

受付 No.

台帳 No. PS406000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 5000 mm  
内 高 (H) 2500 mm  
長 さ (L) 1000 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1 = 0.200 m  
H2 = 1.500 m

千 葉 窯 業 株 式 会 社

## 1 設 計 条 件

## 1.1 一般条件

構造形式	: 一径間ボックスラーメン
内空寸法	: (B) 5000 × (H) 2500 × (L) 1000 [mm]
土被り	: H1 = 0.200 ~ H2 = 1.500 [m]
道路舗装厚	: t = 0.200 [m]
路盤厚	: t <sub>b</sub> = 0.000 [m]

## 1.2 単位容積重量

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

## 1.3 土圧係数 (水 平 )

:  $K_a = 0.500$

(鉛 直 )

:  $\alpha = 1.000$

## 1.4 活荷重 (上 載 )

: T' 荷重 横断通行

(輪接地幅 a = 0.20m b = 0.50m )

(側 載 )

:  $Q = 10.0$  [kN/m<sup>2</sup>]

## 1.5 衝撃係数

:  $i = 0.300$

## 1.6 鉄筋かぶり

	頂 版	底 版	側 壁
: (内側)	40 mm	40 mm	40 mm
: (外側)	40 mm	40 mm	40 mm

## 1.7 断面力低減係数 (土被り H1)

:  $\beta = 1.0$

(土被り H2)

:  $\beta = 0.9$

## 1.8 許容応力度

## 1.8.1 鉄筋

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

## 1.8.2 コンクリート

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

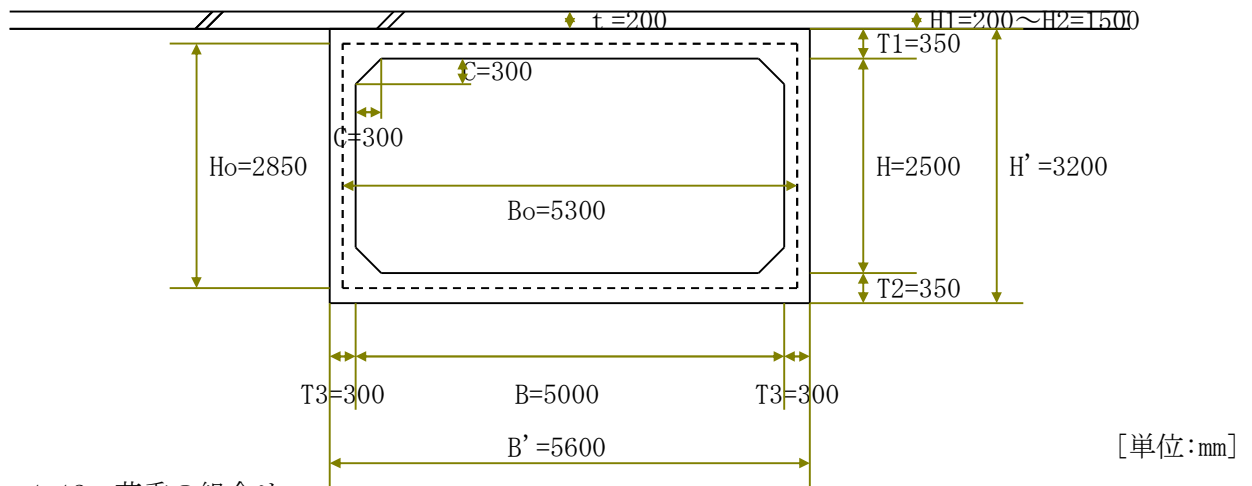
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

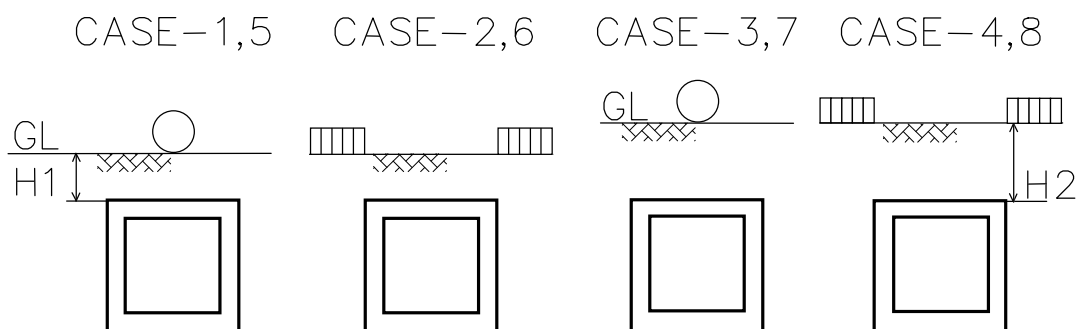
## (3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 26$	$\phi 26$	*****	(mm)
断面積	530.90	530.90	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	445000	445000	*****	(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

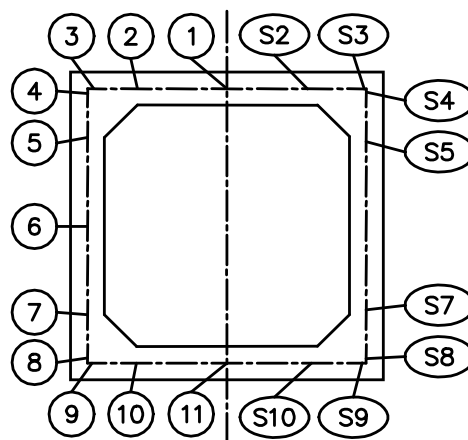
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

## 2 断面力計算

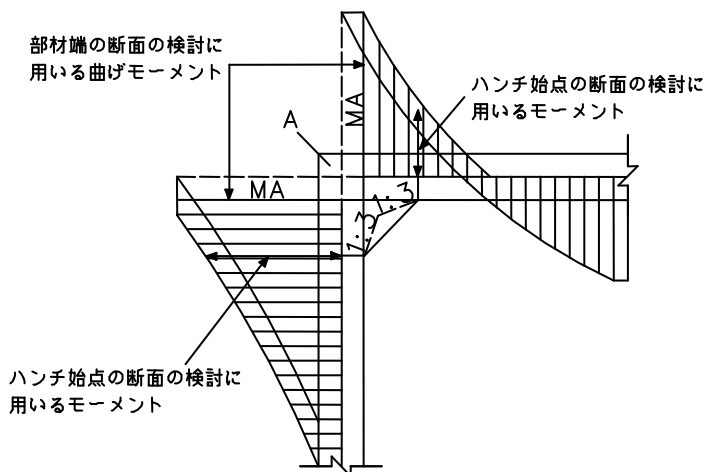
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

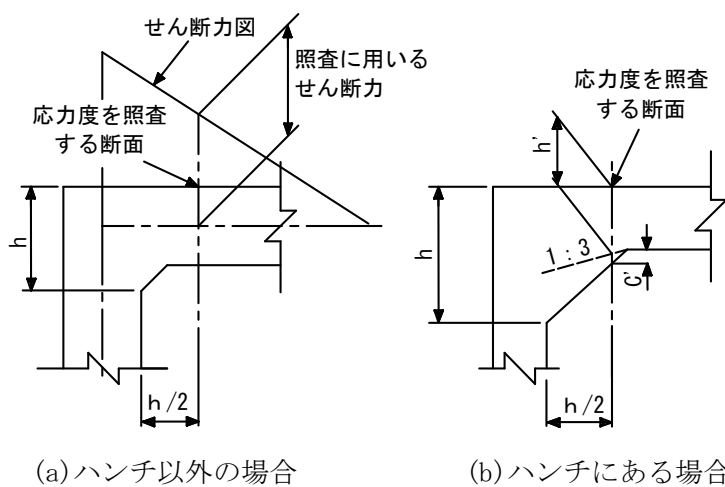
せん断力



### 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

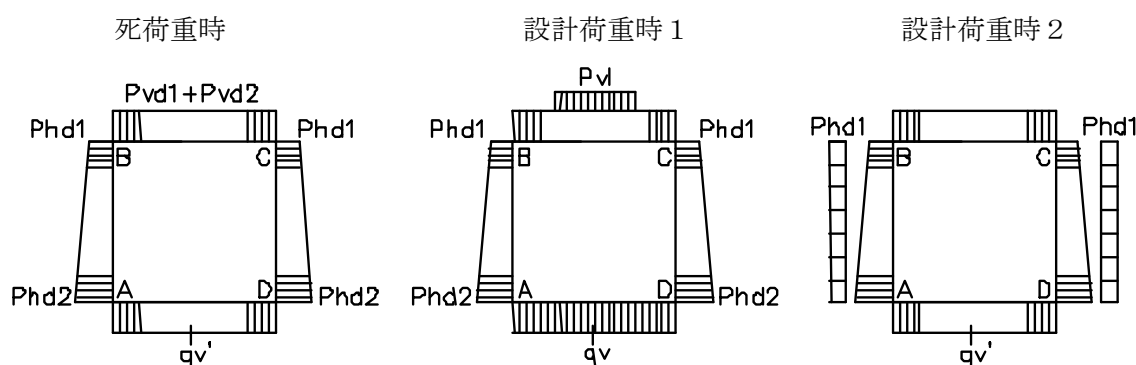
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

## 3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

## 3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - t_b) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b \}$
- (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  $u = a + 2 \times H1 = 0.600 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 0.900 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 130.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) \} / B_o$



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                      CASE-2

(kN/m<sup>2</sup>)                      (kN/m<sup>2</sup>)

Pvd1	8.575	8.575	8.575
Pvd2	4.500	4.500	4.500
Phd1 = Phd1	3.825	3.825	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	8.825
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	29.475	29.475	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	34.475
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	157.576	0.000
qv	*****	39.651	*****
qv'	21.812	*****	21.812

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
$\alpha$	0.8539	0.8539	0.8539
$\beta$	0.8539	0.8539	0.8539
N1	2.8539	2.8539	2.8539
N2	2.8539	2.8539	2.8539
CAD (kN・m/m)	51.058	92.815	51.058
CBC (kN・m/m)	30.606	92.975	30.606
CAB (kN・m/m)	13.006	13.006	16.391
CBA (kN・m/m)	9.534	9.534	12.918
$\theta_A$	-18.149	-43.558	-16.323
$\theta_B$	13.743	44.500	11.917
MAB (kN・m/m)	-35.560	-55.621	-37.119
MAD (kN・m/m)	35.560	55.621	37.119
MBA (kN・m/m)	18.871	54.976	20.430
MBC (kN・m/m)	-18.871	-54.976	-20.430

## 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)	34.649	81.921	34.649
SCB	(kN/m)	-34.649	-81.921	-34.649
Mmax	(kN・m/m)	27.038	109.115	25.480
SAD	(kN/m)	57.801	105.074	57.801
SDA	(kN/m)	-57.801	-105.074	-57.801
Mmax	(kN・m/m)	41.026	83.602	39.467
SAB	(kN/m)	35.674	30.044	42.799
SBA	(kN/m)	-11.778	-17.408	-18.903
x	(m)	1.263	1.263	*****
		1.558	*****	1.558
Mmax	(kN・m/m)	-10.991	-38.162	*****
Mmax	(kN・m/m)	-10.081	*****	-6.607

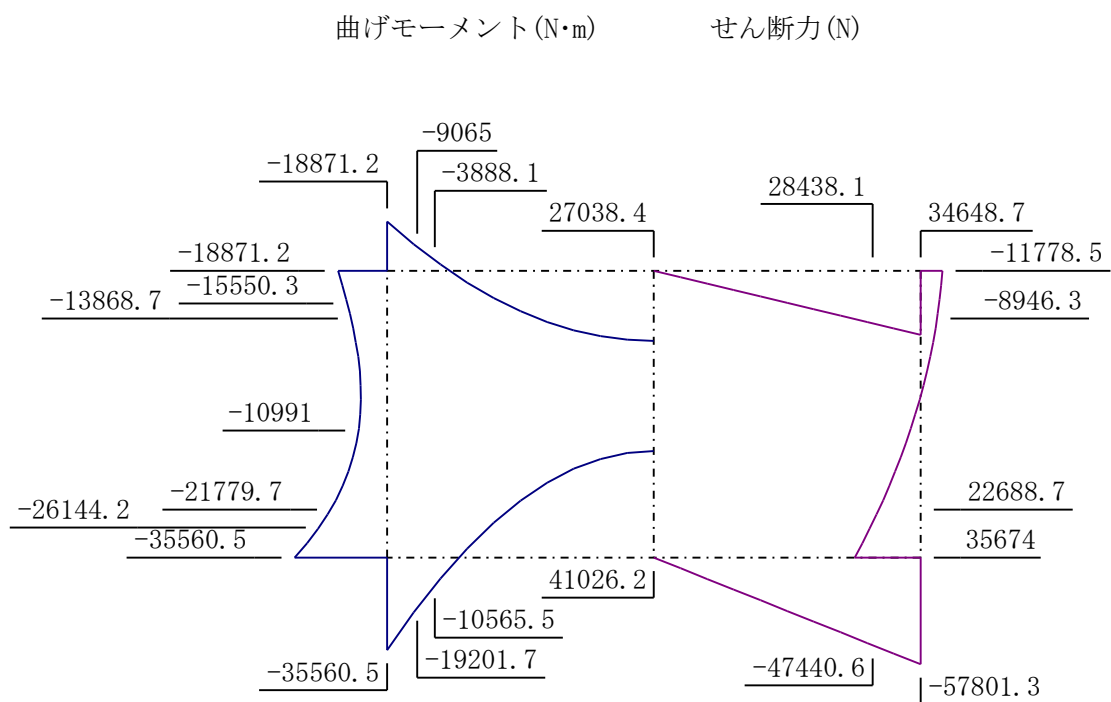
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



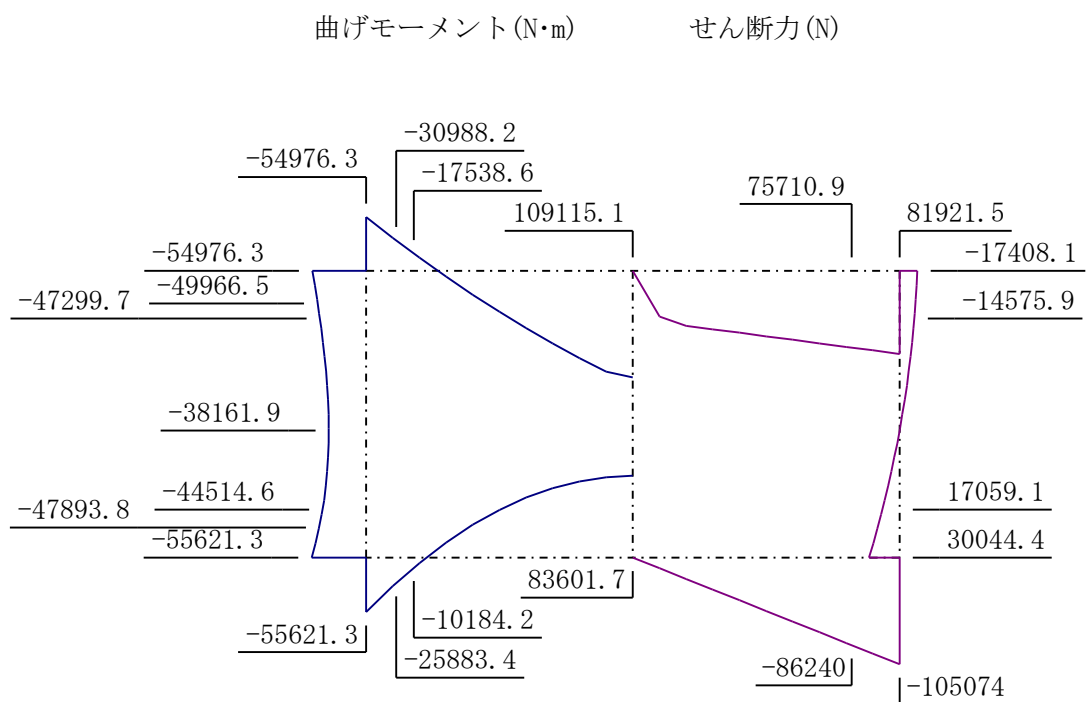
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	0.150	-18871	34649	11779
	2 ハチ始点	0.450	-9065	***	11779
	S2 τ 点	0.475	-3888	28438	11779
	1 中 央	2.650	27038	0	11779
底版	9, S9 端 部	0.150	-35561	57801	35674
	10 ハチ始点	0.450	-19202	***	35674
	S10 τ 点	0.475	-10566	47441	35674
	11 中 央	2.650	41026	0	35674
側壁	4, S4 上 端部	2.675	-18871	-11779	34649
	5 上ハチ点	2.375	-15550	***	37086
	S5 上 τ 点	2.375	-13869	-8946	38508
	6 中 間	1.263	-10991	*****	47541
		1.558	-10081	*****	45145
	S7 下 τ 点	0.475	-21780	22689	53943
	7 下ハチ点	0.475	-26144	***	55364
	8, S8 下 端部	0.175	-35561	35674	57801



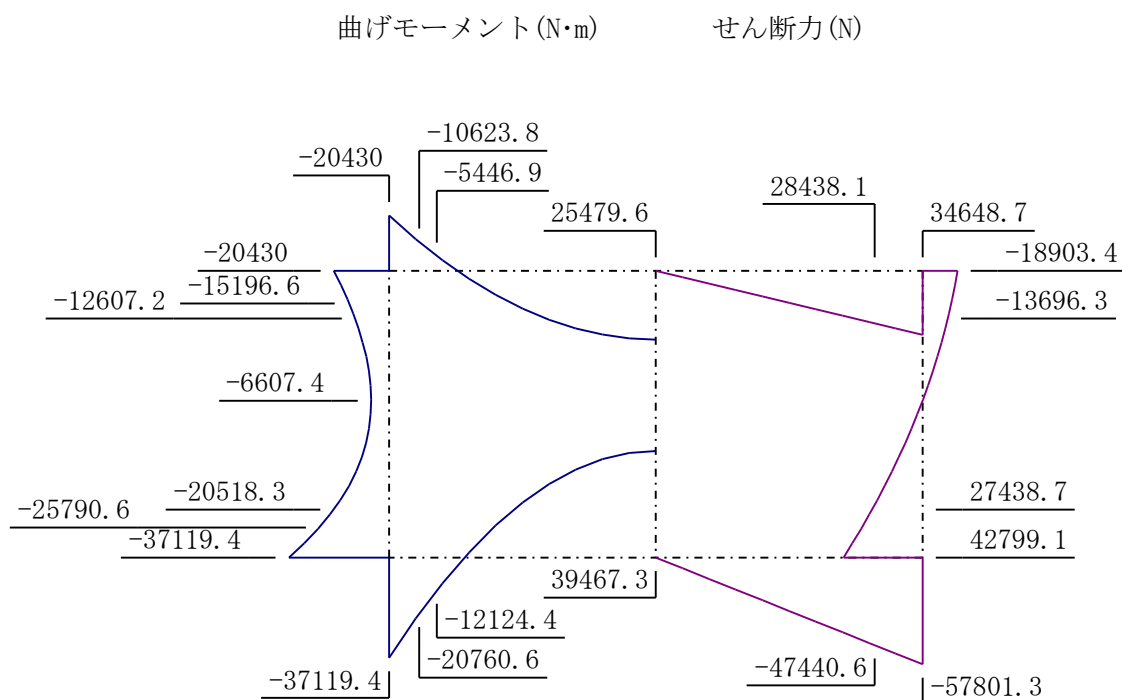
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /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	0.150	-54976	81922	17408
	2 ハチ始点	0.450	-30988	***	17408
	S2 τ 点	0.475	-17539	75711	17408
	1 中 央	2.650	109115	0	17408
底版	9, S9 端 部	0.150	-55621	105074	30044
	10 ハチ始点	0.450	-25883	***	30044
	S10 τ 点	0.475	-10184	86240	30044
	11 中 央	2.650	83602	0	30044
側壁	4, S4 上 端部	2.675	-54976	-17408	81922
	5 上ハチ点	2.375	-49967	***	84359
	S5 上 τ 点	2.375	-47300	-14576	85780
	6 中 間	1.263	-38162	0	94814
	S7 下 τ 点	0.475	-44515	17059	101215
	7 下ハチ点	0.475	-47894	***	102637
	8, S8 下 端部	0.175	-55621	30044	105074



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

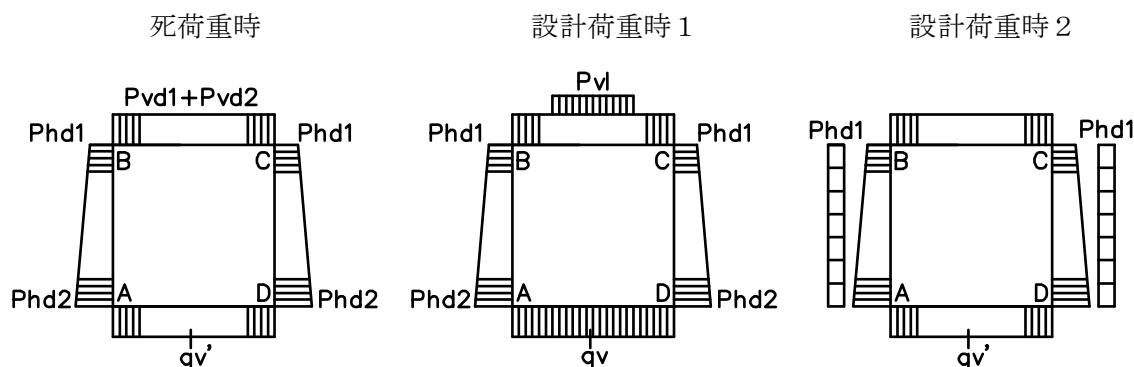
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.150	-20430	34649	18903
	2 ハチ始点	0.450	-10624	***	18903
	S2 τ 点	0.475	-5447	28438	18903
	1 中 央	2.650	25480	0	18903
底版	9, S9 端 部	0.150	-37119	57801	42799
	10 ハチ始点	0.450	-20761	***	42799
	S10 τ 点	0.475	-12124	47441	42799
	11 中 央	2.650	39467	0	42799
側壁	4, S4 上 端部	2.675	-20430	-18903	34649
	5 上ハチ点	2.375	-15197	***	37086
	S5 上 τ 点	2.375	-12607	-13696	38508
	6 中 間	1.558	-6607	0	45145
	S7 下 τ 点	0.475	-20518	27439	53943
	7 下ハチ点	0.475	-25791	***	55364
	8, S8 下 端部	0.175	-37119	42799	57801



## 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  $Phd1 = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$   
 $Phd2 = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (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  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値	死荷重時 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 1 CASE-3 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 2 CASE-4 (kN/m <sup>2</sup> )
$P_{vd1}$	8.575	8.575	8.575
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$Phd1 = Phd1$	15.525	15.525	*****
$Phd1 = Phd1 + P_q$	*****	*****	20.525
$Phd3 = Phd3$	*****	*****	*****
$Phd3 = Phd3 + P_q$	*****	*****	*****
$Phd5 = Phd5$	*****	*****	*****
$Phd5 = Phd5 + P_q$	*****	*****	*****
$Phd2 = Phd2$	41.175	41.175	*****
$Phd2 = Phd2 + P_q$	*****	*****	46.175
$Phd4 = Phd4$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	61.267	*****
$q_{v'}$	45.212	*****	45.212

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

## 3.2.2 構造解析

- (1) ラーメン係数
- $$\alpha = (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3)$$
- $$\beta = (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3)$$
- $$N_1 = 2 + \alpha$$
- $$N_2 = 2 + \beta$$
- (2) 荷 重 項
- $$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$
- $$CBC = \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{vl} \times u \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o)$$
- $$CAB = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60$$
- $$CBA = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60$$
- 注 1) 死荷重時、設計荷重時 2 の CAD は、 $q_v = q_v'$   
 注 2) 死荷重時、設計荷重時 2 の CBC は、 $P_{vl} = 0$   
 注 3)  $P_{hd1} \sim P_{hd5}$  は、水平荷重（設計荷重参照）
- (3) た わ み 角
- $$\theta_A = \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$
- $$\theta_B = \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$
- (4) 端モーメント
- $$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$
- $$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$
- $$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$
- $$MBC = \alpha \times \theta_B - CBA$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
$\alpha$	0.8539	0.8539	0.8539
$\beta$	0.8539	0.8539	0.8539
N1	2.8539	2.8539	2.8539
N2	2.8539	2.8539	2.8539
CAD (kN・m/m)	105.833	143.415	105.833
CBC (kN・m/m)	85.382	134.905	85.382
CAB (kN・m/m)	20.926	20.926	24.310
CBA (kN・m/m)	17.453	17.453	20.838
$\theta_A$	-43.423	-65.366	-41.597
$\theta_B$	39.017	64.059	37.192
MAB (kN・m/m)	-68.754	-87.599	-70.313
MAD (kN・m/m)	68.754	87.599	70.313
MBA (kN・m/m)	52.065	80.205	53.624
MBC (kN・m/m)	-52.065	-80.205	-53.624

## 3.2.3 各部材の断面力

## (1) 頂 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (2) 底 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (3) 側 壁

## 1) せん断力

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

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

## 2) 曲げモーメント

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

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

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

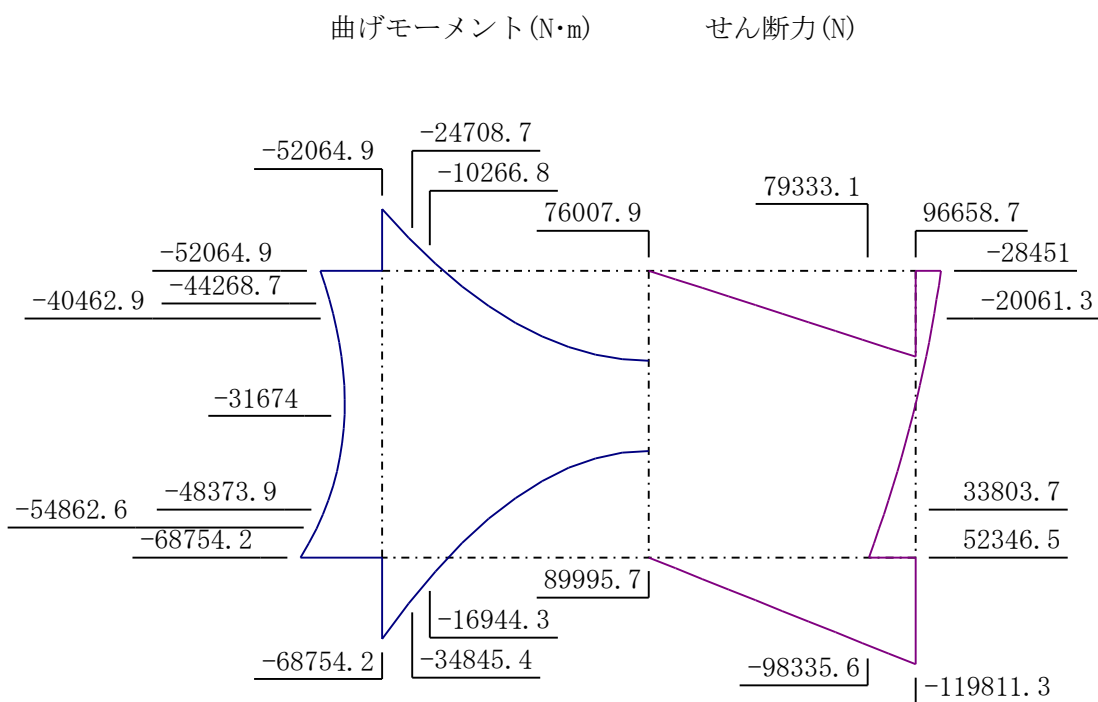
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	96.659	139.204	96.659
SCB (kN/m)	-96.659	-139.204	-96.659
Mmax (kN・m/m)	76.008	126.577	74.449
SAD (kN/m)	119.811	162.357	119.811
SDA (kN/m)	-119.811	-162.357	-119.811
Mmax (kN・m/m)	89.996	127.524	88.437
SAB (kN/m)	52.347	49.085	59.472
SBA (kN/m)	-28.451	-31.712	-35.576
x (m)	1.409	1.409	*****
	1.510	*****	1.510
Mmax (kN・m/m)	-31.674	-55.114	*****
Mmax (kN・m/m)	-31.488	*****	-27.988

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。

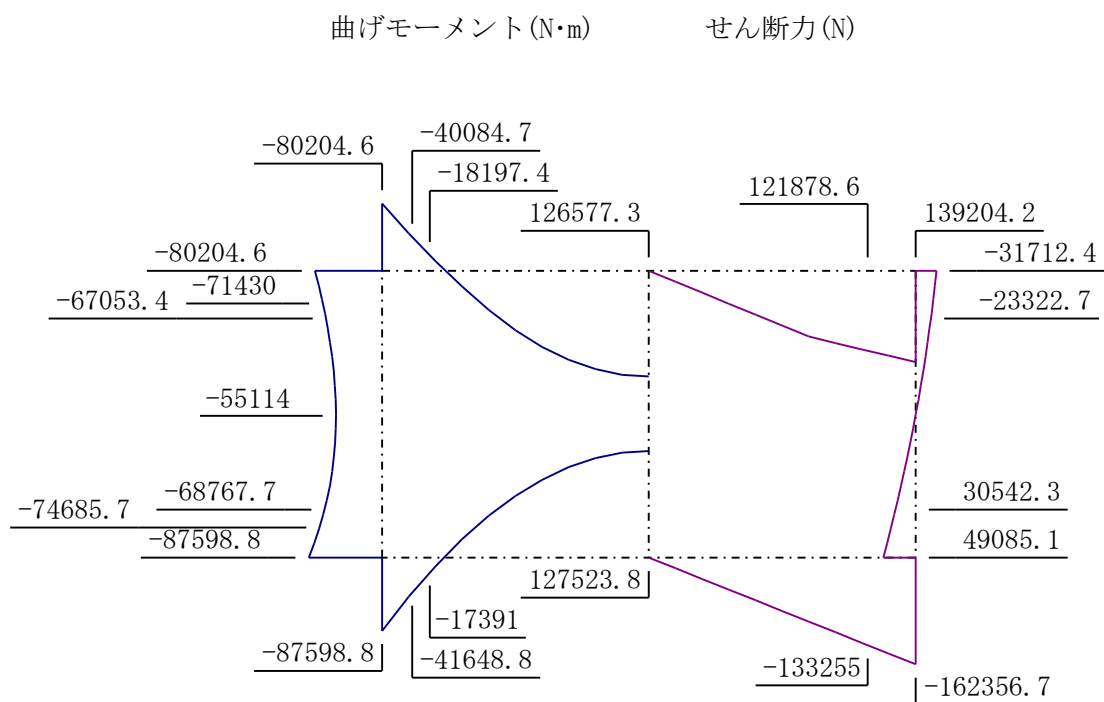
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	0.150	-52065	96659	28451
	2 ハッチ始点	0.450	-24709	***	28451
	S2 τ 点	0.475	-10267	79333	28451
	1 中 央	2.650	76008	0	28451
底版	9, S9 端 部	0.150	-68754	119811	52347
	10 ハッチ始点	0.450	-34845	***	52347
	S10 τ 点	0.475	-16944	98336	52347
	11 中 央	2.650	89996	0	52347
側壁	4, S4 上 端部	2.675	-52065	-28451	96659
	5 上ハッチ点	2.375	-44269	***	99096
	S5 上 τ 点	2.375	-40463	-20061	100518
	6 中 間	1.409	-31674	*****	108365
		1.510	-31488	*****	107545
	S7 下 τ 点	0.475	-48374	33804	115953
	7 下ハッチ点	0.475	-54863	***	117374
	8, S8 下 端部	0.175	-68754	52347	119811



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

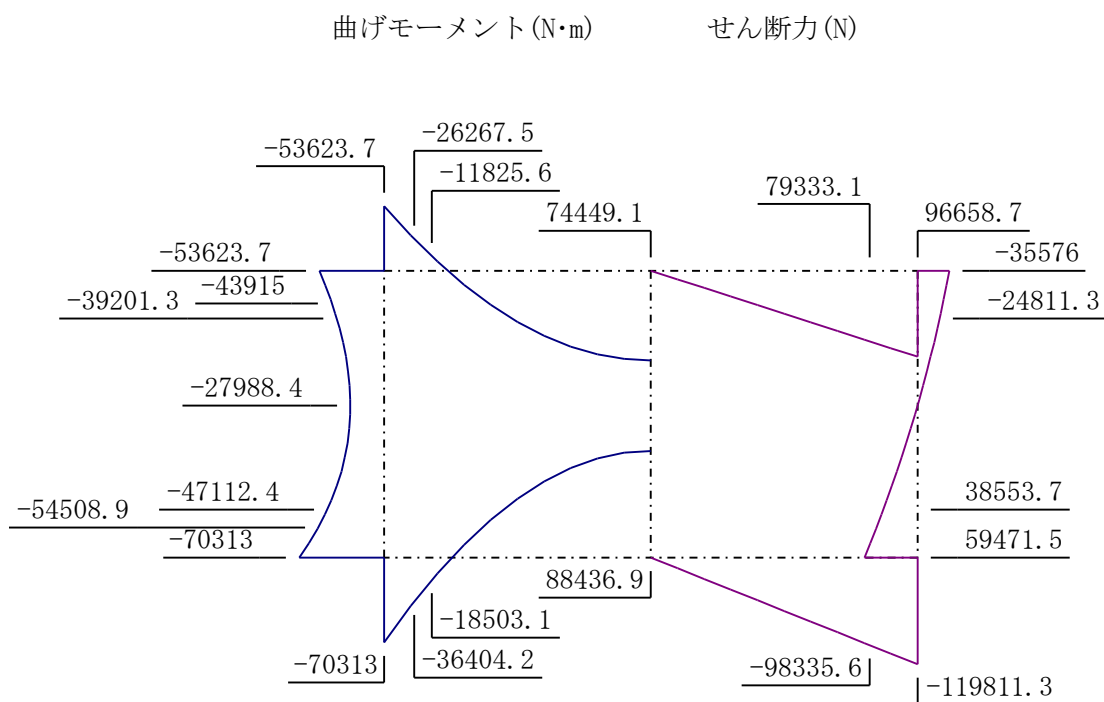
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.150	-80205	139204	31712
	2 ハッチ始点	0.450	-40085	***	31712
	S2 τ 点	0.475	***	121879	***
	1 中 央	2.650	126577	0	31712
底版	9, S9 端 部	0.150	-87599	162357	49085
	10 ハッチ始点	0.450	-41649	***	49085
	S10 τ 点	0.475	***	133255	***
	11 中 央	2.650	127524	0	49085
側壁	4, S4 上 端部	2.675	-80205	-31712	139204
	5 上ハッチ点	2.375	-71430	***	141641
	S5 上 τ 点	2.375	***	-23323	***
	6 中 間	1.409	-55114	0	150910
	S7 下 τ 点	0.475	***	30542	***
	7 下ハッチ点	0.475	-74686	***	159920
	8, S8 下 端部	0.175	-87599	49085	162357





## (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	0.150	-53624	96659	35576
	2 ハッチ始点	0.450	-26268	***	35576
	S2 τ 点	0.475	***	79333	***
	1 中 央	2.650	74449	0	35576
底版	9, S9 端 部	0.150	-70313	119811	59472
	10 ハッチ始点	0.450	-36404	***	59472
	S10 τ 点	0.475	***	98336	***
	11 中 央	2.650	88437	0	59472
側壁	4, S4 上 端部	2.675	-53624	-35576	96659
	5 上ハッチ点	2.375	-43915	***	99096
	S5 上 τ 点	2.375	***	-24811	***
	6 中 間	1.510	-27988	0	107545
	S7 下 τ 点	0.475	***	38554	*****
	7 下ハッチ点	0.475	-54509	***	117374
	8, S8 下 端部	0.175	-70313	59472	119811



## 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	45.00	4500.0	759375.00	22.50	33750.00
ハチ始点	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67
τ 点	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67
中 央	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67

## 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	3.00	5.309	445000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	3.00	5.309	445000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	3.00	5.309	445000	-2.50	外 側
中 央	φ 26	3.00	5.309	445000	2.50	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	838.20	3.08	-0.17	82.46	25.15	730.59	0.872	3
ハチ始点	838.20	4.05	0.17	101.00	25.15	712.06	0.850	3
τ 点	838.20	4.05	0.07	99.47	25.15	713.58	0.851	3
中 央	838.20	4.05	-0.53	90.37	25.15	722.68	0.862	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	838.20	3.08	-0.17	82.46	25.15	730.59	0.872	3
ハチ始点	838.20	4.05	0.17	101.00	25.15	712.06	0.850	3
τ 点	838.20	4.05	0.07	99.47	25.15	713.58	0.851	3
中 央	838.20	4.05	-0.53	90.37	25.15	722.68	0.862	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	838.20	3.08	-0.17	82.46	25.15	730.59	0.872	3
ハチ始点	838.20	4.05	0.17	101.00	25.15	712.06	0.850	3
τ 点	838.20	4.05	0.07	99.47	25.15	713.58	0.851	3
中 央	838.20	4.05	-0.53	90.37	25.15	722.68	0.862	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	838.20	3.08	-0.17	82.46	25.15	730.59	0.872	3
ハチ始点	838.20	4.05	0.17	101.00	25.15	712.06	0.850	3
τ 点	838.20	4.05	0.07	99.47	25.15	713.58	0.851	3
中 央	838.20	4.05	-0.53	90.37	25.15	722.68	0.862	3

## 5.1.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/Ac (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.54	0.06	1.72	3.33	3
ハチ始点	1.21	0.08	4.63	5.92	3
中 央	3.72	0.08	1.88	5.68	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.54	0.06	3.45	1.97	3
ハチ始点	-1.21	0.08	1.85	0.72	3
中 央	-3.72	0.08	4.70	1.06	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.38	0.07	1.72	4.17	3
ハチ始点	1.96	0.09	4.63	6.68	3
中 央	6.20	0.09	1.88	8.17	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.38	0.07	3.45	1.14	3
ハチ始点	-1.96	0.09	1.85	-0.02	3
中 央	-6.20	0.09	4.70	-1.41	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	-108.276	0.33	5.03	2.8	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-54.114	-0.68	7.40	2.9	9.9	0.620	1.466	3
中 央	170.879	-3.55	10.37	8.9	158.4	9.898	4.462	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 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	25312	31.712	139.204	1163.61	2.66	0.46	-0.079	3
$\tau$ 点	100.0	15312	31.712	121.879	1136.53	3.34	0.52	-0.080	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	-52.065	-28.140	-138.034	-136.348	-138.034	3
ハッチ始点	-24.709	-15.376	-70.561	-68.144	-70.561	3
中 央	27.038	82.077	240.342	185.496	240.342	1

位 置	Ap (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	15.927	11.916	25.0	41.0	0.069	0.008	426.97	3.1	3
ハッチ始点	15.927	11.916	15.0	31.0	0.069	0.013	264.28	3.7	3
中 央	15.927	11.916	20.0	31.0	0.069	0.010	328.05	1.4	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	45.00	4500.0	759375.00	22.50	33750.00
ハチ始点	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67
τ 点	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67
中 央	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67

## 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	445000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	3.00	5.309	445000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	3.00	5.309	445000	-2.50	外 側
中 央	φ 26	3.00	5.309	445000	2.50	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	838.20	3.08	-0.23	81.62	25.15	731.43	0.873	3
ハチ始点	838.20	4.05	0.24	102.06	25.15	710.99	0.848	3
τ 点	838.20	4.05	0.12	100.18	25.15	712.88	0.850	3
中 央	838.20	4.05	-0.63	88.90	25.15	724.15	0.864	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	838.20	3.08	-0.23	81.62	25.15	731.43	0.873	3
ハチ始点	838.20	4.05	0.24	102.06	25.15	710.99	0.848	3
τ 点	838.20	4.05	0.12	100.18	25.15	712.88	0.850	3
中 央	838.20	4.05	-0.63	88.90	25.15	724.15	0.864	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	838.20	3.08	-0.23	81.62	25.15	731.43	0.873	3
ハチ始点	838.20	4.05	0.24	102.06	25.15	710.99	0.848	3
τ 点	838.20	4.05	0.12	100.18	25.15	712.88	0.850	4
中 央	838.20	4.05	-0.63	88.90	25.15	724.15	0.864	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	838.20	3.08	-0.23	81.62	25.15	731.43	0.873	3
ハチ始点	838.20	4.05	0.24	102.06	25.15	710.99	0.848	3
τ 点	838.20	4.05	0.12	100.18	25.15	712.88	0.850	4
中 央	838.20	4.05	-0.63	88.90	25.15	724.15	0.864	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	2.04	0.12	1.73	3.88	3
ハチ始点	1.71	0.15	4.62	6.48	3
中 央	4.41	0.15	1.88	6.44	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.04	0.12	3.45	1.53	3
ハチ始点	-1.71	0.15	1.85	0.29	3
中 央	-4.41	0.15	4.71	0.45	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.60	0.11	1.73	4.43	3
ハチ始点	2.04	0.14	4.62	6.80	3
中 央	6.25	0.14	1.88	8.27	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.60	0.11	3.45	0.97	3
ハチ始点	-2.04	0.14	1.85	-0.05	3
中 央	-6.25	0.14	4.71	-1.40	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	-118.258	0.10	5.38	0.8	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-56.226	-0.72	7.57	3.0	10.8	0.677	1.513	3
中 央	172.157	-3.54	10.50	8.8	155.8	9.736	4.407	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2

## 5.2.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm <sup>3</sup> )	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	$\sigma c'$	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma i$	ケース
端 部	100.0	25312	49.085	162.357	1164.95	2.70	0.54	-0.105	3
$\tau$ 点	100.0	15312	49.085	133.255	1135.39	3.38	0.57	-0.094	3
						$\sigma i > -1.00$		CHECK OK	

## 5.2.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位 置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端 部	-68.754	-18.845	-136.492	-148.918	-148.918	3
ハッチ始点	-34.845	-6.803	-62.308	-70.803	-70.803	3
中 央	89.996	37.528	210.815	216.790	216.790	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	11.916	25.0	41.0	0.069	0.008	426.97	2.9	3
ハッチ始点	15.927	11.916	15.0	31.0	0.069	0.013	264.28	3.7	3
中 央	15.927	11.916	20.0	31.0	0.069	0.010	328.05	1.5	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	-80.205	139.204	57.62	16.00	102.477	3
	上ハチ点	-71.430	141.641	50.43	11.00	87.011	3
側壁	中 間	-55.114	150.910	36.52	11.00	71.714	3
	下ハチ点	-74.686	159.920	46.70	11.00	92.277	3
	下端部	-87.599	162.357	53.95	16.00	113.576	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	102.477	17.84	21.84	40.00	11.316
	上ハチ点	87.011	16.43	20.43	30.00	15.346
側壁	中 間	71.714	14.92	18.92	30.00	10.282
	下ハチ点	92.277	16.93	20.93	30.00	15.762
	下端部	113.576	18.78	22.78	40.00	12.159
$d + d' < T$					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 22 - 6
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0

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	23.226	15.623	4.26	83.4	0.0
	上ハチ点	100.00	23.226	12.220	6.49	109.9	0.0
	中 間	100.00	23.226	12.939	5.11	77.4	0.0
	下ハチ点	100.00	23.226	12.369	6.82	112.8	0.0
	下端部	100.00	23.226	15.830	4.67	89.3	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	75.711	28.438	121.879	79.333				
	M			-18.197					
	N			31.712					
	最大			○					
底版 τ点	S	86.240	47.441	133.255	98.336				
	M			-17.391					
	N			49.085					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-14.576	-13.696	-23.323	-24.811				
	M				-39.201				
	N				100.517				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	17.059	27.439	30.542	38.554				
	M				-47.112				
	N				115.953				
	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	35.0	4.0	31.0	1.394	D16-6	11.916	0.384	1.084
底版 $\tau$ 点	35.0	4.0	31.0	1.394	D16-6	11.916	0.384	1.084
側壁上 $\tau$ 点	30.0	4.0	26.0	1.400	D22-6	23.226	0.893	1.436
側壁下 $\tau$ 点	30.0	4.0	26.0	1.400	D22-6	23.226	0.893	1.436

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	-18.197	1136.5	31.712	0.350	0.02042	-0.03	45.427	2.000
底版 $\tau$ 点	-17.391	1135.4	49.085	0.350	0.02042	-0.03	46.398	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-39.201	0.0	100.518	0.300	0.01500	0.00	5.026	1.128
側壁下 $\tau$ 点	-47.112	0.0	115.952	0.300	0.01500	0.00	5.798	1.123

照査位置	$\tau_a$	補正係数			補正 $\tau_a$
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 $\tau$ 点	0.270	1.394	1.084	2.000	0.816
底版 $\tau$ 点	0.270	1.394	1.084	2.000	0.816
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.436	1.128	0.612
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.436	1.123	0.610

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	121.879	31.0	0.393	0.816
底版 $\tau$ 点	133.255	31.0	0.430	0.816
側壁上 $\tau$ 点	24.811	26.0	0.095	0.612
側壁下 $\tau$ 点	38.554	26.0	0.148	0.610

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上