

受付 No.

台帳 No. PM409000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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

パワーボックスカルバート

設 計 計 算 書

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

○内空寸法： 内 幅 (B) 3000 mm  
内 高 (H) 2500 mm  
長 さ (L) 1500 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1 = 0.200 m  
H2 = 1.500 m

千 葉 窯 業 株 式 会 社

## 1 設 計 条 件

## 1.1 一般条件

構造形式	: 一径間ボックスラーメン
内空寸法	: (B) 3000 × (H) 2500 × (L) 1500 [mm]
土被り	: H1 = 0.200 ~ H2 = 1.500 [m]
道路舗装厚	: t = 0.200 [m]
路盤厚	: t <sub>b</sub> = 0.000 [m]

## 1.2 単位容積重量

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

## 1.3 土圧係数 (水 平 )

:  $K_a = 0.500$

(鉛 直 )

:  $\alpha = 1.000$

## 1.4 活荷重 (上 載 )

: T' 荷重 横断通行

(輪接地幅 a = 0.20m b = 0.50m )

(側 載 )

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

## 1.5 衝撃係数

:  $i = 0.300$

## 1.6 鉄筋かぶり

	頂 版	底 版	側 壁
: (内側)	35 mm	35 mm	35 mm
: (外側)	35 mm	35 mm	35 mm

## 1.7 断面力低減係数 (土被り H1)

:  $\beta = 0.9$

(土被り H2)

:  $\beta = 0.9$

## 1.8 許容応力度

## 1.8.1 鉄筋

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

## 1.8.2 コンクリート

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

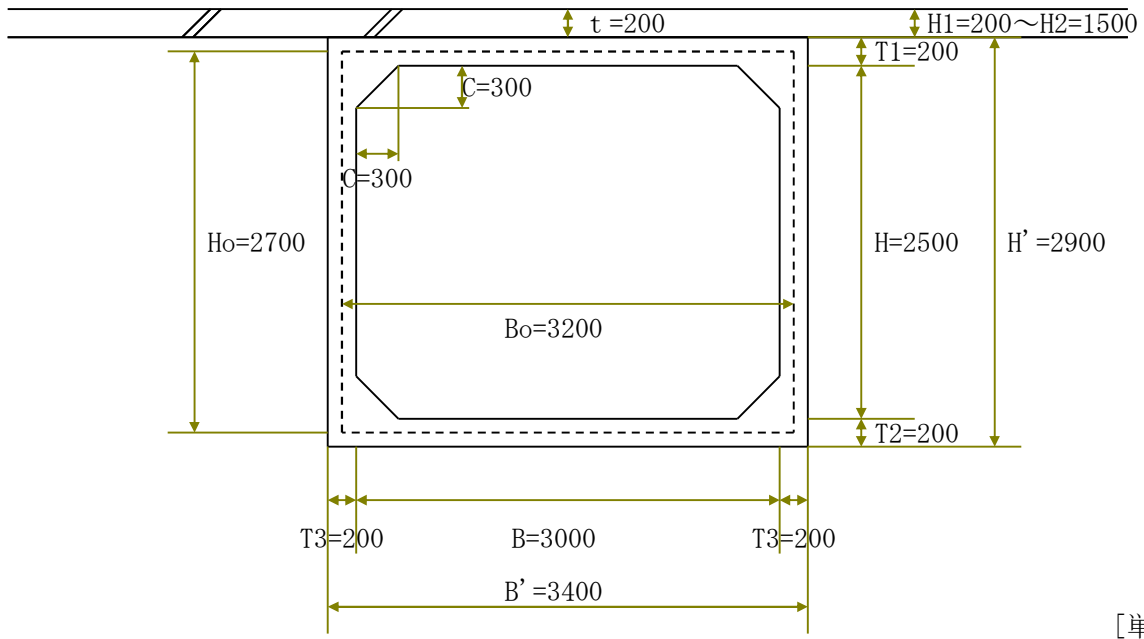
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

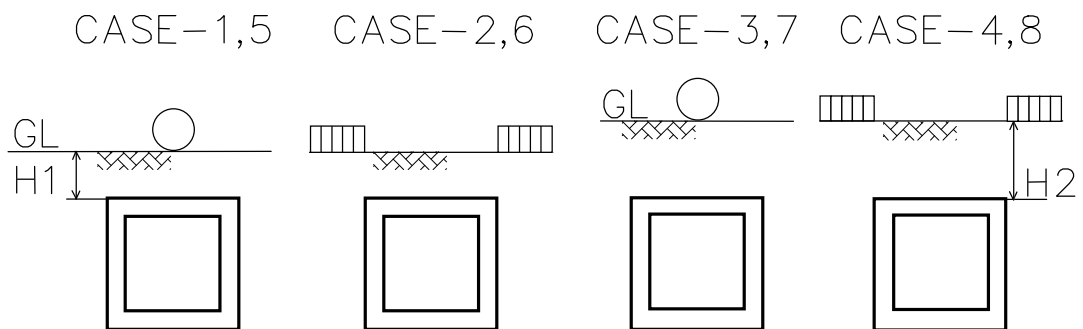
## (3) 使用 P C 鋼棒

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

## 1.11 標準断面図



## 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

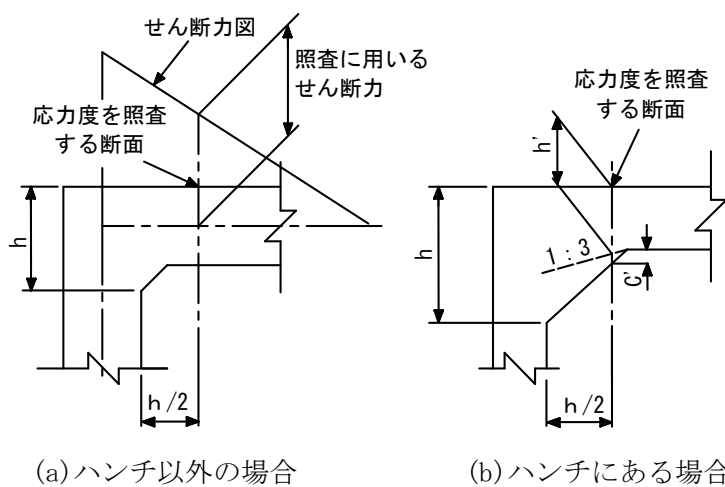
せん断力



### 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  $u = a + 2 \times H1 = 0.600 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 0.900 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値	死荷重時 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 1 CASE-1 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重 2 CASE-2 (kN/m <sup>2</sup> )
-------	------------------------------	---	--

$P_{vd1}$	4.900	4.900	4.900
$P_{vd2}$	4.500	4.500	4.500
$P_{hd1} = P_{hd1}$	3.150	3.150	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	8.150
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	27.450	27.450	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	32.450
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	141.818	0.000
$q_v$	*****	45.638	*****
$q_{v'}$	19.047	*****	19.047

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
$\alpha$	0.8438	0.8438	0.8438
$\beta$	0.8438	0.8438	0.8438
N1	2.8438	2.8438	2.8438
N2	2.8438	2.8438	2.8438
CAD (kN・m/m)	16.253	38.944	16.253
CBC (kN・m/m)	8.021	41.659	8.021
CAB (kN・m/m)	10.771	10.771	13.808
CBA (kN・m/m)	7.819	7.819	10.856
$\theta_A$	-2.229	-16.080	-0.581
$\theta_B$	0.855	17.554	-0.792
MAB (kN・m/m)	-14.373	-25.377	-15.763
MAD (kN・m/m)	14.373	25.377	15.763
MBA (kN・m/m)	7.300	26.847	8.690
MBC (kN・m/m)	-7.300	-26.847	-8.690

## 3.1.3 各部材の断面力

## (1) 頂 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (2) 底 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (3) 側 壁

## 1) せん断力

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

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

## 2) 曲げモーメント

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

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

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

計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	15.040	57.585	15.040
SCB	(kN/m)	-15.040	-57.585	-15.040
Mmax	(kN・m/m)	4.732	46.876	3.342
SAD	(kN/m)	30.475	73.020	30.475
SDA	(kN/m)	-30.475	-73.020	-30.475
Mmax	(kN・m/m)	10.007	33.040	8.617
SAB	(kN/m)	28.742	25.578	35.492
SBA	(kN/m)	-12.568	-15.732	-19.318
x	(m)	1.148	1.148	*****
		1.344	*****	1.344
Mmax	(kN・m/m)	2.804	-11.832	*****
Mmax	(kN・m/m)	3.106	*****	6.272

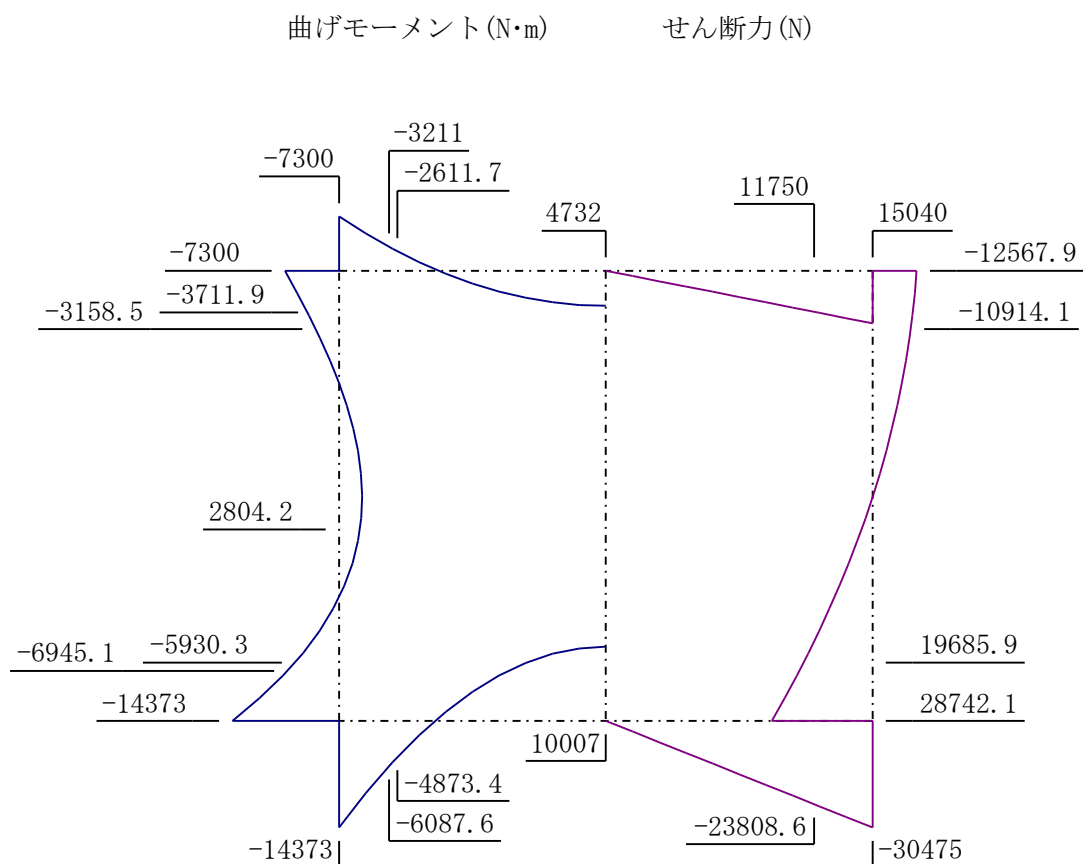
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



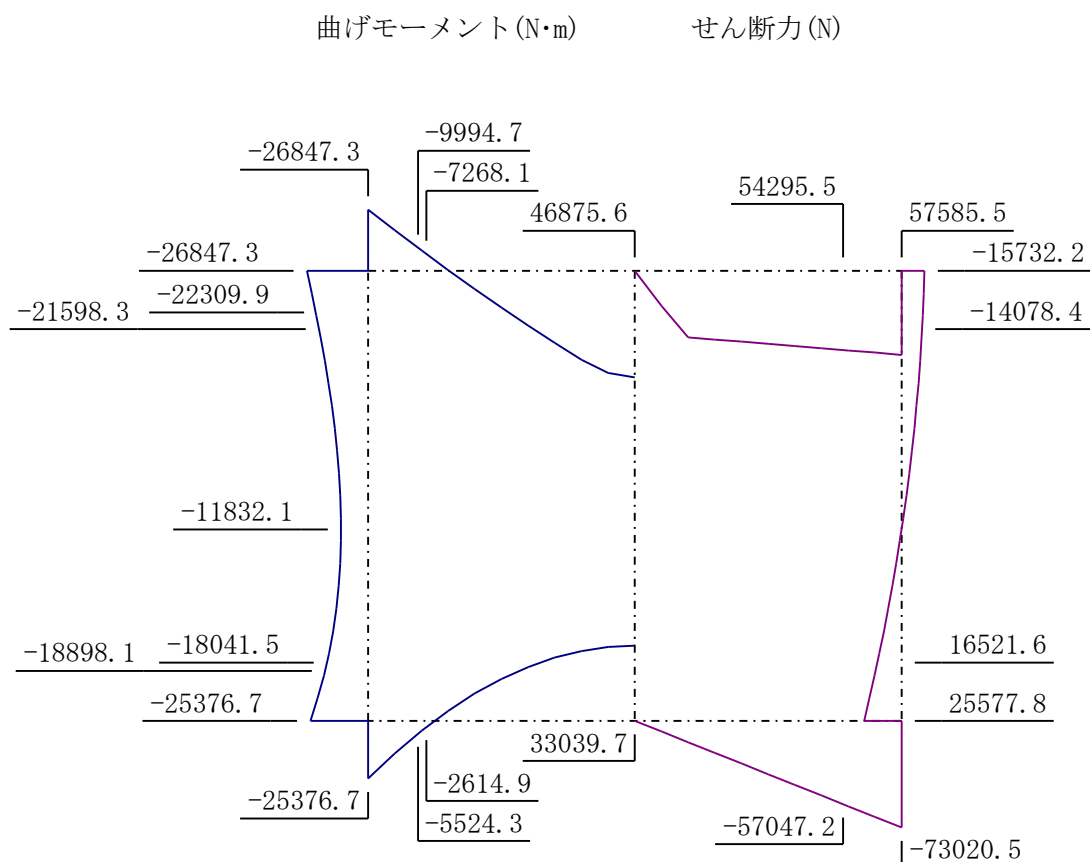
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	-7300	15040	12568
	2 ハッチ始点	0.400	-3211	***	12568
	S2 τ 点	0.350	-2612	11750	12568
	1 中 央	1.600	4732	0	12568
底版	9, S9 端 部	0.100	-14373	30475	28742
	10 ハッチ始点	0.400	-6088	***	28742
	S10 τ 点	0.350	-4873	23809	28742
	11 中 央	1.600	10007	0	28742
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-7300	-12568	15040
	5 上ハッチ点	2.300	-3712	***	16755
	S5 上 τ 点	2.350	-3159	-10914	17041
	6 中 間	1.148	2804	*****	23912
		1.344	3106	*****	22792
	S7 下 τ 点	0.350	-5930	19686	28474
	7 下ハッチ点	0.400	-6945	***	28760
	8, S8 下 端部	0.100	-14373	28742	30475



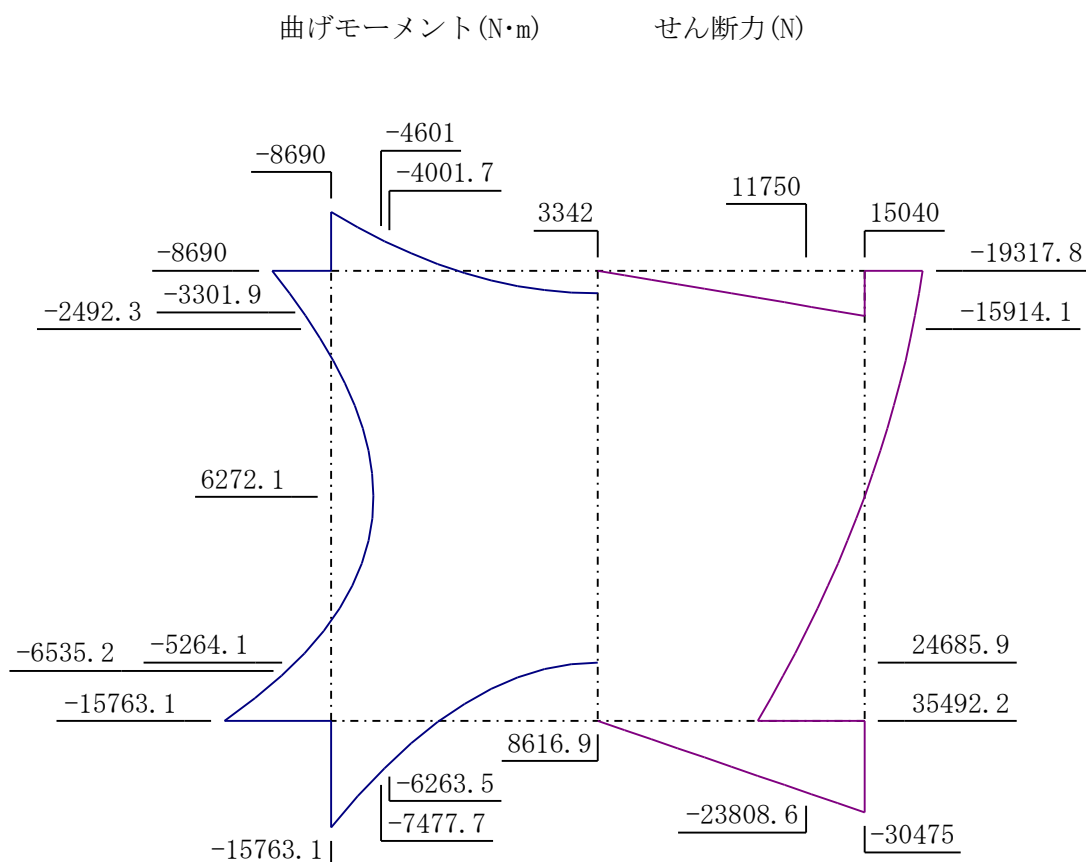
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /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	-26847	57586	15732
	2 ハチ始点	0.400	-9995	***	15732
	S2 τ 点	0.350	-7268	54296	15732
	1 中 央	1.600	46876	0	15732
底版	9, S9 端 部	0.100	-25377	73021	25578
	10 ハチ始点	0.400	-5524	***	25578
	S10 τ 点	0.350	-2615	57047	25578
	11 中 央	1.600	33040	0	25578
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-26847	-15732	57586
	5 上ハチ点	2.300	-22310	***	59301
	S5 上 τ 点	2.350	-21598	-14078	59586
	6 中 間	1.148	-11832	0	66458
	S7 下 τ 点	0.350	-18042	16522	71020
	7 下ハチ点	0.400	-18898	***	71306
	8, S8 下 端部	0.100	-25377	25578	73021



## (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	-8690	15040	19318
	2 ハチ始点	0.400	-4601	***	19318
	S2 τ 点	0.350	-4002	11750	19318
	1 中 央	1.600	3342	0	19318
底版	9, S9 端 部	0.100	-15763	30475	35492
	10 ハチ始点	0.400	-7478	***	35492
	S10 τ 点	0.350	-6264	23809	35492
	11 中 央	1.600	8617	0	35492
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-8690	-19318	15040
	5 上ハチ点	2.300	-3302	***	16755
	S5 上 τ 点	2.350	-2492	-15914	17041
	6 中 間	1.344	6272	0	22792
	S7 下 τ 点	0.350	-5264	24686	28474
	7 下ハチ点	0.400	-6535	***	28760
	8, S8 下 端部	0.100	-15763	35492	30475



## 3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

## 3.2.1 設計荷重

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



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2

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

$P_{vd1}$	4.900	4.900	4.900
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	14.850	14.850	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	19.850
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	39.150	39.150	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	44.150
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	69.038	*****
$q_{v'}$	42.447	*****	42.447

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
$\alpha$	0.8438	0.8438	0.8438
$\beta$	0.8438	0.8438	0.8438
$N_1$	2.8438	2.8438	2.8438
$N_2$	2.8438	2.8438	2.8438
CAD (kN・m/m)	36.221	58.912	36.221
CBC (kN・m/m)	27.989	50.680	27.989
CAB (kN・m/m)	17.879	17.879	20.916
CBA (kN・m/m)	14.926	14.926	17.964
$\theta_A$	-9.204	-21.510	-7.556
$\theta_B$	7.830	20.137	6.183
MAB (kN・m/m)	-28.456	-40.763	-29.846
MAD (kN・m/m)	28.456	40.763	29.846
MBA (kN・m/m)	21.383	33.690	22.773
MBC (kN・m/m)	-21.383	-33.690	-22.773

## 3.2.3 各部材の断面力

## (1) 頂 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (2) 底 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (3) 側 壁

## 1) せん断力

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

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

## 2) 曲げモーメント

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

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

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

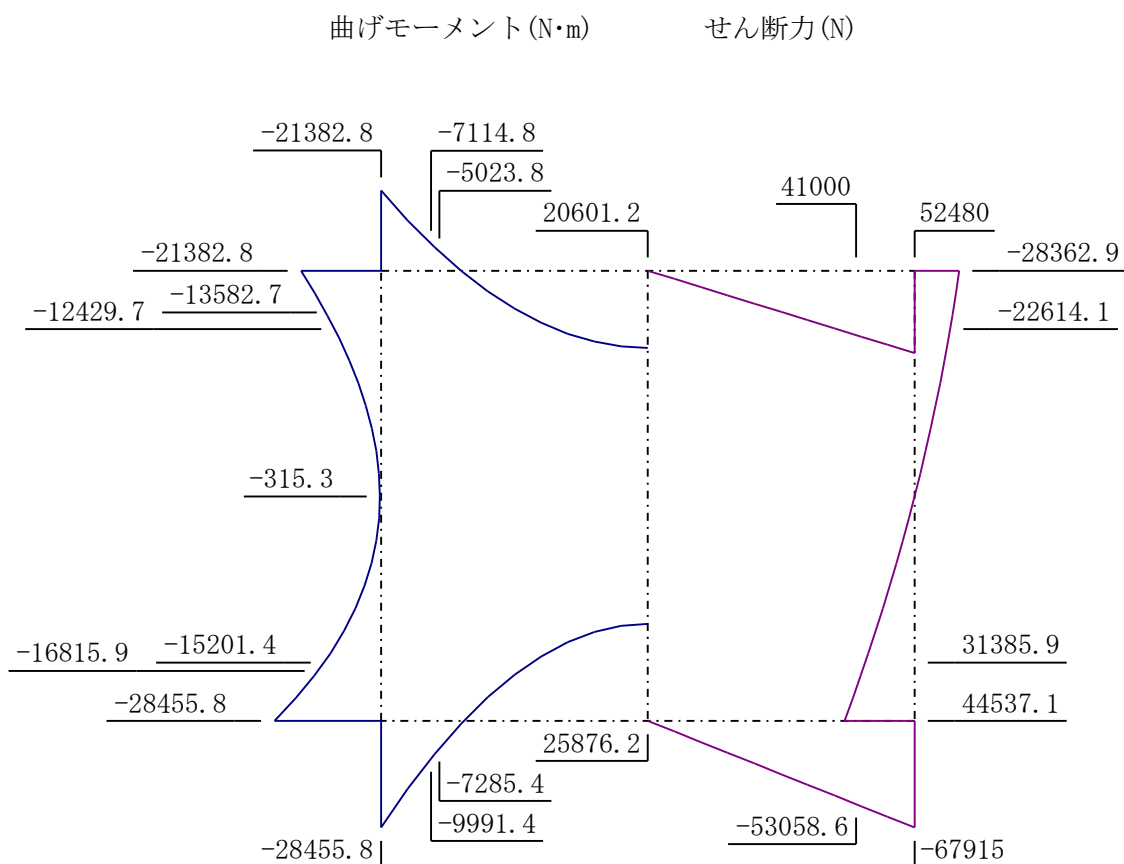
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	52.480	95.025	52.480
SCB (kN/m)	-52.480	-95.025	-52.480
Mmax (kN・m/m)	20.601	42.331	19.211
SAD (kN/m)	67.915	110.460	67.915
SDA (kN/m)	-67.915	-110.460	-67.915
Mmax (kN・m/m)	25.876	47.606	24.486
SAB (kN/m)	44.537	44.537	51.287
SBA (kN/m)	-28.363	-28.363	-35.113
x (m)	1.346	1.346	*****
	1.346	*****	1.346
Mmax (kN・m/m)	-0.315	-12.622	*****
Mmax (kN・m/m)	-0.315	*****	2.851

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。

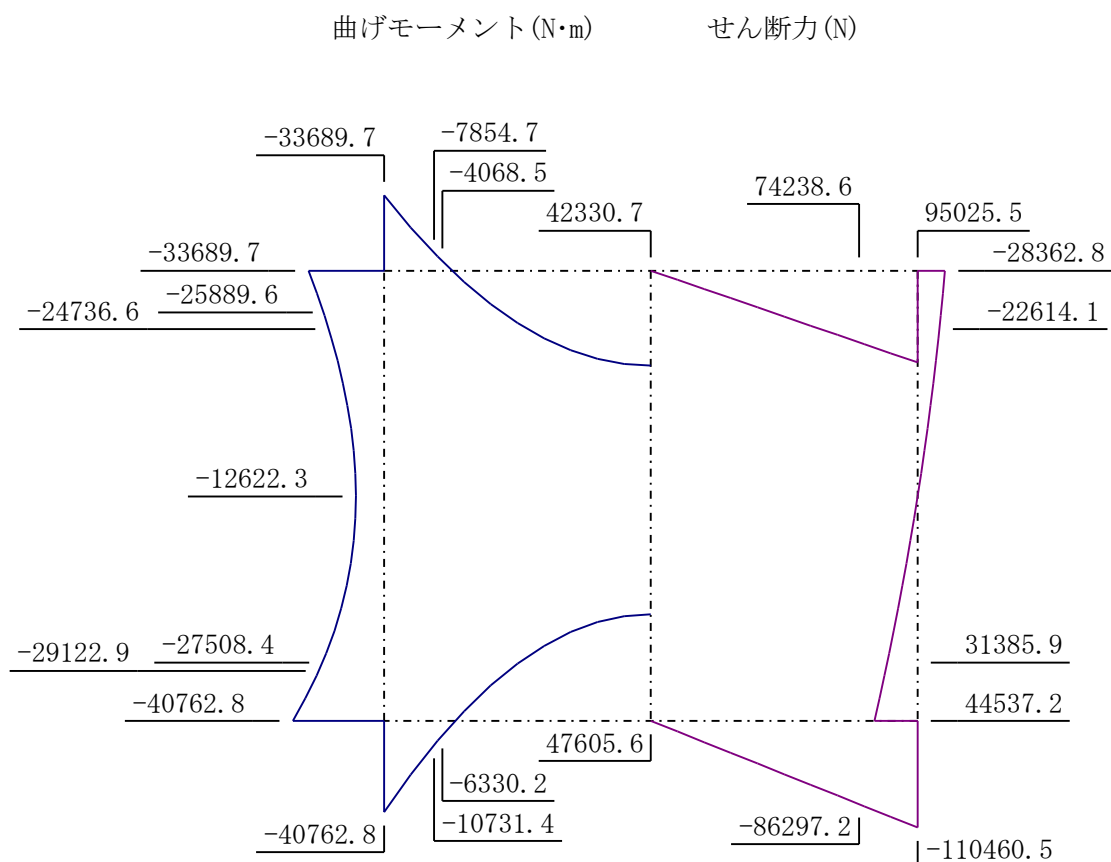
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	-21383	52480	28363
	2 ハッチ始点	0.400	-7115	***	28363
	S2 τ 点	0.350	-5024	41000	28363
	1 中 央	1.600	20601	0	28363
底版	9, S9 端 部	0.100	-28456	67915	44537
	10 ハッチ始点	0.400	-9991	***	44537
	S10 τ 点	0.350	-7285	53059	44537
	11 中 央	1.600	25876	0	44537
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-21383	-28363	52480
	5 上ハッチ点	2.300	-13583	***	54195
	S5 上 τ 点	2.350	-12430	-22614	54481
	6 中 間	1.346	-315	*****	60220
		1.346	-315	*****	60220
	S7 下 τ 点	0.350	-15201	31386	65914
	7 下ハッチ点	0.400	-16816	***	66200
	8, S8 下 端部	0.100	-28456	44537	67915



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

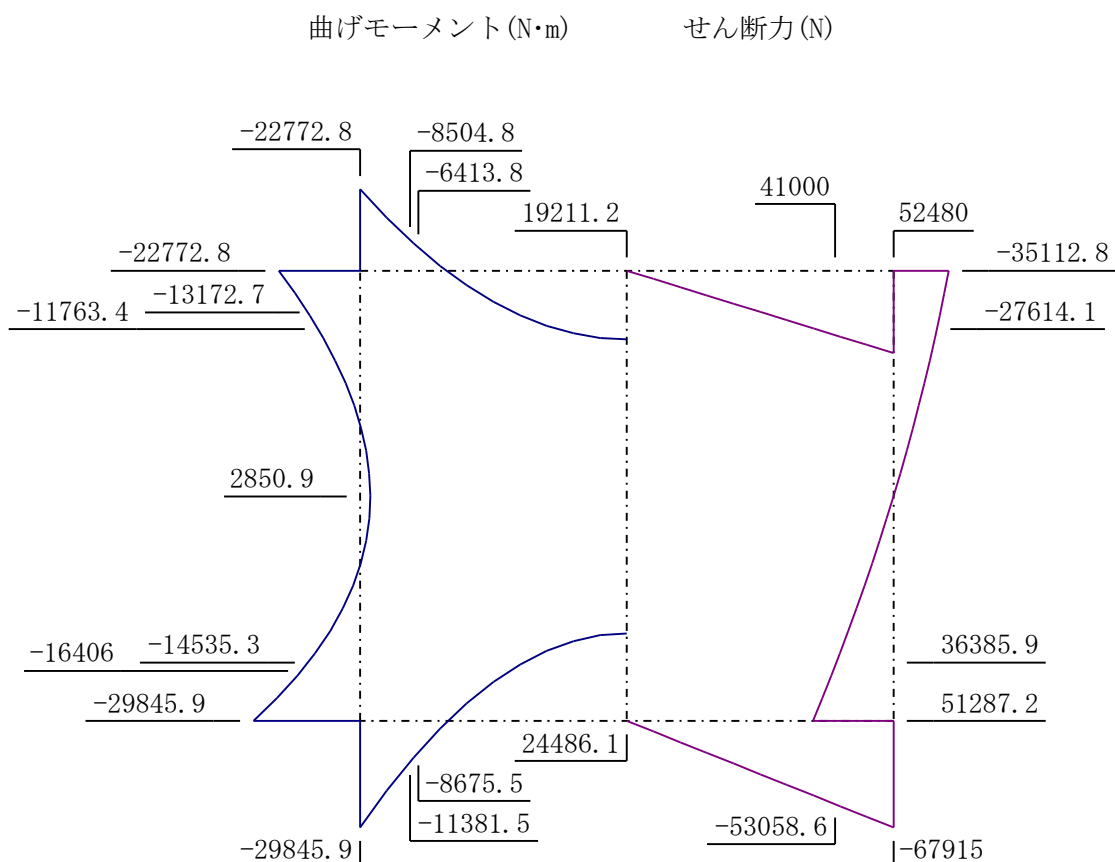
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-33690	95026	28363
	2 ハチ始点	0.400	-7855	***	28363
	S2 τ 点	0.350	***	74239	***
	1 中 央	1.600	42331	0	28363
底版	9, S9 端 部	0.100	-40763	110461	44537
	10 ハチ始点	0.400	-10731	***	44537
	S10 τ 点	0.350	***	86297	***
	11 中 央	1.600	47606	0	44537
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-33690	-28363	95026
	5 上ハチ点	2.300	-25890	***	96741
	S5 上 τ 点	2.350	***	-22614	***
	6 中 間	1.346	-12622	0	102766
	S7 下 τ 点	0.350	***	31386	***
	7 下ハチ点	0.400	-29123	***	108746
	8, S8 下 端部	0.100	-40763	44537	110461





## (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	-22773	52480	35113
	2 ハチ始点	0.400	-8505	***	35113
	S2 τ 点	0.350	***	41000	***
	1 中 央	1.600	19211	0	35113
底板	9, S9 端 部	0.100	-29846	67915	51287
	10 ハチ始点	0.400	-11382	***	51287
	S10 τ 点	0.350	***	53059	***
	11 中 央	1.600	24486	0	51287
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-22773	-35113	52480
	5 上ハチ点	2.300	-13173	***	54195
	S5 上 τ 点	2.350	***	-27614	***
	6 中 間	1.346	2851	0	60220
	S7 下 τ 点	0.350	***	36386	*****
	7 下ハチ点	0.400	-16406	***	66200
	8, S8 下 端部	0.100	-29846	51287	67915



## 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

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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

終局つり合い鋼材比が配置される引張鋼材比より大であることを確認する。

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

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

## 5 P C 部材の検討

## 5.1 頂版

## 5.1.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	中立軸 (cm)	断面係数 (cm <sup>3</sup> )
端 部	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	21.67	2166.7	85152.61	10.83	7860.24
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

## 5.1.2 使用 P C 鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 23	3.33	4.155	350000	4.00	外 側
ハチ始点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.00	外 側
τ 点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.00	外 側
中 央	φ 23	3.33	4.155	350000	1.00	内 側

## 5.1.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.72	-0.38	101.70	25.27	715.38	0.849	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.11	125.62	25.27	691.47	0.821	3
τ 点	842.36	5.52	0.06	118.73	25.27	698.36	0.829	3
中 央	842.36	6.01	-0.31	119.55	25.27	697.54	0.828	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.72	-0.38	101.70	25.27	715.38	0.849	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.11	125.62	25.27	691.47	0.821	3
τ 点	842.36	5.52	0.06	118.73	25.27	698.36	0.829	3
中 央	842.36	6.01	-0.31	119.55	25.27	697.54	0.828	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.72	-0.38	101.70	25.27	715.38	0.849	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.05	124.77	25.27	692.32	0.822	1
τ 点	842.36	5.52	0.03	118.31	25.27	698.78	0.830	1
中 央	842.36	6.01	-0.07	123.03	25.27	694.06	0.824	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.72	-0.38	101.70	25.27	715.38	0.849	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.05	124.77	25.27	692.32	0.822	1
τ 点	842.36	5.52	0.03	118.31	25.27	698.78	0.830	1
中 央	842.36	6.01	-0.07	123.03	25.27	694.06	0.824	1

## 5.1.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/Ac (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.43	0.09	0.66	2.18	3
ハチ始点	1.07	0.14	6.22	7.43	3
中 央	3.09	0.14	3.38	6.61	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.43	0.09	5.94	4.61	3
ハチ始点	-1.07	0.14	3.35	2.43	3
中 央	-3.09	0.14	6.28	3.33	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.25	0.09	0.66	3.00	3
ハチ始点	1.50	0.08	6.23	7.81	1
中 央	7.03	0.08	3.36	10.47	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.25	0.09	5.94	3.79	3
ハチ始点	-1.50	0.08	3.36	1.94	1
中 央	-7.03	0.08	6.25	-0.70	1
$\sigma_t > -1.5$				CHECK OK	

## 5.1.5 引張鉄筋量

位 置	曲げモーメント (kN・m/m)	合成応力度		x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm <sup>2</sup> )	内側 (N/mm <sup>2</sup> )			As1 (cm <sup>2</sup> /m)	As2 (cm <sup>2</sup> /m)	
端 部	-45.481	3.04	3.82	13.3	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-13.493	1.44	8.36	2.9	0.0	0.000	0.000	1
中 央	63.282	-3.14	12.96	3.9	61.2	3.822	1.949	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	—	D 0	—	0	8.447 cm <sup>2</sup> /m > As1 or As2
内 側	D 13	—	D 0	—	0	8.447 cm <sup>2</sup> /m > As1 or As2

## 5.1.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm <sup>3</sup> )	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	σ c' (N/mm <sup>2</sup> )	τ (N/mm <sup>2</sup> )	σ i	ケース
端 部	100.0	11250	28.363	95.025	990.80	3.40	0.48	-0.065	3
τ 点	100.0	5868	28.363	74.239	967.23	4.60	0.51	-0.057	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	-21.383	-12.307	-58.565	-57.272	-58.565	3
ハッチ始点	-3.211	-6.784	-21.134	-16.991	-21.134	1
中 央	4.732	42.144	111.511	79.689	111.511	1

位 置	Ap (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	13.850	8.447	19.0	26.5	0.069	0.008	249.99	4.3	3
ハッチ始点	13.850	8.447	9.0	16.5	0.069	0.018	114.17	5.4	1
中 央	13.850	8.447	11.0	16.5	0.069	0.015	136.35	1.2	1
Ppb > Ppd Sf > 1.0									CHECK OK



## 5.2 底版

## 5.2.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	中立軸 (cm)	断面係数 (cm <sup>3</sup> )
端 部	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	21.67	2166.7	85152.61	10.83	7860.24
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

## 5.2.2 使用P C鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 23	3.33	4.155	350000	4.00	外 側
ハチ始点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.00	外 側
τ 点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.00	外 側
中 央	φ 23	3.33	4.155	350000	1.00	内 側

## 5.2.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.72	-0.51	99.83	25.27	717.26	0.851	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.15	126.25	25.27	690.83	0.820	3
τ 点	842.36	5.52	0.09	119.11	25.27	697.98	0.829	3
中 央	842.36	6.01	-0.39	118.39	25.27	698.70	0.829	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.72	-0.51	99.83	25.27	717.26	0.851	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.15	126.25	25.27	690.83	0.820	3
τ 点	842.36	5.52	0.09	119.11	25.27	697.98	0.829	3
中 央	842.36	6.01	-0.39	118.39	25.27	698.70	0.829	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.72	-0.51	99.83	25.27	717.26	0.851	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.15	126.25	25.27	690.83	0.820	4
τ 点	842.36	5.52	0.09	119.11	25.27	697.98	0.829	4
中 央	842.36	6.01	-0.39	118.39	25.27	698.70	0.829	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.72	-0.51	99.83	25.27	717.26	0.851	3
ハチ始点	842.36	6.01	0.15	126.25	25.27	690.83	0.820	4
τ 点	842.36	5.52	0.09	119.11	25.27	697.98	0.829	4
中 央	842.36	6.01	-0.39	118.39	25.27	698.70	0.829	3

## 5.2.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/A <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.90	0.15	0.66	2.71	3
ハチ始点	1.50	0.22	6.22	7.94	3
中 央	3.88	0.22	3.39	7.49	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.90	0.15	5.96	4.21	3
ハチ始点	-1.50	0.22	3.35	2.07	3
中 央	-3.88	0.22	6.29	2.63	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.72	0.15	0.66	3.53	3
ハチ始点	1.71	0.26	6.22	8.18	4
中 央	7.14	0.22	3.39	10.75	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.72	0.15	5.96	3.39	3
ハチ始点	-1.71	0.26	3.35	1.90	4
中 央	-7.14	0.22	6.29	-0.63	3
$\sigma_t > -1.5$				CHECK OK	

## 5.2.5 引張鉄筋量

位 置	曲げモーメント (kN・m/m)	合成応力度		x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm <sup>2</sup> )	内側 (N/mm <sup>2</sup> )			As1 (cm <sup>2</sup> /m)	As2 (cm <sup>2</sup> /m)	
端 部	-55.030	2.49	4.53	10.6	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-15.365	1.39	8.87	2.7	0.0	0.000	0.000	4
中 央	64.268	-3.05	13.33	3.7	56.8	3.549	1.862	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	— 10	D 0	— 0	8.447 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 10	D 0	— 0	8.447 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2

## 5.2.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm <sup>3</sup> )	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	$\sigma c'$	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma i$	ケース
端 部	100.0	11250	44.537	110.460	993.40	3.46	0.55	-0.086	3
$\tau$ 点	100.0	5868	44.537	86.297	966.70	4.67	0.59	-0.075	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	-28.456	-12.307	-67.760	-69.297	-69.297	3
ハッチ始点	-9.991	-1.390	-16.464	-19.349	-19.349	4
中 央	25.876	21.729	87.963	80.930	87.963	3

位 置	Ap (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	13.850	8.447	19.0	26.5	0.069	0.008	249.99	3.6	3
ハッチ始点	13.850	8.447	9.0	16.5	0.069	0.018	114.17	5.9	4
中 央	13.850	8.447	11.0	16.5	0.069	0.015	136.35	1.6	3
$Ppb > Ppd$						$Sf > 1.0$	CHECK OK		

## 6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[ /単位長 ]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-33.690	95.025	35.45	11.50	44.618	3
	上ハチ点	-25.890	96.740	26.76	6.50	32.178	3
側壁	中 間	-11.832	66.458	17.80	6.50	16.152	1
	下ハチ点	-29.123	108.746	26.78	6.50	36.191	3
	下端部	-40.763	110.460	36.90	11.50	53.466	3

注1) CASEのMは、曲げモーメント抽出ケースを示す。

注2) \*\*\*\*\* 表示は、P C部材。

## 7 必要有効高および必要鉄筋量

## 7.1 必要有効高

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

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

## 7.2 必要鉄筋量

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

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

部材	点	$M_s$ (kN・m/m)	必要有効高 $d$ (cm)	必要部材厚 $d + d'$ (cm)	部材厚 $T$ (cm)	必要鉄筋量 $A_s$ (cm <sup>2</sup> /m)
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****
	上端部	44.618	11.77	15.27	30.00	5.770
	上ハチ点	32.178	9.99	13.49	20.00	7.981
側壁	中 間	16.152	7.08	10.58	20.00	2.632
	下ハチ点	36.191	10.60	14.10	20.00	9.095
	下端部	53.466	12.88	16.38	30.00	7.255
$d + d' < T$					CHECK	OK

## 8 配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

## 8.1 コンクリート及び鉄筋

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

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

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

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

配筋(製品当り)

頂版内側	頂版外側	底版内側	底版外側	側壁内側	側壁外側
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 5
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 13 - 5

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> /m)	x (cm)	実応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		
					$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_{s'}$
頂版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
底版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
側壁	上端部	100.00	10.843	10.212	3.78	90.5	0.0
	上ハチ点	100.00	10.843	7.232	6.32	121.4	0.0
	中間	100.00	10.843	8.007	2.92	46.4	0.0
	下ハチ点	100.00	10.843	7.231	7.10	136.6	0.0
	下端部	100.00	10.843	10.106	4.57	111.3	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	54.295	11.750	74.239	41.000				
	M			-4.069					
	N			28.363					
	最大			○					
底版 τ点	S	57.047	23.809	86.297	53.059				
	M			-6.330					
	N			44.537					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-14.078	-15.914	-22.614	-27.614				
	M				-11.763				
	N				54.481				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	16.522	24.686	31.386	36.386				
	M				-14.535				
	N				65.914				
	最大				○				

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

### 9.2 セン断応力度の検討

コンクリートのせん断応力度は、平均せん断応力度として算出する。

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

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

各せん断応力度照査位置の許容せん断応力度は、以下の補正係数を乗じて求める。

#### ① 部材断面の有効高 d の影響

次表に示す部材断面の有効高さに関する補正係数(Ce)をτaに乘じる。

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

#### ② 軸方向引張鉄筋比の影響

次表に示す軸方向引張鉄筋比に関する補正係数(Cpt)をτaに乘じる。

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

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

## ③ 軸方向圧縮力の影響

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

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

ここに、CN：軸方向力による補正係数

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

M：断面に作用する曲げモーメント(kN・m)

N：断面に作用する軸方向圧縮力(kN)

Pe：P C 鋼棒に作用するm当りの全有効引張力(kN)

Z：図心軸に関する断面係数(m<sup>3</sup>)

Ac：部材断面積(m<sup>2</sup>)

ep：P C 鋼棒の偏心量<引張縁側+／圧縮縁側->(m)

照査位置	T (cm)	d' (cm)	d (cm)	Ce	引張鉄筋		Pt (%)	Cpt
					径-本数	As (cm <sup>2</sup> )		
頂版 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-6.7	8.447	0.465	1.165
底版 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-6.7	8.447	0.465	1.165
側壁上 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D16-3.3 D13-3.3	10.843	0.597	1.258
側壁下 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D16-3.3 D13-3.3	10.843	0.597	1.258

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m <sup>2</sup> )	Z (m <sup>4</sup> )	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 $\tau$ 点	-4.068	967.2	28.363	0.217	0.00786	-0.01	26.388	2.000
底版 $\tau$ 点	-6.330	966.7	44.537	0.217	0.00786	-0.01	26.961	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-11.763	0.0	54.481	0.217	0.00786	0.00	1.973	1.168
側壁下 $\tau$ 点	-14.535	0.0	65.914	0.217	0.00786	0.00	2.387	1.164

照査位置	$\tau_a$	補正係数			補正 $\tau_a$
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.165	2.000	0.881
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.165	2.000	0.881
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.258	1.168	0.555
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.258	1.164	0.554

照査位置	せん断力 S (kN)	有効高 d (cm)	せん断応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	補正 $\tau_a$ (N/mm <sup>2</sup> )
頂版 $\tau$ 点	74.239	18.2	0.409	0.881
底版 $\tau$ 点	86.297	18.2	0.475	0.881
側壁上 $\tau$ 点	27.614	18.2	0.152	0.555
側壁下 $\tau$ 点	36.386	18.2	0.200	0.554

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上