

受付 No.

台帳 No. PM405000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 2600 mm  
内 高 (H) 1500 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) 2600 × (H) 1500 × (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	$\phi 21$	$\phi 19$	*****	(mm)
断面積	346.40	283.50	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	290000	240000	*****	(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

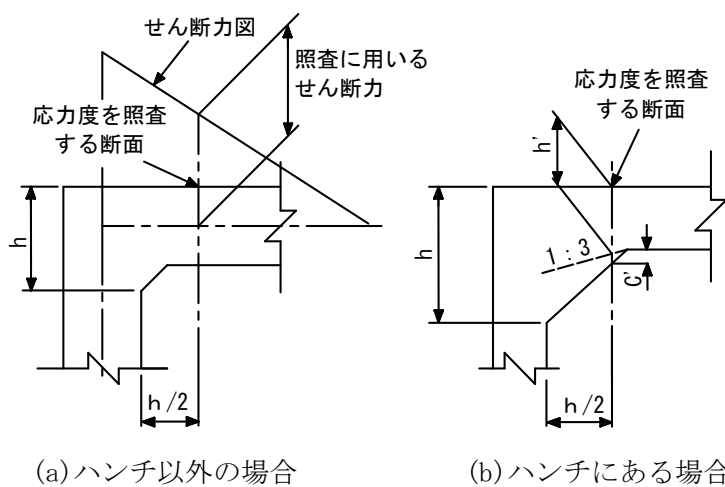
せん断力



### 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

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

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

## 3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

## 3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅  $u = a + 2 \times H1 = 0.600 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 0.900 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



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> )
-------	------------------------------	---	--

$P_{vd1}$	4.410	4.410	4.410
$P_{vd2}$	4.500	4.500	4.500
$P_{hd1} = P_{hd1}$	3.060	3.060	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	8.060
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	18.180	18.180	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	23.180
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	141.818	0.000
$q_v$	*****	45.245	*****
$q_{v'}$	14.637	*****	14.637

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
$\alpha$	0.6043	0.6043	0.6043
$\beta$	0.6043	0.6043	0.6043
N1	2.6043	2.6043	2.6043
N2	2.6043	2.6043	2.6043
CAD (kN・m/m)	9.426	29.139	9.426
CBC (kN・m/m)	5.738	34.848	5.738
CAB (kN・m/m)	2.853	2.853	4.029
CBA (kN・m/m)	2.142	2.142	3.318
$\theta_A$	-3.582	-17.495	-2.849
$\theta_B$	2.756	19.276	2.023
MAB (kN・m/m)	-7.262	-18.567	-7.705
MAD (kN・m/m)	7.262	18.567	7.705
MBA (kN・m/m)	4.073	23.200	4.516
MBC (kN・m/m)	-4.073	-23.200	-4.516

## 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)	12.385	54.930	12.385
SCB	(kN/m)	-12.385	-54.930	-12.385
Mmax	(kN・m/m)	4.535	38.164	4.092
SAD	(kN/m)	20.345	62.890	20.345
SDA	(kN/m)	-20.345	-62.890	-20.345
Mmax	(kN・m/m)	6.878	25.142	6.435
SAB	(kN/m)	12.936	8.280	17.136
SBA	(kN/m)	-4.906	-9.562	-9.106
x	(m)	0.523	0.523	*****
		0.895	*****	0.895
Mmax	(kN・m/m)	-2.768	-16.508	*****
Mmax	(kN・m/m)	-1.890	*****	-0.577

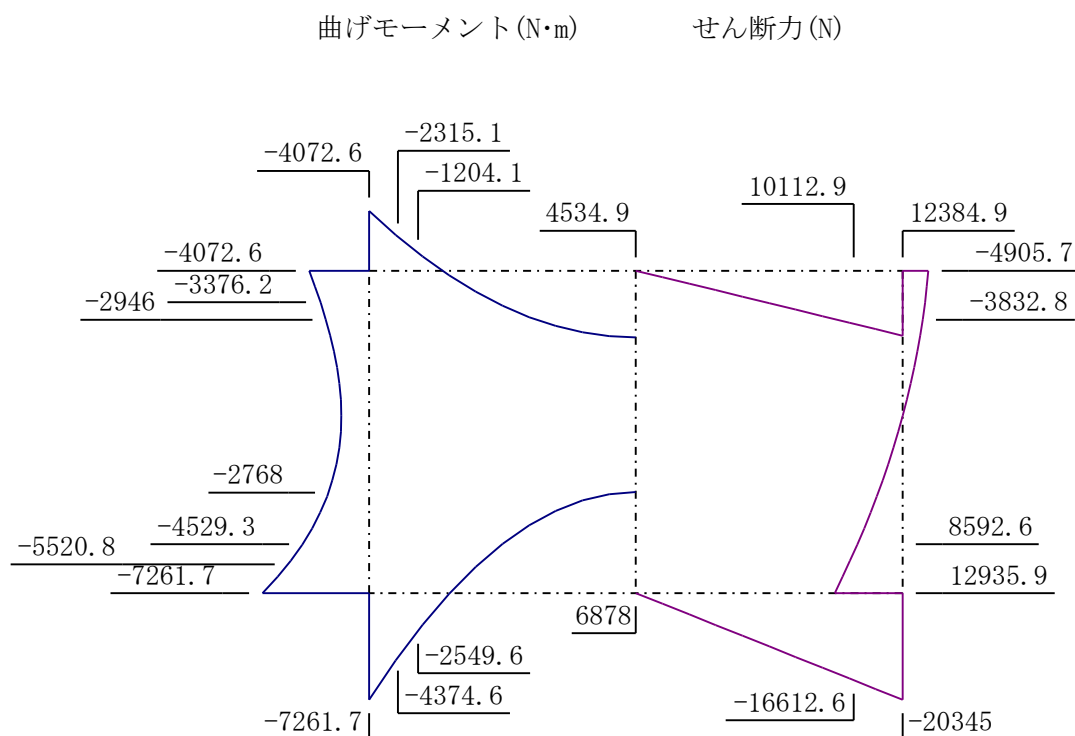
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



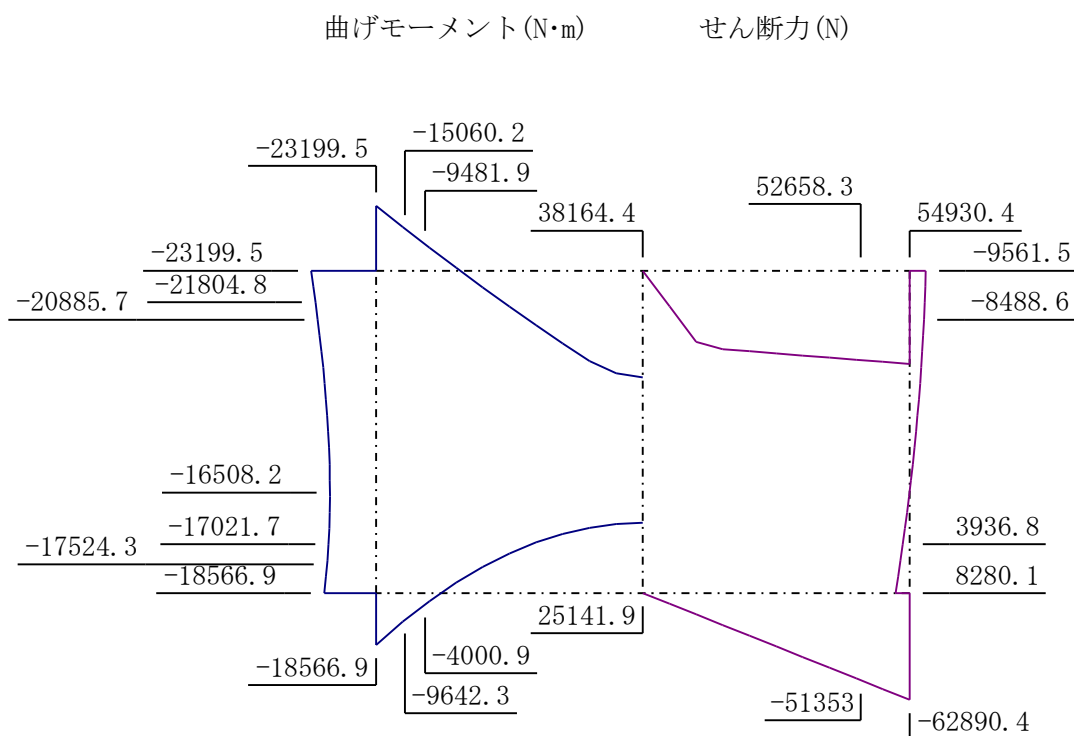
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	0.090	-4073	12385	4906
	2 ハッチ始点	0.240	-2315	***	4906
	S2 τ 点	0.255	-1204	10113	4906
	1 中 央	1.390	4535	0	4906
底版	9, S9 端 部	0.090	-7262	20345	12936
	10 ハッチ始点	0.240	-4375	***	12936
	S10 τ 点	0.255	-2550	16613	12936
	11 中 央	1.390	6878	0	12936
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-4073	-4906	12385
	5 上ハッチ点	1.440	-3376	***	13096
	S5 上 τ 点	1.425	-2946	-3833	13593
	6 中 間	0.523	-2768	*****	17867
		0.895	-1890	*****	16104
	S7 下 τ 点	0.255	-4529	8593	19137
	7 下ハッチ点	0.240	-5521	***	19634
	8, S8 下 端部	0.090	-7262	12936	20345



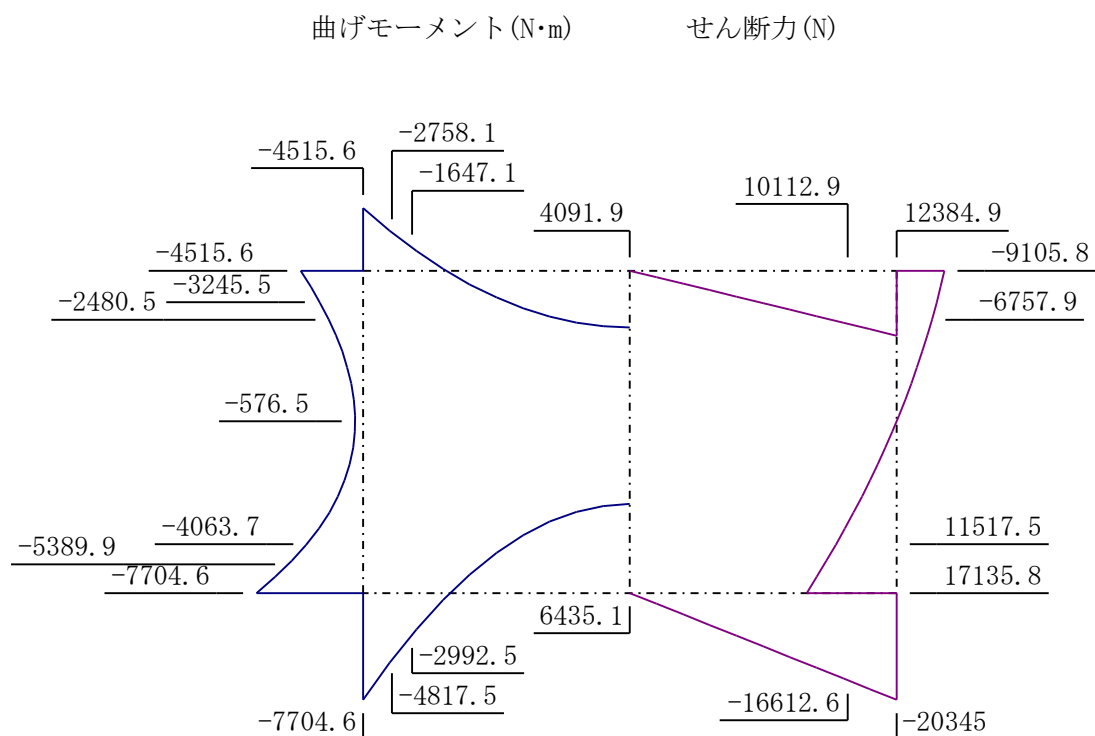
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

					[ /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	0.090	-23200	54930	9562
	2 ハチ始点	0.240	-15060	***	9562
	S2 τ 点	0.255	-9482	52658	9562
	1 中 央	1.390	38164	0	9562
底版	9, S9 端 部	0.090	-18567	62890	8280
	10 ハチ始点	0.240	-9642	***	8280
	S10 τ 点	0.255	-4001	51353	8280
	11 中 央	1.390	25142	0	8280
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-23200	-9562	54930
	5 上ハチ点	1.440	-21805	***	55641
	S5 上 τ 点	1.425	-20886	-8489	56139
	6 中 間	0.523	-16508	0	60412
	S7 下 τ 点	0.255	-17022	3937	61682
	7 下ハチ点	0.240	-17524	***	62180
	8, S8 下 端部	0.090	-18567	8280	62890



## (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	0.090	-4516	12385	9106
	2 ハチ始点	0.240	-2758	***	9106
	S2 τ 点	0.255	-1647	10113	9106
	1 中 央	1.390	4092	0	9106
底版	9, S9 端 部	0.090	-7705	20345	17136
	10 ハチ始点	0.240	-4818	***	17136
	S10 τ 点	0.255	-2993	16613	17136
	11 中 央	1.390	6435	0	17136
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-4516	-9106	12385
	5 上ハチ点	1.440	-3246	***	13096
	S5 上 τ 点	1.425	-2481	-6758	13593
	6 中 間	0.895	-577	0	16104
	S7 下 τ 点	0.255	-4064	11518	19137
	7 下ハチ点	0.240	-5390	***	19634
	8, S8 下 端部	0.090	-7705	17136	20345



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



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2

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

$P_{vd1}$	4.410	4.410	4.410
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	14.760	14.760	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	19.760
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	29.880	29.880	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	34.880
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	64.628	*****
$q_{v'}$	38.037	*****	38.037

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
- $$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$
- $$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$
- $$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$
- $$MBC = \alpha \times \theta_B - CBC$$

$$MAB + MAD = 0$$

$$MBA + MBC = 0$$

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
$\alpha$	0.6043	0.6043	0.6043
$\beta$	0.6043	0.6043	0.6043
$N_1$	2.6043	2.6043	2.6043
$N_2$	2.6043	2.6043	2.6043
CAD (kN・m/m)	24.497	41.622	24.497
CBC (kN・m/m)	20.809	37.934	20.809
CAB (kN・m/m)	5.605	5.605	6.781
CBA (kN・m/m)	4.894	4.894	6.070
$\theta_A$	-11.261	-21.935	-10.528
$\theta_B$	10.435	21.109	9.702
MAB (kN・m/m)	-17.692	-28.366	-18.135
MAD (kN・m/m)	17.692	28.366	18.135
MBA (kN・m/m)	14.503	25.177	14.946
MBC (kN・m/m)	-14.503	-25.177	-14.946

## 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。

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

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

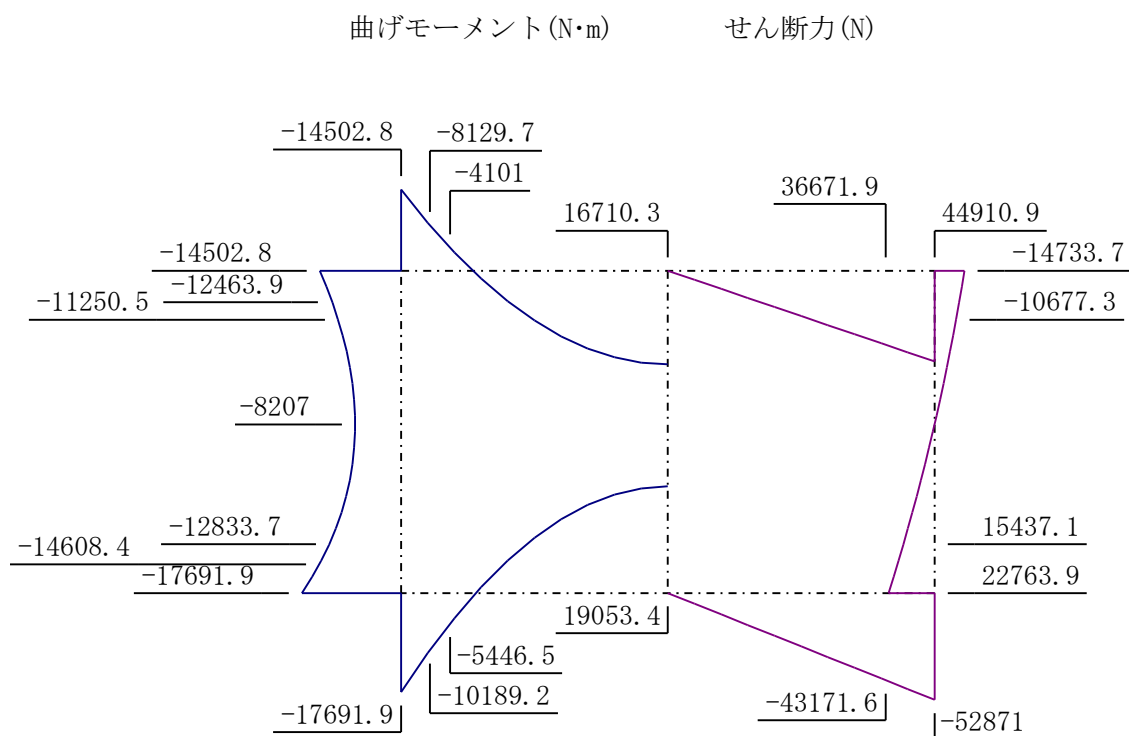
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	44.911	81.872	44.911
SCB (kN/m)	-44.911	-81.872	-44.911
Mmax (kN・m/m)	16.710	31.724	16.267
SAD (kN/m)	52.871	89.832	52.871
SDA (kN/m)	-52.871	-89.832	-52.871
Mmax (kN・m/m)	19.053	34.067	18.610
SAB (kN/m)	22.764	22.764	26.964
SBA (kN/m)	-14.734	-14.734	-18.934
x (m)	0.878	0.878	*****
	0.871	*****	0.871
Mmax (kN・m/m)	-8.207	-18.882	*****
Mmax (kN・m/m)	-8.207	*****	-6.889

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。

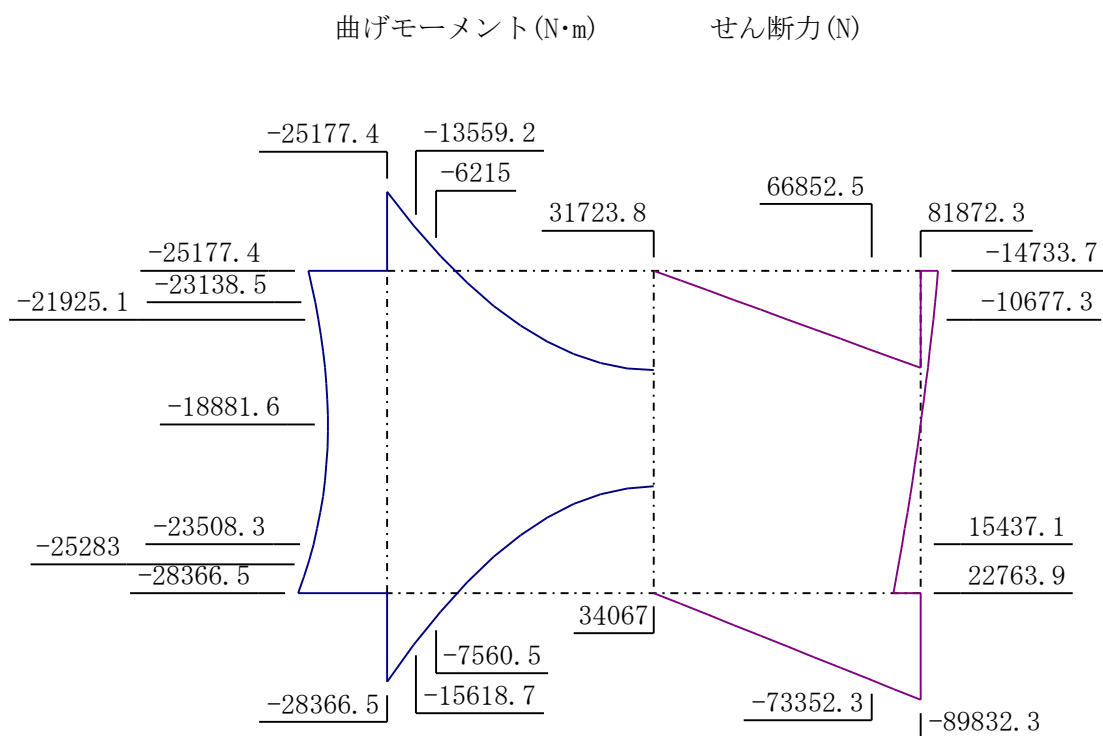
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	0.090	-14503	44911	14734
	2 ハッチ始点	0.240	-8130	***	14734
	S2 τ 点	0.255	-4101	36672	14734
	1 中 央	1.390	16710	0	14734
底版	9, S9 端 部	0.090	-17692	52871	22764
	10 ハッチ始点	0.240	-10189	***	22764
	S10 τ 点	0.255	-5447	43172	22764
	11 中 央	1.390	19053	0	22764
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-14503	-14734	44911
	5 上ハッチ点	1.440	-12464	***	45622
	S5 上 τ 点	1.425	-11251	-10677	46119
	6 中 間	0.878	-8207	*****	48711
		0.871	-8208	*****	48744
	S7 下 τ 点	0.255	-12834	15437	51663
	7 下ハッチ点	0.240	-14608	***	52160
	8, S8 下 端部	0.090	-17692	22764	52871



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

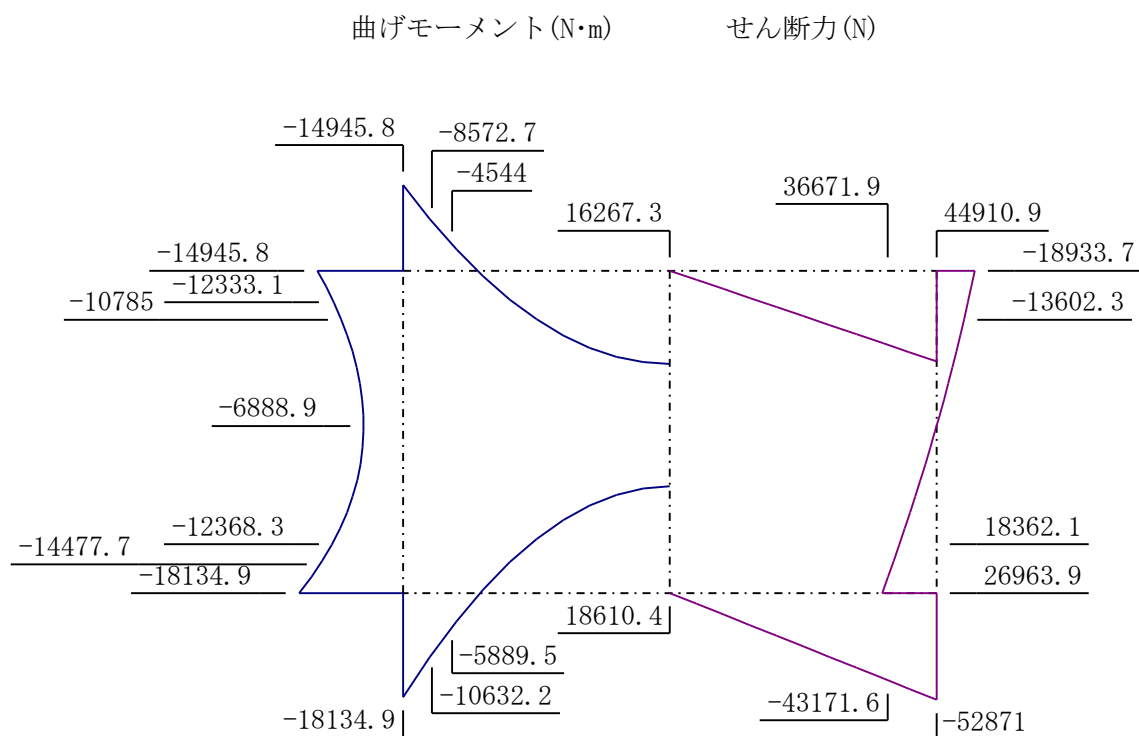
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.090	-25177	81872	14734
	2 ハッチ始点	0.240	-13559	***	14734
	S2 τ 点	0.255	***	66853	***
	1 中 央	1.390	31724	0	14734
底版	9, S9 端 部	0.090	-28367	89832	22764
	10 ハッチ始点	0.240	-15619	***	22764
	S10 τ 点	0.255	***	73352	***
	11 中 央	1.390	34067	0	22764
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-25177	-14734	81872
	5 上ハッチ点	1.440	-23139	***	82583
	S5 上 τ 点	1.425	***	-10677	***
	6 中 間	0.878	-18882	0	85672
	S7 下 τ 点	0.255	***	15437	***
	7 下ハッチ点	0.240	-25283	***	89122
	8, S8 下 端部	0.090	-28367	22764	89832





## (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	0.090	-14946	44911	18934
	2 ハチ始点	0.240	-8573	***	18934
	S2 τ 点	0.255	***	36672	***
	1 中 央	1.390	16267	0	18934
底版	9, S9 端 部	0.090	-18135	52871	26964
	10 ハチ始点	0.240	-10632	***	26964
	S10 τ 点	0.255	***	43172	***
	11 中 央	1.390	18610	0	26964
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-14946	-18934	44911
	5 上ハチ点	1.440	-12333	***	45622
	S5 上 τ点	1.425	***	-13602	***
	6 中 間	0.871	-6889	0	48744
	S7 下 τ点	0.255	***	18362	*****
	7 下ハチ点	0.240	-14478	***	52160
	8, S8 下 端部	0.090	-18135	26964	52871



## 4 プレストレスの計算

### 4.1 荷重による曲げ応力度

$$\sigma_m = \pm M / Z = \pm 6 \times M / (b \times T^2) \times 1000$$

ここに、	$\sigma_m$ : 曲げ応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	M : 曲げモーメント	(kN・m)
	Z : 断面係数	(cm <sup>3</sup> )
	B : 部材幅	(cm)
	T : 部材厚	(cm)

### 4.2 有効プレストレス

#### (1) 有効係数 $\eta$

$$\eta = \sigma_{pe} / \sigma_{pt}$$

$$\sigma_{pt} = P_t / A_p \times 1/100$$

$$\sigma_{pe} = \sigma_{pt} - \Delta\sigma_{pcs} - \Delta\sigma_{pr}$$

$$\Delta\sigma_{pcs} = [n \times \phi \times (\sigma_{cd} + \sigma_{cpt}) + E_p \times \varepsilon_{cs}] / [1 + n \times (\sigma_{cpt} / \sigma_{pt}) \times (1 + \phi / 2)]$$

$$\sigma_{cpt} = N_p \times P_t \times (1 / A_c + e_p^2 / I) \times 10$$

$$\Delta\sigma_{pr} = \gamma \times \sigma_{pt}$$

ここに、	$\sigma_{pt}$ : 有効引張応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$P_t$ : 緊張作業直後のP C鋼棒引張応力度	(kN)
	$A_p$ : 1本当りのP C鋼棒断面積	(cm <sup>2</sup> )
$\Delta\sigma_{pcs}$	: コンクリートの乾燥収縮及びクリープによるP C鋼棒の応力度の減少量	(N/mm <sup>2</sup> )
$n$	: 弾性係数比 ( $E_p / E_c = 6.45$ )	
$E_p$	: P C鋼棒の弾性係数 ( $2.0 \times 10^5$ N/mm <sup>2</sup> )	
$E_c$	: コンクリートの弾性係数 ( $3.1 \times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )	
$\phi$	: クリープ係数 (= 2.5)	
$\sigma_{cd}$	: 考えているP C鋼棒位置における永久荷重によるコンクリートの圧縮応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_{cpt}$	: 考えているP C鋼棒位置における緊張作業直後のプレストレス	(N/mm <sup>2</sup> )
$\varepsilon_{cs}$	: コンクリートの乾燥収縮度 (= 200 $\mu$ )	
$\sigma_{pt}$	: 緊張作業直後のP C鋼棒の引張応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
$N_p$	: m当り PC 鋼棒本数	(本)
$A_c$	: コンクリート断面積	(cm <sup>2</sup> )
$e_p$	: P C鋼棒偏心量	(cm)
$I$	: 断面二次モーメント	(cm <sup>4</sup> )
$\Delta\sigma_{pr}$	: P C鋼棒のリラクセーションによる引張応力度の減少量	(N/mm <sup>2</sup> )
$\gamma$	: P C鋼棒の見掛けのリラクセーション (= 0.03)	

(2) 有効プレストレス  $\sigma_{ce}$ 

$$\sigma_{ce} = N_p \times P_t \times \eta \times (1 / A_c \pm e_p / Z) \times 10 \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここに、	$N_p$	: m当り P C 鋼棒本数	(本)
	$P_t$	: 引張作業直後	(kN)
	$\eta$	: 有効係数	
	$A_c$	: コンクリート断面積	( $\text{cm}^2$ )
	$e_p$	: P C 鋼棒偏心量	(cm)
	$Z$	: 断面係数	( $\text{cm}^3$ )

## 4.3 合成応力度

$$\sigma_c = \sigma_m + \sigma_{ce} + N / A_c \times 10$$

ここに、	$\sigma_c$	: 合成応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$\sigma_m$	: 曲げ応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$\sigma_{ce}$	: 有効プレストレス	( $\text{N/mm}^2$ )
	$N$	: 軸方向圧縮力	(kN)
	$A_c$	: コンクリート断面積	( $\text{cm}^2$ )

## 4.4 引張鉄筋量の計算

## (1) 曲げモーメント

引張鉄筋は次の荷重作用に対して、引張応力の作用する区間に配置する。

$$\text{荷重の組み合わせ (永久荷重 + 変動荷重)} \times 1.35$$

## (2) 配置鉄筋量

配置鉄筋量は次の 1)、2) のうちいずれか大きい値以上とする。

## 1) の値

$$\begin{aligned} A_{s1} &= T_c / \sigma_{sa} \times 10 \\ &= b \times x \times | \sigma_{c1} | / (2 \times \sigma_{sa}) \\ \therefore x &= | \sigma_{c1} | / (\sigma_{c2} + | \sigma_{c1} |) \times T \end{aligned}$$

## 2) の値

$$A_{s2} = 0.005 \times b \times x$$

ここに、	$A_{s1}$	: 引張鉄筋断面積	( $\text{cm}^2$ )
	$A_{s2}$	: 引張鉄筋断面積	( $\text{cm}^2$ )
		引張応力の作用する コンクリート面積の 0.5%	
	$T_c$	: 断面に生じる引張力の合力	(kN)
	$\sigma_{sa}$	: 鉄筋の許容引張応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$\sigma_{c1}$	: 引張縁に生じる引張応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$\sigma_{c2}$	: 圧縮縁に生じる圧縮応力度	( $\text{N/mm}^2$ )
	$b$	: 部材幅	(cm)
	$x$	: 引張縁から中立軸までの距離	(cm)
	$T$	: 部材厚	(cm)

## 4.5 斜引張応力度の計算

斜引張応力度は次式を用いて、断面図心位置における値を求める。

$$\sigma_i = 1/2 \times [\sigma_x - \sqrt{(\sigma_x^2 + 4 \times \tau^2)}]$$

$$\sigma_x = [P_e / A_c + N / A_c] \times 10$$

$$\tau = S \times G / (b \times I) \times 10$$

$$I = b \times T^3 / 12$$

$$G = b \times T^2 / 8$$

ここに、	$\sigma_i$	: 斜引張応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$\sigma_x$	: 部材軸方向圧縮応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$\tau$	: せん断応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
	$P_e$	: m当り全有効引張力	(kN)
	$S$	: せん断力	(kN)
	$G$	: 断面一次モーメント	(cm <sup>3</sup> )
	$b$	: 部材幅	(cm)
	$I$	: 断面二次モーメント	(cm <sup>4</sup> )
	$T$	: 部材厚	(cm)

## 4.6 破壊安全度の検討

## (1) 曲げモーメント

## 1) 安全係数

破壊に対する安全度の検討に使用する安全係数を次のように定める。

材料強度に関するもの	-----	1.0
荷重作用に関するもの (永久荷重作用)	-----	1.3 または 1.7
(変動荷重作用)	-----	2.5 または 1.7

## 2) 終局荷重作用時の曲げモーメント

終局荷重作用時の曲げモーメントは、次に示す荷重作用の大きい方とする。

$$M_d = 1.3 \times M_1 + 2.5 \times M_2 \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$M_d = 1.7 \times M_1 + 1.7 \times M_2 \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

ここに、	$M_d$	: 終局荷重作用時曲げモーメント
	$M_1$	: 永久荷重による曲げモーメント
	$M_2$	: 変動荷重による曲げモーメント (設計荷重時 - 死荷重時)

## (2) 曲げ破壊安全度

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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

終局つり合い鋼材比が配置される引張鋼材比より大であることを確認する。

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

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

## 5 P C 部材の検討

## 5.1 頂版

## 5.1.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	中立軸 (cm)	断面係数 (cm <sup>3</sup> )
端 部	100.00	23.00	2300.0	101391.67	11.50	8816.67
ハチ始点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
τ 点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
中 央	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00

## 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	3.33	3.464	290000	1.50	外 側
ハチ始点	φ 21	3.33	3.464	290000	-1.00	外 側
τ 点	φ 21	3.33	3.464	290000	-1.00	外 側
中 央	φ 21	3.33	3.464	290000	1.00	内 側

## 5.1.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	4.42	-0.21	100.12	25.12	711.95	0.850	3
ハチ始点	837.18	5.57	0.17	120.85	25.12	691.21	0.826	3
τ 点	837.18	5.57	0.08	119.64	25.12	692.43	0.827	3
中 央	837.18	5.57	-0.34	113.34	25.12	698.73	0.835	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.42	-0.21	100.12	25.12	711.95	0.850	3
ハチ始点	837.18	5.57	0.17	120.85	25.12	691.21	0.826	3
τ 点	837.18	5.57	0.08	119.64	25.12	692.43	0.827	3
中 央	837.18	5.57	-0.34	113.34	25.12	698.73	0.835	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	4.42	-0.21	100.12	25.12	711.95	0.850	3
ハチ始点	837.18	5.57	0.05	119.09	25.12	692.97	0.828	1
τ 点	837.18	5.57	0.02	118.76	25.12	693.31	0.828	1
中 央	837.18	5.57	-0.09	117.02	25.12	695.05	0.830	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.42	-0.21	100.12	25.12	711.95	0.850	3
ハチ始点	837.18	5.57	0.05	119.09	25.12	692.97	0.828	1
τ 点	837.18	5.57	0.02	118.76	25.12	693.31	0.828	1
中 央	837.18	5.57	-0.09	117.02	25.12	695.05	0.830	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	1.64	0.06	2.18	3.88	3
ハチ始点	1.51	0.08	5.91	7.50	3
中 央	3.09	0.08	2.99	6.16	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.64	0.06	4.97	3.39	3
ハチ始点	-1.51	0.08	2.96	1.53	3
中 央	-3.09	0.08	5.98	2.96	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.86	0.06	2.18	5.10	3
ハチ始点	2.79	0.05	5.93	8.77	1
中 央	7.07	0.05	2.97	10.09	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.86	0.06	4.97	2.18	3
ハチ始点	-2.79	0.05	2.96	0.23	1
中 央	-7.07	0.05	5.94	-1.07	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	-33.989	1.20	6.12	3.8	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-20.331	-0.73	9.76	1.3	4.6	0.286	0.626	1
中 央	51.522	-3.52	12.59	3.9	69.4	4.338	1.969	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	—	D 0	—	0	
内 側	D 13	—	D 0	—	0	

## 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	6612	14.734	81.872	822.06	3.64	0.53	-0.077	3
$\tau$ 点	100.0	4050	14.734	66.853	799.53	4.52	0.56	-0.068	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	-4.073	-19.127	-53.112	-39.439	-53.112	1
ハチ始点	-2.315	-12.745	-34.872	-25.602	-34.872	1
中 央	4.535	33.630	89.969	64.879	89.969	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	13.0	19.5	0.069	0.011	149.91	2.8	1
ハチ始点	11.547	8.447	8.0	14.5	0.069	0.017	91.22	2.6	1
中 央	11.547	8.447	10.0	14.5	0.069	0.014	109.72	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	23.00	2300.0	101391.67	11.50	8816.67
ハチ始点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
τ 点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
中 央	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00

## 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	3.33	2.835	240000	1.50	外 側
ハチ始点	φ 19	3.33	2.835	240000	-1.00	外 側
τ 点	φ 19	3.33	2.835	240000	-1.00	外 側
中 央	φ 19	3.33	2.835	240000	1.00	内 側

## 5.2.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.66	-0.26	89.15	25.40	732.01	0.865	3
ハチ始点	846.56	4.61	0.21	109.10	25.40	712.06	0.841	3
τ 点	846.56	4.61	0.11	107.64	25.40	713.52	0.843	3
中 央	846.56	4.61	-0.39	100.11	25.40	721.06	0.852	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.66	-0.26	89.15	25.40	732.01	0.865	3
ハチ始点	846.56	4.61	0.21	109.10	25.40	712.06	0.841	3
τ 点	846.56	4.61	0.11	107.64	25.40	713.52	0.843	3
中 央	846.56	4.61	-0.39	100.11	25.40	721.06	0.852	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.66	-0.26	89.15	25.40	732.01	0.865	3
ハチ始点	846.56	4.61	0.21	109.10	25.40	712.07	0.841	3
τ 点	846.56	4.61	0.11	107.64	25.40	713.52	0.843	3
中 央	846.56	4.61	-0.39	100.10	25.40	721.06	0.852	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.66	-0.26	89.15	25.40	732.01	0.865	3
ハチ始点	846.56	4.61	0.21	109.10	25.40	712.07	0.841	3
τ 点	846.56	4.61	0.11	107.64	25.40	713.52	0.843	3
中 央	846.56	4.61	-0.39	100.10	25.40	721.06	0.852	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	2.01	0.10	1.83	3.94	3
ハチ始点	1.89	0.13	4.98	7.00	3
中 央	3.53	0.13	2.52	6.18	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.01	0.10	4.18	2.28	3
ハチ始点	-1.89	0.13	2.49	0.73	3
中 央	-3.53	0.13	5.05	1.65	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.22	0.10	1.83	5.15	3
ハチ始点	2.89	0.13	4.98	8.00	3
中 央	6.31	0.13	2.52	8.96	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.22	0.10	4.18	1.07	3
ハチ始点	-2.89	0.13	2.49	-0.27	3
中 央	-6.31	0.13	5.05	-1.13	3
$\sigma_t > -1.5$				CHECK OK	

## 5.2.5 引張鉄筋量

位 置	曲げモーメント (kN・m/m)	合成応力度		x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm <sup>2</sup> )	内側 (N/mm <sup>2</sup> )			As1 (cm <sup>2</sup> /m)	As2	
端 部	-38.295	-0.03	6.31	0.1	0.0	0.001	0.046	3
ハッチ始点	-21.085	-1.24	9.06	2.2	13.5	0.842	1.085	3
中 央	45.990	-3.30	11.21	4.1	67.5	4.218	2.046	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	6612	22.764	89.832	691.75	3.11	0.59	-0.107	3
$\tau$ 点	100.0	4050	22.764	73.352	674.28	3.87	0.61	-0.094	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	-17.692	-10.675	-49.686	-48.223	-49.686	3
ハッチ始点	-10.189	-5.430	-26.820	-26.552	-26.820	3
中 央	19.053	15.014	62.303	57.914	62.303	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	9.450	8.447	13.0	19.5	0.069	0.009	134.02	2.7	3
ハッチ始点	9.450	8.447	8.0	14.5	0.069	0.015	83.72	3.1	3
中 央	9.450	8.447	10.0	14.5	0.069	0.012	98.86	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	-23.200	54.930	42.23	8.00	27.594	1
	上ハチ点	-21.805	55.641	39.19	5.50	24.865	1
側壁	中 間	-18.882	85.672	22.04	5.50	23.594	3
	下ハチ点	-25.283	89.122	28.37	5.50	30.185	3
	下端部	-28.366	89.832	31.58	8.00	35.553	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	27.594	9.26	12.76	23.00	6.473
	上ハチ点	24.865	8.79	12.29	18.00	8.858
側壁	中 間	23.594	8.56	12.06	18.00	6.313
	下ハチ点	30.185	9.68	13.18	18.00	9.586
	下端部	35.553	10.51	14.01	23.00	7.323
				$d + d' < T$	CHECK OK	

## 8 配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

## 8.1 コンクリート及び鉄筋

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

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

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

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

配筋(製品当り)

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

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> /m)	x (cm)	実応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		
					$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_{s'}$
頂版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
底版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
側壁	上端部	100.00	10.843	7.633	4.26	99.4	0.0
	上ハチ点	100.00	10.843	6.140	6.50	132.8	0.0
	中間	100.00	10.843	6.742	5.71	98.6	0.0
	下ハチ点	100.00	10.843	6.429	7.60	143.1	0.0
	下端部	100.00	10.843	8.048	5.25	112.1	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	52.658	10.113	66.853	36.672				
	M			-6.215					
	N			14.734					
	最大			○					
底版 τ点	S	51.353	16.613	73.352	43.172				
	M			-7.561					
	N			22.764					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-8.489	-6.758	-10.677	-13.602				
	M				-10.785				
	N				46.119				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	3.937	11.518	15.437	18.362				
	M				-12.368				
	N				51.663				
	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	18.0	3.5	14.5	1.400	D13-6.7	8.447	0.583	1.250
底版 $\tau$ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D13-6.7	8.447	0.583	1.250
側壁上 $\tau$ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D16-3.3 D13-3.3	10.843	0.748	1.349
側壁下 $\tau$ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D16-3.3 D13-3.3	10.843	0.748	1.349

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	-6.215	799.5	14.734	0.180	0.00540	-0.01	16.432	2.000
底版 $\tau$ 点	-7.560	674.3	22.764	0.180	0.00540	-0.01	14.169	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-10.785	0.0	46.119	0.180	0.00540	0.00	1.384	1.128
側壁下 $\tau$ 点	-12.368	0.0	51.663	0.180	0.00540	0.00	1.550	1.125

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	1.250	2.000	0.945
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.250	2.000	0.945
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.349	1.128	0.575
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.349	1.125	0.574

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	66.852	14.5	0.461	0.945
底版 $\tau$ 点	73.352	14.5	0.506	0.945
側壁上 $\tau$ 点	13.602	14.5	0.094	0.575
側壁下 $\tau$ 点	18.362	14.5	0.127	0.574

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以 上