

受付 No.

台帳 No. KL403002

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 1800 mm  
内 高 (H) 1800 mm  
長 さ (L) 2000 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1= 0.500 m  
H2= 1.500 m

千葉窯業株式会社

## 1 設 計 条 件

## 1.1 一般条件

構造形式	: 一径間ボックスラーメン
内空寸法	: (B) 1800 × (H) 1800 × (L) 2000 [mm]
土被り	: H1 = 0.500 ~ H2 = 1.500 [m]
道路舗装厚	: t = 0.200 [m]
路盤厚	: t <sub>b</sub> = 0.000 [m]

## 1.2 単位容積重量

舗 装 材	: $\gamma_a = 22.5$ [kN/m <sup>3</sup> ]
路盤材 (地下水位以上)	: $\gamma_b = 19.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]
路盤材 (地下水位以下)	: $\gamma_{bw} = 10.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]
鉄筋コンクリート	: $\gamma_c = 24.5$ [kN/m <sup>3</sup> ]
土 (地下水位以上)	: $\gamma_s = 18.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]
土 (地下水位以下)	: $\gamma_w = 9.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]

## 1.3 土圧係数 (水 平 )

:  $K_a = 0.500$

(鉛 直 )

:  $\alpha = 1.000$

## 1.4 活荷重 (上 載 )

: T' 荷重 横断通行

(輪接地幅 a = 0.20m b = 0.50m )

(側 載 )

:  $Q = 10.0$  [kN/m<sup>2</sup>]

## 1.5 衝撃係数

:  $i = 0.300$

## 1.6 鉄筋かぶり

	頂 版	底 版	側 壁
: (内側)	35 mm	35 mm	35 mm
: (外側)	35 mm	35 mm	35 mm

## 1.7 断面力低減係数 (土被り H1)

:  $\beta = 0.9$

(土被り H2)

:  $\beta = 0.9$

## 1.8 許容応力度

## 1.8.1 鉄筋

引張応力度	: $\sigma_{sa} = 160$ [N/mm <sup>2</sup> ]
降伏点応力度	: $\sigma_{sy} = 295$ [N/mm <sup>2</sup> ]
弾性係数	: $E_s = 2.0 \times 10^5$ [N/mm <sup>2</sup> ]

## 1.8.2 コンクリート

- (1) 設計基準強度 :  $\sigma_{ck} = 40.0 \text{ N/mm}^2$
- (2) プレストレストコンクリート部材
- P S 導入時強度 :  $\sigma_{ck}' = 35.0 \text{ N/mm}^2$
- P S 導入直後
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{cat} = 19.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{tat} = -1.5 \text{ N/mm}^2$
- 設計荷重作用時
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{ca} = 15.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{ta} = -1.5 \text{ N/mm}^2$
- (死荷重作用時)
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{ta}' = 0.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容せん断応力度 :  $\tau_a = 0.270 \text{ N/mm}^2$
- 許容斜引張応力度 :  $\sigma_{ia} = -1.0 \text{ N/mm}^2$
- (3) 鉄筋コンクリート部材
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{ca} = 14.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容せん断応力度 :  $\tau_a = 0.270 \text{ N/mm}^2$
- (4) 弾性係数 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

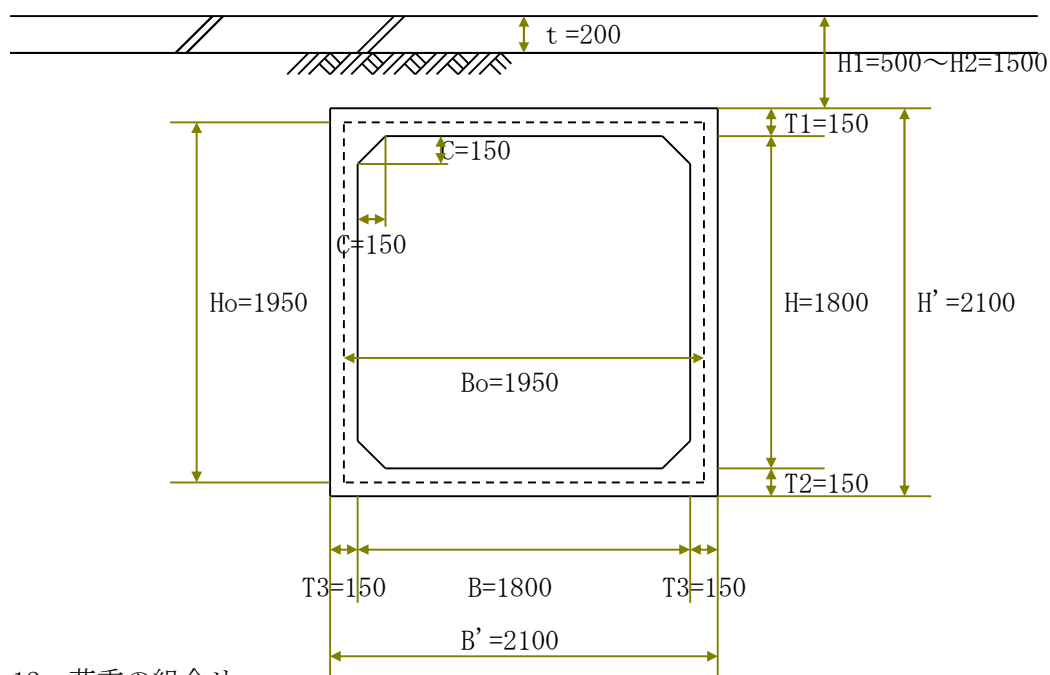
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (1) 許容引張応力度
- 引 張 強 度 :  $\sigma_{pu} = 1230 \text{ N/mm}^2$
- 降 伏 点 強 度 :  $\sigma_{py} = 1080 \text{ N/mm}^2$
- プレストレッシング中 :  $\sigma_{pia} = 972 \text{ N/mm}^2$
- プレストレッシング直後 :  $\sigma_{pca} = 861 \text{ N/mm}^2$
- 設計荷重作用時 :  $\sigma_{pea} = 738 \text{ N/mm}^2$
- (2) 弾性係数 :  $E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

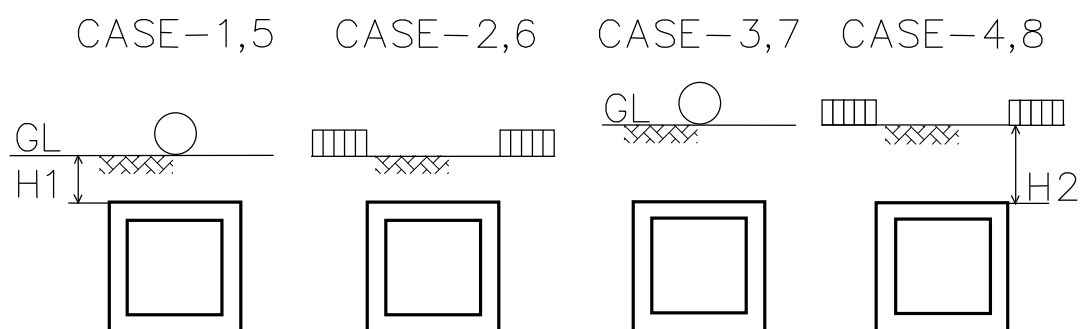
## (3) 使用 P C 鋼棒

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

### 1.11 標準断面図



## 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

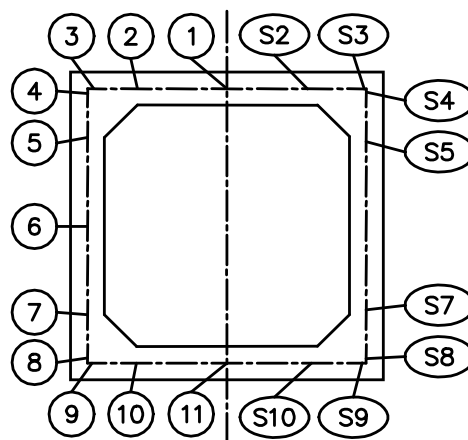
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

## 2 断面力計算

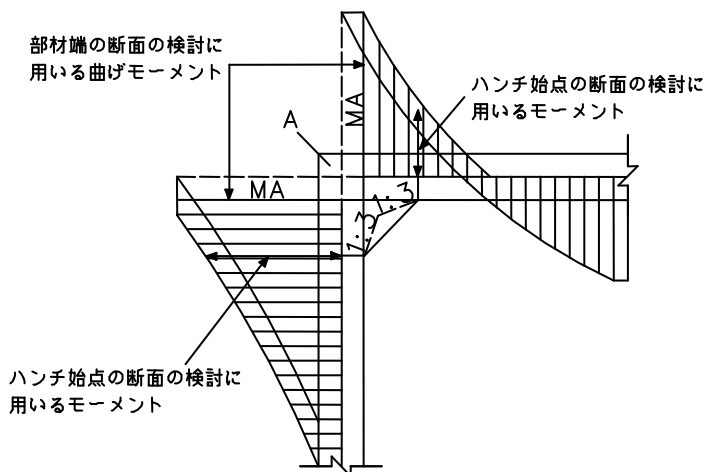
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

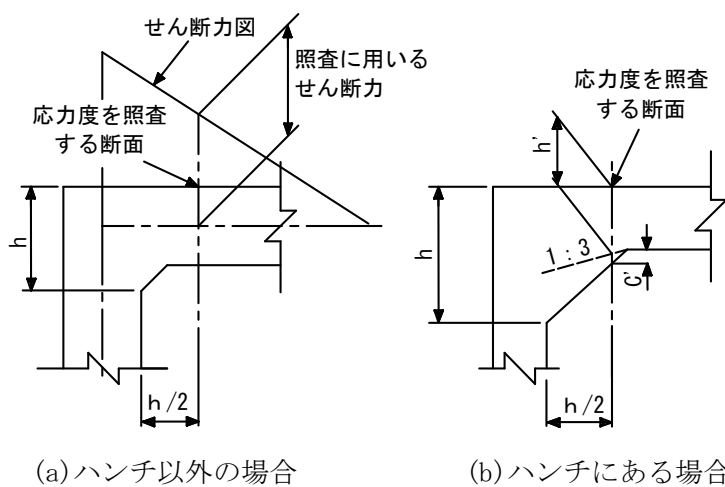
せん断力



### 1) 断面検討用曲げモーメント



### 2) せん断力に対する照査



(a) ハッチ以外の場合

(b) ハッチにある場合

b) について

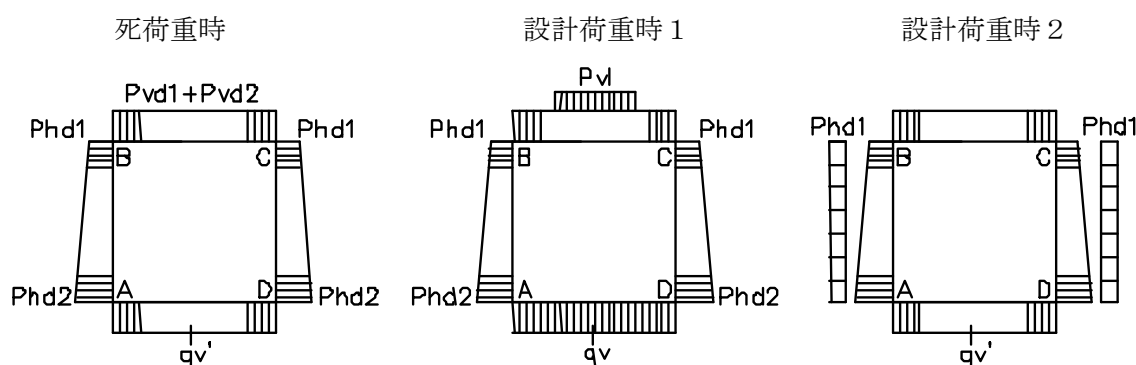
ハッチにある場合の部材断面の高さは、ハッチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

## 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  $u = a + 2 \times H1 = 1.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 1.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値                      死荷重時                      設計荷重時 1                      設計荷重 2

(kN/m<sup>2</sup>)                      CASE-1                      CASE-2

(kN/m<sup>2</sup>)                      (kN/m<sup>2</sup>)

Pvd1	3.675	3.675	3.675
Pvd2	9.900	9.900	9.900
Phd1 = Phd1	5.625	5.625	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	10.625
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	23.175	23.175	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	28.175
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	70.909	0.000
qv	*****	65.127	*****
qv'	21.490	*****	21.490

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
$\alpha$	1.0000	1.0000	1.0000
$\beta$	1.0000	1.0000	1.0000
N1	3.0000	3.0000	3.0000
N2	3.0000	3.0000	3.0000
CAD (kN・m/m)	6.810	20.637	6.810
CBC (kN・m/m)	4.302	22.424	4.302
CAB (kN・m/m)	5.119	5.119	6.703
CBA (kN・m/m)	4.007	4.007	5.591
$\theta_A$	-0.671	-8.121	0.121
$\theta_B$	0.322	8.846	-0.470
MAB (kN・m/m)	-6.139	-12.516	-6.931
MAD (kN・m/m)	6.139	12.516	6.931
MBA (kN・m/m)	3.980	13.578	4.772
MBC (kN・m/m)	-3.980	-13.578	-4.772

## 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)	13.236	55.781	13.236
SCB	(kN/m)	-13.236	-55.781	-13.236
Mmax	(kN・m/m)	2.473	21.593	1.681
SAD	(kN/m)	20.953	63.499	20.953
SDA	(kN/m)	-20.953	-63.499	-20.953
Mmax	(kN・m/m)	4.076	18.440	3.284
SAB	(kN/m)	17.999	16.347	22.874
SBA	(kN/m)	-10.081	-11.733	-14.956
x	(m)	0.844	0.844	*****
		0.959	*****	0.959
Mmax	(kN・m/m)	1.700	-6.071	*****
Mmax	(kN・m/m)	1.788	*****	3.372

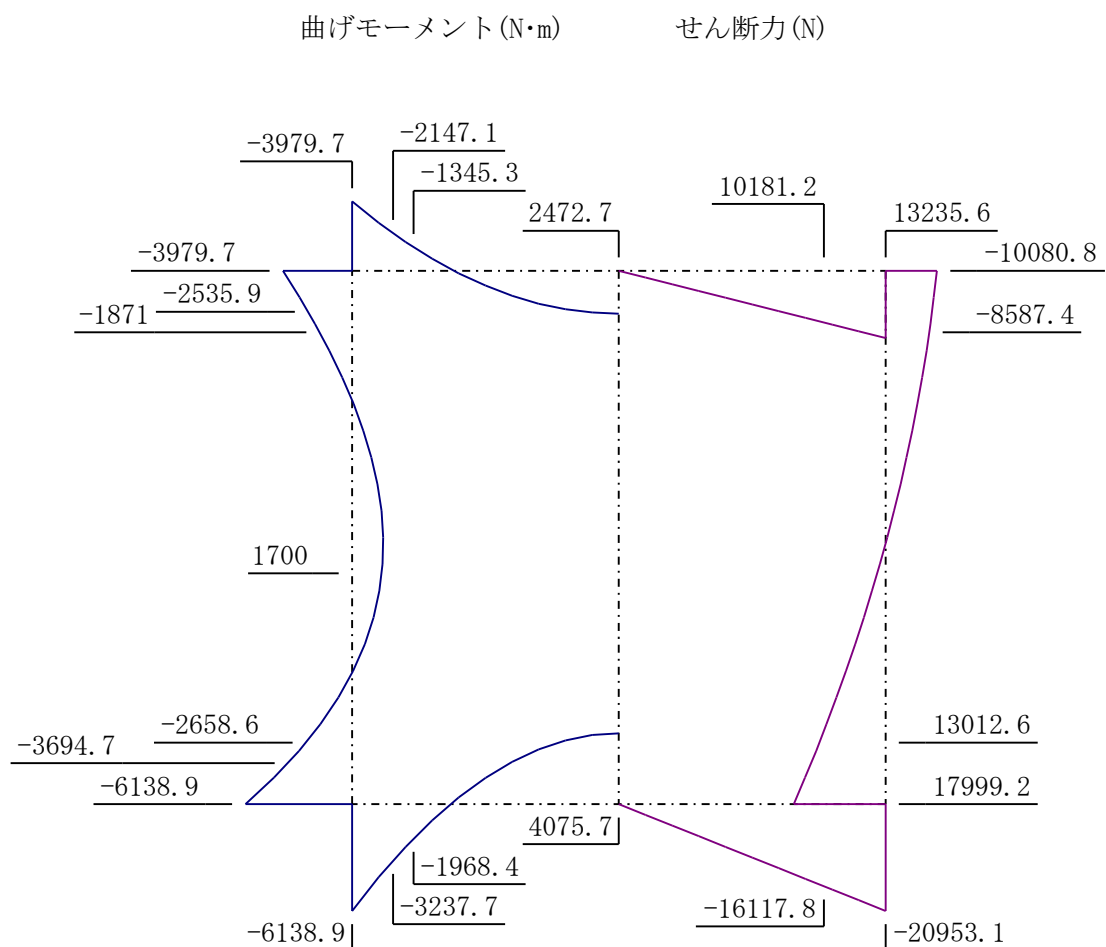
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



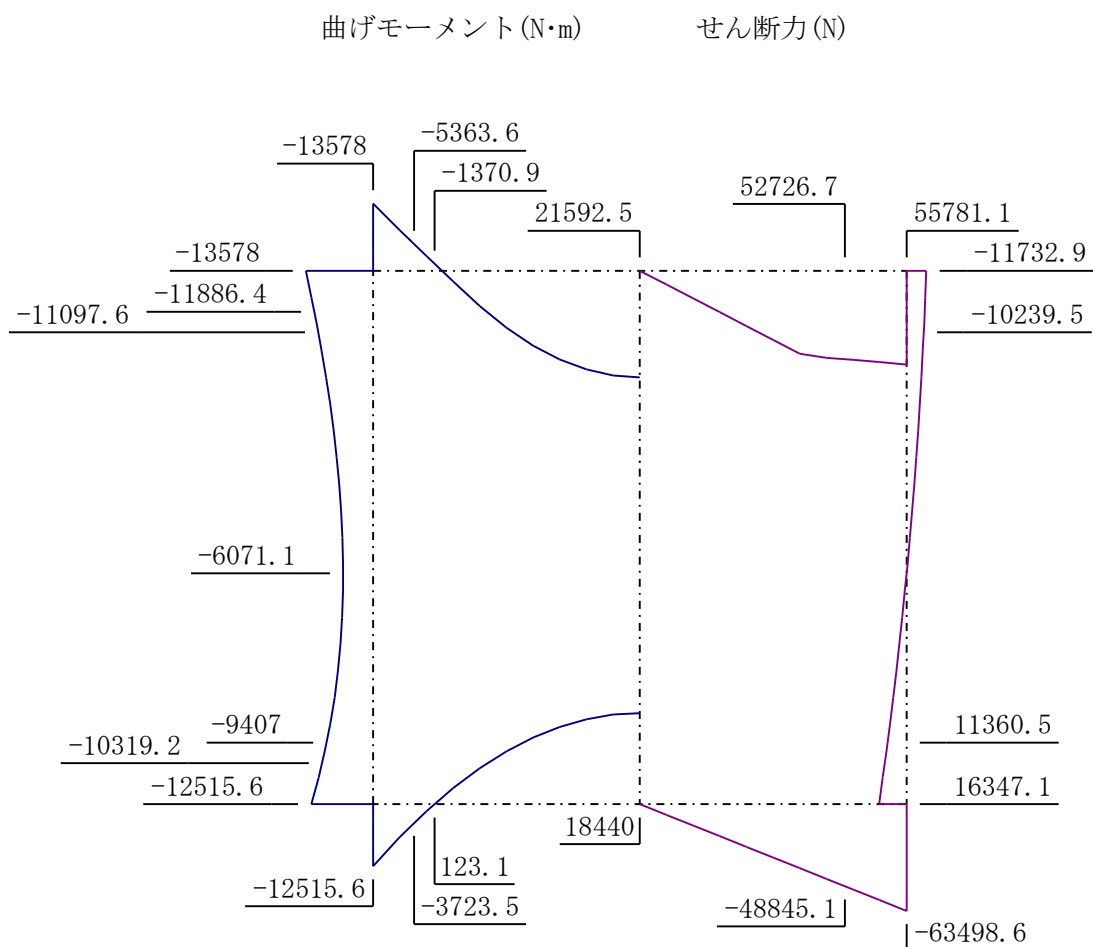
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

					[ /単位長]
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-3980	13236	10081
	2 ハチ始点	0.225	-2147	***	10081
	S2 τ 点	0.225	-1345	10181	10081
	1 中 央	0.975	2473	0	10081
底板	9, S9 端 部	0.075	-6139	20953	17999
	10 ハチ始点	0.225	-3238	***	17999
	S10 τ 点	0.225	-1968	16118	17999
	11 中 央	0.975	4076	0	17999
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-3980	-10081	13236
	5 上ハチ点	1.725	-2536	***	13829
	S5 上 τ点	1.725	-1871	-8587	14126
	6 中 間	0.844	1700	*****	17613
		0.959	1788	*****	17158
	S7 下 τ点	0.225	-2659	13013	20063
	7 下ハチ点	0.225	-3695	***	20360
	8, S8 下 端部	0.075	-6139	17999	20953



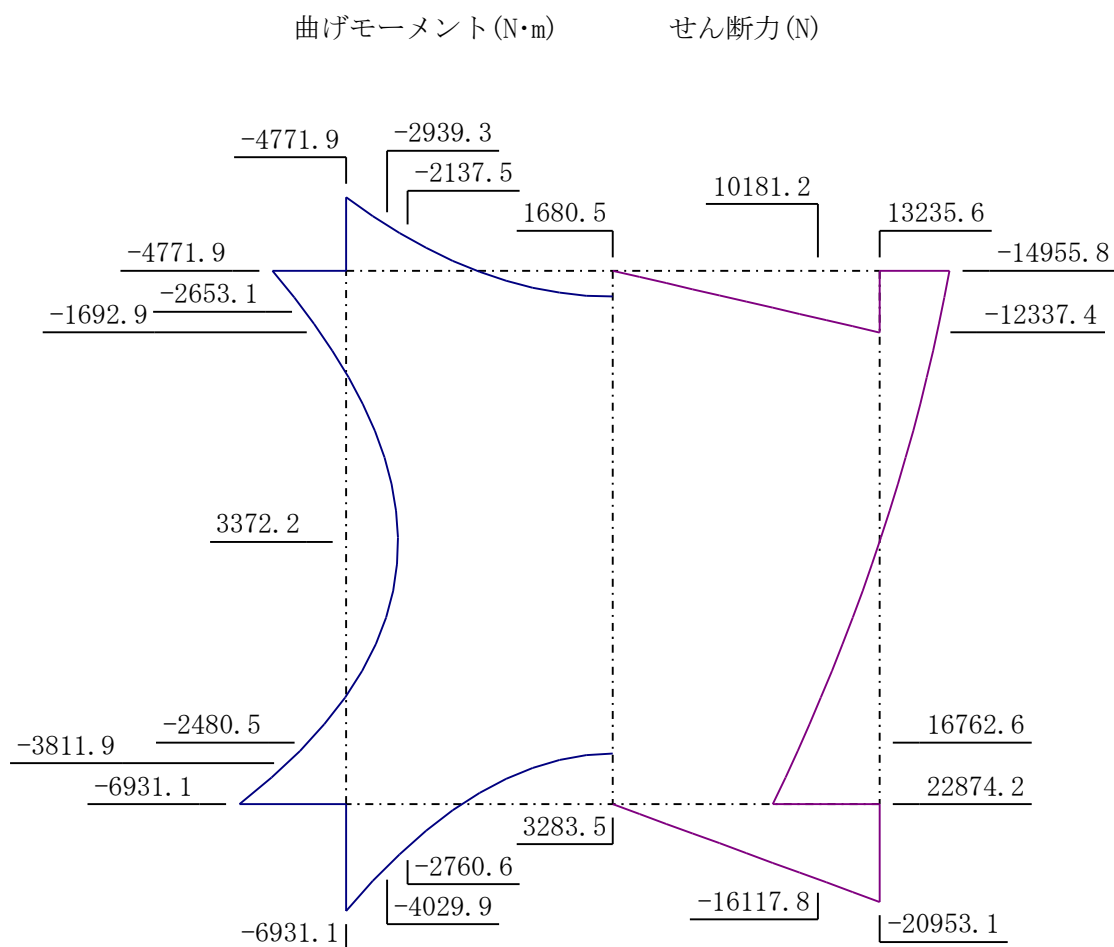
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

					[ /単位長]
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-13578	55781	11733
	2 ハチ始点	0.225	-5364	***	11733
	S2 τ 点	0.225	-1371	52727	11733
	1 中 央	0.975	21593	0	11733
底版	9, S9 端 部	0.075	-12516	63499	16347
	10 ハチ始点	0.225	-3724	***	16347
	S10 τ 点	0.225	123	48845	16347
	11 中 央	0.975	18440	0	16347
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-13578	-11733	55781
	5 上ハチ点	1.725	-11886	***	56375
	S5 上 τ 点	1.725	-11098	-10240	56672
	6 中 間	0.844	-6071	0	60158
	S7 下 τ 点	0.225	-9407	11361	62608
	7 下ハチ点	0.225	-10319	***	62905
	8, S8 下 端部	0.075	-12516	16347	63499



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

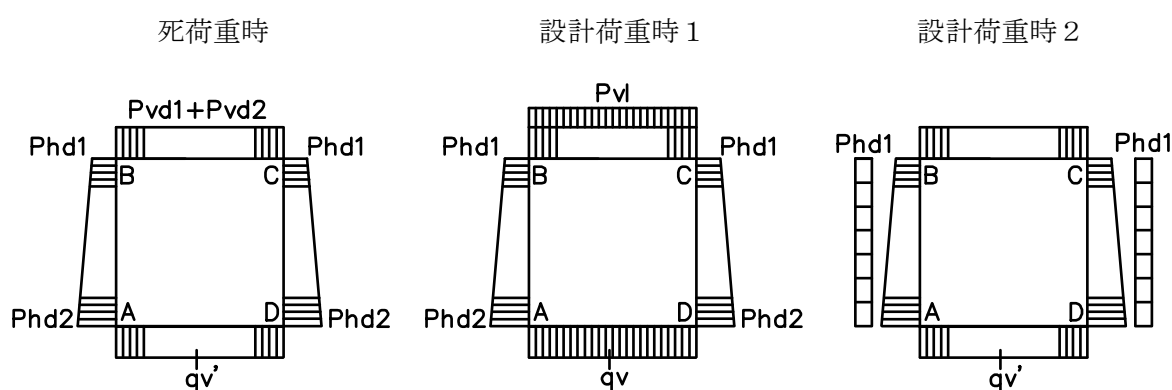
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-4772	13236	14956
	2 ハチ始点	0.225	-2939	***	14956
	S2 τ 点	0.225	-2138	10181	14956
	1 中 央	0.975	1681	0	14956
底版	9, S9 端 部	0.075	-6931	20953	22874
	10 ハチ始点	0.225	-4030	***	22874
	S10 τ 点	0.225	-2761	16118	22874
	11 中 央	0.975	3284	0	22874
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-4772	-14956	13236
	5 上ハチ点	1.725	-2653	***	13829
	S5 上 τ 点	1.725	-1693	-12337	14126
	6 中 間	0.959	3372	0	17158
	S7 下 τ 点	0.225	-2481	16763	20063
	7 下ハチ点	0.225	-3812	***	20360
	8, S8 下 端部	0.075	-6931	22874	20953



## 3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

## 3.2.1 設計荷重

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



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>)

$P_{vd1}$	3.675	3.675	3.675
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	14.625	14.625	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	19.625
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	32.175	32.175	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	37.175
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	66.081	*****
$q_{v'}$	39.490	*****	39.490

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
$\alpha$	1.0000	1.0000	1.0000
$\beta$	1.0000	1.0000	1.0000
$N_1$	3.0000	3.0000	3.0000
$N_2$	3.0000	3.0000	3.0000
CAD (kN・m/m)	12.514	20.940	12.514
CBC (kN・m/m)	10.005	18.431	10.005
CAB (kN・m/m)	7.971	7.971	9.555
CBA (kN・m/m)	6.859	6.859	8.443
$\theta A$	-2.097	-6.310	-1.305
$\theta B$	1.748	5.961	0.956
MAB (kN・m/m)	-10.417	-14.630	-11.209
MAD (kN・m/m)	10.417	14.630	11.209
MBA (kN・m/m)	8.258	12.470	9.050
MBC (kN・m/m)	-8.258	-12.470	-9.050

## 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。

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

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

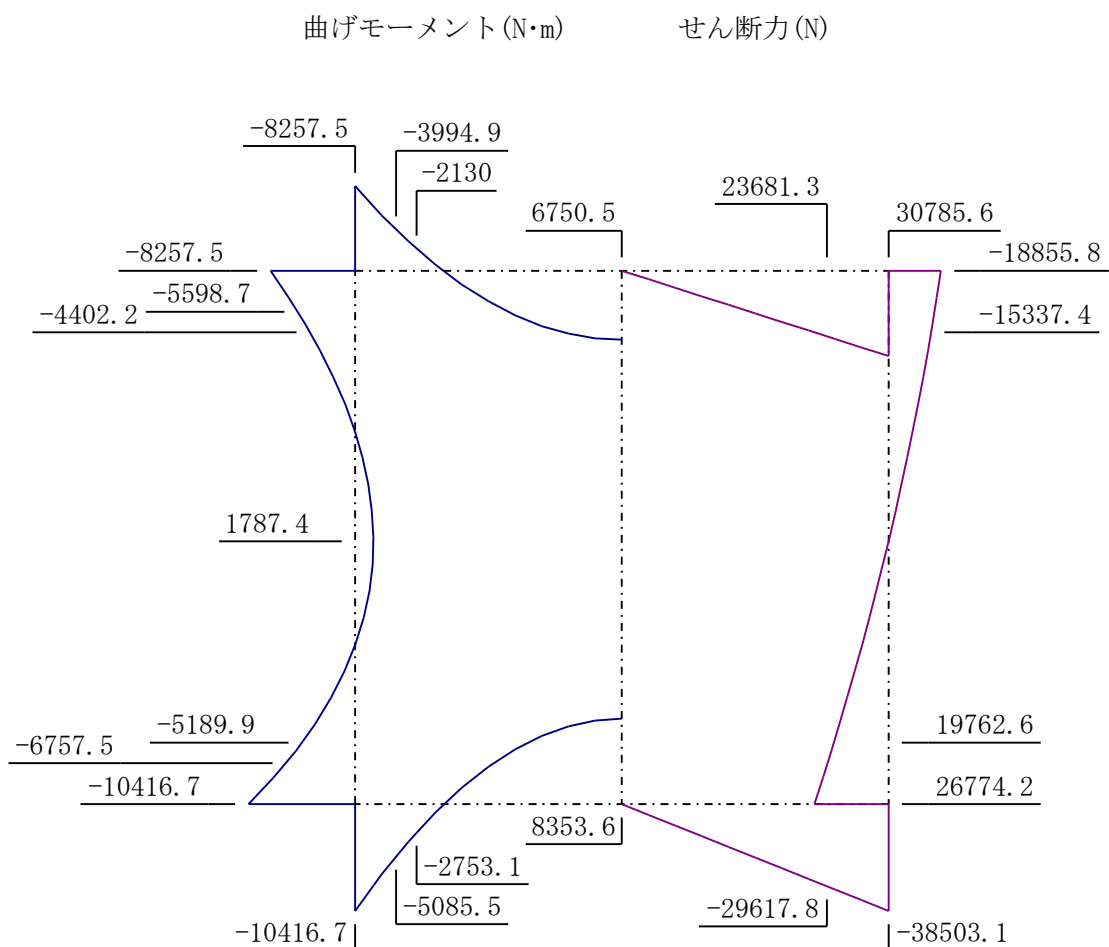
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	30.786	56.712	30.786
SCB (kN/m)	-30.786	-56.712	-30.786
Mmax (kN・m/m)	6.750	15.177	5.958
SAD (kN/m)	38.503	64.429	38.503
SDA (kN/m)	-38.503	-64.429	-38.503
Mmax (kN・m/m)	8.354	16.780	7.561
SAB (kN/m)	26.774	26.774	31.649
SBA (kN/m)	-18.856	-18.856	-23.731
x (m)	0.961	0.961	*****
	0.964	*****	0.964
Mmax (kN・m/m)	1.787	-2.426	*****
Mmax (kN・m/m)	1.787	*****	3.371

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

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

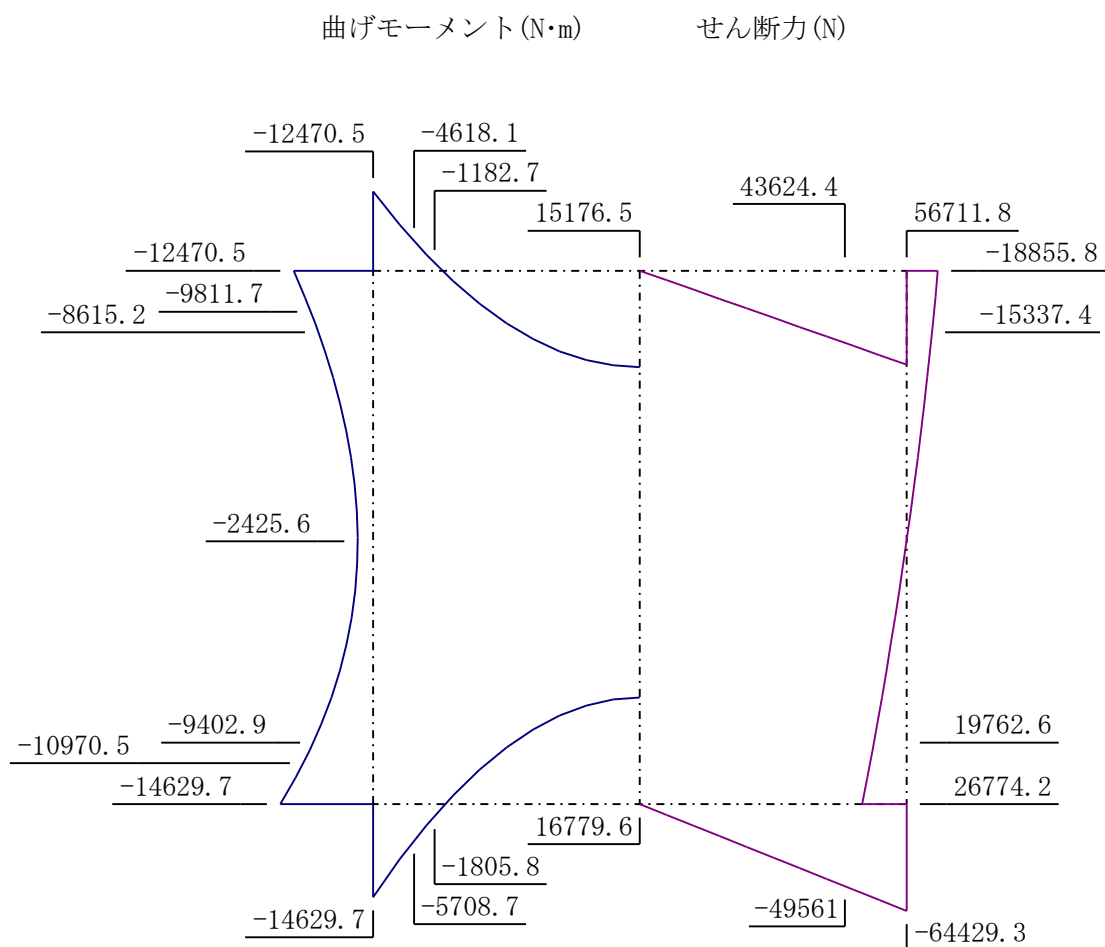
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

					[ /単位長]	
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)	
頂版	3, S3 端 部	0.075	-8258	30786	18856	
	2 ハチ始点	0.225	-3995	***	18856	
	S2 τ 点	0.225	-2130	23681	18856	
	1 中 央	0.975	6751	0	18856	
底版	9, S9 端 部	0.075	-10417	38503	26774	
	10 ハチ始点	0.225	-5086	***	26774	
	S10 τ 点	0.225	-2753	29618	26774	
	11 中 央	0.975	8354	0	26774	
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-8258	-18856	30786	
	5 上ハチ点	1.725	-5599	***	31379	
	S5 上 τ 点	1.725	-4402	-15337	31676	
	6 中 間	0.961	1787	*****	34700	
		0.964	1787	*****	34688	
	S7 下 τ 点	0.225	-5190	19763	37613	
	7 下ハチ点	0.225	-6758	***	37910	
	8, S8 下 端部	0.075	-10417	26774	38503	



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

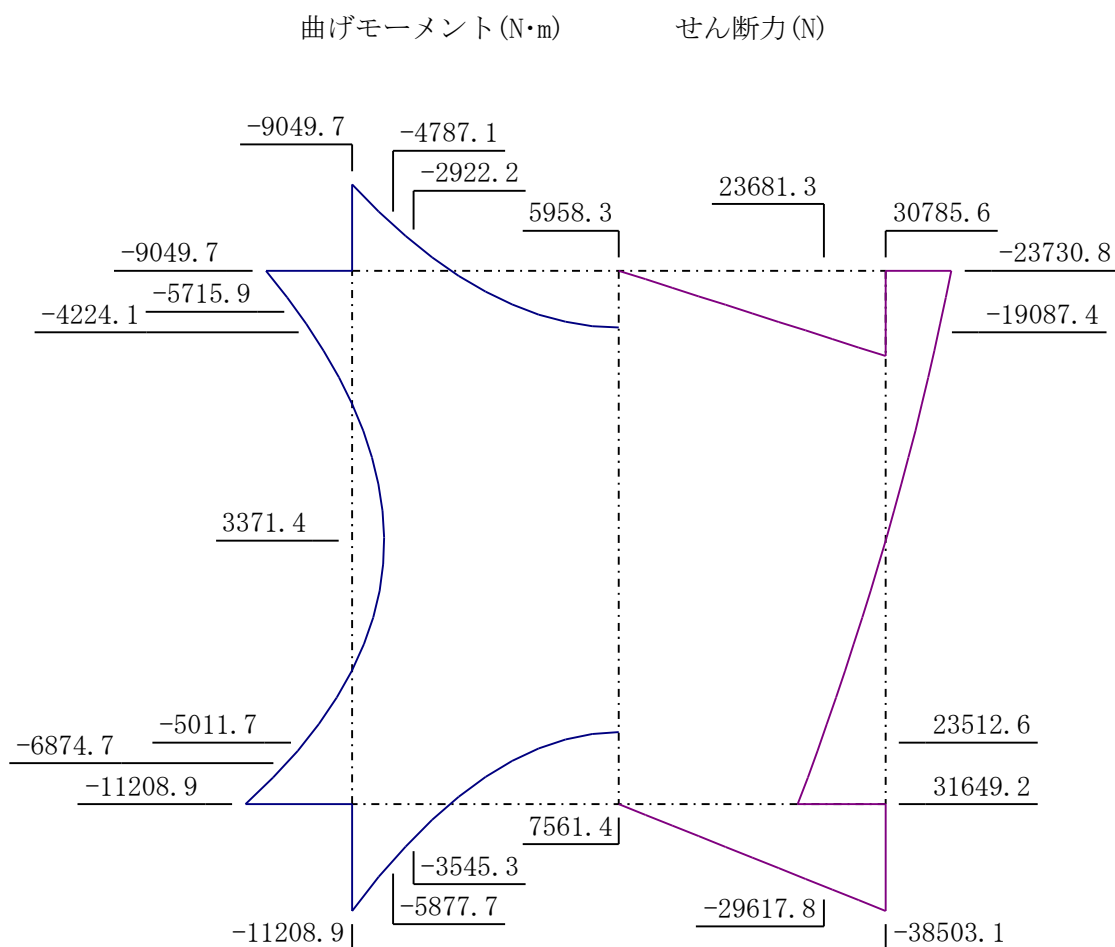
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-12471	56712	18856
	2 ハッチ始点	0.225	-4618	***	18856
	S2 τ 点	0.225	***	43624	***
	1 中 央	0.975	15177	0	18856
底版	9, S9 端 部	0.075	-14630	64429	26774
	10 ハッチ始点	0.225	-5709	***	26774
	S10 τ 点	0.225	***	49561	***
	11 中 央	0.975	16780	0	26774
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-12471	-18856	56712
	5 上ハッチ点	1.725	-9812	***	57305
	S5 上 τ 点	1.725	***	-15337	***
	6 中 間	0.961	-2426	0	60626
	S7 下 τ 点	0.225	***	19763	***
	7 下ハッチ点	0.225	-10971	***	63836
	8, S8 下 端部	0.075	-14630	26774	64429





## (3) 設計荷重時 2 (CASE-4)

[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-9050	30786	23731
	2 ハチ始点	0.225	-4787	***	23731
	S2 τ 点	0.225	***	23681	***
	1 中 央	0.975	5958	0	23731
底版	9, S9 端 部	0.075	-11209	38503	31649
	10 ハチ始点	0.225	-5878	***	31649
	S10 τ 点	0.225	***	29618	***
	11 中 央	0.975	7561	0	31649
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-9050	-23731	30786
	5 上ハチ点	1.725	-5716	***	31379
	S5 上 τ 点	1.725	***	-19087	***
	6 中 間	0.964	3371	0	34688
	S7 下 τ 点	0.225	***	23513	*****
	7 下ハチ点	0.225	-6875	***	37910
	8, S8 下 端部	0.075	-11209	31649	38503



## 4 プレストレスの計算

## 4.1 荷重による曲げ応力度

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

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

## 4.2 有効プレストレス

(1) 有効係数  $\eta$ 

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

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

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

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

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

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

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

(2) 有効プレストレス  $\sigma_{ce}$ 

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

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

## 4.3 合成応力度

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

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

## 4.4 引張鉄筋量の計算

## (1) 曲げモーメント

引張鉄筋は次の荷重作用に対して、引張応力の作用する区間に配置する。

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

## (2) 配置鉄筋量

配置鉄筋量は次の 1)、2) のうちいずれか大きい値以上とする。

## 1) の値

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

## 2) の値

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

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

## 4.5 斜引張応力度の計算

斜引張応力度は次式を用いて、断面図心位置における値を求める。

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

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

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

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

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

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

## 4.6 破壊安全度の検討

## (1) 曲げモーメント

## 1) 安全係数

破壊に対する安全度の検討に使用する安全係数を次のように定める。

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

## 2) 終局荷重作用時の曲げモーメント

終局荷重作用時の曲げモーメントは、次に示す荷重作用の大きい方とする。

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

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

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

## (2) 曲げ破壊安全度

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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

## 5.1.2 使用 P C 鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 21	2.50	3.464	290000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 21	2.50	3.464	290000	-0.50	外 側
τ 点	φ 21	2.50	3.464	290000	-0.50	外 側
中 央	φ 21	2.50	3.464	290000	0.50	内 側

## 5.1.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	4.06	-0.25	94.81	25.12	717.25	0.857	3
ハチ始点	837.18	4.90	0.07	110.74	25.12	701.33	0.838	3
τ 点	837.18	4.90	0.04	110.25	25.12	701.82	0.838	3
中 央	837.18	4.90	-0.12	107.90	25.12	704.17	0.841	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.06	-0.25	94.81	25.12	717.25	0.857	3
ハチ始点	837.18	4.90	0.07	110.74	25.12	701.33	0.838	3
τ 点	837.18	4.90	0.04	110.25	25.12	701.82	0.838	3
中 央	837.18	4.90	-0.12	107.90	25.12	704.17	0.841	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	4.06	-0.12	96.75	25.12	715.32	0.854	1
ハチ始点	837.18	4.90	0.04	110.25	25.12	701.82	0.838	1
τ 点	837.18	4.90	0.04	110.24	25.12	701.82	0.838	4
中 央	837.18	4.90	-0.04	109.03	25.12	703.04	0.840	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.06	-0.12	96.75	25.12	715.32	0.854	1
ハチ始点	837.18	4.90	0.04	110.25	25.12	701.82	0.838	1
τ 点	837.18	4.90	0.04	110.24	25.12	701.82	0.838	4
中 央	837.18	4.90	-0.04	109.03	25.12	703.04	0.840	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	1.24	0.09	1.24	2.58	3
ハチ始点	1.07	0.13	4.86	6.05	3
中 央	1.80	0.13	3.25	5.18	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.24	0.09	4.97	3.82	3
ハチ始点	-1.07	0.13	3.24	2.30	3
中 央	-1.80	0.13	4.88	3.20	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.04	0.06	1.24	3.33	1
ハチ始点	1.43	0.08	4.86	6.37	1
中 央	5.76	0.08	3.25	9.08	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.04	0.06	4.96	2.98	1
ハチ始点	-1.43	0.08	3.24	1.89	1
中 央	-5.76	0.08	4.87	-0.81	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	-18.330	2.29	4.07	7.2	0.0	0.000	0.000	1
ハッチ始点	-7.241	1.42	6.90	2.6	0.0	0.000	0.000	1
中 央	29.150	-2.80	11.13	3.0	42.1	2.634	1.507	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	—	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	5000	18.856	56.712	621.14	3.20	0.43	-0.056	3
$\tau$ 点	100.0	2813	11.733	52.727	607.77	4.13	0.53	-0.066	1
$\sigma i > -1.00$ CHECK OK									

## 5.1.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位 置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端 部	-3.980	-9.598	-29.169	-23.083	-29.169	1
ハッチ始点	-2.147	-3.216	-10.832	-9.118	-10.832	1
中 央	2.473	19.120	51.014	36.707	51.014	1

位 置	Ap (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	8.660	3.567	12.0	16.5	0.069	0.008	90.31	3.1	1
ハッチ始点	8.660	3.567	7.0	11.5	0.069	0.014	50.37	4.7	1
中 央	8.660	6.335	8.0	11.5	0.069	0.013	66.35	1.3	1
Ppb > Ppd Sf > 1.0 CHECK OK									



## 5.2 底版

## 5.2.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	中立軸 (cm)	断面係数 (cm <sup>3</sup> )
端 部	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
ハチ始点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
τ 点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
中 央	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00

## 5.2.2 使用P C鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 19	2.50	2.835	240000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 19	2.50	2.835	240000	-0.50	外 側
τ 点	φ 19	2.50	2.835	240000	-0.50	外 側
中 央	φ 19	2.50	2.835	240000	0.50	内 側

## 5.2.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.36	-0.31	84.30	25.40	736.87	0.870	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.09	99.89	25.40	721.27	0.852	3
τ 点	846.56	4.05	0.05	99.27	25.40	721.90	0.853	3
中 央	846.56	4.05	-0.15	96.29	25.40	724.88	0.856	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.36	-0.31	84.30	25.40	736.87	0.870	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.09	99.89	25.40	721.27	0.852	3
τ 点	846.56	4.05	0.05	99.27	25.40	721.90	0.853	3
中 央	846.56	4.05	-0.15	96.29	25.40	724.88	0.856	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.36	-0.31	84.30	25.40	736.87	0.870	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.09	99.89	25.40	721.27	0.852	4
τ 点	846.56	4.05	0.05	99.27	25.40	721.90	0.853	4
中 央	846.56	4.05	-0.07	97.44	25.40	723.73	0.855	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.36	-0.31	84.30	25.40	736.87	0.870	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.09	99.89	25.40	721.27	0.852	4
τ 点	846.56	4.05	0.05	99.27	25.40	721.90	0.853	4
中 央	846.56	4.05	-0.07	97.44	25.40	723.73	0.855	1

## 5.2.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/A <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.56	0.13	1.04	2.74	3
ハチ始点	1.36	0.18	4.09	5.62	3
中 央	2.23	0.18	2.74	5.15	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.56	0.13	4.18	2.75	3
ハチ始点	-1.36	0.18	2.73	1.55	3
中 央	-2.23	0.18	4.11	2.06	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.19	0.13	1.04	3.37	3
ハチ始点	1.57	0.21	4.09	5.87	4
中 央	4.92	0.11	2.74	7.76	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.19	0.13	4.18	2.12	3
ハチ始点	-1.57	0.21	2.73	1.37	4
中 央	-4.92	0.11	4.10	-0.70	1
$\sigma_t > -1.5$				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	-19.750	1.40	4.19	5.0	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-7.935	0.90	6.49	1.8	0.0	0.000	0.000	4
中 央	24.894	-2.39	9.52	3.0	35.9	2.244	1.504	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 10	D 0	— 0	3.567 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 10	D 0	— 0	6.335 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	5000	26.774	64.429	522.25	2.75	0.48	-0.083	3
$\tau$ 点	100.0	2813	26.774	49.561	511.64	3.59	0.50	-0.067	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	-10.417	-4.213	-24.074	-24.870	-24.870	3
ハッチ始点	-5.085	-0.792	-8.592	-9.992	-9.992	4
中 央	4.076	14.364	41.209	31.348	41.209	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	7.088	3.567	12.0	16.5	0.069	0.007	78.53	3.2	3
ハッチ始点	7.088	3.567	7.0	11.5	0.069	0.011	44.90	4.5	4
中 央	7.088	6.335	8.0	11.5	0.069	0.011	59.61	1.4	1
Ppb > Ppd Sf > 1.0 CHECK OK									

## 6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[ /単位長 ]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-13.578	55.781	24.34	6.50	17.204	1
	上ハチ点	-11.886	56.375	21.08	4.00	14.141	1
側壁	中 間	-6.071	60.158	10.09	4.00	8.477	1
	下ハチ点	-10.970	63.836	17.19	4.00	13.524	3
	下端部	-14.630	64.429	22.71	6.50	18.818	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	17.204	7.31	10.81	20.00	3.763
	上ハチ点	14.141	6.63	10.13	15.00	5.269
側壁	中 間	8.477	5.13	8.63	15.00	1.369
	下ハチ点	13.524	6.48	9.98	15.00	4.397
	下端部	18.818	7.64	11.14	20.00	3.937
				$d + d' < T$	CHECK OK	

## 8 配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

## 8.1 コンクリート及び鉄筋

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

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

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

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

配筋(製品当り)

頂版内側	頂版外側	底版内側	底版外側	側壁内側	側壁外側
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 13 - 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	6.335	6.101	3.90	99.7	0.0
	上ハチ点	100.00	6.335	4.646	6.12	135.3	0.0
	中間	100.00	6.335	5.805	3.05	44.9	0.0
	下ハチ点	100.00	6.335	4.862	5.63	115.3	0.0
	下端部	100.00	6.335	6.215	4.20	104.2	0.0

$$\sigma_c < \sigma_{ca} \quad \sigma_s < \sigma_{sa}$$

CHECK OK

## 9 セン断力に対する検討

### 9.1 セン断力照査点の断面力と最大値抽出

部材	断面力	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7	CASE-8
頂版 τ点	S	52.727	10.181	43.624	23.681				
	M	-1.371							
	N	11.733							
	最大	○							
底版 τ点	S	48.845	16.118	49.561	29.618				
	M			-1.806					
	N			26.774					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-10.239	-12.337	-15.337	-19.087				
	M				-4.224				
	N				31.676				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	11.361	16.763	19.763	23.513				
	M				-5.012				
	N				37.613				
	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	15.0	3.5	11.5	1.400	D10-5	3.567	0.310	1.010
底版 $\tau$ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D10-5	3.567	0.310	1.010
側壁上 $\tau$ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D13-5	6.335	0.551	1.231
側壁下 $\tau$ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D13-5	6.335	0.551	1.231

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	-1.371	607.8	11.733	0.150	0.00375	-0.01	15.488	2.000
底版 $\tau$ 点	-1.806	511.6	26.774	0.150	0.00375	-0.01	13.459	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-4.224	0.0	31.676	0.150	0.00375	0.00	0.792	1.187
側壁下 $\tau$ 点	-5.012	0.0	37.613	0.150	0.00375	0.00	0.940	1.188

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	1.010	2.000	0.764
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.010	2.000	0.764
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.231	1.187	0.553
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.231	1.188	0.553

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	52.727	11.5	0.458	0.764
底版 $\tau$ 点	49.561	11.5	0.431	0.764
側壁上 $\tau$ 点	19.087	11.5	0.166	0.553
側壁下 $\tau$ 点	23.513	11.5	0.204	0.553

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上