

受付 No.

台帳 No. KL404002

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 2000 mm  
内 高 (H) 1500 mm  
長 さ (L) 2000 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1= 0.500 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) 2000 × (H) 1500 × (L) 2000 [mm]
土被り	: H1 = 0.500 ~ 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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

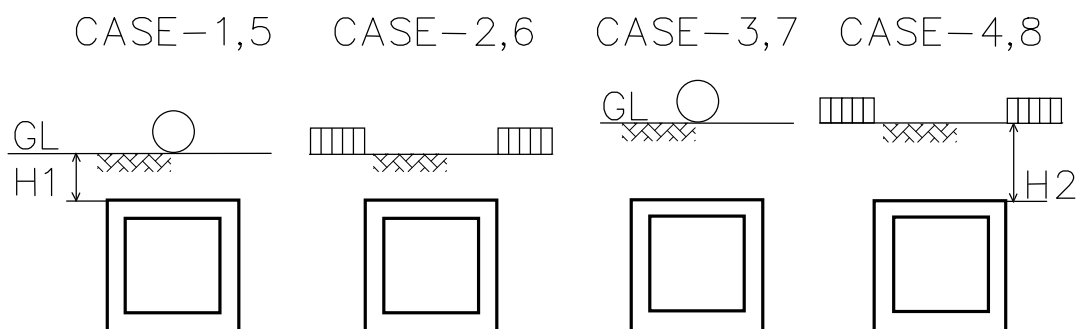
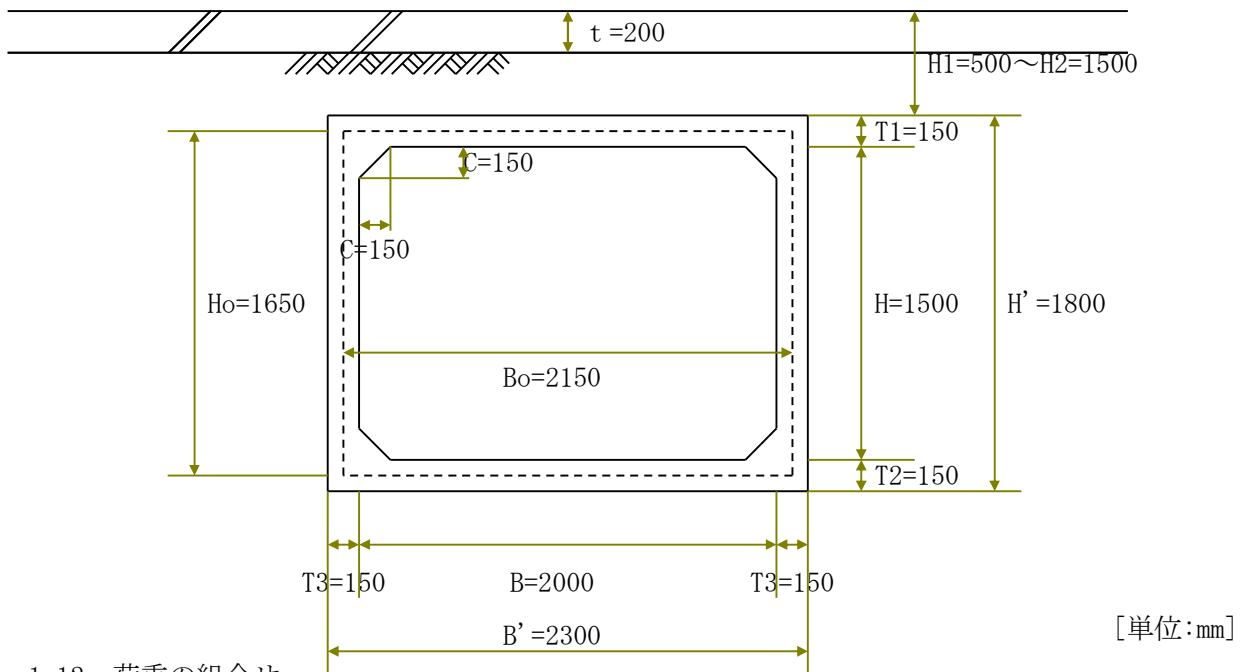
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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	$\phi 21$	$\phi 19$	*****	(mm)
断面積	346.40	283.50	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	290000	240000	*****	(N)

## 1.11 標準断面図



## [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  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅  $u = a + 2 \times H1 = 1.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 1.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (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-1 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重 2 CASE-2 (kN/m <sup>2</sup> )
-------	------------------------------	---	--

Pvd1	3.675	3.675	3.675
Pvd2	9.900	9.900	9.900
Phd1 = Phd1	5.625	5.625	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	10.625
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	20.475	20.475	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	25.475
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	70.909	0.000
qv	*****	59.306	*****
qv'	19.728	*****	19.728

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
$\alpha$	0.7674	0.7674	0.7674
$\beta$	0.7674	0.7674	0.7674
N1	2.7674	2.7674	2.7674
N2	2.7674	2.7674	2.7674
CAD (kN・m/m)	7.600	22.845	7.600
CBC (kN・m/m)	5.229	25.723	5.229
CAB (kN・m/m)	3.298	3.298	4.432
CBA (kN・m/m)	2.624	2.624	3.758
$\theta_A$	-2.179	-11.593	-1.537
$\theta_B$	1.729	12.536	1.087
MAB (kN・m/m)	-5.927	-13.948	-6.420
MAD (kN・m/m)	5.927	13.948	6.420
MBA (kN・m/m)	3.902	16.102	4.395
MBC (kN・m/m)	-3.902	-16.102	-4.395

## 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)	14.593	57.139	14.593
SCB	(kN/m)	-14.593	-57.139	-14.593
Mmax	(kN・m/m)	3.941	24.714	3.449
SAD	(kN/m)	21.208	63.754	21.208
SDA	(kN/m)	-21.208	-63.754	-21.208
Mmax	(kN・m/m)	5.472	20.320	4.980
SAB	(kN/m)	14.035	11.502	18.160
SBA	(kN/m)	-7.497	-10.030	-11.622
x	(m)	0.657	0.657	*****
		0.836	*****	0.836
Mmax	(kN・m/m)	-0.700	-10.384	*****
Mmax	(kN・m/m)	-0.472	*****	0.737

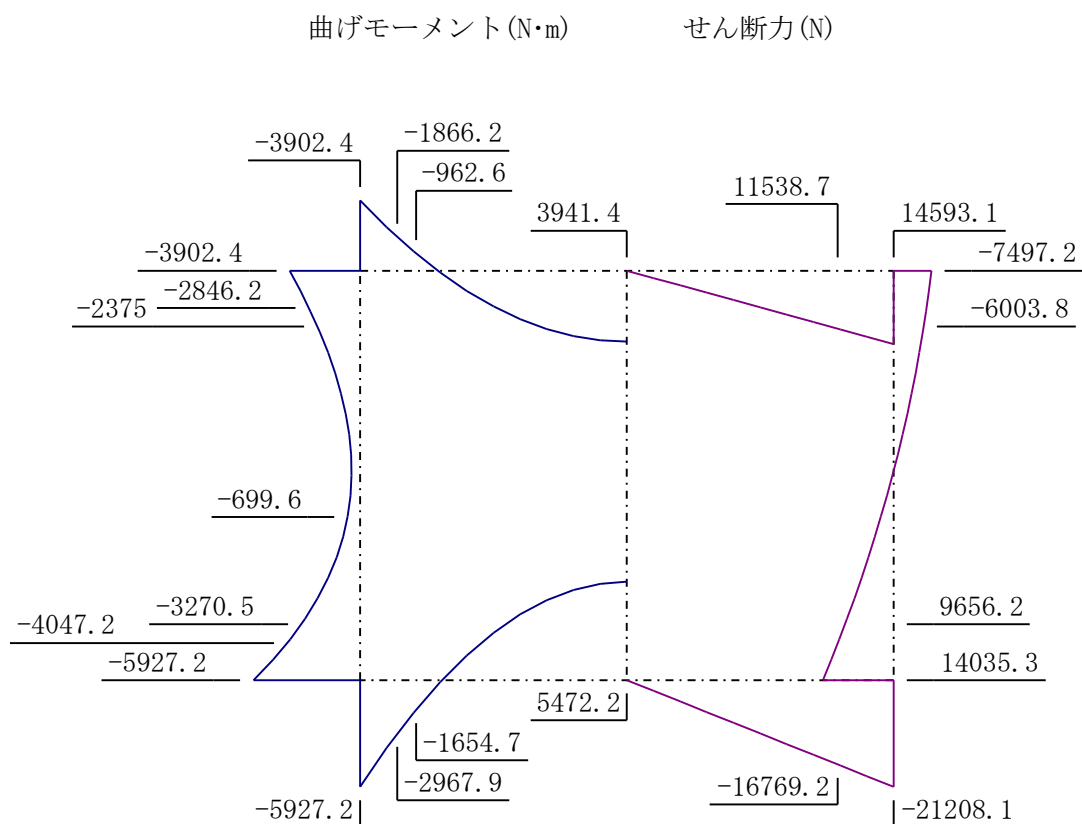
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



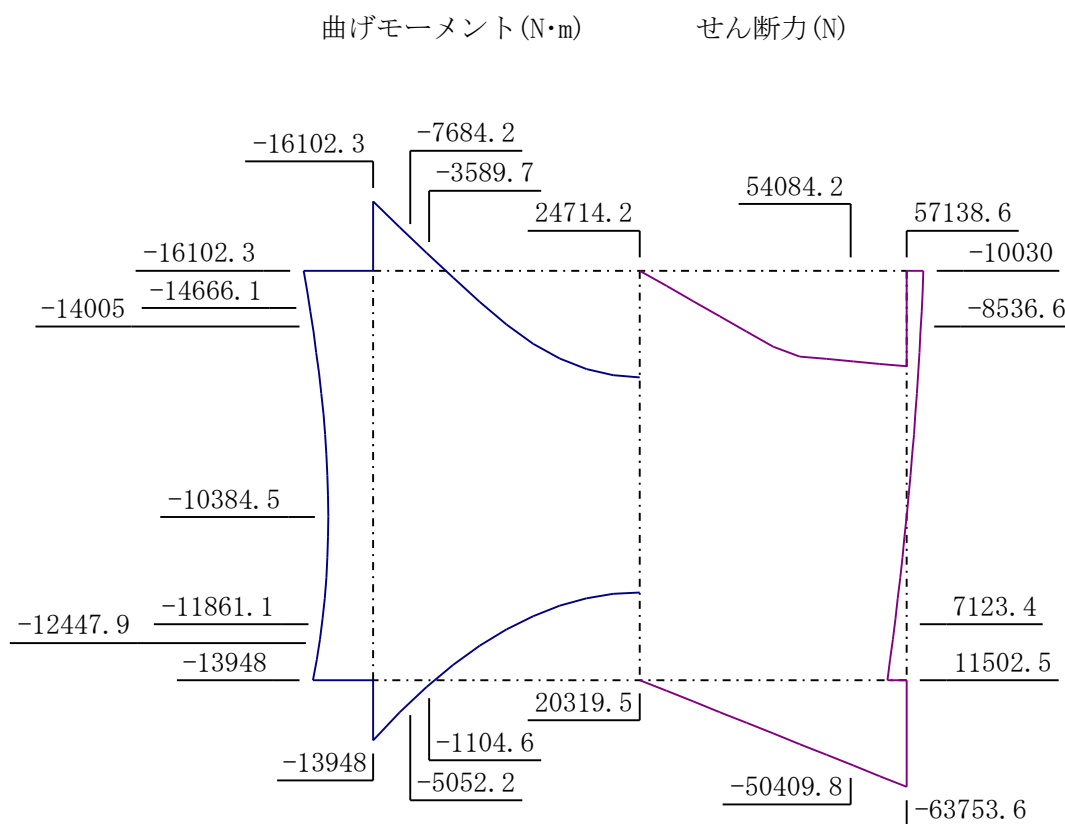
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	0.075	-3902	14593	7497
	2 ハッチ始点	0.225	-1866	***	7497
	S2 τ点	0.225	-963	11539	7497
	1 中央	1.075	3941	0	7497
底板	9, S9 端部	0.075	-5927	21208	14035
	10 ハッチ始点	0.225	-2968	***	14035
	S10 τ点	0.225	-1655	16769	14035
	11 中央	1.075	5472	0	14035
側壁	4, S4 上端部	1.575	-3902	-7497	14593
	5 上ハッチ点	1.425	-2846	***	15195
	S5 上τ点	1.425	-2375	-6004	15495
	6 中間	0.657	-700	*****	18574
		0.836	-472	*****	17857
	S7 下τ点	0.225	-3271	9656	20306
	7 下ハッチ点	0.225	-4047	***	20607
	8, S8 下端部	0.075	-5927	14035	21208



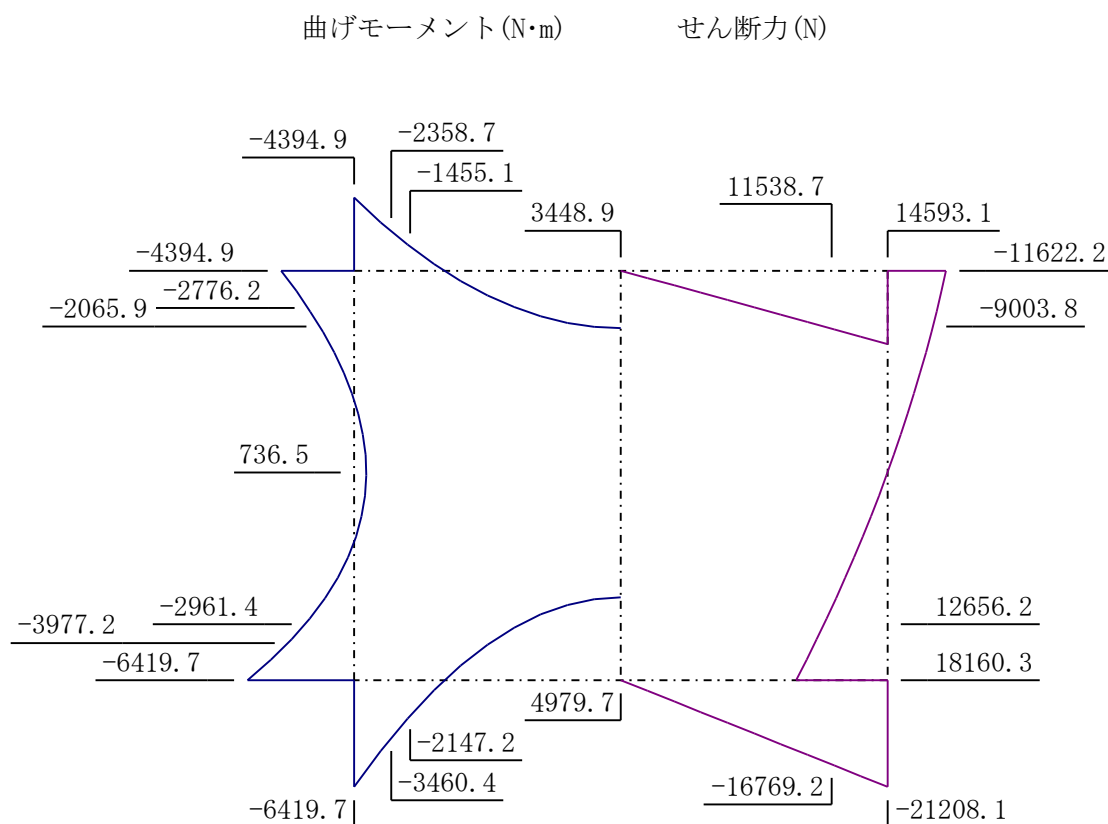
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /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	0.075	-16102	57139	10030
	2 ハチ始点	0.225	-7684	***	10030
	S2 τ 点	0.225	-3590	54084	10030
	1 中 央	1.075	24714	0	10030
底版	9, S9 端 部	0.075	-13948	63754	11503
	10 ハチ始点	0.225	-5052	***	11503
	S10 τ 点	0.225	-1105	50410	11503
	11 中 央	1.075	20320	0	11503
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-16102	-10030	57139
	5 上ハチ点	1.425	-14666	***	57740
	S5 上 τ点	1.425	-14005	-8537	58041
	6 中 間	0.657	-10385	0	61120
	S7 下 τ点	0.225	-11861	7123	62852
	7 下ハチ点	0.225	-12448	***	63152
	8, S8 下 端部	0.075	-13948	11503	63754



## (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	0.075	-4395	14593	11622
	2 ハチ始点	0.225	-2359	***	11622
	S2 τ 点	0.225	-1455	11539	11622
	1 中 央	1.075	3449	0	11622
底板	9, S9 端 部	0.075	-6420	21208	18160
	10 ハチ始点	0.225	-3460	***	18160
	S10 τ 点	0.225	-2147	16769	18160
	11 中 央	1.075	4980	0	18160
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-4395	-11622	14593
	5 上ハチ点	1.425	-2776	***	15195
	S5 上 τ点	1.425	-2066	-9004	15495
	6 中 間	0.836	737	0	17857
	S7 下 τ点	0.225	-2961	12656	20306
	7 下ハチ点	0.225	-3977	***	20607
	8, S8 下 端部	0.075	-6420	18160	21208



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



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>)

$P_{vd1}$	3.675	3.675	3.675
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	14.625	14.625	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	19.625
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	29.475	29.475	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	34.475
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	64.319	*****
$q_{v'}$	37.728	*****	37.728

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
$\alpha$	0.7674	0.7674	0.7674
$\beta$	0.7674	0.7674	0.7674
$N_1$	2.7674	2.7674	2.7674
$N_2$	2.7674	2.7674	2.7674
CAD (kN・m/m)	14.533	24.776	14.533
CBC (kN・m/m)	12.163	22.406	12.163
CAB (kN・m/m)	5.340	5.340	6.474
CBA (kN・m/m)	4.666	4.666	5.800
$\theta_A$	-4.947	-10.742	-4.305
$\theta_B$	4.497	10.292	3.855
MAB (kN・m/m)	-10.737	-16.532	-11.229
MAD (kN・m/m)	10.737	16.532	11.229
MBA (kN・m/m)	8.712	14.507	9.205
MBC (kN・m/m)	-8.712	-14.507	-9.205

## 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。

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

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

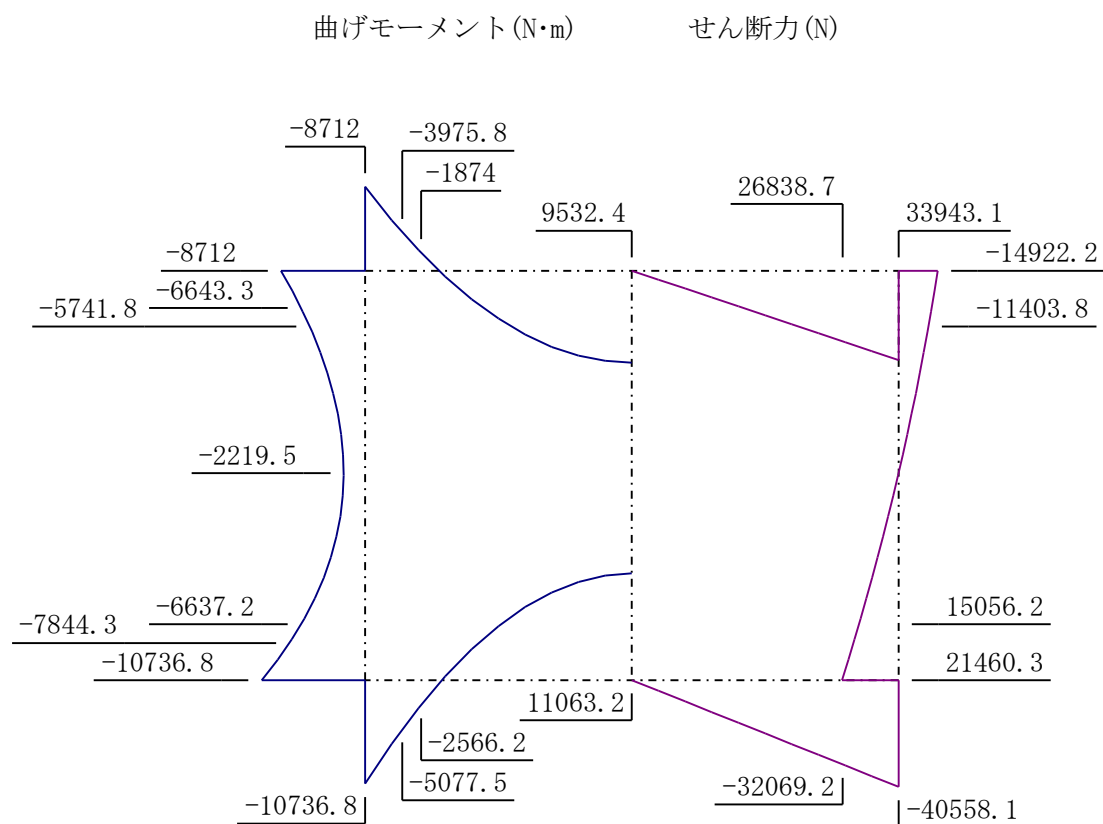
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	33.943	62.528	33.943
SCB (kN/m)	-33.943	-62.528	-33.943
Mmax (kN・m/m)	9.532	19.102	9.040
SAD (kN/m)	40.558	69.143	40.558
SDA (kN/m)	-40.558	-69.143	-40.558
Mmax (kN・m/m)	11.063	20.632	10.571
SAB (kN/m)	21.460	21.460	25.585
SBA (kN/m)	-14.922	-14.922	-19.047
x (m)	0.834	0.834	*****
	0.833	*****	0.833
Mmax (kN・m/m)	-2.220	-8.015	*****
Mmax (kN・m/m)	-2.220	*****	-1.011

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。

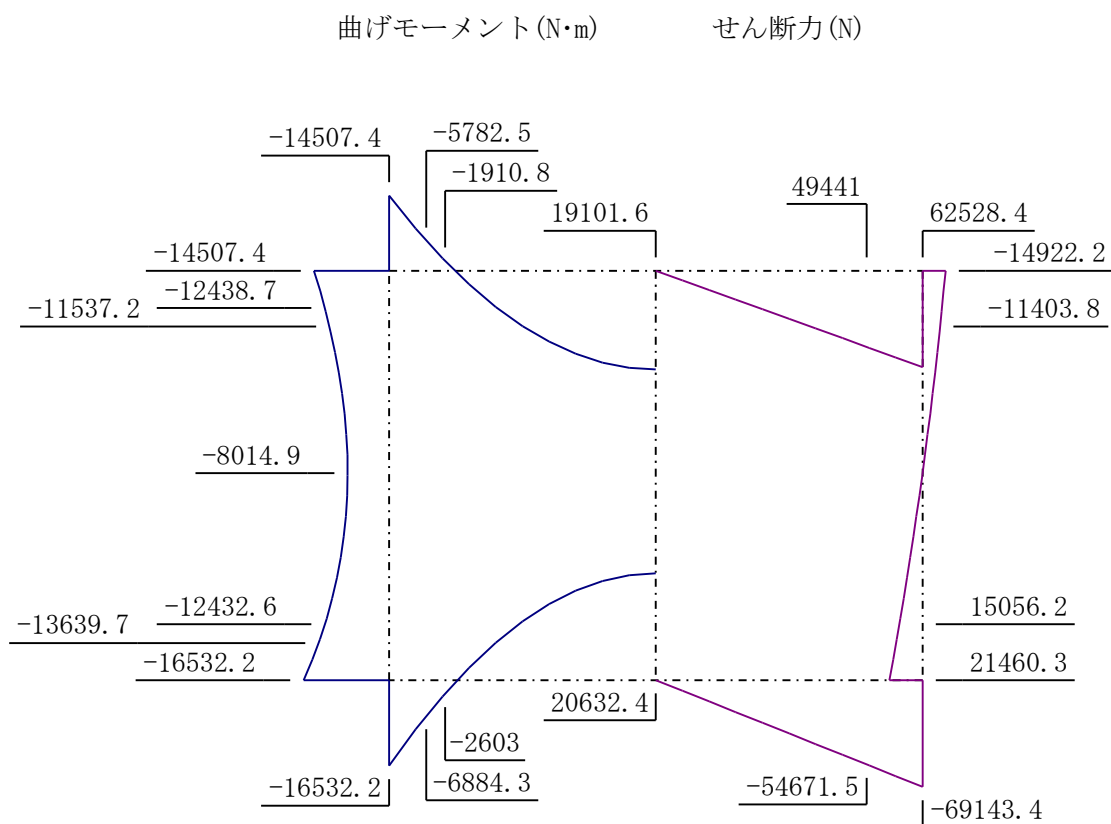
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	0.075	-8712	33943	14922
	2 ハッチ始点	0.225	-3976	***	14922
	S2 τ 点	0.225	-1874	26839	14922
	1 中 央	1.075	9532	0	14922
底板	9, S9 端 部	0.075	-10737	40558	21460
	10 ハッチ始点	0.225	-5078	***	21460
	S10 τ 点	0.225	-2566	32069	21460
	11 中 央	1.075	11063	0	21460
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-8712	-14922	33943
	5 上ハッチ点	1.425	-6643	***	34545
	S5 上 τ 点	1.425	-5742	-11404	34845
	6 中 間	0.834	-2220	*****	37215
		0.833	-2220	*****	37219
	S7 下 τ 点	0.225	-6637	15056	39656
	7 下ハッチ点	0.225	-7844	***	39957
	8, S8 下 端部	0.075	-10737	21460	40558



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

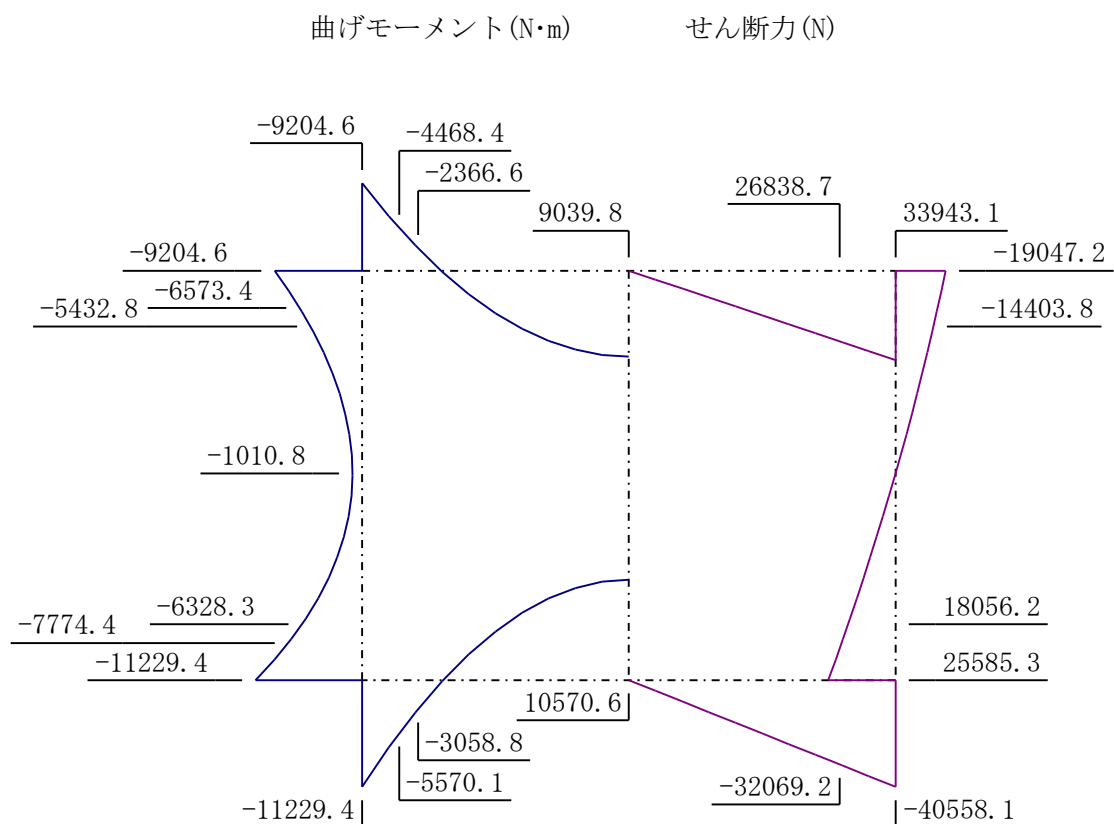
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-14507	62528	14922
	2 ハチ始点	0.225	-5783	***	14922
	S2 τ 点	0.225	***	49441	***
	1 中 央	1.075	19102	0	14922
底板	9, S9 端 部	0.075	-16532	69143	21460
	10 ハチ始点	0.225	-6884	***	21460
	S10 τ 点	0.225	***	54672	***
	11 中 央	1.075	20632	0	21460
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-14507	-14922	62528
	5 上ハチ点	1.425	-12439	***	63130
	S5 上 τ点	1.425	***	-11404	***
	6 中 間	0.834	-8015	0	65800
	S7 下 τ点	0.225	***	15056	***
	7 下ハチ点	0.225	-13640	***	68542
	8, S8 下 端部	0.075	-16532	21460	69143





## (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	0.075	-9205	33943	19047
	2 ハチ始点	0.225	-4468	***	19047
	S2 τ 点	0.225	***	26839	***
	1 中 央	1.075	9040	0	19047
底板	9, S9 端 部	0.075	-11229	40558	25585
	10 ハチ始点	0.225	-5570	***	25585
	S10 τ 点	0.225	***	32069	***
	11 中 央	1.075	10571	0	25585
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-9205	-19047	33943
	5 上ハチ点	1.425	-6573	***	34545
	S5 上 τ 点	1.425	***	-14404	***
	6 中 間	0.833	-1011	0	37219
	S7 下 τ 点	0.225	***	18056	*****
	7 下ハチ点	0.225	-7774	***	39957
	8, S8 下 端部	0.075	-11229	25585	40558



## 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

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
ハチ始点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
τ 点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
中 央	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00

## 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 21	3.00	3.464	290000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 21	3.00	3.464	290000	-0.50	外 側
τ 点	φ 21	3.00	3.464	290000	-0.50	外 側
中 央	φ 21	3.00	3.464	290000	0.50	内 側

## 5.1.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	4.87	-0.26	105.46	25.12	706.61	0.844	3
ハチ始点	837.18	5.88	0.07	123.36	25.12	688.70	0.823	3
τ 点	837.18	5.88	0.03	122.82	25.12	689.25	0.823	3
中 央	837.18	5.88	-0.17	119.85	25.12	692.22	0.827	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.87	-0.26	105.46	25.12	706.61	0.844	3
ハチ始点	837.18	5.88	0.07	123.36	25.12	688.70	0.823	3
τ 点	837.18	5.88	0.03	122.82	25.12	689.25	0.823	3
中 央	837.18	5.88	-0.17	119.85	25.12	692.22	0.827	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	4.87	-0.12	107.60	25.12	704.46	0.841	1
ハチ始点	837.18	5.88	0.03	122.81	25.12	689.25	0.823	1
τ 点	837.18	5.88	0.02	122.58	25.12	689.49	0.824	1
中 央	837.18	5.88	-0.07	121.30	25.12	690.76	0.825	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.87	-0.12	107.60	25.12	704.46	0.841	1
ハチ始点	837.18	5.88	0.03	122.81	25.12	689.25	0.823	1
τ 点	837.18	5.88	0.02	122.58	25.12	689.49	0.824	1
中 央	837.18	5.88	-0.07	121.30	25.12	690.76	0.825	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	1.31	0.07	1.47	2.85	3
ハチ始点	1.06	0.10	5.73	6.89	3
中 央	2.54	0.10	3.84	6.48	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.31	0.07	5.87	4.64	3
ハチ始点	-1.06	0.10	3.82	2.86	3
中 央	-2.54	0.10	5.75	3.31	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.42	0.05	1.46	3.93	1
ハチ始点	2.05	0.07	5.73	7.85	1
中 央	6.59	0.07	3.83	10.49	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.42	0.05	5.86	3.49	1
ハチ始点	-2.05	0.07	3.82	1.84	1
中 央	-6.59	0.07	5.74	-0.78	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	-21.738	2.66	4.79	7.1	0.0	0.000	0.000	1
ハチ始点	-10.374	1.14	8.59	1.8	0.0	0.000	0.000	1
中 央	33.364	-3.06	12.82	2.9	44.3	2.771	1.447	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 12	D 0	— 0	4.280 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 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)	$\sigma c'$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma i$	ケース
端 部	100.0	5000	14.922	62.528	734.31	3.75	0.47	-0.058	3
$\tau$ 点	100.0	2813	10.030	54.084	716.27	4.84	0.54	-0.060	1
						$\sigma i > -1.00$	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	-3.902	-12.200	-35.573	-27.374	-35.573	1
ハチ始点	-1.866	-5.818	-16.971	-13.063	-16.971	1
中 央	3.941	20.773	57.056	42.014	57.056	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	10.392	4.280	12.0	16.5	0.069	0.010	105.91	3.0	1
ハチ始点	10.392	4.280	7.0	11.5	0.069	0.016	57.99	3.4	1
中 央	10.392	5.941	8.0	11.5	0.069	0.015	71.73	1.3	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	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
ハチ始点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
τ 点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
中 央	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00

## 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 19	3.00	2.835	240000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 19	3.00	2.835	240000	-0.50	外 側
τ 点	φ 19	3.00	2.835	240000	-0.50	外 側
中 央	φ 19	3.00	2.835	240000	0.50	内 側

## 5.2.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	4.03	-0.32	93.38	25.40	727.78	0.860	3
ハチ始点	846.56	4.86	0.09	110.68	25.40	710.49	0.839	3
τ 点	846.56	4.86	0.05	110.01	25.40	711.15	0.840	3
中 央	846.56	4.86	-0.20	106.40	25.40	714.76	0.844	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	4.03	-0.32	93.38	25.40	727.78	0.860	3
ハチ始点	846.56	4.86	0.09	110.68	25.40	710.49	0.839	3
τ 点	846.56	4.86	0.05	110.01	25.40	711.15	0.840	3
中 央	846.56	4.86	-0.20	106.40	25.40	714.76	0.844	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	4.03	-0.32	93.38	25.40	727.78	0.860	3
ハチ始点	846.56	4.86	0.09	110.68	25.40	710.49	0.839	3
τ 点	846.56	4.86	0.05	110.01	25.40	711.15	0.840	4
中 央	846.56	4.86	-0.20	106.40	25.40	714.76	0.844	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	4.03	-0.32	93.38	25.40	727.78	0.860	3
ハチ始点	846.56	4.86	0.09	110.68	25.40	710.49	0.839	3
τ 点	846.56	4.86	0.05	110.01	25.40	711.15	0.840	4
中 央	846.56	4.86	-0.20	106.40	25.40	714.76	0.844	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	1.61	0.11	1.24	2.96	3
ハチ始点	1.35	0.14	4.83	6.33	3
中 央	2.95	0.14	3.24	6.34	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.61	0.11	4.95	3.45	3
ハチ始点	-1.35	0.14	3.22	2.01	3
中 央	-2.95	0.14	4.86	2.06	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.48	0.11	1.24	3.83	3
ハチ始点	1.84	0.14	4.83	6.81	3
中 央	5.50	0.14	3.24	8.89	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.48	0.11	4.95	2.58	3
ハチ始点	-1.84	0.14	3.22	1.53	3
中 央	-5.50	0.14	4.86	-0.50	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	-22.318	1.75	4.73	5.4	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-9.294	0.94	7.51	1.7	0.0	0.000	0.000	3
中 央	27.854	-2.37	10.86	2.7	31.9	1.992	1.344	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 12	D 0	— 0	4.280 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 12	D 0	— 0	7.602 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2

## 5.2.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm <sup>3</sup> )	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	σ c' (N/mm <sup>2</sup> )	τ (N/mm <sup>2</sup> )	σ i	ケース
端 部	100.0	5000	21.460	69.143	618.98	3.20	0.52	-0.082	3
τ 点	100.0	2813	21.460	54.672	604.84	4.18	0.55	-0.070	3
σ i > -1.00								CHECK OK	

## 5.2.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位 置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端 部	-10.737	-5.795	-28.446	-28.105	-28.446	3
ハッチ始点	-5.077	-1.807	-11.118	-11.703	-11.703	3
中 央	5.472	14.847	44.232	34.543	44.232	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	8.505	4.280	12.0	16.5	0.069	0.008	92.58	3.3	3
ハッチ始点	8.505	4.280	7.0	11.5	0.069	0.014	52.21	4.5	3
中 央	8.505	7.602	8.0	11.5	0.069	0.013	69.79	1.6	1
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	-16.102	57.139	28.18	6.50	19.816	1
	上ハチ点	-14.666	57.740	25.40	4.00	16.976	1
側壁	中 間	-10.384	61.120	16.99	4.00	12.829	1
	下ハチ点	-13.640	68.542	19.90	4.00	16.381	3
	下端部	-16.532	69.143	23.91	6.50	21.027	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	19.816	7.84	11.34	20.00	4.837
	上ハチ点	16.976	7.26	10.76	15.00	7.063
側壁	中 間	12.829	6.31	9.81	15.00	4.112
	下ハチ点	16.381	7.13	10.63	15.00	5.992
	下端部	21.027	8.08	11.58	20.00	4.628
$d + d' < T$					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 13 - 12
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	7.602	6.305	4.37	105.9	0.0
	上ハチ点	100.00	7.602	4.800	7.14	149.6	0.0
	中間	100.00	7.602	5.189	5.06	92.3	0.0
	下ハチ点	100.00	7.602	5.013	6.65	129.1	0.0
	下端部	100.00	7.602	6.549	4.49	102.2	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	54.084	11.539	49.441	26.839				
	M	-3.590							
	N	10.030							
	最大	○							
底版 τ点	S	50.410	16.769	54.672	32.069				
	M			-2.603					
	N			21.460					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-8.537	-9.004	-11.404	-14.404				
	M				-5.433				
	N				34.845				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	7.123	12.656	15.056	18.056				
	M				-6.328				
	N				39.656				
	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 b d 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	15.0	3.5	11.5	1.400	D10-6	4.280	0.372	1.072
底版 $\tau$ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D10-6	4.280	0.372	1.072
側壁上 $\tau$ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D13-6	7.602	0.661	1.297
側壁下 $\tau$ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D13-6	7.602	0.661	1.297

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	-3.590	716.3	10.030	0.150	0.00375	-0.01	18.158	2.000
底版 $\tau$ 点	-2.603	604.8	21.460	0.150	0.00375	-0.01	15.657	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-5.433	0.0	34.845	0.150	0.00375	0.00	0.871	1.160
側壁下 $\tau$ 点	-6.328	0.0	39.656	0.150	0.00375	0.00	0.991	1.157

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	1.072	2.000	0.810
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.072	2.000	0.810
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.297	1.160	0.569
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.297	1.157	0.567

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	54.084	11.5	0.470	0.810
底版 $\tau$ 点	54.672	11.5	0.475	0.810
側壁上 $\tau$ 点	14.404	11.5	0.125	0.569
側壁下 $\tau$ 点	18.056	11.5	0.157	0.567

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上