

受付 No.

台帳 No. PM412000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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

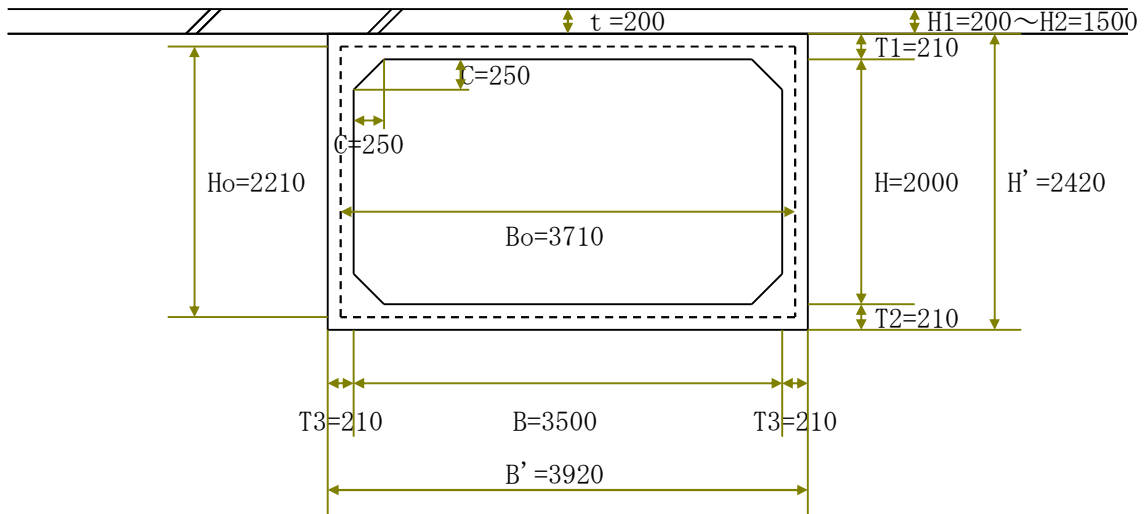
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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

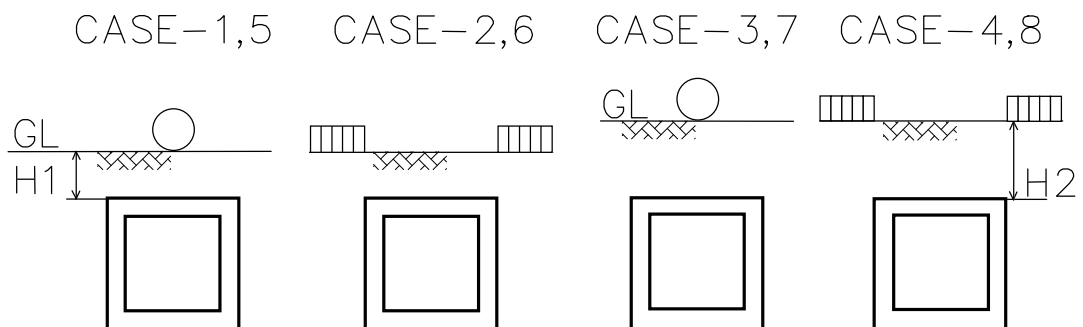
	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 23$	$\phi 23$	*****	(mm)
断面積	415.50	415.50	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	350000	350000	*****	(N)

## 1.11 標準断面図



[単位:mm]

## 1.12 荷重の組合せ



## [荷重 CASE]

CASE 1, 3, 5, 7 は、荷重がカルバート上載の場合

CASE 2, 4, 6, 8 は、荷重がカルバート側載の場合

また

CASE 1, 2, 5, 6 は、土被り H1 の場合

CASE 3, 4, 7, 8 は、土被り H2 の場合

また

CASE 1, 2, 3, 4 は、地下水の影響が無い場合

CASE 5, 6, 7, 8 は、地下水の影響が有る場合

■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

## 2 断面力計算

ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

せん断力



## 1) 断面検討用曲げモーメント



## 2) せん断力に対する照査



b) について

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

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

## 3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

## 3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (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> )
-------	------------------------------	---	--

$P_{vd1}$	5.145	5.145	5.145
$P_{vd2}$	4.500	4.500	4.500
$P_{hd1} = P_{hd1}$	3.195	3.195	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	8.195
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	23.085	23.085	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	28.085
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	141.818	0.000
$q_v$	*****	39.536	*****
$q_{v'}$	16.600	*****	16.600

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
$\alpha$	0.5957	0.5957	0.5957
$\beta$	0.5957	0.5957	0.5957
N1	2.5957	2.5957	2.5957
N2	2.5957	2.5957	2.5957
CAD (kN・m/m)	19.040	45.348	19.040
CBC (kN・m/m)	11.063	50.180	11.063
CAB (kN・m/m)	6.158	6.158	8.193
CBA (kN・m/m)	4.539	4.539	6.574
$\theta_A$	-6.965	-25.684	-5.690
$\theta_B$	5.197	27.478	3.922
MAB (kN・m/m)	-14.891	-30.048	-15.651
MAD (kN・m/m)	14.891	30.048	15.651
MBA (kN・m/m)	7.967	33.811	8.727
MBC (kN・m/m)	-7.967	-33.811	-8.727

## 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)	17.891	60.437	17.891
SCB	(kN/m)	-17.891	-60.437	-17.891
Mmax	(kN・m/m)	8.627	55.323	7.867
SAD	(kN/m)	30.793	73.339	30.793
SDA	(kN/m)	-30.793	-73.339	-30.793
Mmax	(kN・m/m)	13.669	37.974	12.910
SAB	(kN/m)	21.316	16.480	26.841
SBA	(kN/m)	-7.724	-12.559	-13.249
x	(m)	0.857	0.857	*****
		1.178	*****	1.178
Mmax	(kN・m/m)	-4.157	-23.458	*****
Mmax	(kN・m/m)	-3.346	*****	-1.067

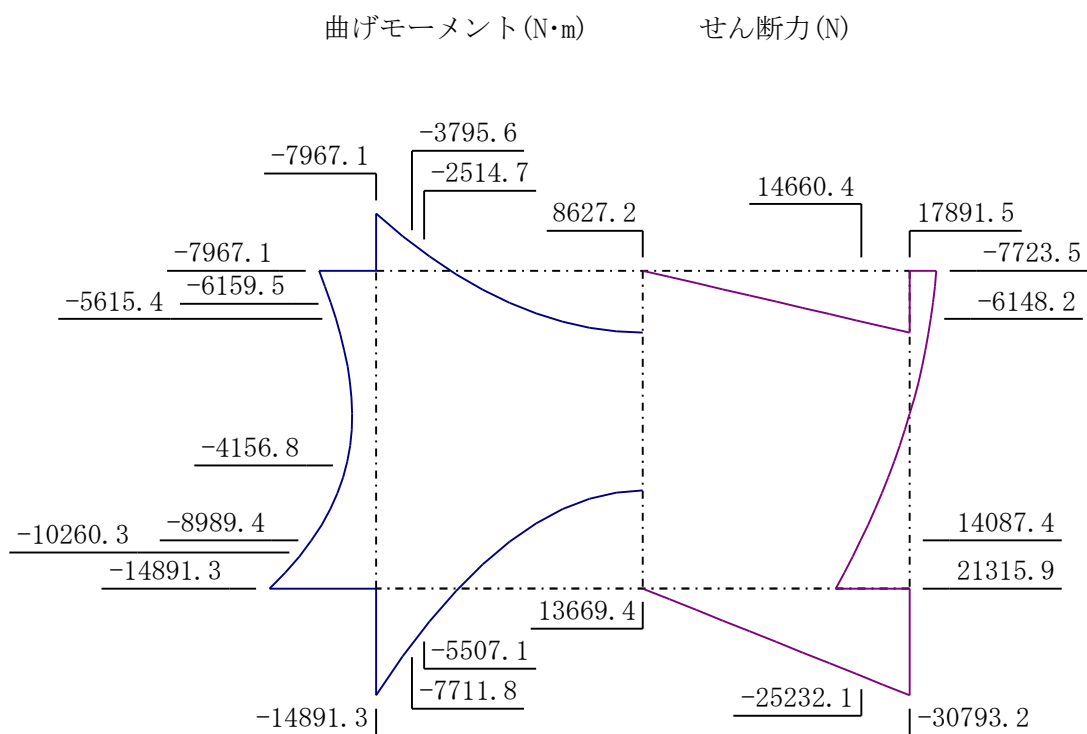
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



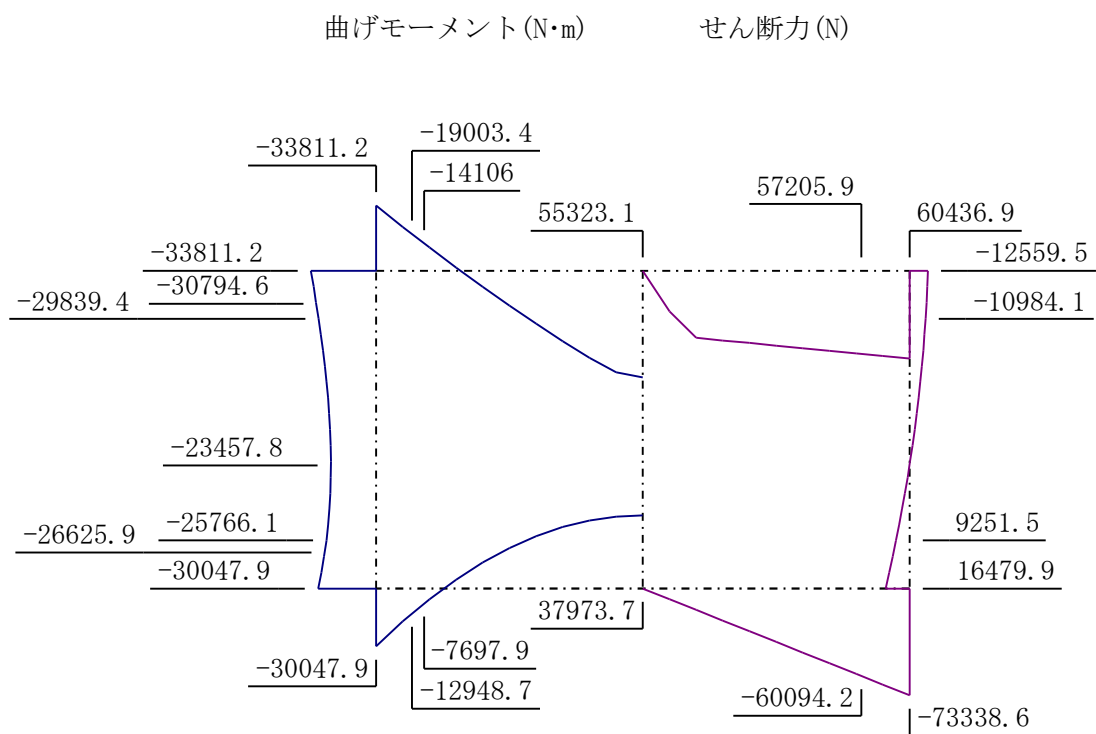
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	0.105	-7967	17892	7724
	2 ハッチ始点	0.355	-3796	***	7724
	S2 τ 点	0.335	-2515	14660	7724
	1 中 央	1.855	8627	0	7724
底版	9, S9 端 部	0.105	-14891	30793	21316
	10 ハッチ始点	0.355	-7712	***	21316
	S10 τ 点	0.335	-5507	25232	21316
	11 中 央	1.855	13669	0	21316
側壁	4, S4 上 端部	2.105	-7967	-7724	17892
	5 上ハッチ点	1.855	-6160	***	19351
	S5 上 τ 点	1.875	-5615	-6148	19847
	6 中 間	0.857	-4157	*****	25790
		1.178	-3347	*****	23916
	S7 下 τ 点	0.335	-8989	14087	28838
	7 下ハッチ点	0.355	-10260	***	29334
	8, S8 下 端部	0.105	-14891	21316	30793



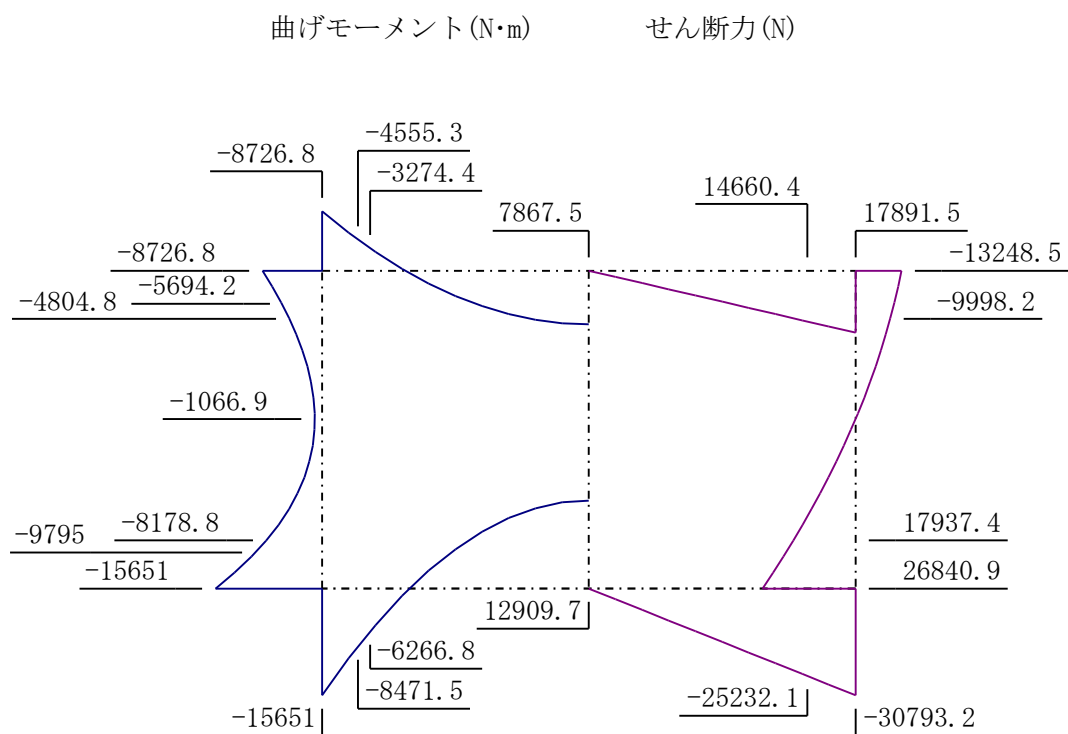
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /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	0.105	-33811	60437	12560
	2 ハチ始点	0.355	-19003	***	12560
	S2 τ 点	0.335	-14106	57206	12560
	1 中 央	1.855	55323	0	12560
底版	9, S9 端 部	0.105	-30048	73339	16480
	10 ハチ始点	0.355	-12949	***	16480
	S10 τ 点	0.335	-7698	60094	16480
	11 中 央	1.855	37974	0	16480
側壁	4, S4 上 端部	2.105	-33811	-12560	60437
	5 上ハチ点	1.855	-30795	***	61896
	S5 上 τ 点	1.875	-29839	-10984	62393
	6 中 間	0.857	-23458	0	68336
	S7 下 τ 点	0.335	-25766	9252	71383
	7 下ハチ点	0.355	-26626	***	71879
	8, S8 下 端部	0.105	-30048	16480	73339



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

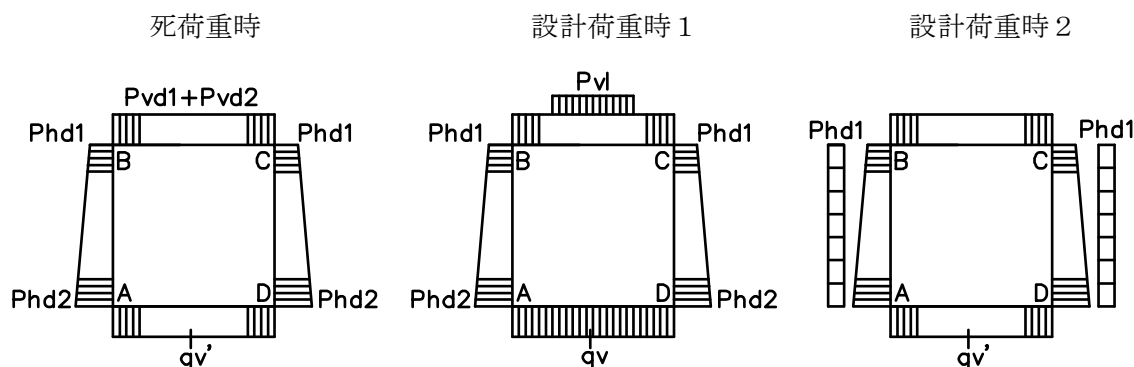
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.105	-8727	17892	13249
	2 ハチ始点	0.355	-4555	***	13249
	S2 τ 点	0.335	-3274	14660	13249
	1 中 央	1.855	7868	0	13249
底版	9, S9 端 部	0.105	-15651	30793	26841
	10 ハチ始点	0.355	-8472	***	26841
	S10 τ 点	0.335	-6267	25232	26841
	11 中 央	1.855	12910	0	26841
側壁	4, S4 上 端部	2.105	-8727	-13249	17892
	5 上ハチ点	1.855	-5694	***	19351
	S5 上 τ 点	1.875	-4805	-9998	19847
	6 中 間	1.178	-1067	0	23916
	S7 下 τ 点	0.335	-8179	17937	28838
	7 下ハチ点	0.355	-9795	***	29334
	8, S8 下 端部	0.105	-15651	26841	30793



## 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 <sub>vd1</sub>	5.145	5.145	5.145
P <sub>vd2</sub>	27.900	27.900	27.900
Phd1 = Phd1	14.895	14.895	*****
Phd1 = Phd1 + P <sub>q</sub>	*****	*****	19.895
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + P <sub>q</sub>	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + P <sub>q</sub>	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	34.785	34.785	*****
Phd2 = Phd2 + P <sub>q</sub>	*****	*****	39.785
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
P <sub>v1</sub>	0.000	26.591	0.000
q <sub>v</sub>	*****	62.936	*****
q <sub>v'</sub>	40.000	*****	40.000

注) q<sub>v'</sub> は、P<sub>v1</sub>=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
- $$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$
- $$CBC = \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{vl} \times u \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o)$$
- $$CAB = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60$$
- $$CBA = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60$$
- 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)  $P_{hd1} \sim P_{hd5}$  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
$\alpha$	0.5957	0.5957	0.5957
$\beta$	0.5957	0.5957	0.5957
N1	2.5957	2.5957	2.5957
N2	2.5957	2.5957	2.5957
CAD (kN・m/m)	45.880	72.188	45.880
CBC (kN・m/m)	37.903	67.578	37.903
CAB (kN・m/m)	10.920	10.920	12.955
CBA (kN・m/m)	9.301	9.301	11.336
$\theta A$	-20.801	-37.875	-19.526
$\theta B$	19.033	37.043	17.758
MAB (kN・m/m)	-33.489	-49.626	-34.249
MAD (kN・m/m)	33.489	49.626	34.249
MBA (kN・m/m)	26.565	45.512	27.325
MBC (kN・m/m)	-26.565	-45.512	-27.325

## 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。

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

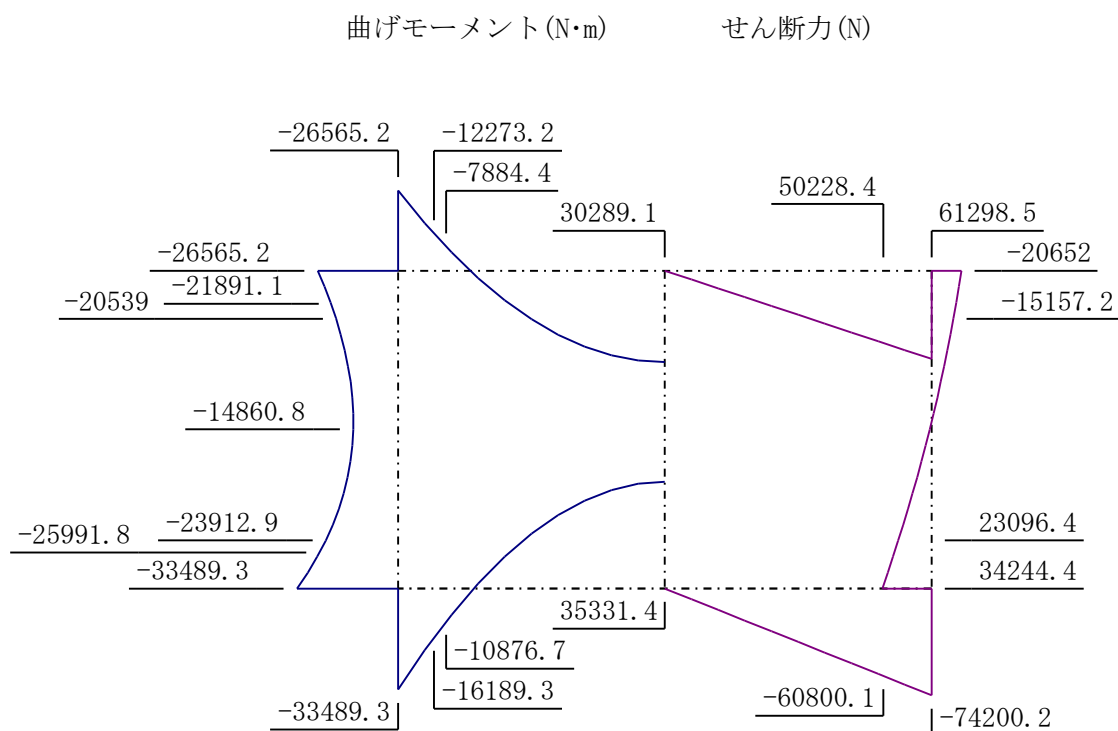
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	61.298	103.844	61.298
SCB (kN/m)	-61.298	-103.844	-61.298
Mmax (kN・m/m)	30.289	56.228	29.529
SAD (kN/m)	74.200	116.746	74.200
SDA (kN/m)	-74.200	-116.746	-74.200
Mmax (kN・m/m)	35.331	58.655	34.572
SAB (kN/m)	34.244	32.973	39.769
SBA (kN/m)	-20.652	-21.923	-26.177
x (m)	1.106	1.106	*****
	1.149	*****	1.149
Mmax (kN・m/m)	-14.861	-32.404	*****
Mmax (kN・m/m)	-14.829	*****	-12.541

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。

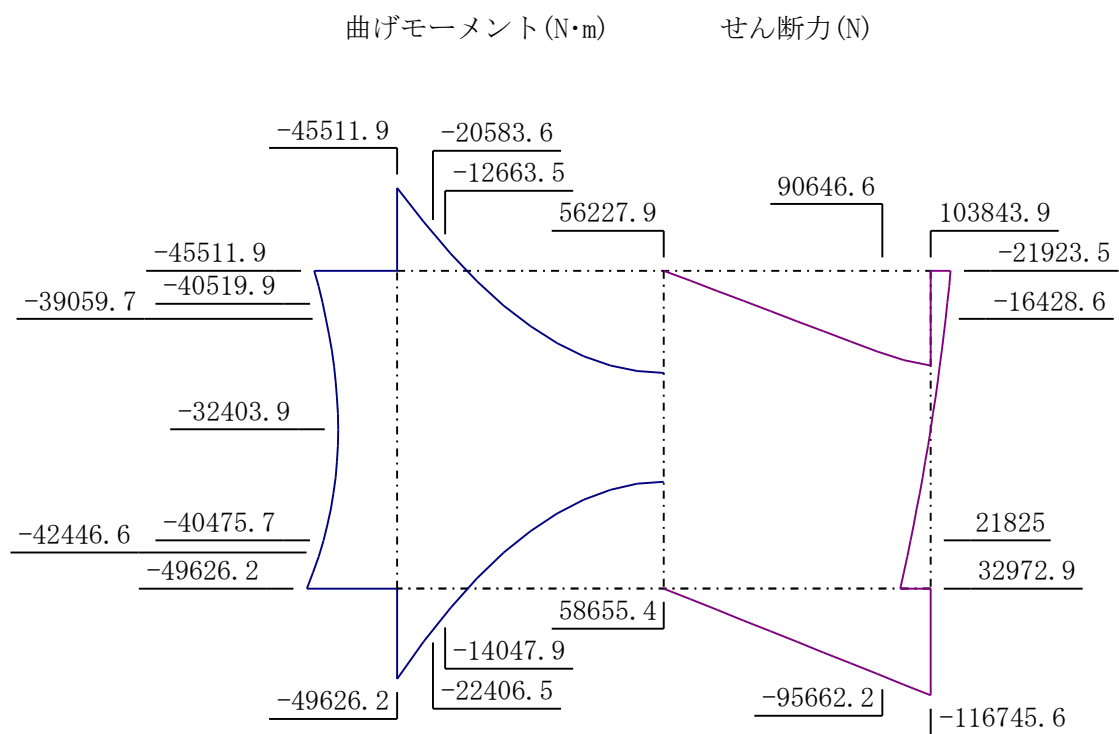
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	0.105	-26565	61299	20652
	2 ハチ始点	0.355	-12273	***	20652
	S2 τ 点	0.335	-7884	50228	20652
	1 中 央	1.855	30289	0	20652
底版	9, S9 端 部	0.105	-33489	74200	34244
	10 ハチ始点	0.355	-16189	***	34244
	S10 τ 点	0.335	-10877	60800	34244
	11 中 央	1.855	35331	0	34244
側壁	4, S4 上 端部	2.105	-26565	-20652	61299
	5 上ハチ点	1.855	-21891	***	62758
	S5 上 τ 点	1.875	-20539	-15157	63254
	6 中 間	1.106	-14861	*****	67744
		1.149	-14829	*****	67493
	S7 下 τ 点	0.335	-23913	23096	72245
	7 下ハチ点	0.355	-25992	***	72741
	8, S8 下 端部	0.105	-33489	34244	74200



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

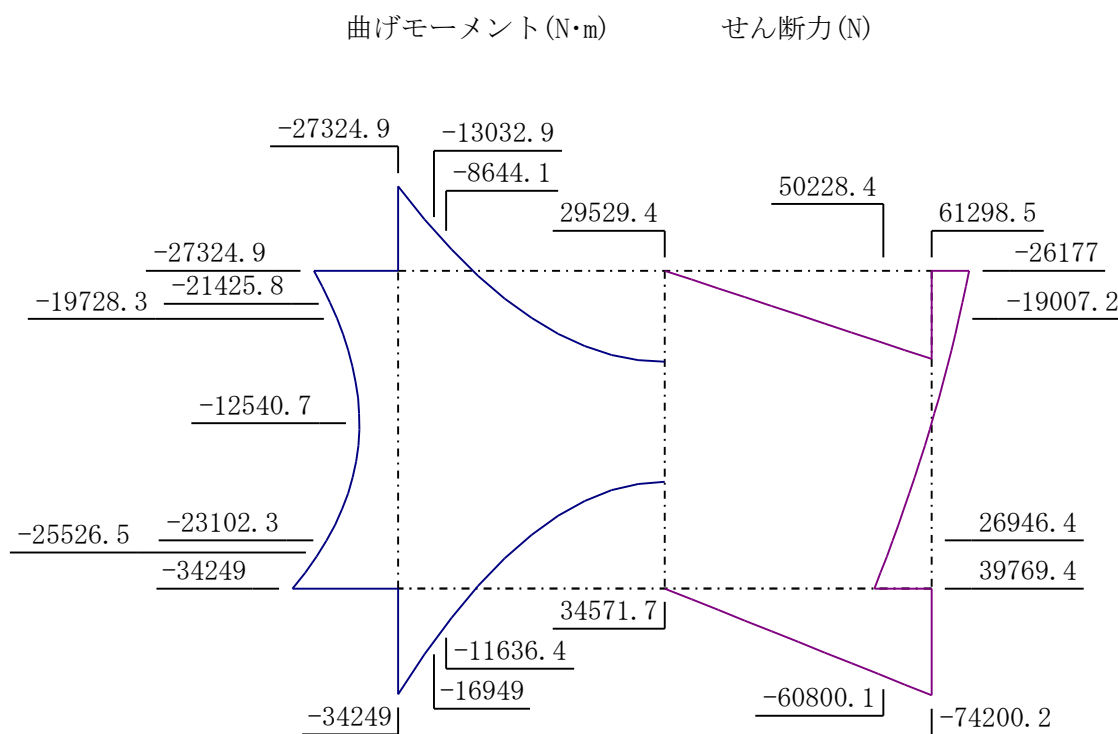
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.105	-45512	103844	21924
	2 ハチ始点	0.355	-20584	***	21924
	S2 τ 点	0.335	***	90647	***
	1 中 央	1.855	56228	0	21924
底版	9, S9 端 部	0.105	-49626	116746	32973
	10 ハチ始点	0.355	-22407	***	32973
	S10 τ 点	0.335	***	95662	***
	11 中 央	1.855	58655	0	32973
側壁	4, S4 上 端部	2.105	-45512	-21924	103844
	5 上ハチ点	1.855	-40520	***	105303
	S5 上 τ点	1.875	***	-16429	***
	6 中 間	1.106	-32404	0	110289
	S7 下 τ点	0.335	***	21825	***
	7 下ハチ点	0.355	-42447	***	115286
	8, S8 下 端部	0.105	-49626	32973	116746





## (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	0.105	-27325	61299	26177
	2 ハチ始点	0.355	-13033	***	26177
	S2 τ 点	0.335	***	50228	***
	1 中 央	1.855	29529	0	26177
底版	9, S9 端 部	0.105	-34249	74200	39769
	10 ハチ始点	0.355	-16949	***	39769
	S10 τ 点	0.335	***	60800	***
	11 中 央	1.855	34572	0	39769
側壁	4, S4 上 端部	2.105	-27325	-26177	61299
	5 上ハチ点	1.855	-21426	***	62758
	S5 上 τ点	1.875	***	-19007	***
	6 中 間	1.149	-12541	0	67493
	S7 下 τ点	0.335	***	26946	*****
	7 下ハチ点	0.355	-25527	***	72741
	8, S8 下 端部	0.105	-34249	39769	74200



## 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	29.33	2933.3	210330.86	14.67	14340.74
ハチ始点	100.00	21.00	2100.0	77175.00	10.50	7350.00
τ 点	100.00	21.67	2166.7	85152.61	10.83	7860.24
中 央	100.00	21.00	2100.0	77175.00	10.50	7350.00

## 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 23	3.33	4.155	350000	2.67	外 側
ハチ始点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.50	外 側
τ 点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.50	外 側
中 央	φ 23	3.33	4.155	350000	1.50	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	842.36	4.37	-0.34	97.72	25.27	719.37	0.854	3
ハチ始点	842.36	5.90	0.24	126.12	25.27	690.96	0.820	3
τ 点	842.36	5.69	0.14	122.11	25.27	694.98	0.825	3
中 央	842.36	5.90	-0.59	114.01	25.27	703.07	0.835	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.37	-0.34	97.72	25.27	719.37	0.854	3
ハチ始点	842.36	5.90	0.24	126.12	25.27	690.96	0.820	3
τ 点	842.36	5.69	0.14	122.11	25.27	694.98	0.825	3
中 央	842.36	5.90	-0.59	114.01	25.27	703.07	0.835	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.37	-0.34	97.72	25.27	719.37	0.854	3
ハチ始点	842.36	5.90	0.24	126.13	25.27	690.96	0.820	3
τ 点	842.36	5.69	0.04	120.72	25.27	696.37	0.827	1
中 央	842.36	5.90	-0.59	114.01	25.27	703.07	0.835	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.37	-0.34	97.72	25.27	719.37	0.854	3
ハチ始点	842.36	5.90	0.24	126.13	25.27	690.96	0.820	3
τ 点	842.36	5.69	0.04	120.72	25.27	696.37	0.827	1
中 央	842.36	5.90	-0.59	114.01	25.27	703.07	0.835	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	1.85	0.07	1.54	3.47	3
ハチ始点	1.67	0.10	6.51	8.28	3
中 央	4.12	0.10	2.65	6.87	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.85	0.07	5.25	3.47	3
ハチ始点	-1.67	0.10	2.60	1.03	3
中 央	-4.12	0.10	6.62	2.60	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.17	0.07	1.54	4.79	3
ハチ始点	2.80	0.10	6.51	9.41	3
中 央	7.65	0.10	2.65	10.40	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.17	0.07	5.25	2.15	3
ハチ始点	-2.80	0.10	2.60	-0.09	3
中 央	-7.65	0.10	6.62	-0.92	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	-61.441	1.07	5.93	4.5	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-27.788	-1.04	10.43	1.9	9.8	0.614	0.948	3
中 央	75.908	-3.56	13.12	4.5	79.9	4.993	2.242	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)	$\sigma c'$	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma i$	ケース
端 部	100.0	10756	21.924	103.844	996.33	3.47	0.53	-0.079	3
$\tau$ 点	100.0	5868	21.924	90.647	962.55	4.54	0.63	-0.085	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	-26.565	-18.947	-81.902	-77.370	-81.902	3
ハチ始点	-3.796	-15.208	-42.954	-32.306	-42.954	1
中 央	8.627	46.696	127.955	94.049	127.955	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	13.850	8.447	17.3	25.8	0.069	0.009	229.85	2.8	3
ハチ始点	13.850	8.447	9.0	17.5	0.069	0.018	116.67	2.7	1
中 央	13.850	8.447	12.0	17.5	0.069	0.013	149.94	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	29.33	2933.3	210330.86	14.67	14340.74
ハチ始点	100.00	21.00	2100.0	77175.00	10.50	7350.00
τ 点	100.00	21.67	2166.7	85152.61	10.83	7860.24
中 央	100.00	21.00	2100.0	77175.00	10.50	7350.00

## 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 23	3.33	4.155	350000	2.67	外 側
ハチ始点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.50	外 側
τ 点	φ 23	3.33	4.155	350000	-1.50	外 側
中 央	φ 23	3.33	4.155	350000	1.50	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	842.36	4.37	-0.42	96.40	25.27	720.69	0.856	3
ハチ始点	842.36	5.90	0.31	127.24	25.27	689.85	0.819	3
τ 点	842.36	5.69	0.19	122.87	25.27	694.22	0.824	3
中 央	842.36	5.90	-0.69	112.58	25.27	704.51	0.836	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.37	-0.42	96.40	25.27	720.69	0.856	3
ハチ始点	842.36	5.90	0.31	127.24	25.27	689.85	0.819	3
τ 点	842.36	5.69	0.19	122.87	25.27	694.22	0.824	3
中 央	842.36	5.90	-0.69	112.58	25.27	704.51	0.836	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.37	-0.42	96.40	25.27	720.69	0.856	3
ハチ始点	842.36	5.90	0.31	127.24	25.27	689.85	0.819	3
τ 点	842.36	5.69	0.19	122.86	25.27	694.23	0.824	3
中 央	842.36	5.90	-0.69	112.58	25.27	704.51	0.836	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.37	-0.42	96.40	25.27	720.69	0.856	3
ハチ始点	842.36	5.90	0.31	127.24	25.27	689.85	0.819	3
τ 点	842.36	5.69	0.19	122.86	25.27	694.23	0.824	3
中 央	842.36	5.90	-0.69	112.58	25.27	704.51	0.836	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	2.34	0.12	1.55	4.00	3
ハチ始点	2.20	0.16	6.50	8.87	3
中 央	4.81	0.16	2.66	7.63	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.34	0.12	5.26	3.04	3
ハチ始点	-2.20	0.16	2.60	0.56	3
中 央	-4.81	0.16	6.64	1.99	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.46	0.11	1.55	5.12	3
ハチ始点	3.05	0.16	6.50	9.71	3
中 央	7.98	0.16	2.66	10.79	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.46	0.11	5.26	1.91	3
ハチ始点	-3.05	0.16	2.60	-0.29	3
中 央	-7.98	0.16	6.64	-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	-66.995	0.74	6.37	3.0	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-30.249	-1.30	10.83	2.3	14.7	0.919	1.128	3
中 央	79.185	-3.92	13.64	4.7	92.0	5.752	2.346	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	10756	32.973	116.746	998.15	3.52	0.60	-0.099	3
$\tau$ 点	100.0	5868	32.973	95.662	961.49	4.59	0.66	-0.093	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	-33.489	-16.137	-83.878	-84.365	-84.365	3
ハッチ始点	-16.189	-6.217	-36.589	-38.091	-38.091	3
中 央	35.331	23.324	104.241	99.714	104.241	3

位 置	Ap (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	13.850	8.447	17.3	25.8	0.069	0.009	229.85	2.7	3
ハッチ始点	13.850	8.447	9.0	17.5	0.069	0.018	116.67	3.1	3
中 央	13.850	8.447	12.0	17.5	0.069	0.013	149.94	1.4	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	-45.512	103.844	43.83	11.17	57.108	3
	上ハチ点	-40.520	105.303	38.48	7.00	47.891	3
側壁	中 間	-32.404	110.289	29.38	7.00	40.124	3
	下ハチ点	-42.447	115.286	36.82	7.00	50.517	3
	下端部	-49.626	116.746	42.51	11.17	62.663	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	57.108	13.31	16.81	29.33	9.120
	上ハチ点	47.891	12.19	15.69	21.00	13.454
側壁	中 間	40.124	11.16	14.66	21.00	9.704
	下ハチ点	50.517	12.52	16.02	21.00	14.003
	下端部	62.663	13.95	17.45	29.33	9.920
$d + d' < T$					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	11.636	4.47	81.8	0.0
	上ハチ点	100.00	19.100	8.646	7.58	116.4	0.0
	中間	100.00	19.100	8.999	6.15	87.1	0.0
	下ハチ点	100.00	19.100	8.697	7.96	120.8	0.0
	下端部	100.00	19.100	11.701	4.88	88.5	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	57.206	14.660	90.647	50.228				
	M			-12.664					
	N			21.924					
	最大			○					
底版 τ点	S	60.094	25.232	95.662	60.800				
	M			-14.048					
	N			32.973					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-10.984	-9.998	-16.429	-19.007				
	M				-19.728				
	N				63.254				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	9.252	17.937	21.825	26.946				
	M				-23.102				
	N				72.245				
	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	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-6.7	8.447	0.465	1.165
底版 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-6.7	8.447	0.465	1.165
側壁上 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D19-6.7	19.100	1.051	1.500
側壁下 $\tau$ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D19-6.7	19.100	1.051	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	-12.664	962.5	21.924	0.217	0.00786	-0.01	16.407	2.000
底版 $\tau$ 点	-14.048	961.5	32.973	0.217	0.00786	-0.01	16.791	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-19.728	0.0	63.254	0.217	0.00786	0.00	2.291	1.116
側壁下 $\tau$ 点	-23.102	0.0	72.244	0.217	0.00786	0.00	2.617	1.113

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	1.165	2.000	0.881
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.165	2.000	0.881
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.500	1.116	0.633
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.500	1.113	0.631

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	90.647	18.2	0.499	0.881
底版 $\tau$ 点	95.662	18.2	0.527	0.881
側壁上 $\tau$ 点	19.007	18.2	0.105	0.633
側壁下 $\tau$ 点	26.946	18.2	0.148	0.631

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上