

受付 No.

台帳 No. KM401003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 4000 mm  
内 高 (H) 2000 mm  
長 さ (L) 1500 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) 4000 × (H) 2000 × (L) 1500 [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)



## 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

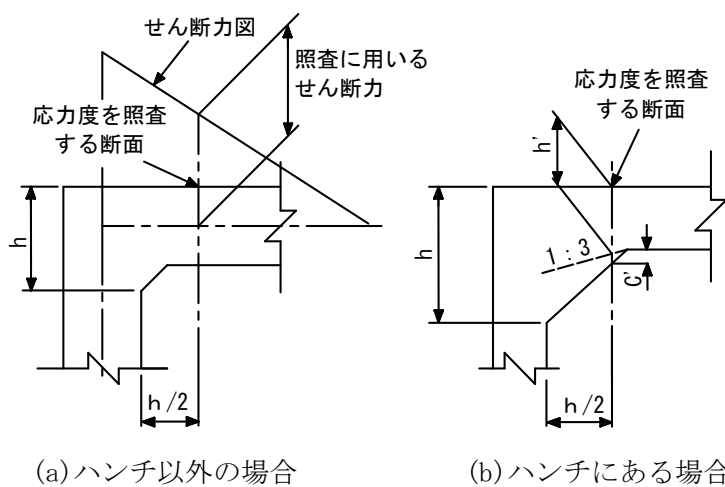
せん断力



### 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  $u = a + 2 \times H1 = 3.220 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 3.520 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (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> )
-------	------------------------------	---	--

$P_{vd1}$	7.350	7.350	7.350
$P_{vd2}$	28.080	28.080	28.080
$P_{hd1} = P_{hd1}$	15.390	15.390	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	20.390
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	36.090	36.090	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	41.090
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.426	0.000
$q_v$	*****	63.118	*****
$q_{v'}$	43.097	*****	43.097

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
$\alpha$	0.9352	0.9352	0.9352
$\beta$	0.9352	0.9352	0.9352
N1	2.9352	2.9352	2.9352
N2	2.9352	2.9352	2.9352
CAD (kN・m/m)	64.870	95.006	64.870
CBC (kN・m/m)	53.330	89.885	53.330
CAB (kN・m/m)	12.260	12.260	14.464
CBA (kN・m/m)	10.435	10.435	12.639
$\theta_A$	-25.911	-42.327	-24.772
$\theta_B$	23.442	41.489	22.303
MAB (kN・m/m)	-40.639	-55.424	-41.705
MAD (kN・m/m)	40.639	55.424	41.705
MBA (kN・m/m)	31.408	51.086	32.473
MBC (kN・m/m)	-31.408	-51.086	-32.473

## 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)	75.289	117.834	75.289
SCB	(kN/m)	-75.289	-117.834	-75.289
Mmax	(kN・m/m)	48.587	85.069	47.522
SAD	(kN/m)	91.581	134.127	91.581
SDA	(kN/m)	-91.581	-134.127	-91.581
Mmax	(kN・m/m)	56.666	87.085	55.601
SAB	(kN/m)	37.582	35.455	43.332
SBA	(kN/m)	-21.620	-23.747	-27.370
x	(m)	1.146	1.146	*****
		1.217	*****	1.217
Mmax	(kN・m/m)	-19.011	-36.234	*****
Mmax	(kN・m/m)	-18.924	*****	-16.694

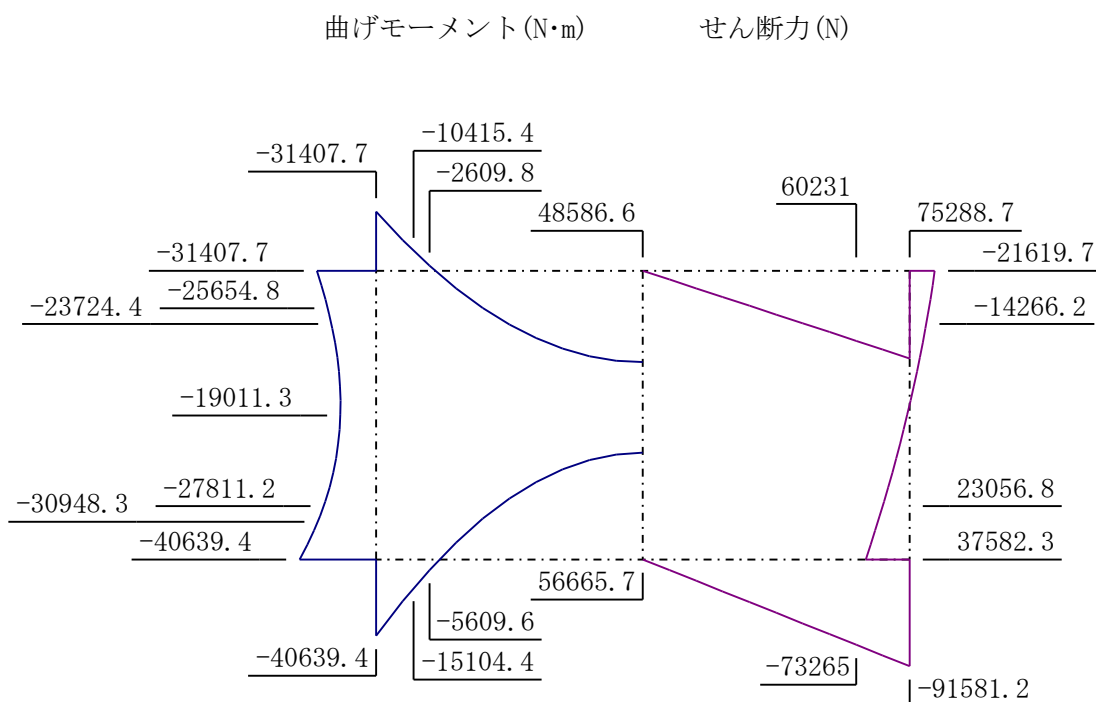
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



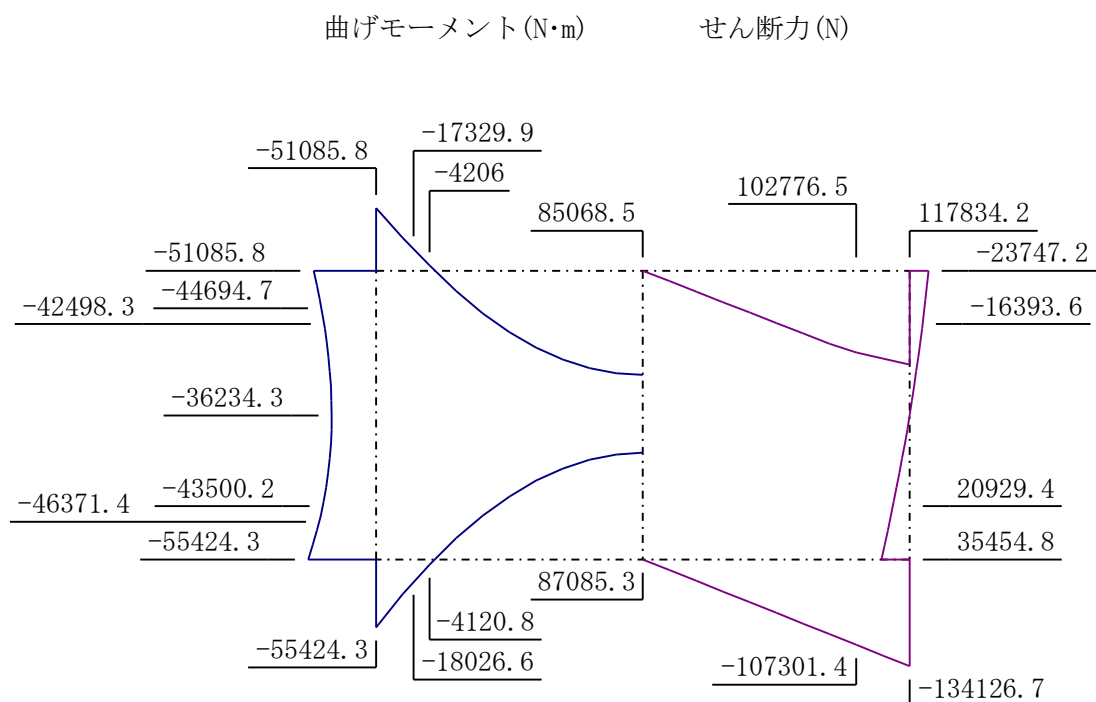
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	-31408	75289	21620
	2 ハッチ始点	0.425	-10415	***	21620
	S2 τ 点	0.425	-2610	60231	21620
	1 中 央	2.125	48587	0	21620
底版	9, S9 端 部	0.125	-40639	91581	37582
	10 ハッチ始点	0.425	-15104	***	37582
	S10 τ 点	0.425	-5610	73265	37582
	11 中 央	2.125	56666	0	37582
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-31408	-21620	75289
	5 上ハッチ点	1.850	-25655	***	77414
	S5 上 τ 点	1.875	-23724	-14266	78299
	6 中 間	1.146	-19011	*****	83463
		1.217	-18924	*****	82960
	S7 下 τ 点	0.425	-27811	23057	88571
	7 下ハッチ点	0.450	-30948	***	89456
	8, S8 下 端部	0.150	-40639	37582	91581



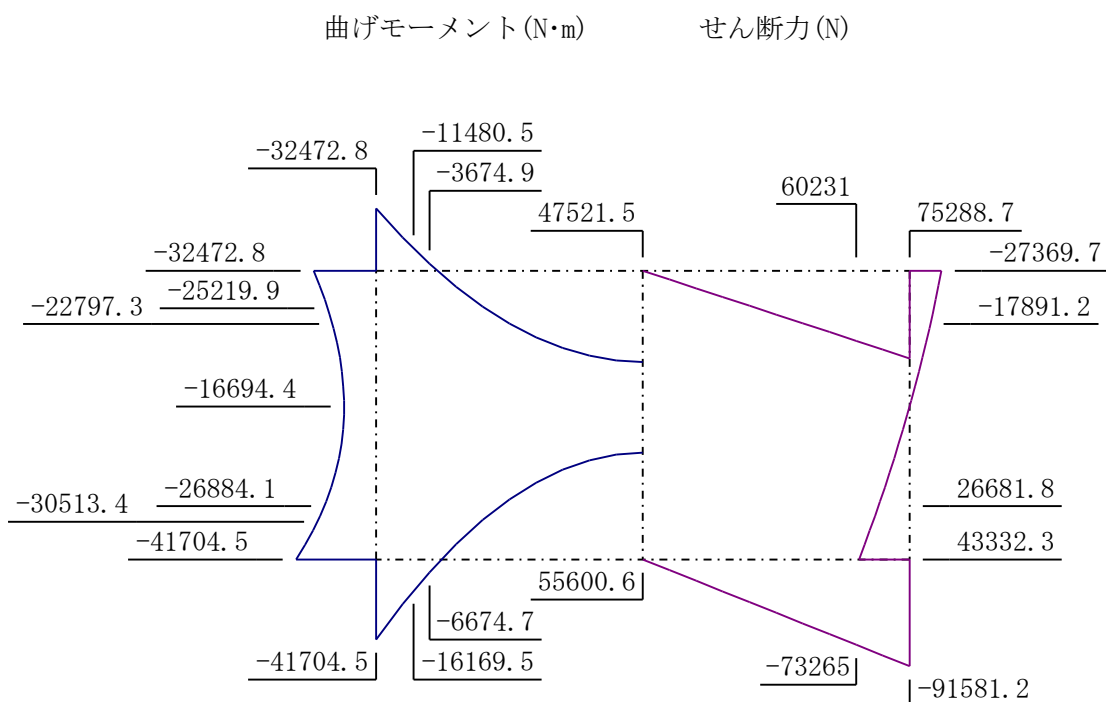
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

					[ /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	-51086	117834	23747
	2 ハチ始点	0.425	-17330	***	23747
	S2 τ 点	0.425	-4206	102777	23747
	1 中 央	2.125	85069	0	23747
底版	9, S9 端 部	0.125	-55424	134127	35455
	10 ハチ始点	0.425	-18027	***	35455
	S10 τ 点	0.425	-4121	107301	35455
	11 中 央	2.125	87085	0	35455
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-51086	-23747	117834
	5 上ハチ点	1.850	-44695	***	119959
	S5 上 τ 点	1.875	-42498	-16394	120845
	6 中 間	1.146	-36234	0	126009
	S7 下 τ 点	0.425	-43500	20929	131116
	7 下ハチ点	0.450	-46371	***	132002
	8, S8 下 端部	0.150	-55424	35455	134127



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

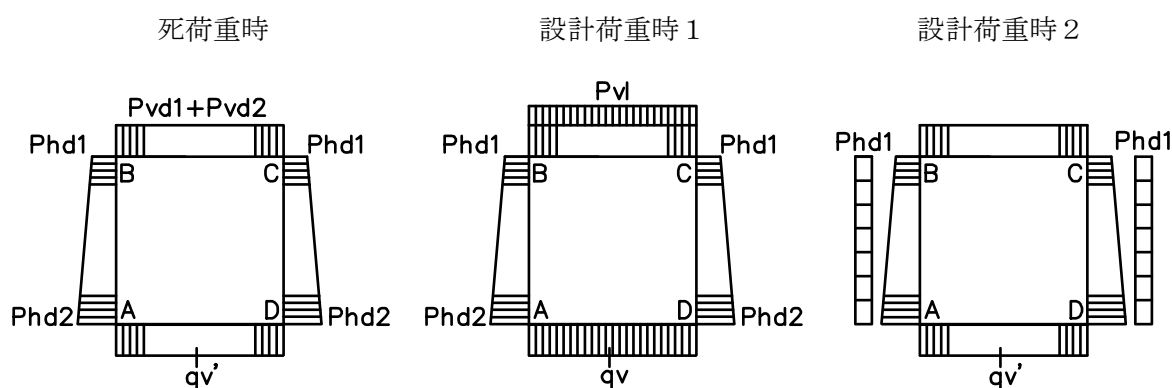
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-32473	75289	27370
	2 ハチ始点	0.425	-11481	***	27370
	S2 τ 点	0.425	-3675	60231	27370
	1 中 央	2.125	47522	0	27370
底版	9, S9 端 部	0.125	-41705	91581	43332
	10 ハチ始点	0.425	-16170	***	43332
	S10 τ 点	0.425	-6675	73265	43332
	11 中 央	2.125	55601	0	43332
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-32473	-27370	75289
	5 上ハチ点	1.850	-25220	***	77414
	S5 上 τ 点	1.875	-22797	-17891	78299
	6 中 間	1.217	-16694	0	82960
	S7 下 τ 点	0.425	-26884	26682	88571
	7 下ハチ点	0.450	-30513	***	89456
	8, S8 下 端部	0.150	-41705	43332	91581



## 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
$q_v$	*****	83.641	*****
$q_{v'}$	69.917	*****	69.917

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
$\alpha$	0.9352	0.9352	0.9352
$\beta$	0.9352	0.9352	0.9352
$N_1$	2.9352	2.9352	2.9352
$N_2$	2.9352	2.9352	2.9352
CAD (kN・m/m)	105.240	125.898	105.240
CBC (kN・m/m)	93.699	114.357	93.699
CAB (kN・m/m)	18.171	18.171	20.375
CBA (kN・m/m)	16.346	16.346	18.550
$\theta_A$	-43.717	-54.392	-42.578
$\theta_B$	41.248	51.924	40.109
MAB (kN・m/m)	-64.357	-75.032	-65.422
MAD (kN・m/m)	64.357	75.032	65.422
MBA (kN・m/m)	55.126	65.801	56.191
MBC (kN・m/m)	-55.126	-65.801	-56.191

## 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。

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

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

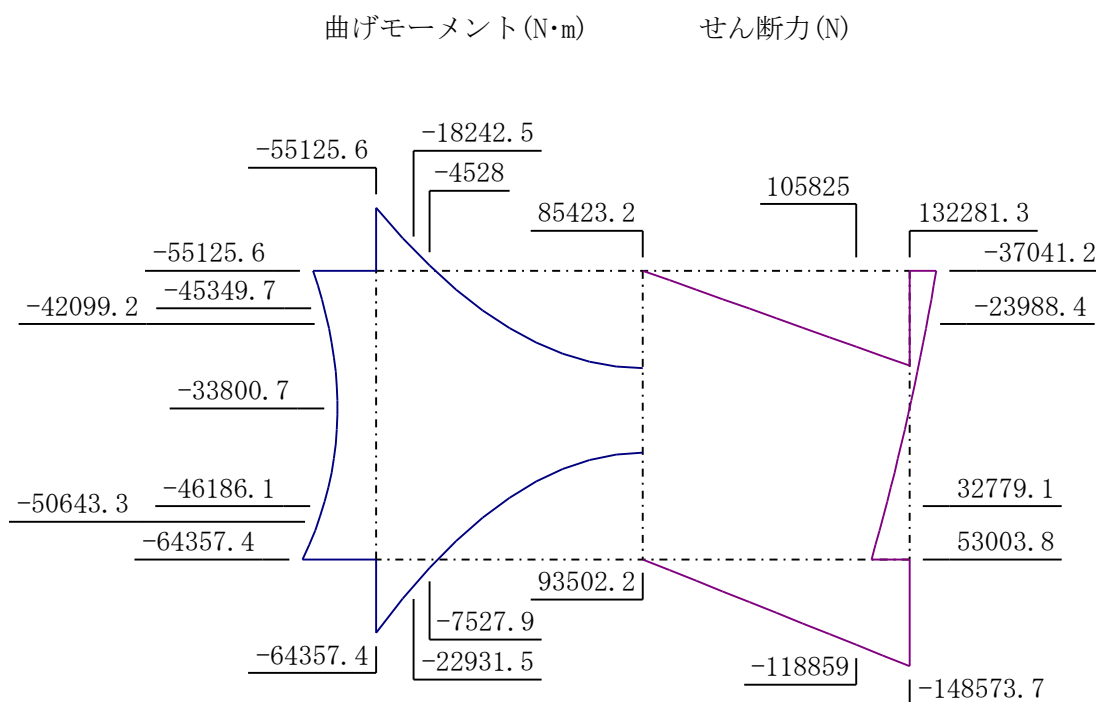
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	132.281	161.445	132.281
SCB (kN/m)	-132.281	-161.445	-132.281
Mmax (kN・m/m)	85.423	105.735	84.358
SAD (kN/m)	148.574	177.738	148.574
SDA (kN/m)	-148.574	-177.738	-148.574
Mmax (kN・m/m)	93.502	113.814	92.437
SAB (kN/m)	53.004	53.004	58.754
SBA (kN/m)	-37.041	-37.041	-42.791
x (m)	1.202	1.202	*****
	1.196	*****	1.196
Mmax (kN・m/m)	-33.801	-44.476	*****
Mmax (kN・m/m)	-33.801	*****	-31.566

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。

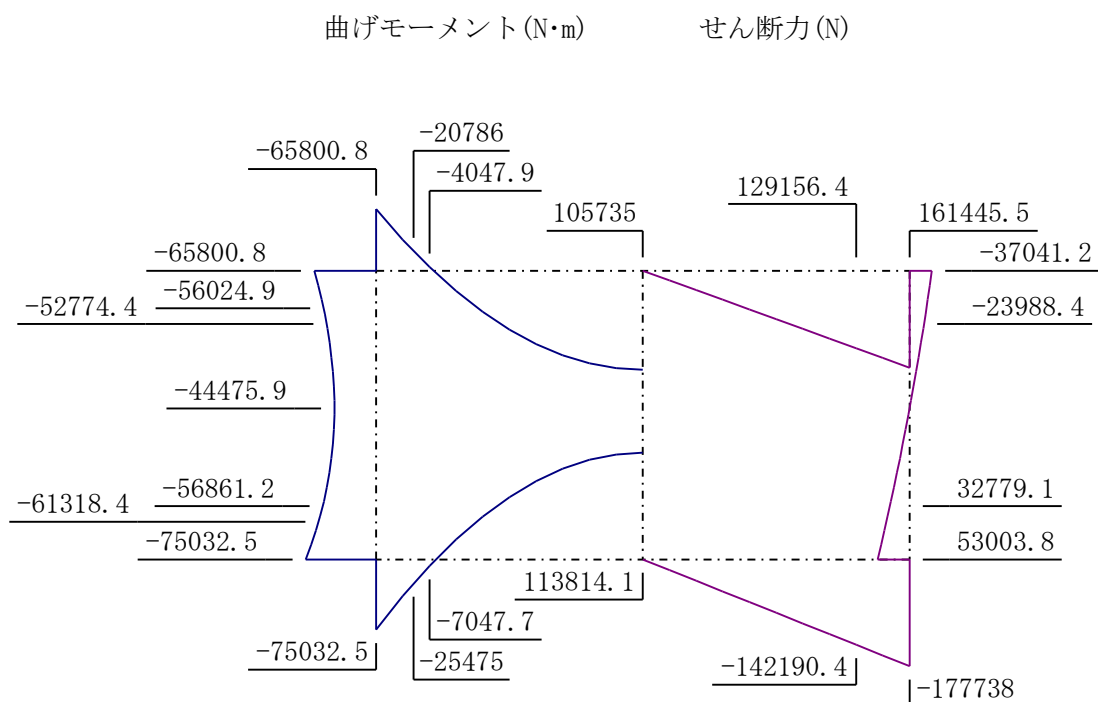
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	-55126	132281	37041
	2 ハッチ始点	0.425	-18243	***	37041
	S2 τ 点	0.425	-4528	105825	37041
	1 中 央	2.125	85423	0	37041
底版	9, S9 端 部	0.125	-64357	148574	53004
	10 ハッチ始点	0.425	-22932	***	53004
	S10 τ 点	0.425	-7528	118859	53004
	11 中 央	2.125	93502	0	53004
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-55126	-37041	132281
	5 上ハッチ点	1.850	-45350	***	134406
	S5 上 τ 点	1.875	-42099	-23988	135292
	6 中 間	1.202	-33801	*****	140059
		1.196	-33802	*****	140102
	S7 下 τ 点	0.425	-46186	32779	145563
	7 下ハッチ点	0.450	-50643	***	146449
	8, S8 下 端部	0.150	-64357	53004	148574



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

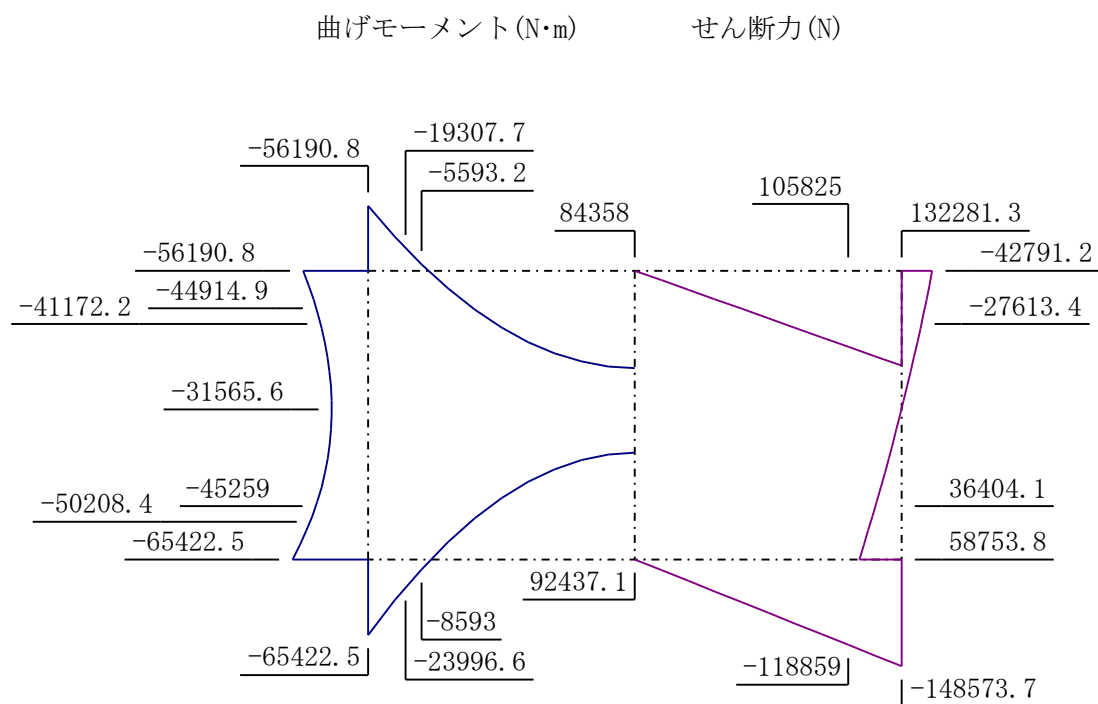
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-65801	161446	37041
	2 ハッチ始点	0.425	-20786	***	37041
	S2 τ 点	0.425	***	129156	***
	1 中 央	2.125	105735	0	37041
底版	9, S9 端 部	0.125	-75033	177738	53004
	10 ハッチ始点	0.425	-25475	***	53004
	S10 τ 点	0.425	***	142190	***
	11 中 央	2.125	113814	0	53004
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-65801	-37041	161446
	5 上ハッチ点	1.850	-56025	***	163571
	S5 上 τ 点	1.875	***	-23988	***
	6 中 間	1.202	-44476	0	169223
	S7 下 τ 点	0.425	***	32779	***
	7 下ハッチ点	0.450	-61318	***	175613
	8, S8 下 端部	0.150	-75033	53004	177738





## (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	-56191	132281	42791
	2 ハチ始点	0.425	-19308	***	42791
	S2 τ 点	0.425	***	105825	***
	1 中 央	2.125	84358	0	42791
底版	9, S9 端 部	0.125	-65423	148574	58754
	10 ハチ始点	0.425	-23997	***	58754
	S10 τ 点	0.425	***	118859	***
	11 中 央	2.125	92437	0	58754
側壁	4, S4 上 端部	2.150	-56191	-42791	132281
	5 上ハチ点	1.850	-44915	***	134406
	S5 上 τ点	1.875	***	-27613	***
	6 中 間	1.196	-31566	0	140102
	S7 下 τ点	0.425	***	36404	*****
	7 下ハチ点	0.450	-50208	***	146449
	8, S8 下 端部	0.150	-65423	58754	148574



## 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	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	3.33	5.309	450000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	3.33	5.309	450000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	3.33	5.309	450000	-2.50	外 側
中 央	φ 26	3.33	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	3.93	-0.26	92.91	25.43	729.28	0.860	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.20	119.55	25.43	702.64	0.829	3
τ 点	847.62	5.42	0.05	117.30	25.43	704.89	0.832	3
中 央	847.62	5.42	-0.95	102.54	25.43	719.64	0.849	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.93	-0.26	92.91	25.43	729.28	0.860	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.20	119.55	25.43	702.64	0.829	3
τ 点	847.62	5.42	0.05	117.30	25.43	704.89	0.832	3
中 央	847.62	5.42	-0.95	102.54	25.43	719.64	0.849	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	3.93	-0.26	92.91	25.43	729.28	0.860	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.20	119.55	25.43	702.64	0.829	3
τ 点	847.62	5.42	0.05	117.30	25.43	704.89	0.832	4
中 央	847.62	5.42	-0.95	102.54	25.43	719.64	0.849	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.93	-0.26	92.91	25.43	729.28	0.860	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.20	119.55	25.43	702.64	0.829	3
τ 点	847.62	5.42	0.05	117.30	25.43	704.89	0.832	4
中 央	847.62	5.42	-0.95	102.54	25.43	719.64	0.849	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	2.07	0.09	2.02	4.18	3
ハチ始点	1.22	0.12	6.22	7.56	3
中 央	5.69	0.12	2.12	7.94	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.07	0.09	4.44	2.46	3
ハチ始点	-1.22	0.12	2.07	0.98	3
中 央	-5.69	0.12	6.37	0.80	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.47	0.09	2.02	4.58	3
ハチ始点	1.39	0.12	6.22	7.73	3
中 央	7.05	0.12	2.12	9.30	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.47	0.09	4.44	2.06	3
ハチ始点	-1.39	0.12	2.07	0.81	3
中 央	-7.05	0.12	6.37	-0.56	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	
端 部	-88.831	1.23	5.47	7.3	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-28.061	0.37	8.25	1.3	0.0	0.000	0.000	3
中 央	142.742	-2.98	11.81	6.0	90.2	5.637	3.025	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 16	— 10	D 0	— 0	13.240 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2

## 5.1.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm <sup>3</sup> )	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	$\sigma c'$	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma i$	ケース
端 部	100.0	20000	37.041	161.446	1290.59	3.32	0.61	-0.107	3
$\tau$ 点	100.0	11250	37.041	129.156	1247.43	4.28	0.65	-0.095	3
$\sigma i > -1.00$								CHECK OK	

## 5.1.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位 置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端 部	-55.126	-10.675	-98.351	-111.861	-111.861	3
ハッチ始点	-18.242	-2.544	-30.074	-35.336	-35.336	3
中 央	85.423	20.312	161.830	179.749	179.749	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	17.697	8.447	22.5	36.5	0.069	0.009	366.68	3.3	3
ハッチ始点	17.697	8.447	12.5	26.5	0.069	0.016	200.06	5.7	3
中 央	17.697	13.240	17.5	26.5	0.069	0.012	307.06	1.7	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	3.33	5.309	450000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	3.33	5.309	450000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	3.33	5.309	450000	-2.50	外 側
中 央	φ 26	3.33	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	3.93	-0.30	92.25	25.43	729.94	0.861	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.25	120.31	25.43	701.87	0.828	3
τ 点	847.62	5.42	0.08	117.79	25.43	704.40	0.831	3
中 央	847.62	5.42	-1.04	101.22	25.43	720.97	0.851	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.93	-0.30	92.25	25.43	729.94	0.861	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.25	120.31	25.43	701.87	0.828	3
τ 点	847.62	5.42	0.08	117.79	25.43	704.40	0.831	3
中 央	847.62	5.42	-1.04	101.22	25.43	720.97	0.851	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	3.93	-0.30	92.25	25.43	729.94	0.861	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.25	120.31	25.43	701.87	0.828	3
τ 点	847.62	5.42	0.08	117.79	25.43	704.40	0.831	4
中 央	847.62	5.42	-1.04	101.22	25.43	720.97	0.851	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.93	-0.30	92.25	25.43	729.94	0.861	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.25	120.31	25.43	701.87	0.828	3
τ 点	847.62	5.42	0.08	117.79	25.43	704.40	0.831	4
中 央	847.62	5.42	-1.04	101.22	25.43	720.97	0.851	3

## 5.2.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/A <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.41	0.13	2.02	4.56	3
ハチ始点	1.53	0.18	6.21	7.92	3
中 央	6.23	0.18	2.13	8.54	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.41	0.13	4.44	2.16	3
ハチ始点	-1.53	0.18	2.07	0.72	3
中 央	-6.23	0.18	6.38	0.32	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.81	0.13	2.02	4.96	3
ハチ始点	1.70	0.18	6.21	8.09	3
中 央	7.59	0.18	2.13	9.89	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.81	0.13	4.44	1.76	3
ハチ始点	-1.70	0.18	2.07	0.55	3
中 央	-7.59	0.18	6.38	-1.03	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	-101.294	0.82	6.00	4.8	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-34.391	0.02	8.74	0.1	0.0	0.000	0.000	3
中 央	153.649	-3.63	12.61	6.7	121.4	7.590	3.350	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 16	— 10	D 0	— 0	13.240 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	20000	53.004	177.738	1291.74	3.36	0.67	-0.127	3
τ 点	100.0	11250	53.004	142.190	1246.56	4.33	0.71	-0.114	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	-64.357	-10.675	-110.352	-127.555	-127.555	3
ハッチ始点	-22.931	-2.544	-36.170	-43.308	-43.308	3
中 央	93.502	20.312	172.333	193.484	193.484	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	17.697	8.447	22.5	36.5	0.069	0.009	366.68	2.9	3
ハッチ始点	17.697	8.447	12.5	26.5	0.069	0.016	200.06	4.6	3
中 央	17.697	13.240	17.5	26.5	0.069	0.012	307.06	1.6	3
Ppb > Ppd Sf > 1.0									CHECK OK

## 6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[ /単位長 ]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-65.801	161.446	40.76	14.00	88.403	3
	上ハチ点	-56.025	163.571	34.25	9.00	70.746	3
側壁	中 間	-44.476	169.223	26.28	9.00	59.706	3
	下ハチ点	-61.318	175.613	34.92	9.00	77.124	3
	下端部	-75.032	177.738	42.22	14.00	99.916	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	88.403	16.57	20.07	35.00	9.770
	上ハチ点	70.746	14.82	18.32	25.00	13.834
側壁	中 間	59.706	13.61	17.11	25.00	9.508
	下ハチ点	77.124	15.47	18.97	25.00	15.400
	下端部	99.916	17.61	21.11	35.00	11.493
$d + d' < T$					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	14.015	4.70	88.0	0.0
	上ハチ点	100.00	19.100	10.429	7.53	119.9	0.0
	中間	100.00	19.100	11.018	6.08	86.7	0.0
	下ハチ点	100.00	19.100	10.392	8.23	131.9	0.0
	下端部	100.00	19.100	13.899	5.35	101.7	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	102.776	60.231	129.156	105.825				
	M			-4.048					
	N			37.041					
	最大			○					
底版 τ点	S	107.301	73.265	142.190	118.859				
	M			-7.048					
	N			53.004					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-16.394	-17.891	-23.988	-27.613				
	M				-41.172				
	N				135.292				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	20.929	26.682	32.779	36.404				
	M				-45.259				
	N				145.563				
	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	D13-6.7	8.447	0.319	1.019
底版 $\tau$ 点	30.0	3.5	26.5	1.400	D13-6.7	8.447	0.319	1.019
側壁上 $\tau$ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D19-6.7	19.100	0.855	1.413
側壁下 $\tau$ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D19-6.7	19.100	0.855	1.413

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m <sup>2</sup> )	Z (m <sup>4</sup> )	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 $\tau$ 点	-4.048	1247.4	37.041	0.300	0.01500	-0.03	39.274	2.000
底版 $\tau$ 点	-7.048	1246.6	53.004	0.300	0.01500	-0.03	40.048	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-41.172	0.0	135.292	0.258	0.01108	0.00	5.810	1.141
側壁下 $\tau$ 点	-45.259	0.0	145.563	0.258	0.01108	0.00	6.251	1.138

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	1.019	2.000	0.770
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.019	2.000	0.770
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.413	1.141	0.609
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.413	1.138	0.608

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	129.156	26.5	0.487	0.770
底版 $\tau$ 点	142.190	26.5	0.537	0.770
側壁上 $\tau$ 点	27.613	22.3	0.124	0.609
側壁下 $\tau$ 点	36.404	22.3	0.163	0.608

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上