

受付 No.

台帳 No. PM411000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 3500 mm

内 高 (H) 1300 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) 3500 × (H) 1300 × (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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

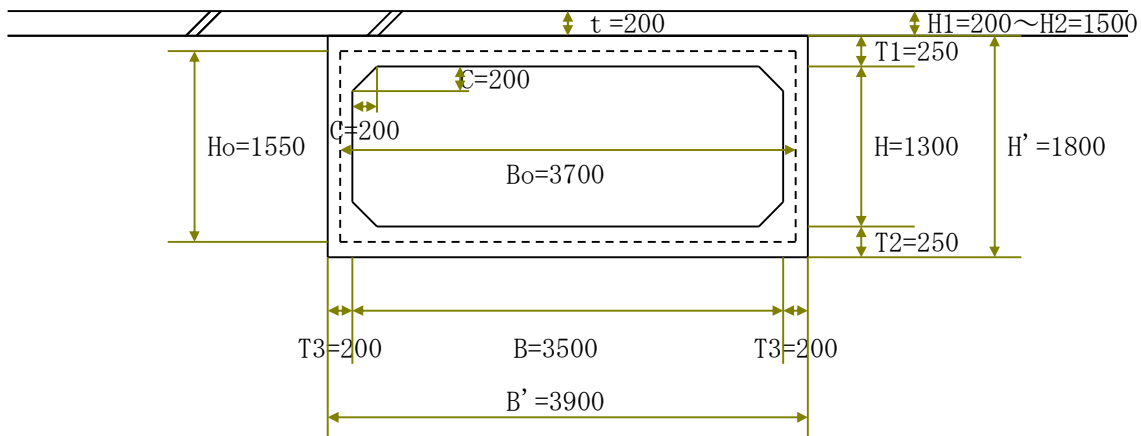
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

### 1.11 標準断面図



[単位:mm]

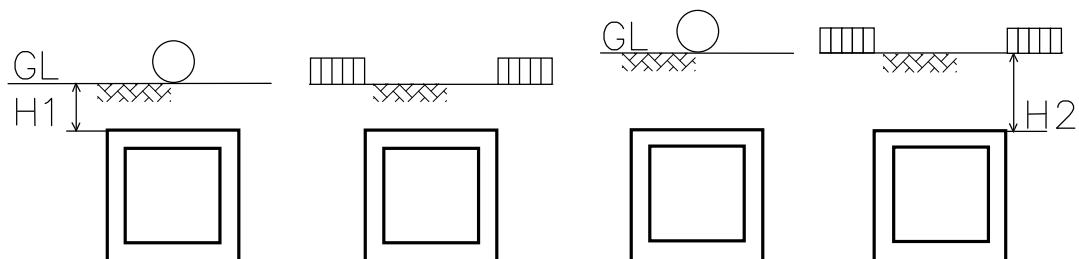
### 1.12 荷重の組合せ

CASE-1,5

CASE-2,6

CASE-3,7

CASE-4,8



[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

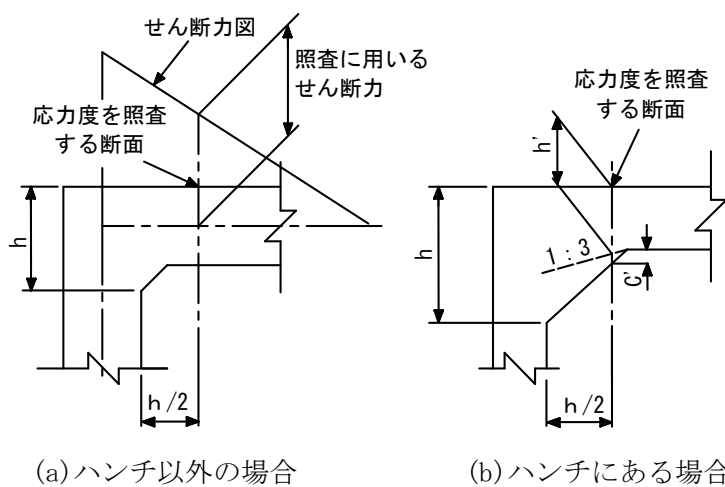
せん断力



### 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。

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



## 3.1.2 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
$\alpha$	0.8182	0.8182	0.8182
$\beta$	0.8182	0.8182	0.8182
N1	2.8182	2.8182	2.8182
N2	2.8182	2.8182	2.8182
CAD (kN・m/m)	17.409	43.646	17.409
CBC (kN・m/m)	12.121	51.131	12.121
CAB (kN・m/m)	2.351	2.351	3.352
CBA (kN・m/m)	1.793	1.793	2.794
$\theta_A$	-7.600	-23.870	-7.050
$\theta_B$	6.362	25.977	5.811
MAB (kN・m/m)	-11.191	-24.115	-11.641
MAD (kN・m/m)	11.191	24.115	11.641
MBA (kN・m/m)	6.916	29.877	7.367
MBC (kN・m/m)	-6.916	-29.877	-7.367

## 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)	19.656	62.202	19.656
SCB	(kN/m)	-19.656	-62.202	-19.656
Mmax	(kN・m/m)	11.266	60.633	10.815
SAD	(kN/m)	28.231	70.777	28.231
SDA	(kN/m)	-28.231	-70.777	-28.231
Mmax	(kN・m/m)	14.923	41.353	14.473
SAB	(kN/m)	12.581	6.106	16.456
SBA	(kN/m)	-3.462	-9.937	-7.337
x	(m)	0.392	0.392	*****
		0.901	*****	0.901
Mmax	(kN・m/m)	-7.500	-22.962	*****
Mmax	(kN・m/m)	-5.790	*****	-4.779

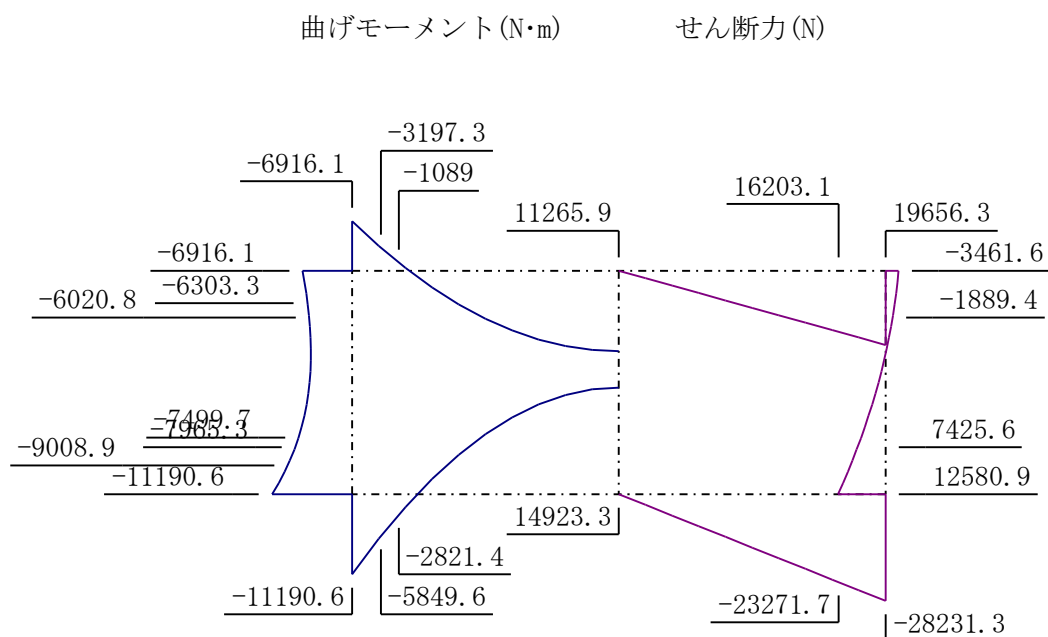
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



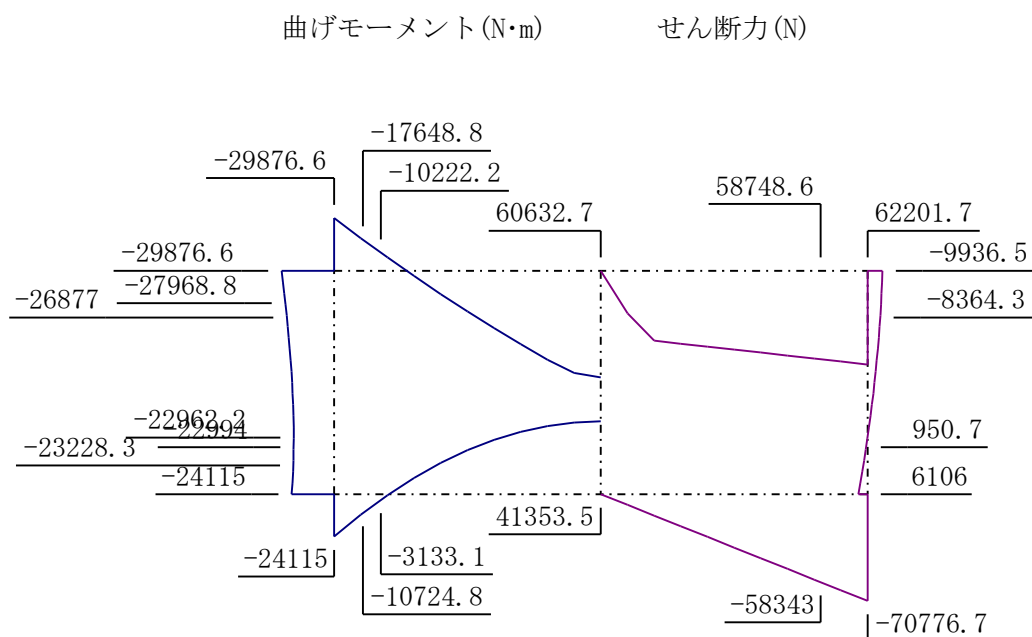
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	-6916	19656	3462
	2 ハッチ始点	0.300	-3197	***	3462
	S2 τ 点	0.325	-1089	16203	3462
	1 中 央	1.850	11266	0	3462
底版	9, S9 端 部	0.100	-11191	28231	12581
	10 ハッチ始点	0.300	-5850	***	12581
	S10 τ 点	0.325	-2821	23272	12581
	11 中 央	1.850	14923	0	12581
側壁	4, S4 上 端部	1.425	-6916	-3462	19656
	5 上ハッチ点	1.225	-6303	***	20763
	S5 上 τ 点	1.225	-6021	-1889	21454
	6 中 間	0.392	-7500	*****	26063
		0.901	-5790	*****	23247
	S7 下 τ 点	0.325	-7965	7426	26433
	7 下ハッチ点	0.325	-9009	***	27125
	8, S8 下 端部	0.125	-11191	12581	28231



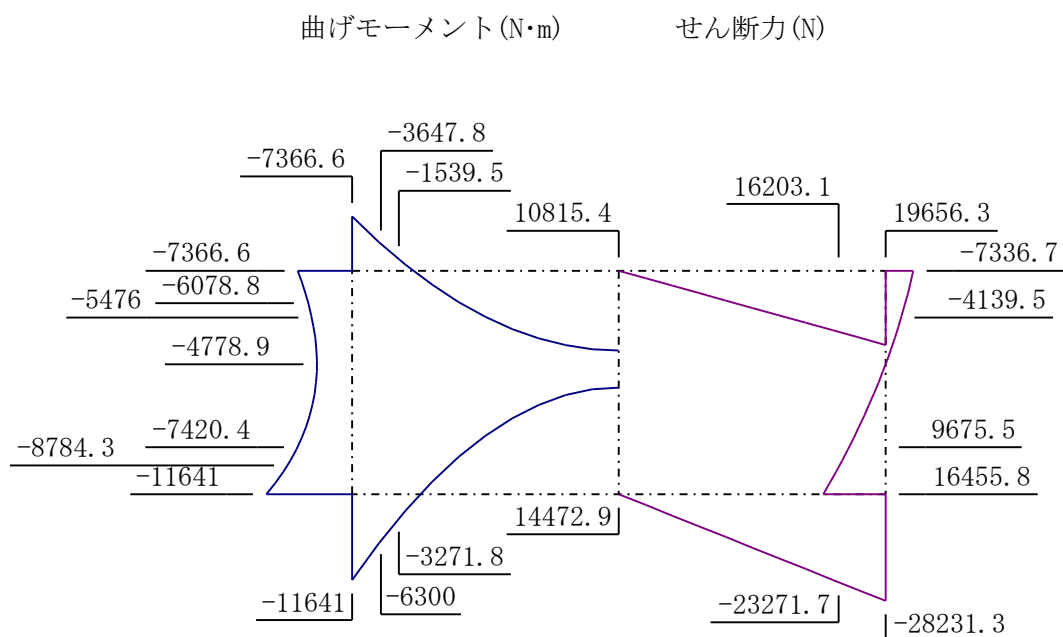
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

					[ /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	-29877	62202	9937
	2 ハチ始点	0.300	-17649	***	9937
	S2 τ 点	0.325	-10222	58749	9937
	1 中 央	1.850	60633	0	9937
底板	9, S9 端 部	0.100	-24115	70777	6106
	10 ハチ始点	0.300	-10725	***	6106
	S10 τ 点	0.325	-3133	58343	6106
	11 中 央	1.850	41354	0	6106
側壁	4, S4 上 端部	1.425	-29877	-9937	62202
	5 上ハチ点	1.225	-27969	***	63308
	S5 上 τ点	1.225	-26877	-8364	64000
	6 中 間	0.392	-22962	0	68608
	S7 下 τ点	0.325	-22994	951	68979
	7 下ハチ点	0.325	-23228	***	69670
	8, S8 下 端部	0.125	-24115	6106	70777



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

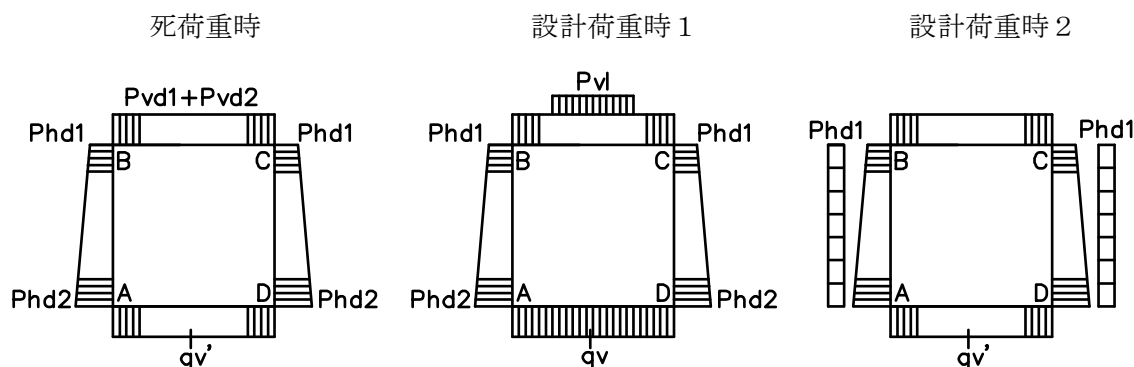
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-7367	19656	7337
	2 ハチ始点	0.300	-3648	***	7337
	S2 τ 点	0.325	-1540	16203	7337
	1 中 央	1.850	10815	0	7337
底版	9, S9 端 部	0.100	-11641	28231	16456
	10 ハチ始点	0.300	-6300	***	16456
	S10 τ 点	0.325	-3272	23272	16456
	11 中 央	1.850	14473	0	16456
側壁	4, S4 上 端部	1.425	-7367	-7337	19656
	5 上ハチ点	1.225	-6079	***	20763
	S5 上 τ 点	1.225	-5476	-4140	21454
	6 中 間	0.901	-4779	0	23247
	S7 下 τ 点	0.325	-7420	9676	26433
	7 下ハチ点	0.325	-8784	***	27125
	8, S8 下 端部	0.125	-11641	16456	28231



## 3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

## 3.2.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H2 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $Phd1 = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$   
 $Phd2 = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重  
 輪分布幅  $u = a + 2 \times H2 = 3.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H2 = 3.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値	死荷重時 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 1 CASE-3 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 2 CASE-4 (kN/m <sup>2</sup> )
$P_{vd1}$	6.125	6.125	6.125
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$Phd1 = Phd1$	15.075	15.075	*****
$Phd1 = Phd1 + P_q$	*****	*****	20.075
$Phd3 = Phd3$	*****	*****	*****
$Phd3 = Phd3 + P_q$	*****	*****	*****
$Phd5 = Phd5$	*****	*****	*****
$Phd5 = Phd5 + P_q$	*****	*****	*****
$Phd2 = Phd2$	29.025	29.025	*****
$Phd2 = Phd2 + P_q$	*****	*****	34.025
$Phd4 = Phd4$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	61.658	*****
$q_{v'}$	38.660	*****	38.660

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

$$\alpha = (H_o \times T1^3) / (B_o \times T3^3)$$

$$\beta = (H_o \times T2^3) / (B_o \times T3^3)$$

$$N1 = 2 + \alpha$$

$$N2 = 2 + \beta$$

(2) 荷 重 項

$$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$

$$CBC = \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{vl} \times u \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o)$$

$$CAB = (H_o^2) \times (2 \times Phd1 + 3 \times Phd2) / 60$$

$$CBA = (H_o^2) \times (2 \times Phd2 + 3 \times Phd1) / 60$$

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、 $P_{vl} = 0$   
 注 3)  $Phd1 \sim Phd5$  は、水平荷重 (設計荷重参照)

(3) た わ み 角

$$\theta A = \{N1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N1 \times N2 - 1)$$

$$\theta B = \{N2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N1 \times N2 - 1)$$

(4) 端モーメント

$$MAB = 2 \times \theta A + \theta B - CAB$$

$$MAD = \beta \times \theta A + CAD$$

$$MBA = 2 \times \theta B + \theta A + CBA$$

$$MBC = \alpha \times \theta B - CBA$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
$\alpha$	0.8182	0.8182	0.8182
$\beta$	0.8182	0.8182	0.8182
N1	2.8182	2.8182	2.8182
N2	2.8182	2.8182	2.8182
CAD (kN・m/m)	44.105	70.341	44.105
CBC (kN・m/m)	38.817	68.359	38.817
CAB (kN・m/m)	4.694	4.694	5.695
CBA (kN・m/m)	4.135	4.135	5.136
$\theta A$	-20.995	-35.901	-20.444
$\theta B$	19.756	35.528	19.205
MAB (kN・m/m)	-26.927	-40.967	-27.378
MAD (kN・m/m)	26.927	40.967	27.378
MBA (kN・m/m)	22.653	39.290	23.103
MBC (kN・m/m)	-22.653	-39.290	-23.103

## 3.2.3 各部材の断面力

## (1) 頂 版

## 1) セン断力

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

## 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) セン断力

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

## 2) 曲げモーメント

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

## (3) 側 壁

## 1) セン断力

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

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

## 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。

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

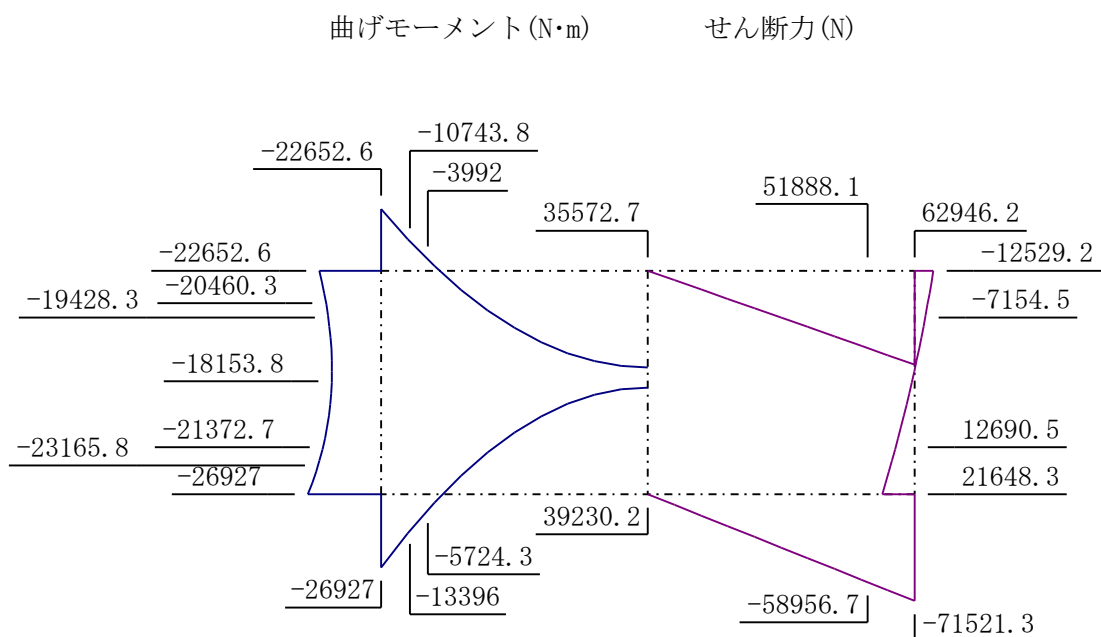
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	62.946	105.492	62.946
SCB (kN/m)	-62.946	-105.492	-62.946
Mmax (kN・m/m)	35.573	63.608	35.122
SAD (kN/m)	71.521	114.067	71.521
SDA (kN/m)	-71.521	-114.067	-71.521
Mmax (kN・m/m)	39.230	64.544	38.780
SAB (kN/m)	21.648	19.973	25.523
SBA (kN/m)	-12.529	-14.205	-16.404
x (m)	0.783	0.783	*****
	0.844	*****	0.844
Mmax (kN・m/m)	-18.154	-33.506	*****
Mmax (kN・m/m)	-18.092	*****	-17.053

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。

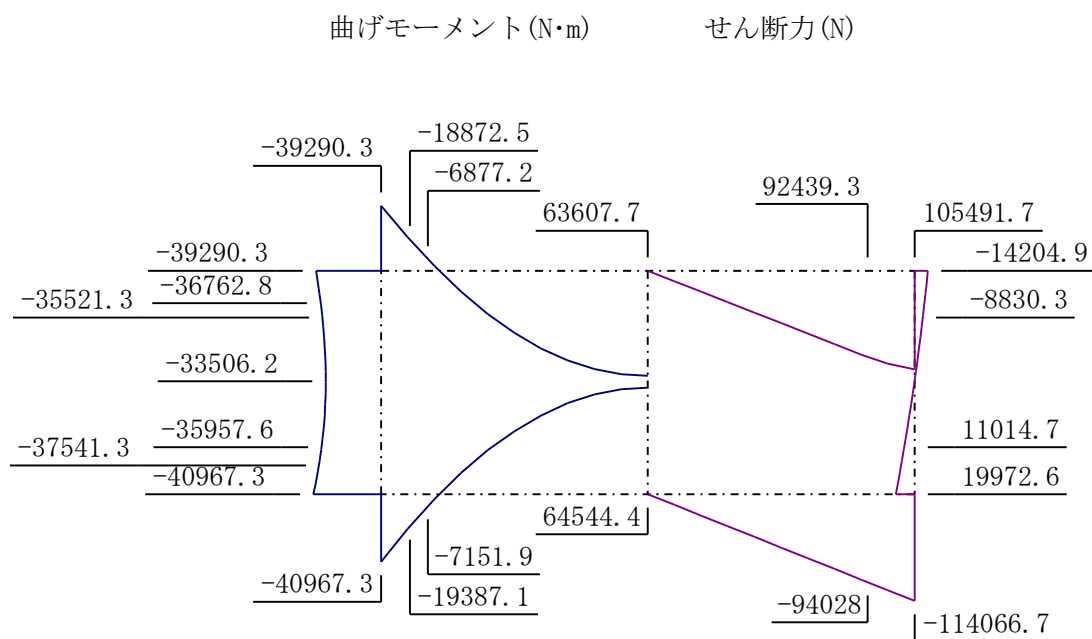
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	-22653	62946	12529
	2 ハッチ始点	0.300	-10744	***	12529
	S2 τ 点	0.325	-3992	51888	12529
	1 中 央	1.850	35573	0	12529
底版	9, S9 端 部	0.100	-26927	71521	21648
	10 ハッチ始点	0.300	-13396	***	21648
	S10 τ 点	0.325	-5724	58957	21648
	11 中 央	1.850	39230	0	21648
側壁	4, S4 上 端部	1.425	-22653	-12529	62946
	5 上ハッチ点	1.225	-20460	***	64053
	S5 上 τ 点	1.225	-19428	-7155	64744
	6 中 間	0.783	-18154	*****	67190
		0.844	-18092	*****	66852
	S7 下 τ 点	0.325	-21373	12691	69723
	7 下ハッチ点	0.325	-23166	***	70415
	8, S8 下 端部	0.125	-26927	21648	71521



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

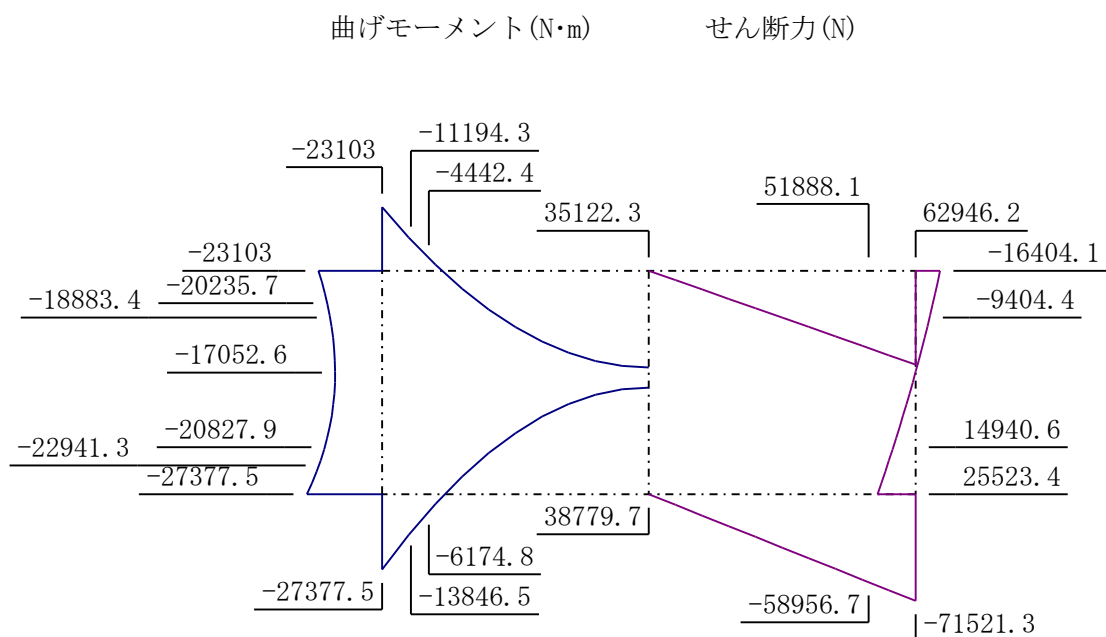
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-39290	105492	14205
	2 ハッチ始点	0.300	-18873	***	14205
	S2 τ 点	0.325	***	92439	***
	1 中 央	1.850	63608	0	14205
底板	9, S9 端 部	0.100	-40967	114067	19973
	10 ハッチ始点	0.300	-19387	***	19973
	S10 τ 点	0.325	***	94028	***
	11 中 央	1.850	64544	0	19973
側壁	4, S4 上 端部	1.425	-39290	-14205	105492
	5 上ハッチ点	1.225	-36763	***	106598
	S5 上 τ 点	1.225	***	-8830	***
	6 中 間	0.783	-33506	0	109735
	S7 下 τ 点	0.325	***	11015	***
	7 下ハッチ点	0.325	-37541	***	112960
	8, S8 下 端部	0.125	-40967	19973	114067





## (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	-23103	62946	16404
	2 ハチ始点	0.300	-11194	***	16404
	S2 τ 点	0.325	***	51888	***
	1 中 央	1.850	35122	0	16404
底板	9, S9 端 部	0.100	-27378	71521	25523
	10 ハチ始点	0.300	-13847	***	25523
	S10 τ 点	0.325	***	58957	***
	11 中 央	1.850	38780	0	25523
側壁	4, S4 上 端部	1.425	-23103	-16404	62946
	5 上ハチ点	1.225	-20236	***	64053
	S5 上 τ 点	1.225	***	-9404	***
	6 中 間	0.844	-17053	0	66852
	S7 下 τ 点	0.325	***	14941	*****
	7 下ハチ点	0.325	-22941	***	70415
	8, S8 下 端部	0.125	-27378	25523	71521



## 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

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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	31.67	3166.7	264621.91	15.83	16712.96
ハチ始点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
τ 点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
中 央	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67

## 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 21	3.33	3.464	290000	1.33	外 側
ハチ始点	φ 21	3.33	3.464	290000	-2.00	外 側
τ 点	φ 21	3.33	3.464	290000	-2.00	外 側
中 央	φ 21	3.33	3.464	290000	2.00	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	837.18	3.12	-0.11	83.91	25.12	728.16	0.870	3
ハチ始点	837.18	4.16	0.17	102.42	25.12	709.64	0.848	3
τ 点	837.18	4.16	0.06	100.86	25.12	711.20	0.850	3
中 央	837.18	4.16	-0.55	91.72	25.12	720.35	0.860	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.12	-0.11	83.91	25.12	728.16	0.870	3
ハチ始点	837.18	4.16	0.17	102.42	25.12	709.64	0.848	3
τ 点	837.18	4.16	0.06	100.86	25.12	711.20	0.850	3
中 央	837.18	4.16	-0.55	91.72	25.12	720.35	0.860	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.12	-0.11	83.91	25.12	728.16	0.870	3
ハチ始点	837.18	4.16	0.17	102.42	25.12	709.64	0.848	3
τ 点	837.18	4.16	0.02	100.19	25.12	711.88	0.850	1
中 央	837.18	4.16	-0.55	91.72	25.12	720.35	0.860	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.12	-0.11	83.91	25.12	728.16	0.870	3
ハチ始点	837.18	4.16	0.17	102.42	25.12	709.64	0.848	3
τ 点	837.18	4.16	0.02	100.19	25.12	711.88	0.850	1
中 央	837.18	4.16	-0.55	91.72	25.12	720.35	0.860	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	1.36	0.04	1.98	3.38	3
ハチ始点	1.03	0.05	4.85	5.93	3
中 央	3.41	0.05	1.73	5.20	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.36	0.04	3.33	2.01	3
ハチ始点	-1.03	0.05	1.70	0.72	3
中 央	-3.41	0.05	4.92	1.56	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.35	0.04	1.98	4.38	3
ハチ始点	1.81	0.06	4.85	6.72	3
中 央	6.11	0.06	1.73	7.89	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.35	0.04	3.33	1.02	3
ハチ始点	-1.81	0.06	1.70	-0.05	3
中 央	-6.11	0.06	4.92	-1.13	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	-53.042	0.21	5.22	1.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-25.478	-0.66	7.37	2.1	6.9	0.430	1.034	3
中 央	85.870	-3.24	10.05	6.1	98.9	6.180	3.049	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

## 5.1.6 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	12535	14.205	105.492	840.78	2.70	0.50	-0.090	3
τ 点	100.0	7813	14.205	92.439	821.20	3.34	0.55	-0.090	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	-22.653	-16.638	-71.043	-66.794	-71.043	3
ハッチ始点	-3.197	-14.452	-40.285	-30.003	-40.285	1
中 央	11.266	49.367	138.063	103.076	138.063	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	11.547	8.447	17.2	28.2	0.069	0.008	210.03	3.0	3
ハッチ始点	11.547	8.447	10.5	21.5	0.069	0.013	131.78	3.3	1
中 央	11.547	8.447	14.5	21.5	0.069	0.009	168.76	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	31.67	3166.7	264621.91	15.83	16712.96
ハチ始点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
τ 点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
中 央	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67

## 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 21	3.33	3.464	290000	1.33	外 側
ハチ始点	φ 21	3.33	3.464	290000	-2.00	外 側
τ 点	φ 21	3.33	3.464	290000	-2.00	外 側
中 央	φ 21	3.33	3.464	290000	2.00	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	837.18	3.12	-0.14	83.58	25.12	728.49	0.870	3
ハチ始点	837.18	4.16	0.21	103.04	25.12	709.03	0.847	3
τ 点	837.18	4.16	0.09	101.26	25.12	710.80	0.849	3
中 央	837.18	4.16	-0.60	90.88	25.12	721.19	0.861	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.12	-0.14	83.58	25.12	728.49	0.870	3
ハチ始点	837.18	4.16	0.21	103.04	25.12	709.03	0.847	3
τ 点	837.18	4.16	0.09	101.26	25.12	710.80	0.849	3
中 央	837.18	4.16	-0.60	90.88	25.12	721.19	0.861	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.12	-0.14	83.58	25.12	728.49	0.870	3
ハチ始点	837.18	4.16	0.21	103.04	25.12	709.03	0.847	3
τ 点	837.18	4.16	0.09	101.26	25.12	710.80	0.849	3
中 央	837.18	4.16	-0.60	90.88	25.12	721.19	0.861	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.12	-0.14	83.58	25.12	728.49	0.870	3
ハチ始点	837.18	4.16	0.21	103.04	25.12	709.03	0.847	3
τ 点	837.18	4.16	0.09	101.26	25.12	710.80	0.849	3
中 央	837.18	4.16	-0.60	90.88	25.12	721.19	0.861	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	0.07	1.99	3.66	3
ハチ始点	1.29	0.09	4.85	6.22	3
中 央	3.77	0.09	1.73	5.58	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.61	0.07	3.33	1.78	3
ハチ始点	-1.29	0.09	1.70	0.50	3
中 央	-3.77	0.09	4.93	1.25	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.45	0.06	1.99	4.50	3
ハチ始点	1.86	0.08	4.85	6.79	3
中 央	6.20	0.08	1.73	8.01	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.45	0.06	3.33	0.94	3
ハチ始点	-1.86	0.08	1.70	-0.08	3
中 央	-6.20	0.08	4.93	-1.19	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	-55.306	0.10	5.38	0.6	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-26.173	-0.70	7.47	2.1	7.5	0.471	1.074	3
中 央	87.135	-3.33	10.20	6.1	102.3	6.392	3.074	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	12535	19.973	114.067	841.16	2.72	0.54	-0.103	3
$\tau$ 点	100.0	7813	19.973	94.028	820.74	3.36	0.56	-0.092	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	-26.927	-14.040	-70.106	-69.644	-70.106	3
ハッチ始点	-13.396	-5.991	-32.393	-32.958	-32.958	3
中 央	39.230	25.314	114.285	109.725	114.285	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	11.547	8.447	17.2	28.2	0.069	0.008	210.03	3.0	3
ハッチ始点	11.547	8.447	10.5	21.5	0.069	0.013	131.78	4.0	3
中 央	11.547	8.447	14.5	21.5	0.069	0.009	168.76	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	-39.290	105.492	37.24	9.83	49.664	3
	上ハチ点	-36.763	106.598	34.49	6.50	43.692	3
側壁	中 間	-33.506	109.735	30.53	6.50	40.639	3
	下ハチ点	-37.541	112.960	33.23	6.50	44.884	3
	下端部	-40.967	114.067	35.92	9.83	52.184	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	49.664	12.42	15.92	26.67	8.609
	上ハチ点	43.692	11.65	15.15	20.00	12.757
側壁	中 間	40.639	11.23	14.73	20.00	11.119
	下ハチ点	44.884	11.80	15.30	20.00	12.925
	下端部	52.184	12.73	16.23	26.67	8.889
				$d + d' < T$	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 - 10
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	19.100	10.940	4.65	78.0	0.0
	上ハチ点	100.00	19.100	8.368	7.62	111.0	0.0
	中間	100.00	19.100	8.515	6.99	98.3	0.0
	下ハチ点	100.00	19.100	8.410	7.79	112.4	0.0
	下端部	100.00	19.100	11.015	4.86	80.4	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	58.749	16.203	92.439	51.888				
	M			-6.877					
	N			14.205					
	最大			○					
底版 τ点	S	58.343	23.272	94.028	58.957				
	M			-7.152					
	N			19.973					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-8.364	-4.139	-8.830	-9.404				
	M				-18.883				
	N				64.744				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	0.951	9.675	11.015	14.941				
	M				-20.828				
	N				69.723				
	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	25.0	3.5	21.5	1.400	D13-6.7	8.447	0.393	1.093
底版 $\tau$ 点	25.0	3.5	21.5	1.400	D13-6.7	8.447	0.393	1.093
側壁上 $\tau$ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-6.7	19.100	1.158	1.500
側壁下 $\tau$ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-6.7	19.100	1.158	1.500

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	-6.877	821.2	14.205	0.250	0.01042	-0.02	18.396	2.000
底版 $\tau$ 点	-7.152	820.7	19.973	0.250	0.01042	-0.02	18.625	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-18.883	0.0	64.744	0.200	0.00667	0.00	2.159	1.114
側壁下 $\tau$ 点	-20.828	0.0	69.723	0.200	0.00667	0.00	2.325	1.112

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	1.093	2.000	0.826
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.093	2.000	0.826
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.500	1.114	0.632
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.500	1.112	0.630

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	92.439	21.5	0.430	0.826
底版 $\tau$ 点	94.028	21.5	0.437	0.826
側壁上 $\tau$ 点	9.404	16.5	0.057	0.632
側壁下 $\tau$ 点	14.941	16.5	0.091	0.630

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上