

受付 No.

台帳 No. KL427003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 3500 mm  
内 高 (H) 2000 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) 3500 × (H) 2000 × (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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

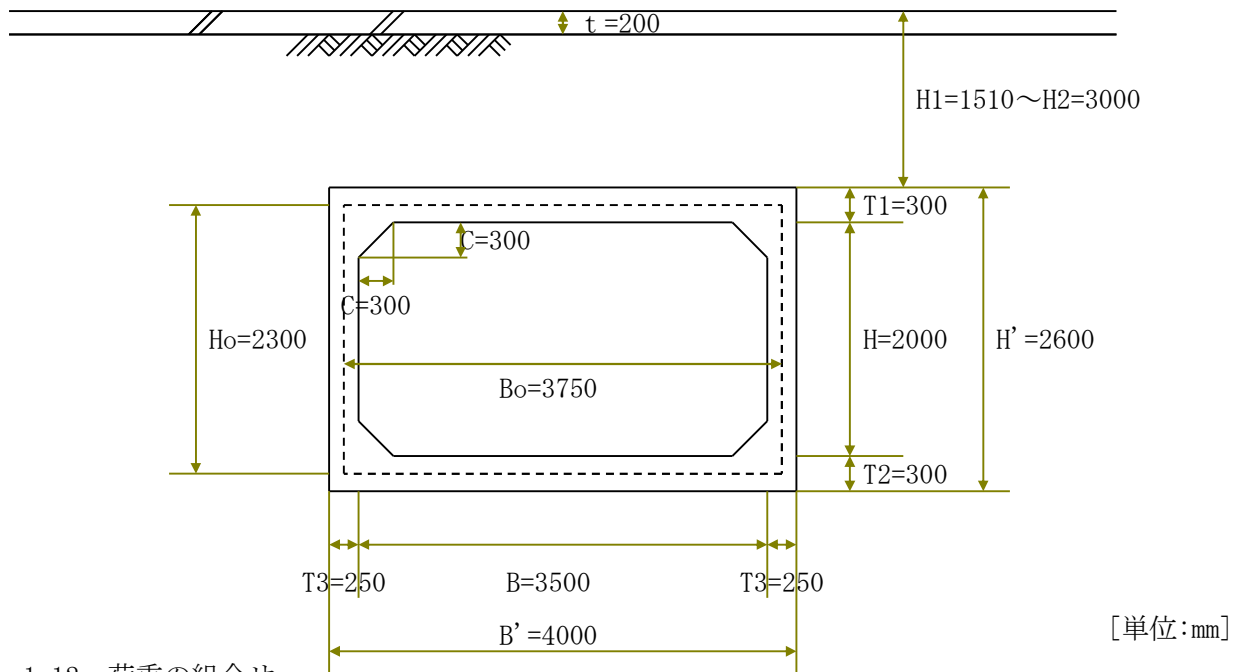
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

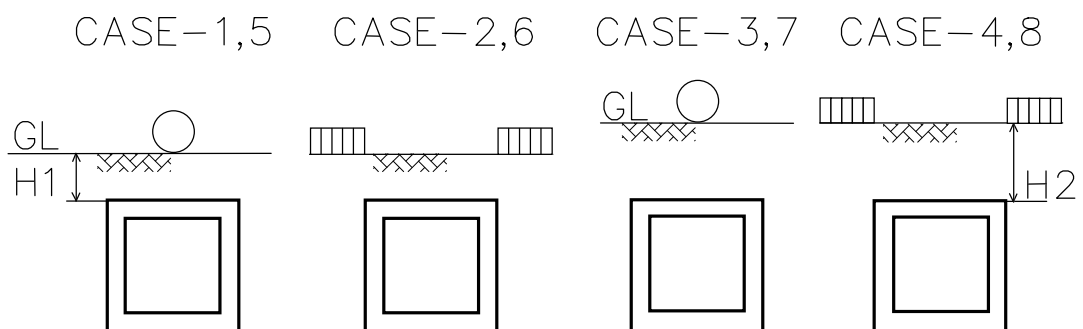
## (3) 使用 P C 鋼棒

	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

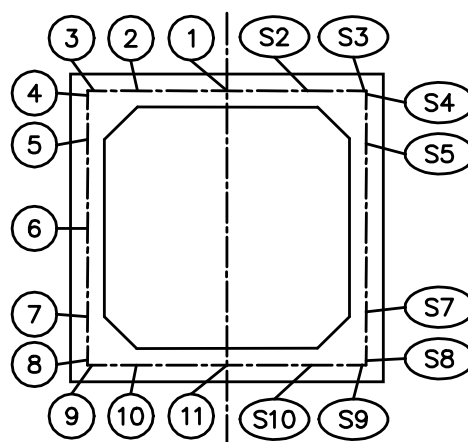
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

## 2 断面力計算

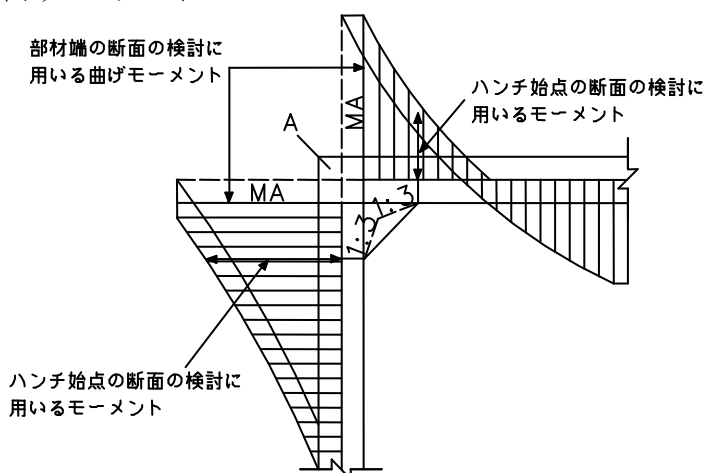
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

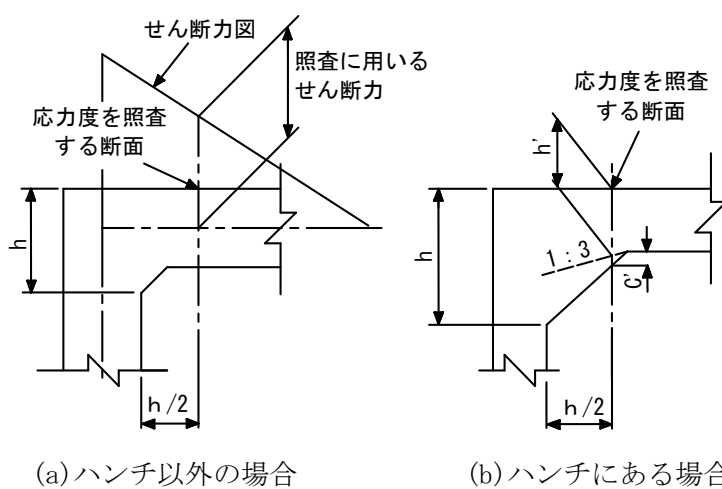
せん断力



## 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

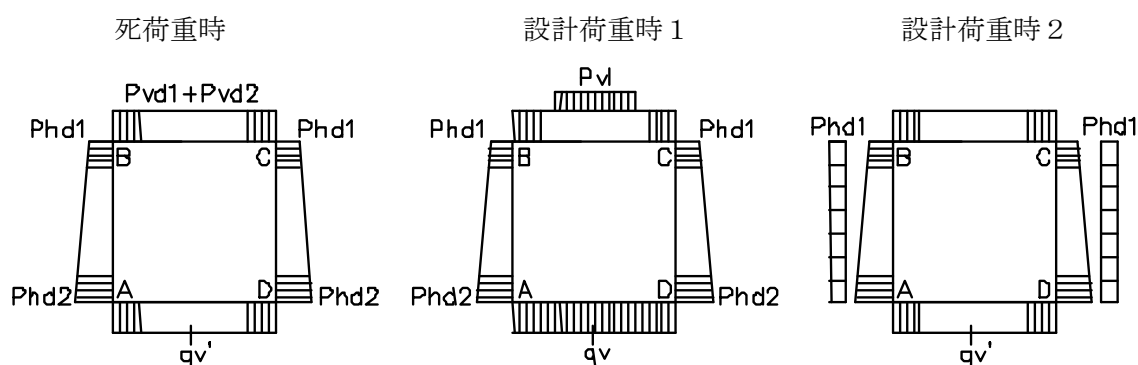
ハッチにある場合の部材断面の高さは、ハッチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

## 3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

## 3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = K_a \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅  $u = a + 2 \times H1 = 3.220 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 3.520 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



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

Pvd1	7.350	7.350	7.350
Pvd2	28.080	28.080	28.080
Phd1 = Phd1	15.390	15.390	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	20.390
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	36.090	36.090	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	41.090
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	26.426	0.000
qv	*****	66.810	*****
qv'	44.119	*****	44.119

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

## 3.1.2 構造解析

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

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

注1) 死荷重時、設計荷重時2のCADは、 $q_v = q_v'$

注2) 死荷重時、設計荷重時2のCBCは、 $P_{v1} = 0$

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

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

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
$\alpha$	1.0598	1.0598	1.0598
$\beta$	1.0598	1.0598	1.0598
N1	3.0598	3.0598	3.0598
N2	3.0598	3.0598	3.0598
CAD (kN・m/m)	51.702	78.293	51.702
CBC (kN・m/m)	41.520	71.603	41.520
CAB (kN・m/m)	12.260	12.260	14.464
CBA (kN・m/m)	10.435	10.435	12.639
$\theta_A$	-18.149	-31.476	-17.079
$\theta_B$	16.090	30.278	15.020
MAB (kN・m/m)	-32.467	-44.934	-33.601
MAD (kN・m/m)	32.467	44.934	33.601
MBA (kN・m/m)	24.466	39.514	25.600
MBC (kN・m/m)	-24.466	-39.514	-25.600

## 3.1.3 各部材の断面力

## (1) 頂 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (2) 底 版

## 1) せん断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (3) 側 壁

## 1) せん断力

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

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

## 2) 曲げモーメント

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

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

計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	66.431	108.977	66.431
SCB	(kN/m)	-66.431	-108.977	-66.431
Mmax	(kN・m/m)	37.813	68.289	36.679
SAD	(kN/m)	82.724	125.269	82.724
SDA	(kN/m)	-82.724	-125.269	-82.724
Mmax	(kN・m/m)	45.086	72.506	43.952
SAB	(kN/m)	37.047	35.925	42.797
SBA	(kN/m)	-22.155	-23.277	-27.905
x	(m)	1.165	1.165	*****
		1.199	*****	1.199
Mmax	(kN・m/m)	-11.427	-25.201	*****
Mmax	(kN・m/m)	-11.404	*****	-9.238

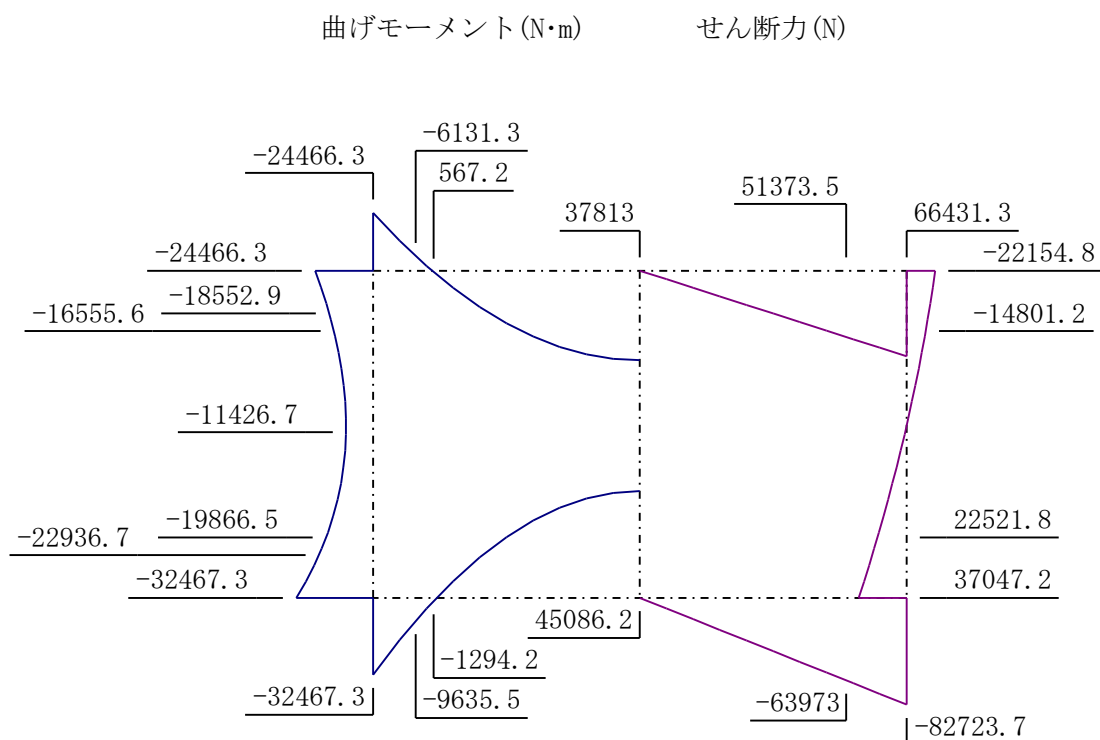
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



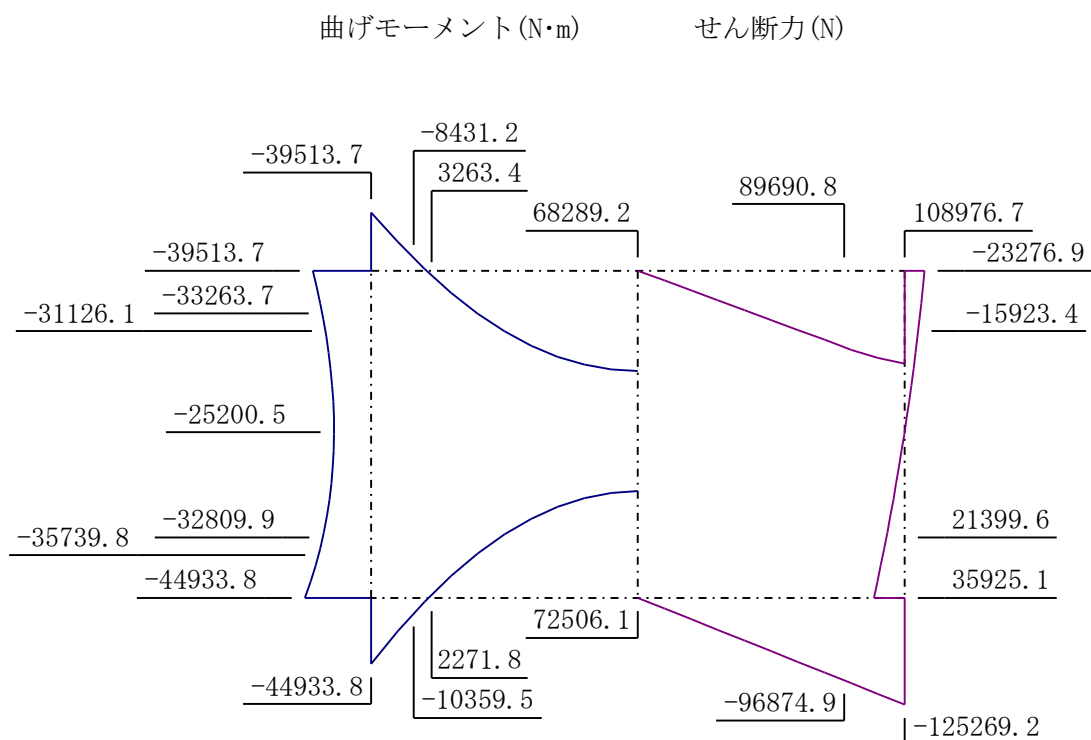
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-24466	66431	22155
	2 ハッチ始点	0.425	-6131	***	22155
	S2 τ 点	0.425	567	51374	22155
	1 中 央	1.875	37813	0	22155
底版	9, S9 端 部	0.125	-32467	82724	37047
	10 ハッチ始点	0.425	-9636	***	37047
	S10 τ 点	0.425	-1294	63973	37047
	11 中 央	1.875	45086	0	37047
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-24466	-22155	66431
	5 上ハッチ点	1.850	-18553	***	68556
	S5 上 τ 点	1.875	-16556	-14801	69442
	6 中 間	1.165	-11427	*****	74471
		1.199	-11404	*****	74230
	S7 下 τ 点	0.425	-19867	22522	79713
	7 下ハッチ点	0.450	-22937	***	80599
	8, S8 下 端部	0.150	-32467	37047	82724



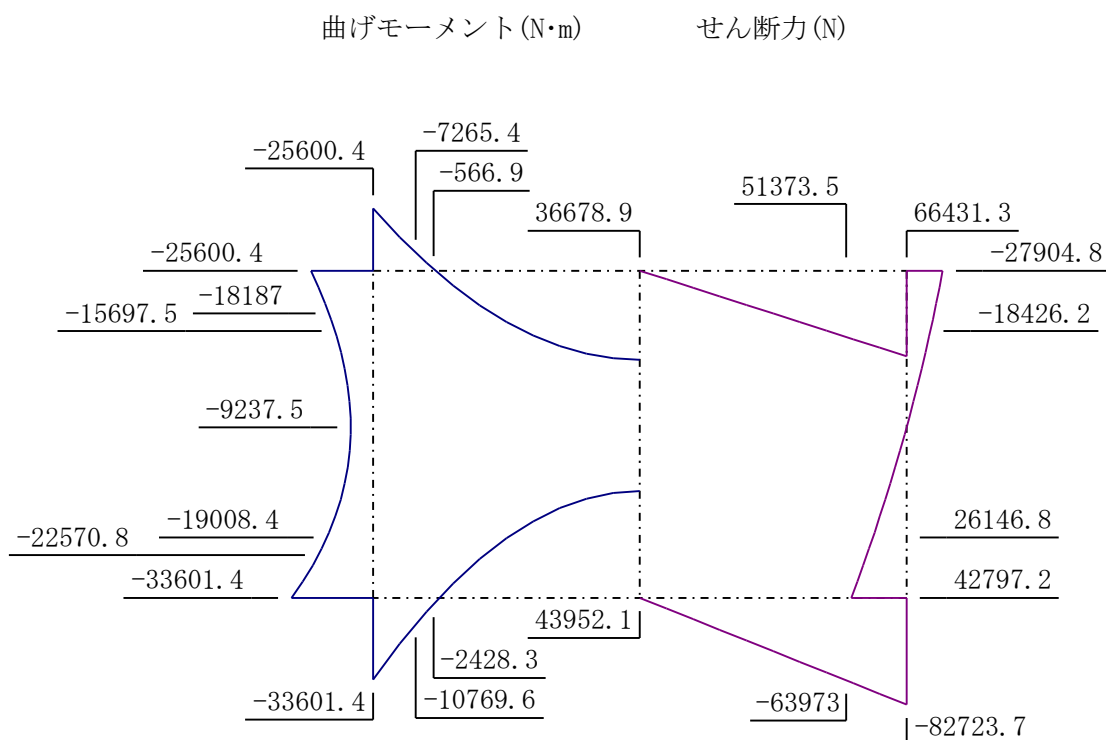
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-39514	108977	23277
	2 ハチ始点	0.425	-8431	***	23277
	S2 τ 点	0.425	3263	89691	23277
	1 中 央	1.875	68289	0	23277
底版	9, S9 端 部	0.125	-44934	125269	35925
	10 ハチ始点	0.425	-10360	***	35925
	S10 τ 点	0.425	2272	96875	35925
	11 中 央	1.875	72506	0	35925
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-39514	-23277	108977
	5 上ハチ点	1.850	-33264	***	111102
	S5 上 τ 点	1.875	-31126	-15923	111987
	6 中 間	1.165	-25201	0	117017
	S7 下 τ 点	0.425	-32810	21400	122259
	7 下ハチ点	0.450	-35740	***	123144
	8, S8 下 端部	0.150	-44934	35925	125269



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

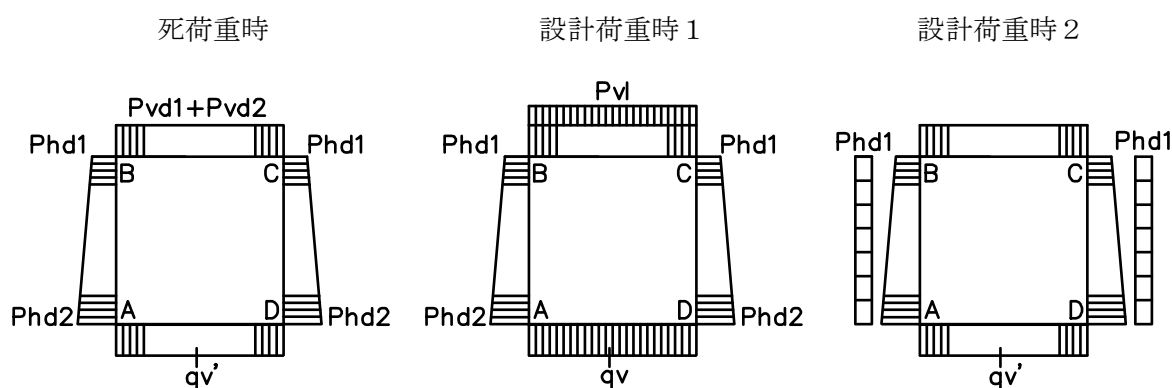
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-25600	66431	27905
	2 ハチ始点	0.425	-7265	***	27905
	S2 τ 点	0.425	-567	51374	27905
	1 中 央	1.875	36679	0	27905
底版	9, S9 端 部	0.125	-33601	82724	42797
	10 ハチ始点	0.425	-10770	***	42797
	S10 τ 点	0.425	-2428	63973	42797
	11 中 央	1.875	43952	0	42797
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-25600	-27905	66431
	5 上ハチ点	1.850	-18187	***	68556
	S5 上 τ点	1.875	-15698	-18426	69442
	6 中 間	1.199	-9238	0	74230
	S7 下 τ点	0.425	-19008	26147	79713
	7 下ハチ点	0.450	-22571	***	80599
	8, S8 下 端部	0.150	-33601	42797	82724



## 3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

## 3.2.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H2 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重  
 輪分布幅  $u = a + 2 \times H2 = 6.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H2 = 6.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / Bo$



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2

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

$P_{vd1}$	7.350	7.350	7.350
$P_{vd2}$	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.800	28.800	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.800
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	49.500	49.500	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	54.500
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	13.724	0.000
$q_v$	*****	84.664	*****
$q_{v'}$	70.939	*****	70.939

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

## 3.2.2 構造解析

- (1) ラーメン係数
- $$\alpha = (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3)$$
- $$\beta = (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3)$$
- $$N_1 = 2 + \alpha$$
- $$N_2 = 2 + \beta$$
- (2) 荷重項
- $$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$
- $$CBC = \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1}) \times B_o^2\} / 12$$
- $$CAB = (H_o^2) \times (2 \times Phd1 + 3 \times Phd2) / 60$$
- $$CBA = (H_o^2) \times (2 \times Phd2 + 3 \times Phd1) / 60$$
- 注 1) 死荷重時、設計荷重時 2 の CAD は、 $q_v = q_v'$   
 注 2) 死荷重時、設計荷重時 2 の CBC は、 $P_{v1} = 0$   
 注 3)  $Phd1 \sim Phd5$  は、水平荷重（設計荷重参照）
- (3) たわみ角
- $$\theta_A = \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$
- $$\theta_B = \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$
- (4) 端モーメント
- $$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$
- $$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$
- $$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$
- $$MBC = \alpha \times \theta_B - CBC$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
$\alpha$	1.0598	1.0598	1.0598
$\beta$	1.0598	1.0598	1.0598
N1	3.0598	3.0598	3.0598
N2	3.0598	3.0598	3.0598
CAD (kN・m/m)	83.132	99.215	83.132
CBC (kN・m/m)	72.949	89.032	72.949
CAB (kN・m/m)	18.171	18.171	20.375
CBA (kN・m/m)	16.346	16.346	18.550
$\theta_A$	-30.537	-38.345	-29.467
$\theta_B$	28.479	36.287	27.409
MAB (kN・m/m)	-50.767	-58.575	-51.901
MAD (kN・m/m)	50.767	58.575	51.901
MBA (kN・m/m)	42.766	50.574	43.900
MBC (kN・m/m)	-42.766	-50.574	-43.900

## 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。

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

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

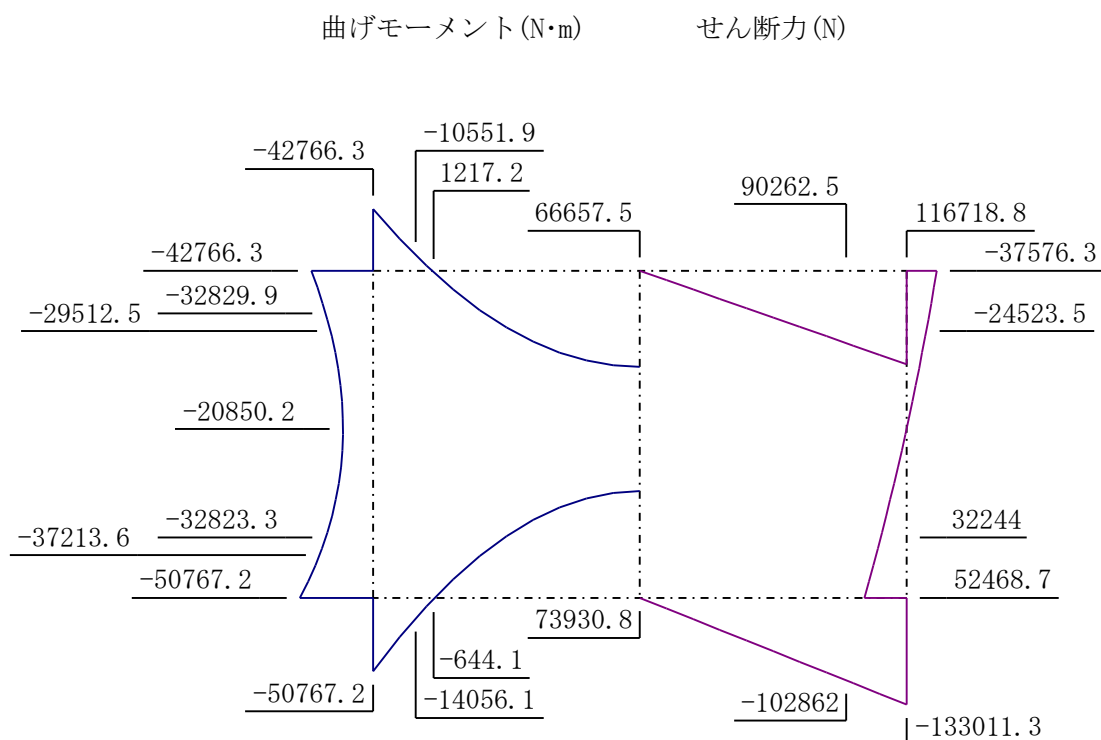
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	116.719	142.452	116.719
SCB (kN/m)	-116.719	-142.452	-116.719
Mmax (kN・m/m)	66.657	82.974	65.523
SAD (kN/m)	133.011	158.744	133.011
SDA (kN/m)	-133.011	-158.744	-133.011
Mmax (kN・m/m)	73.931	90.248	72.797
SAB (kN/m)	52.469	52.469	58.219
SBA (kN/m)	-37.576	-37.576	-43.326
x (m)	1.188	1.188	*****
	1.184	*****	1.184
Mmax (kN・m/m)	-20.850	-28.658	*****
Mmax (kN・m/m)	-20.851	*****	-18.681

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

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

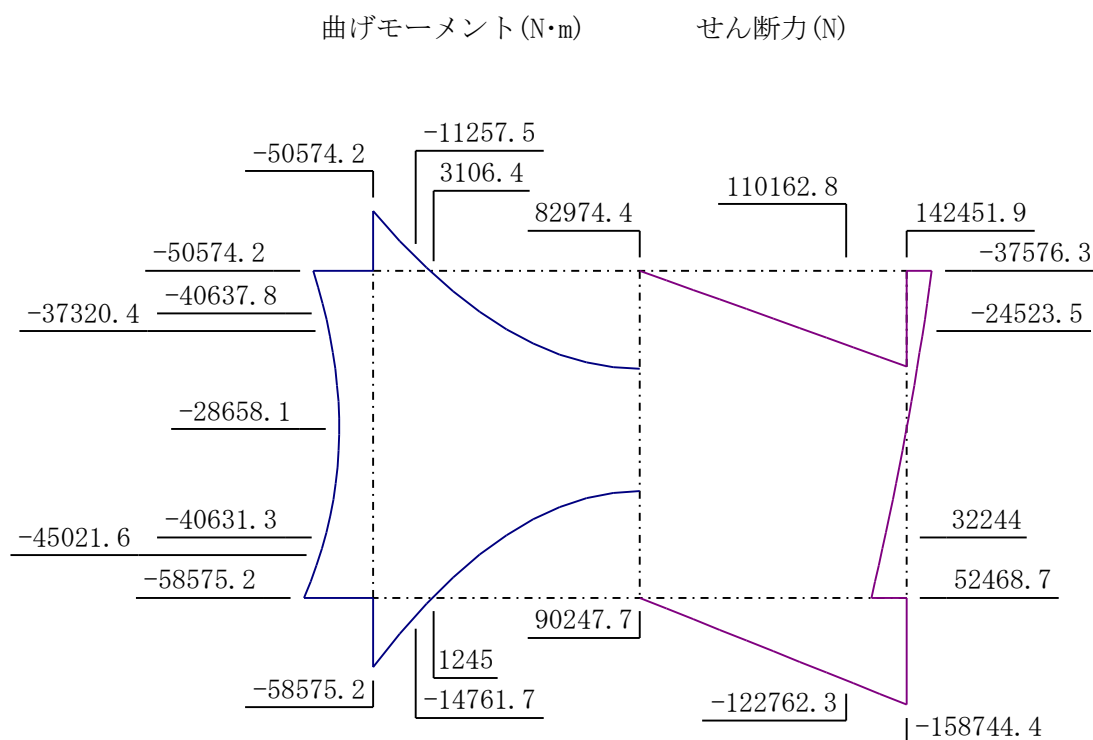
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-42766	116719	37576
	2 ハッチ始点	0.425	-10552	***	37576
	S2 τ 点	0.425	1217	90263	37576
	1 中 央	1.875	66658	0	37576
底版	9, S9 端 部	0.125	-50767	133011	52469
	10 ハッチ始点	0.425	-14056	***	52469
	S10 τ 点	0.425	-644	102862	52469
	11 中 央	1.875	73931	0	52469
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-42766	-37576	116719
	5 上ハッチ点	1.850	-32830	***	118844
	S5 上 τ 点	1.875	-29513	-24524	119729
	6 中 間	1.188	-20850	*****	124596
		1.184	-20851	*****	124624
	S7 下 τ 点	0.425	-32823	32244	130001
	7 下ハッチ点	0.450	-37214	***	130886
	8, S8 下 端部	0.150	-50767	52469	133011



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

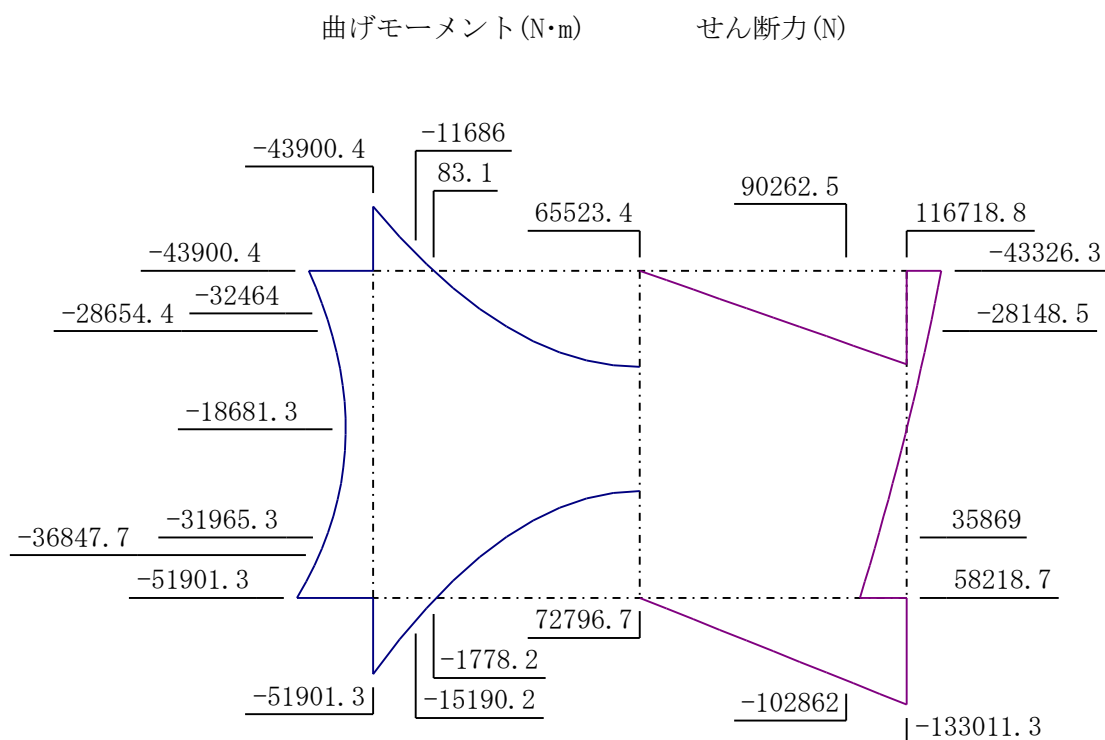
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-50574	142452	37576
	2 ハッチ始点	0.425	-11258	***	37576
	S2 τ 点	0.425	***	110163	***
	1 中 央	1.875	82974	0	37576
底版	9, S9 端 部	0.125	-58575	158744	52469
	10 ハッチ始点	0.425	-14762	***	52469
	S10 τ 点	0.425	***	122762	***
	11 中 央	1.875	90248	0	52469
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-50574	-37576	142452
	5 上ハッチ点	1.850	-40638	***	144577
	S5 上 τ 点	1.875	***	-24524	***
	6 中 間	1.188	-28658	0	150329
	S7 下 τ 点	0.425	***	32244	***
	7 下ハッチ点	0.450	-45022	***	156619
	8, S8 下 端部	0.150	-58575	52469	158744





## (3) 設計荷重時 2 (CASE-4)

[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-43900	116719	43326
	2 ハチ始点	0.425	-11686	***	43326
	S2 τ 点	0.425	***	90263	***
	1 中 央	1.875	65523	0	43326
底版	9, S9 端 部	0.125	-51901	133011	58219
	10 ハチ始点	0.425	-15190	***	58219
	S10 τ 点	0.425	***	102862	***
	11 中 央	1.875	72797	0	58219
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-43900	-43326	116719
	5 上ハチ点	1.850	-32464	***	118844
	S5 上 τ点	1.875	***	-28149	***
	6 中 間	1.184	-18681	0	124624
	S7 下 τ点	0.425	***	35869	*****
	7 下ハチ点	0.450	-36848	***	130886
	8, S8 下 端部	0.150	-51901	58219	133011



## 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	40.00	4000.0	533333.33	20.00	26666.67
ハチ始点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
τ 点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
中 央	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00

## 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	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	2.50	内 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	2.94	-0.20	80.21	25.43	741.98	0.875	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.12	100.43	25.43	721.76	0.852	3
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.46	25.43	723.73	0.854	3
中 央	847.62	4.06	-0.74	87.49	25.43	734.70	0.867	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	2.94	-0.20	80.21	25.43	741.98	0.875	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.12	100.43	25.43	721.76	0.852	3
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.46	25.43	723.73	0.854	3
中 央	847.62	4.06	-0.74	87.49	25.43	734.70	0.867	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	2.94	-0.20	80.21	25.43	741.98	0.875	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.12	100.43	25.43	721.76	0.852	4
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.57	25.43	723.62	0.854	1
中 央	847.62	4.06	-0.74	87.49	25.43	734.70	0.867	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	2.94	-0.20	80.21	25.43	741.98	0.875	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.12	100.43	25.43	721.76	0.852	4
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.57	25.43	723.62	0.854	1
中 央	847.62	4.06	-0.74	87.49	25.43	734.70	0.867	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	1.60	0.09	1.54	3.24	3
ハチ始点	0.70	0.13	4.79	5.62	3
中 央	4.44	0.13	1.63	6.19	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.60	0.09	3.39	1.88	3
ハチ始点	-0.70	0.13	1.60	1.02	3
中 央	-4.44	0.13	4.88	0.56	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.90	0.09	1.54	3.53	3
ハチ始点	0.78	0.14	4.79	5.71	4
中 央	5.53	0.13	1.63	7.28	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.90	0.09	3.39	1.58	3
ハチ始点	-0.78	0.14	1.60	0.96	4
中 央	-5.53	0.13	4.88	-0.53	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	-68.275	0.95	4.23	7.4	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-15.776	0.74	6.04	3.3	0.0	0.000	0.000	4
中 央	112.015	-2.42	9.26	6.2	75.4	4.710	3.110	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	6.335 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 10	D 0	— 0	6.335 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	20000	37.576	142.452	984.79	2.56	0.53	-0.107	3
τ 点	100.0	11250	37.576	110.163	960.57	3.33	0.55	-0.089	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	-42.766	-7.808	-75.116	-85.976	-85.976	3
ハッチ始点	-10.552	-1.134	-16.553	-19.866	-19.866	4
中 央	66.657	16.317	127.447	141.056	141.056	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	6.335	22.5	36.5	0.069	0.007	283.09	3.3	3
ハッチ始点	13.272	6.335	12.5	26.5	0.069	0.012	158.13	8.0	4
中 央	13.272	6.335	17.5	26.5	0.069	0.009	211.27	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	40.00	4000.0	533333.33	20.00	26666.67
ハチ始点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
τ 点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
中 央	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00

## 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	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	2.50	内 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	2.94	-0.24	79.64	25.43	742.55	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.16	101.02	25.43	721.17	0.851	3
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.44	25.43	723.75	0.854	1
中 央	847.62	4.06	-0.82	86.27	25.43	735.92	0.868	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	2.94	-0.24	79.64	25.43	742.55	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.16	101.02	25.43	721.17	0.851	3
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.44	25.43	723.75	0.854	1
中 央	847.62	4.06	-0.82	86.27	25.43	735.92	0.868	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	2.94	-0.24	79.64	25.43	742.55	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.16	101.02	25.43	721.17	0.851	4
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.44	25.43	723.75	0.854	2
中 央	847.62	4.06	-0.82	86.27	25.43	735.92	0.868	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	2.94	-0.24	79.64	25.43	742.55	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.16	101.02	25.43	721.17	0.851	4
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.44	25.43	723.75	0.854	2
中 央	847.62	4.06	-0.82	86.27	25.43	735.92	0.868	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	0.13	1.54	3.57	3
ハチ始点	0.94	0.17	4.79	5.90	3
中 央	4.93	0.17	1.63	6.73	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.90	0.13	3.39	1.62	3
ハチ始点	-0.94	0.17	1.60	0.83	3
中 央	-4.93	0.17	4.88	0.13	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.20	0.13	1.54	3.87	3
ハチ始点	1.01	0.19	4.79	5.99	4
中 央	6.02	0.17	1.63	7.82	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.20	0.13	3.39	1.32	3
ハチ始点	-1.01	0.19	1.60	0.78	4
中 央	-6.02	0.17	4.88	-0.96	3
$\sigma_t > -1.5$				CHECK OK	

## 5.2.5 引張鉄筋量

位 置	曲げモーメント (kN・m/m)	合成応力度		x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm <sup>2</sup> )	内側 (N/mm <sup>2</sup> )			As1 (cm <sup>2</sup> /m)	As2	
端 部	-79.077	0.60	4.68	4.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-20.507	0.49	6.41	2.1	0.0	0.000	0.000	4
中 央	121.834	-3.00	9.99	6.9	104.1	6.507	3.467	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	6.335 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 5	D 13	— 5	8.133 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	20000	52.469	158.744	985.56	2.60	0.60	-0.130	3
$\tau$ 点	100.0	11250	52.469	122.762	960.59	3.38	0.61	-0.108	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	-50.767	-7.808	-85.517	-99.578	-99.578	3
ハッチ始点	-14.056	-1.134	-21.108	-25.823	-25.823	4
中 央	73.931	16.317	136.902	153.421	153.421	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	6.335	22.5	36.5	0.069	0.007	283.09	2.8	3
ハッチ始点	13.272	6.335	12.5	26.5	0.069	0.012	158.13	6.1	4
中 央	13.272	8.133	17.5	26.5	0.069	0.009	224.99	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	-50.574	142.452	35.50	14.00	70.517	3
	上ハチ点	-40.638	144.577	28.11	9.00	53.650	3
側壁	中 間	-28.658	150.329	19.06	9.00	42.188	3
	下ハチ点	-45.022	156.619	28.75	9.00	59.117	3
	下端部	-58.575	158.744	36.90	14.00	80.799	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	70.517	14.80	18.30	35.00	6.751
	上ハチ点	53.650	12.91	16.41	25.00	8.894
側壁	中 間	42.188	11.44	14.94	25.00	4.509
	下ハチ点	59.117	13.55	17.05	25.00	10.085
	下端部	80.799	15.84	19.34	35.00	8.143
$d + d' < T$					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	12.446	4.14	95.1	0.0
	上ハチ点	100.00	12.128	9.357	6.24	121.5	0.0
	中間	100.00	12.128	10.539	4.45	69.4	0.0
	下ハチ点	100.00	12.128	9.304	6.91	135.8	0.0
	下端部	100.00	12.128	12.300	4.79	112.3	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	89.691	51.373	110.163	90.263				
	M			3.106					
	N			37.576					
	最大			○					
底版 τ点	S	96.875	63.973	122.762	102.862				
	M			1.245					
	N			52.469					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-15.923	-18.426	-24.523	-28.148				
	M				-28.654				
	N				119.729				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	21.400	26.147	32.244	35.869				
	M				-31.965				
	N				130.001				
	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	30.0	3.5	26.5	1.400	D13-5	6.335	0.239	0.939
底版 $\tau$ 点	30.0	3.5	26.5	1.400	D16-2.5 D13-2.5	8.133	0.307	1.007
側壁上 $\tau$ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.543	1.226
側壁下 $\tau$ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.543	1.226

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m <sup>2</sup> )	Z (m <sup>4</sup> )	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 $\tau$ 点	3.106	975.1	37.576	0.300	0.01500	0.03	70.136	2.000
底版 $\tau$ 点	1.245	976.7	52.469	0.300	0.01500	0.03	70.992	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-28.654	0.0	119.729	0.258	0.01108	0.00	5.142	1.179
側壁下 $\tau$ 点	-31.965	0.0	130.001	0.258	0.01108	0.00	5.583	1.175

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	0.939	2.000	0.710
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.007	2.000	0.761
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.226	1.179	0.547
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.226	1.175	0.544

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	110.163	26.5	0.416	0.710
底版 $\tau$ 点	122.762	26.5	0.463	0.761
側壁上 $\tau$ 点	28.148	22.3	0.126	0.547
側壁下 $\tau$ 点	35.869	22.3	0.161	0.544

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以 上