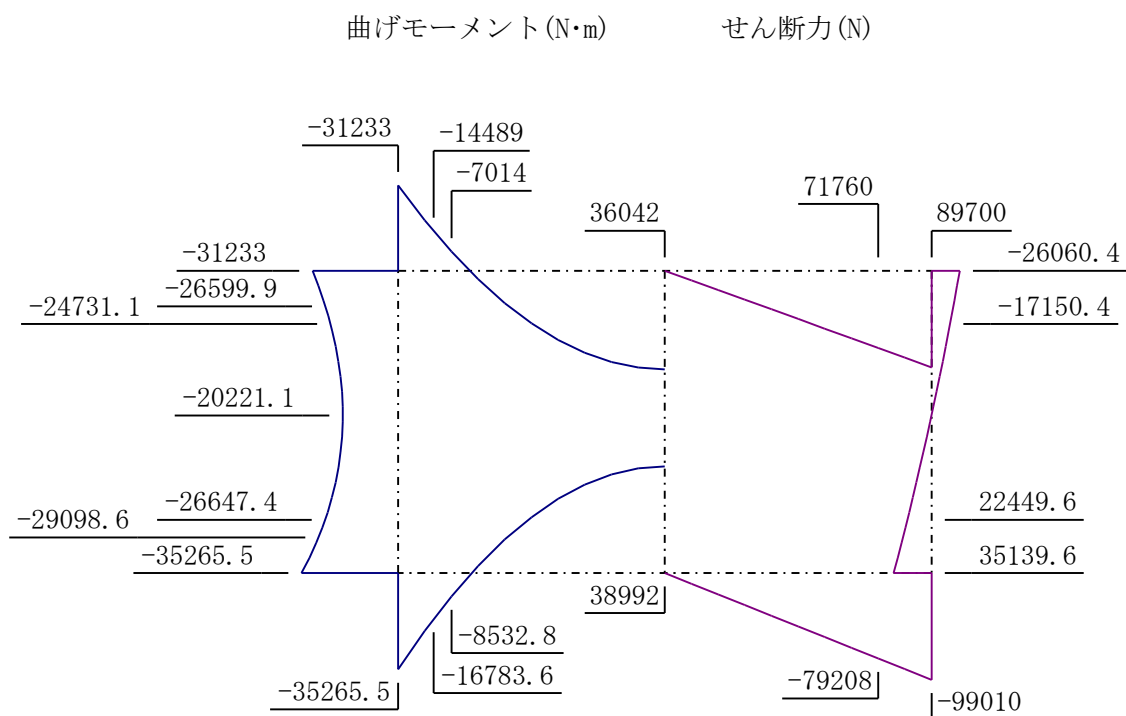
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	89.700	110.287	89.700
SCB (kN/m)	-89.700	-110.287	-89.700
Mmax (kN・m/m)	36.042	44.912	35.606
SAD (kN/m)	99.010	119.597	99.010
SDA (kN/m)	-99.010	-119.597	-99.010
Mmax (kN・m/m)	38.992	47.862	38.556
SAB (kN/m)	35.140	35.140	39.390
SBA (kN/m)	-26.060	-26.060	-30.310
x (m)	0.886	0.886	*****
	0.882	*****	0.882
Mmax (kN・m/m)	-20.221	-26.791	*****
Mmax (kN・m/m)	-20.221	*****	-18.853

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。

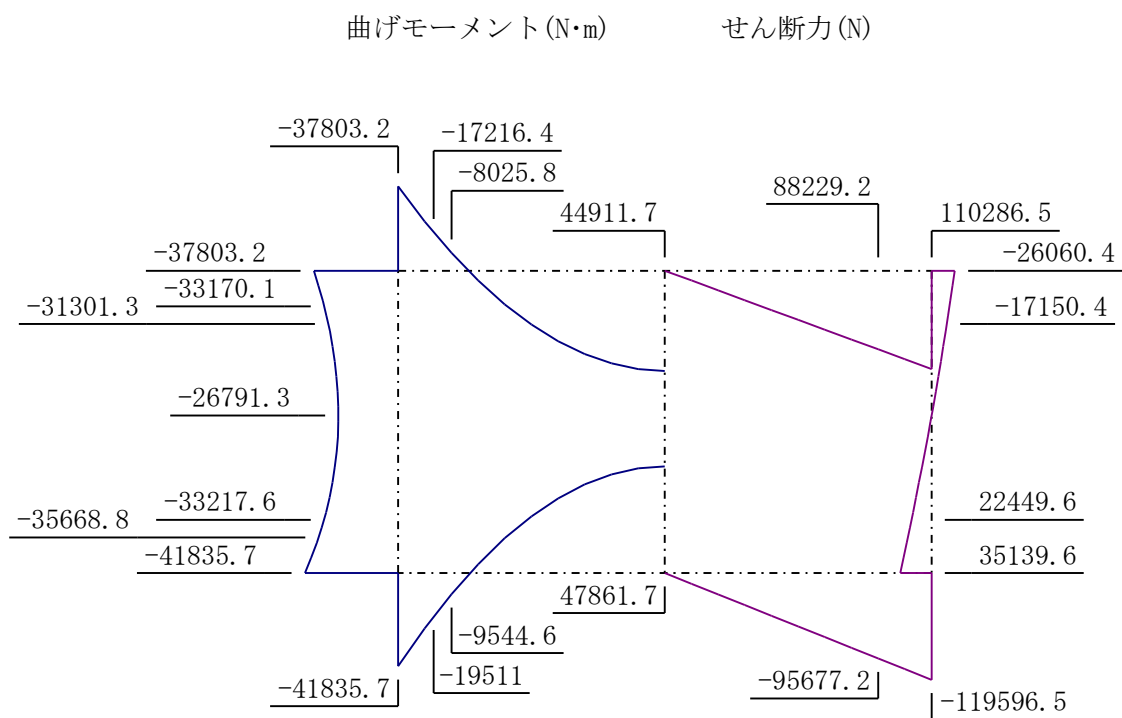
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	-31233	89700	26060
	2 ハッチ始点	0.300	-14489	***	26060
	S2 τ 点	0.300	-7014	71760	26060
	1 中 央	1.500	36042	0	26060
底版	9, S9 端 部	0.100	-35266	99010	35140
	10 ハッチ始点	0.300	-16784	***	35140
	S10 τ 点	0.300	-8533	79208	35140
	11 中 央	1.500	38992	0	35140
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-31233	-26060	89700
	5 上ハッチ点	1.400	-26600	***	90795
	S5 上 τ 点	1.400	-24731	-17150	91343
	6 中 間	0.886	-20221	*****	94158
		0.882	-20221	*****	94180
	S7 下 τ 点	0.300	-26647	22450	97367
	7 下ハッチ点	0.300	-29099	***	97915
	8, S8 下 端部	0.100	-35266	35140	99010



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

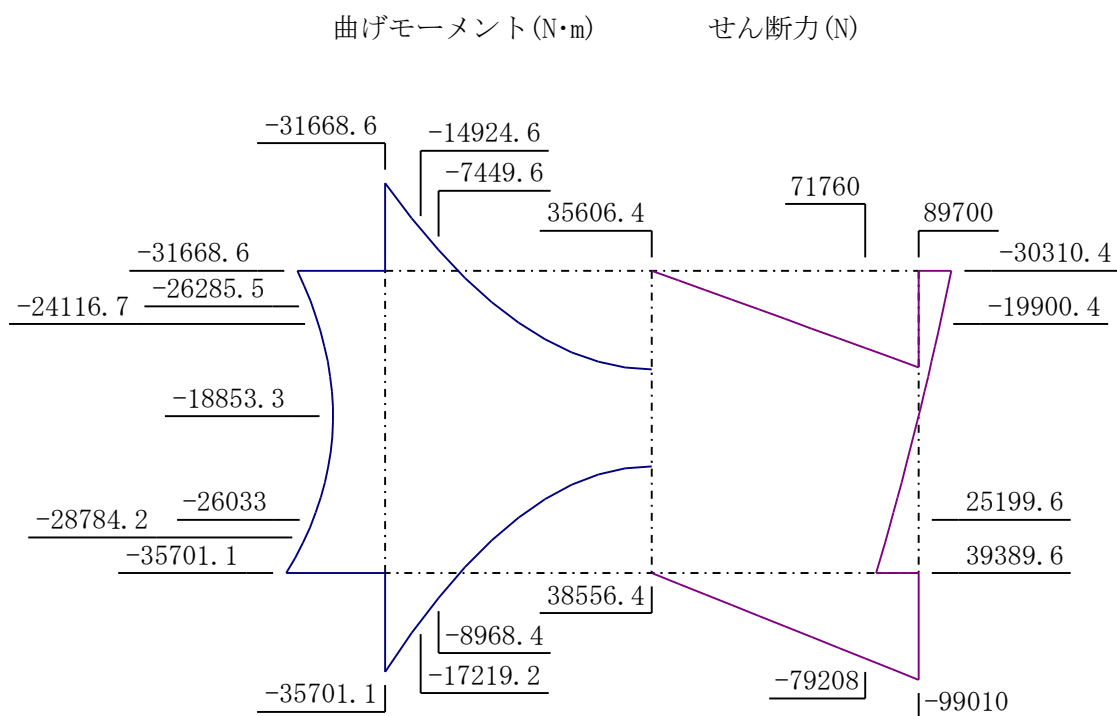
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-37803	110287	26060
	2 ハチ始点	0.300	-17216	***	26060
	S2 τ 点	0.300	***	88229	***
	1 中 央	1.500	44912	0	26060
底版	9, S9 端 部	0.100	-41836	119597	35140
	10 ハチ始点	0.300	-19511	***	35140
	S10 τ 点	0.300	***	95677	***
	11 中 央	1.500	47862	0	35140
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-37803	-26060	110287
	5 上ハチ点	1.400	-33170	***	111382
	S5 上 τ点	1.400	***	-17150	***
	6 中 間	0.886	-26791	0	114744
	S7 下 τ点	0.300	***	22450	***
	7 下ハチ点	0.300	-35669	***	118501
	8, S8 下 端部	0.100	-41836	35140	119597





## (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	-31669	89700	30310
	2 ハッチ始点	0.300	-14925	***	30310
	S2 τ 点	0.300	***	71760	***
	1 中 央	1.500	35606	0	30310
底版	9, S9 端 部	0.100	-35701	99010	39390
	10 ハッチ始点	0.300	-17219	***	39390
	S10 τ 点	0.300	***	79208	***
	11 中 央	1.500	38556	0	39390
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-31669	-30310	89700
	5 上ハッチ点	1.400	-26286	***	90795
	S5 上 τ 点	1.400	***	-19900	***
	6 中 間	0.882	-18853	0	94180
	S7 下 τ 点	0.300	***	25200	*****
	7 下ハッチ点	0.300	-28784	***	97915
	8, S8 下 端部	0.100	-35701	39390	99010



## 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鋼棒偏心率	(cm)
$I$ :	断面二次モーメント	(cm <sup>4</sup> )
$\Delta\sigma_{pr}$ :	PC鋼棒のリラクセ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	26.67	2666.7	158024.69	13.33	11851.85
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
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 26	2.50	5.309	450000	2.33	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-1.00	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	-1.00	外 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	4.61	-0.46	99.04	25.43	723.14	0.853	3
ハチ始点	847.62	5.79	0.22	124.59	25.43	697.60	0.823	3
τ 点	847.62	5.79	0.11	122.95	25.43	699.24	0.825	3
中 央	847.62	5.79	-0.54	113.47	25.43	708.72	0.836	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.61	-0.46	99.04	25.43	723.14	0.853	3
ハチ始点	847.62	5.79	0.22	124.59	25.43	697.60	0.823	3
τ 点	847.62	5.79	0.11	122.95	25.43	699.24	0.825	3
中 央	847.62	5.79	-0.54	113.47	25.43	708.72	0.836	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	4.61	-0.46	99.04	25.43	723.14	0.853	3
ハチ始点	847.62	5.79	0.22	124.59	25.43	697.60	0.823	3
τ 点	847.62	5.79	0.11	122.95	25.43	699.24	0.825	3
中 央	847.62	5.79	-0.54	113.47	25.43	708.72	0.836	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.61	-0.46	99.04	25.43	723.14	0.853	3
ハチ始点	847.62	5.79	0.22	124.59	25.43	697.60	0.823	3
τ 点	847.62	5.79	0.11	122.95	25.43	699.24	0.825	3
中 央	847.62	5.79	-0.54	113.47	25.43	708.72	0.836	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	2.64	0.10	1.71	4.44	3
ハチ始点	2.17	0.13	6.02	8.32	3
中 央	5.41	0.13	3.29	8.83	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.64	0.10	5.49	2.95	3
ハチ始点	-2.17	0.13	3.24	1.20	3
中 央	-5.41	0.13	6.11	0.84	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.19	0.10	1.71	5.00	3
ハチ始点	2.58	0.13	6.02	8.73	3
中 央	6.74	0.13	3.29	10.16	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.19	0.10	5.49	2.40	3
ハチ始点	-2.58	0.13	3.24	0.79	3
中 央	-6.74	0.13	6.11	-0.49	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	-51.034	1.31	6.15	4.7	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-23.242	-0.07	9.68	0.1	0.0	0.003	0.072	3
中 央	60.631	-2.80	12.56	3.6	51.2	3.199	1.825	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	— 5	D 10	— 5	4.951 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 5	D 10	— 5	4.951 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	8889	26.060	110.287	959.79	3.70	0.62	-0.101	3
$\tau$ 点	100.0	5000	26.060	88.229	928.07	4.77	0.66	-0.090	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	-31.233	-6.570	-57.028	-64.265	-64.265	3
ハチ始点	-14.489	-2.727	-25.654	-29.268	-29.268	3
中 央	36.042	8.870	69.029	76.350	76.350	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	13.272	4.951	15.7	23.2	0.069	0.009	176.29	2.7	3
ハチ始点	13.272	4.951	9.0	16.5	0.069	0.016	95.70	3.3	3
中 央	13.272	4.951	11.0	16.5	0.069	0.013	116.96	1.5	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	26.67	2666.7	158024.69	13.33	11851.85
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
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 26	2.50	5.309	450000	2.33	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-1.00	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	-1.00	外 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	4.61	-0.52	98.15	25.43	724.03	0.854	3
ハチ始点	847.62	5.79	0.25	125.10	25.43	697.09	0.822	3
τ 点	847.62	5.79	0.13	123.28	25.43	698.91	0.825	3
中 央	847.62	5.79	-0.58	112.82	25.43	709.37	0.837	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.61	-0.52	98.15	25.43	724.03	0.854	3
ハチ始点	847.62	5.79	0.25	125.10	25.43	697.09	0.822	3
τ 点	847.62	5.79	0.13	123.28	25.43	698.91	0.825	3
中 央	847.62	5.79	-0.58	112.82	25.43	709.37	0.837	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	4.61	-0.52	98.15	25.43	724.03	0.854	3
ハチ始点	847.62	5.79	0.25	125.10	25.43	697.09	0.822	3
τ 点	847.62	5.79	0.13	123.28	25.43	698.91	0.825	3
中 央	847.62	5.79	-0.58	112.82	25.43	709.37	0.837	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.61	-0.52	98.15	25.43	724.03	0.854	3
ハチ始点	847.62	5.79	0.25	125.10	25.43	697.09	0.822	3
τ 点	847.62	5.79	0.13	123.28	25.43	698.91	0.825	3
中 央	847.62	5.79	-0.58	112.82	25.43	709.37	0.837	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	2.98	0.13	1.71	4.82	3
ハチ始点	2.52	0.18	6.01	8.71	3
中 央	5.85	0.18	3.30	9.32	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.98	0.13	5.50	2.65	3
ハチ始点	-2.52	0.18	3.24	0.90	3
中 央	-5.85	0.18	6.12	0.45	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.53	0.13	1.71	5.37	3
ハチ始点	2.93	0.18	6.01	9.12	3
中 央	7.18	0.18	3.30	10.65	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.53	0.13	5.50	2.10	3
ハチ始点	-2.93	0.18	3.24	0.49	3
中 央	-7.18	0.18	6.12	-0.88	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	-56.478	0.91	6.65	3.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-26.340	-0.48	10.20	0.9	2.1	0.132	0.445	3
中 央	64.613	-3.33	13.22	4.0	67.2	4.198	2.014	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	— 5	D 10	— 5	4.951 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 5	D 10	— 5	4.951 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	8889	35.140	119.597	960.97	3.74	0.67	-0.117	3
τ 点	100.0	5000	35.140	95.677	927.63	4.81	0.72	-0.105	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	-35.266	-6.570	-62.271	-71.121	-71.121	3
ハッチ始点	-16.784	-2.727	-28.637	-33.169	-33.169	3
中 央	38.992	8.870	72.864	81.365	81.365	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	13.272	4.951	15.7	23.2	0.069	0.009	176.29	2.5	3
ハッチ始点	13.272	4.951	9.0	16.5	0.069	0.016	95.70	2.9	3
中 央	13.272	4.951	11.0	16.5	0.069	0.013	116.96	1.4	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	-37.803	110.287	34.28	9.83	48.648	3
	上ハチ点	-33.170	111.382	29.78	6.50	40.410	3
側壁	中 間	-26.791	114.744	23.35	6.50	34.250	3
	下ハチ点	-35.669	118.501	30.10	6.50	43.371	3
	下端部	-41.836	119.597	34.98	9.83	53.596	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	48.648	12.29	15.79	26.67	7.982
	上ハチ点	40.410	11.20	14.70	20.00	10.908
側壁	中 間	34.250	10.31	13.81	20.00	7.816
	下ハチ点	43.371	11.60	15.10	20.00	11.862
	下端部	53.596	12.90	16.40	26.67	9.002
$d + d' < T$					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 19 - 5
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 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	12.128	9.527	5.11	109.7	0.0
	上ハチ点	100.00	12.128	7.364	7.81	145.4	0.0
	中間	100.00	12.128	7.732	6.36	108.2	0.0
	下ハチ点	100.00	12.128	7.350	8.40	156.8	0.0
	下端部	100.00	12.128	9.483	5.65	122.3	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	71.287	39.576	88.229	71.760				
	M			-8.026					
	N			26.060					
	最大			○					
底版 τ点	S	78.735	47.024	95.677	79.208				
	M			-9.545					
	N			35.140					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-9.775	-12.525	-17.150	-19.900				
	M				-24.117				
	N				91.343				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	15.074	17.824	22.450	25.200				
	M				-26.033				
	N				97.367				
	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	20.0	3.5	16.5	1.400	D13-2.5 D10-2.5	4.951	0.300	1.000
底版 $\tau$ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D13-2.5 D10-2.5	4.951	0.300	1.000
側壁上 $\tau$ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.735	1.341
側壁下 $\tau$ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.735	1.341

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	-8.026	928.1	26.060	0.200	0.00667	-0.01	22.540	2.000
底版 $\tau$ 点	-9.545	927.6	35.140	0.200	0.00667	-0.01	22.831	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-24.117	0.0	91.343	0.200	0.00667	0.00	3.046	1.126
側壁下 $\tau$ 点	-26.033	0.0	97.367	0.200	0.00667	0.00	3.247	1.125

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	1.000	2.000	0.756
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.000	2.000	0.756
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.341	1.126	0.571
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.341	1.125	0.570

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	88.229	16.5	0.535	0.756
底版 $\tau$ 点	95.677	16.5	0.580	0.756
側壁上 $\tau$ 点	19.900	16.5	0.121	0.571
側壁下 $\tau$ 点	25.200	16.5	0.153	0.570



---

 $\tau < \tau_a$  CHECK OK

以 上