

受付 No.

台帳 No. KL402003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 1500 mm  
長 さ (L) 2000 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1= 1.510 m  
H2= 3.000 m

千葉窯業株式会社

## 1 設 計 条 件

## 1.1 一般条件

構造形式	: 一径間ボックスラーメン
内空寸法	: (B) 1800 × (H) 1500 × (L) 2000 [mm]
土被り	: H1 = 1.510 ~ H2 = 3.000 [m]
道路舗装厚	: t = 0.200 [m]
路盤厚	: t <sub>b</sub> = 0.000 [m]

## 1.2 単位容積重量

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

## 1.3 土圧係数 (水 平 )

:  $K_a = 0.500$

(鉛 直 )

:  $\alpha = 1.000$

## 1.4 活荷重 (上 載 )

: T' 荷重 横断通行

(輪接地幅 a = 0.20m b = 0.50m )

(側 載 )

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

## 1.5 衝撃係数

:  $i = 0.300$

## 1.6 鉄筋かぶり

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

## 1.7 断面力低減係数 (土被り H1)

:  $\beta = 0.9$

(土被り H2)

:  $\beta = 0.9$

## 1.8 許容応力度

## 1.8.1 鉄筋

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

## 1.8.2 コンクリート

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

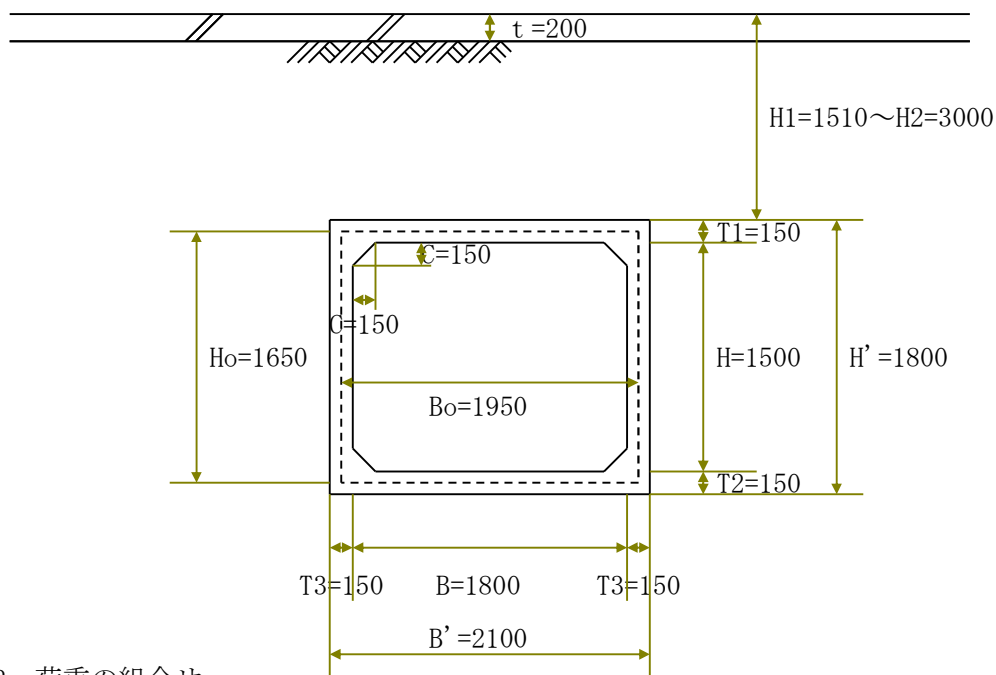
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

## (3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 21$	$\phi 19$	*****	(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



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。

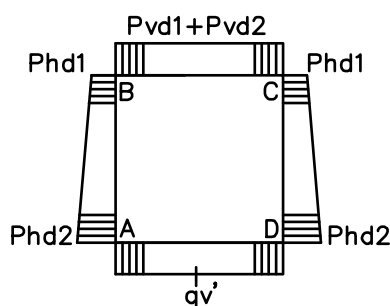
$$h' = T + C'/3$$

### 3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

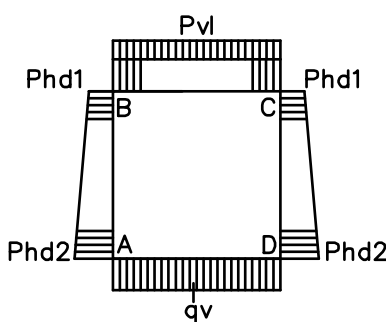
### 3.1.1 設計荷重

- |          |  |                        |
|----------|--|------------------------|
| (1) 頂版自重 | $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$   |                        |
| (2) 鉛直土圧 | $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - t_b) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b \}$           |                        |
| (3) 水平土圧 | $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b + \gamma_s \times (H1 - t - t_b + T1/2) \}$       |                        |
|          | $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b + \gamma_s \times (H1 - t - t_b + T1/2 + H_o) \}$ |                        |
| (4) 載荷重  | $P_q = K_a \times Q$   |                        |
| (5) 活荷重  | 輪分布幅 $u = a + 2 \times H1$   | $= 3.220 \text{ m}$    |
|          | $v = b + 2 \times H1$  | $= 3.520 \text{ m}$    |
|          | $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta$  | $= 117.000 \text{ kN}$ |
|          | $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$  |                        |
| (6) 底版反力 | $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) / B_o$                 |                        |

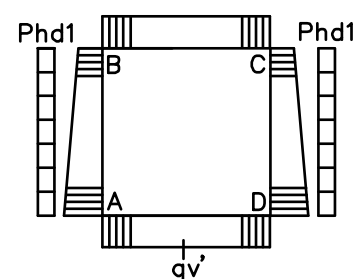
死荷重時



設計荷重時 1



設計荷重時 2



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 <sub>vd1</sub>	3. 675	3. 675	3. 675
P <sub>vd2</sub>	28. 080	28. 080	28. 080
Phd1 = Phd1	14. 715	14. 715	*****
Phd1 = Phd1+ P <sub>q</sub>	*****	*****	19. 715
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3+ P <sub>q</sub>	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5+ P <sub>q</sub>	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	29. 565	29. 565	*****
Phd2 = Phd2+ P <sub>q</sub>	*****	*****	34. 565
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
P <sub>vl</sub>	0. 000	26. 426	0. 000
q <sub>v</sub>	*****	64. 965	*****
q <sub>v</sub> '	38. 540	*****	38. 540

注)  $q_{v'}$ は、 $P_{v1} = 0$  とした場合の底版反力

## 3.1.2 構造解析

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \text{ラーメン係数} \quad \alpha &= (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 \beta &= (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 N_1 &= 2 + \alpha \\
 N_2 &= 2 + \beta
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \text{荷 重 項} \quad CAD &= q_v \times B_o^2 / 12 \\
 CBC &= \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{vl}) \times B_o^2\} / 12 \\
 CAB &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60 \\
 CBA &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60
 \end{aligned}$$

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、 $P_{vl} = 0$

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
$\alpha$	0.8462	0.8462	0.8462
$\beta$	0.8462	0.8462	0.8462
N1	2.8462	2.8462	2.8462
N2	2.8462	2.8462	2.8462
CAD (kN・m/m)	12.212	20.586	12.212
CBC (kN・m/m)	10.062	18.436	10.062
CAB (kN・m/m)	5.360	5.360	6.494
CBA (kN・m/m)	4.686	4.686	5.820
$\theta_A$	-3.504	-8.040	-2.889
$\theta_B$	3.120	7.656	2.506
MAB (kN・m/m)	-9.248	-13.783	-9.767
MAD (kN・m/m)	9.248	13.783	9.767
MBA (kN・m/m)	7.422	11.958	7.942
MBC (kN・m/m)	-7.422	-11.958	-7.942

## 3.1.3 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

$$M_{max} = (P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1}) \times B_o^2 / 8 + M_{BC}$$

## (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-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	30.961	56.726	30.961
SCB	(kN/m)	-30.961	-56.726	-30.961
Mmax	(kN・m/m)	7.671	15.696	7.151
SAD	(kN/m)	37.576	63.341	37.576
SDA	(kN/m)	-37.576	-63.341	-37.576
Mmax	(kN・m/m)	9.071	17.096	8.551
SAB	(kN/m)	21.414	21.413	25.538
SBA	(kN/m)	-15.117	-15.118	-19.243
x	(m)	0.829	0.829	*****
		0.828	*****	0.828
Mmax	(kN・m/m)	-0.800	-5.336	*****
Mmax	(kN・m/m)	-0.800	*****	0.381

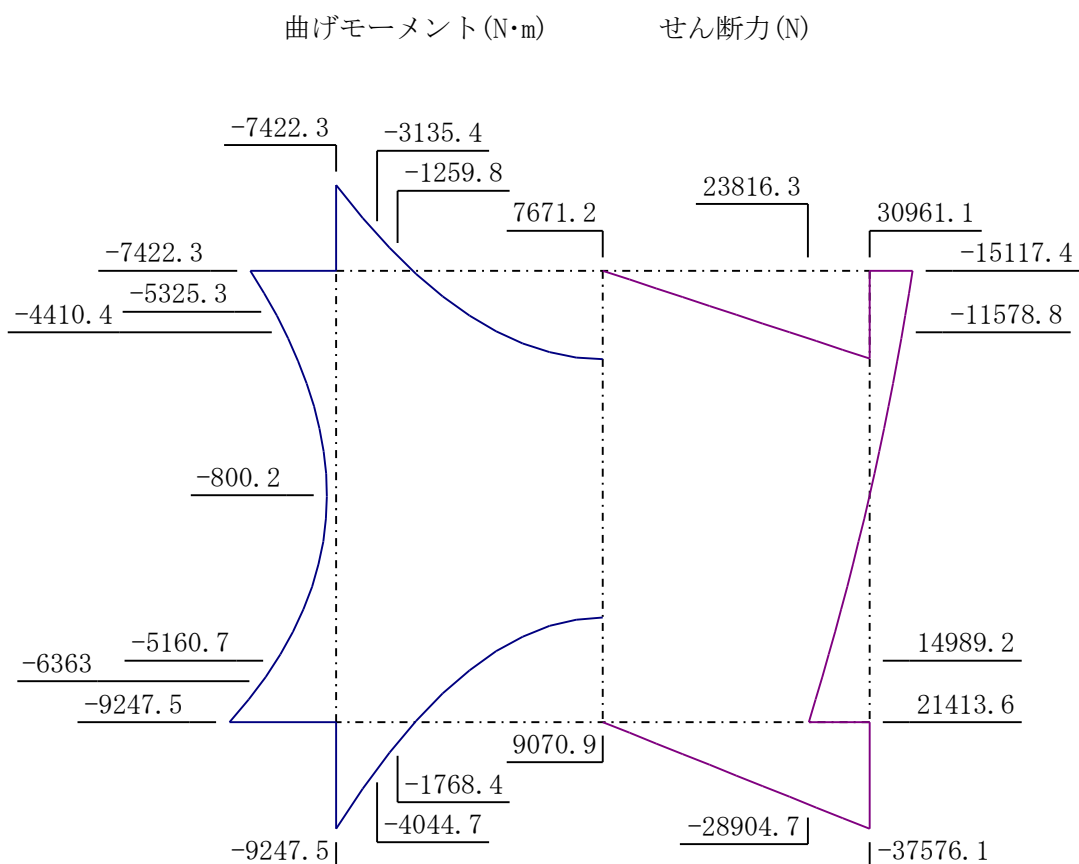
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



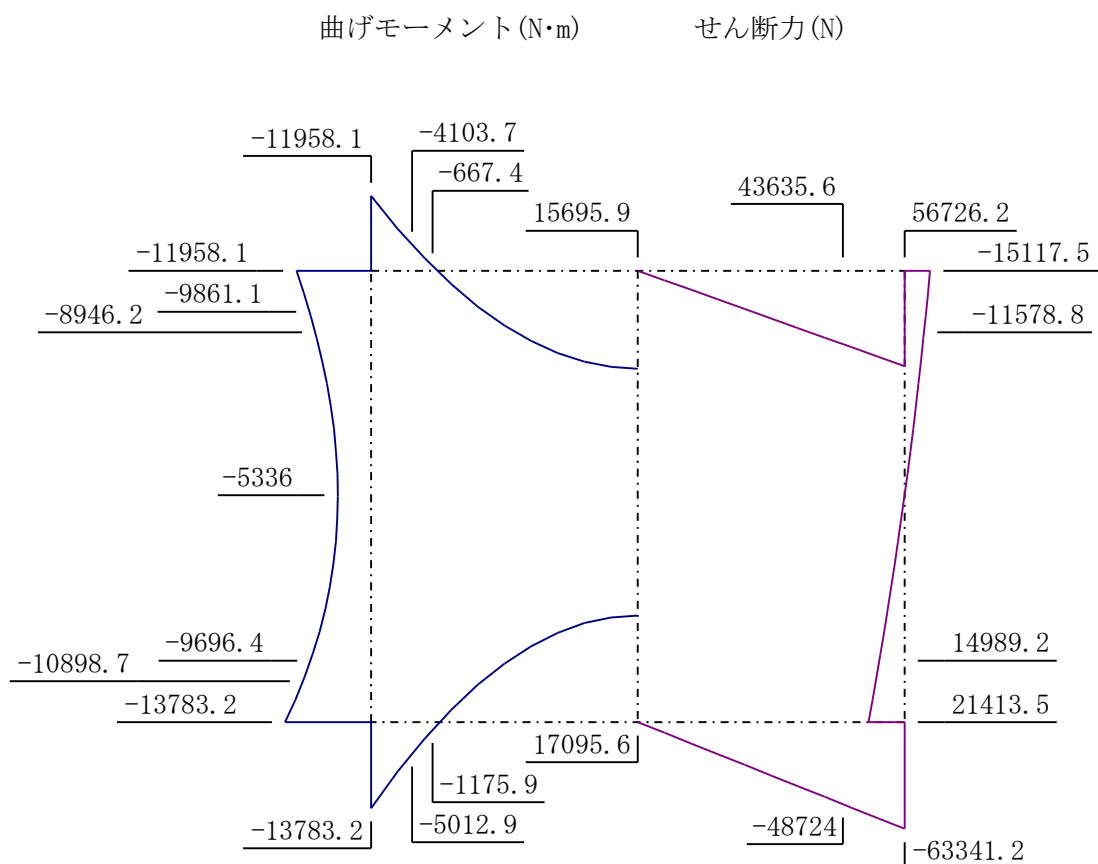
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	-7422	30961	15117
	2 ハチ始点	0.225	-3135	***	15117
	S2 τ 点	0.225	-1260	23816	15117
	1 中 央	0.975	7671	0	15117
底板	9, S9 端 部	0.075	-9248	37576	21414
	10 ハチ始点	0.225	-4045	***	21414
	S10 τ 点	0.225	-1768	28905	21414
	11 中 央	0.975	9071	0	21414
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-7422	-15117	30961
	5 上ハチ点	1.425	-5325	***	31563
	S5 上 τ 点	1.425	-4410	-11579	31863
	6 中 間	0.829	-800	*****	34253
		0.828	-800	*****	34257
	S7 下 τ 点	0.225	-5161	14989	36674
	7 下ハチ点	0.225	-6363	***	36975
	8, S8 下 端部	0.075	-9248	21414	37576



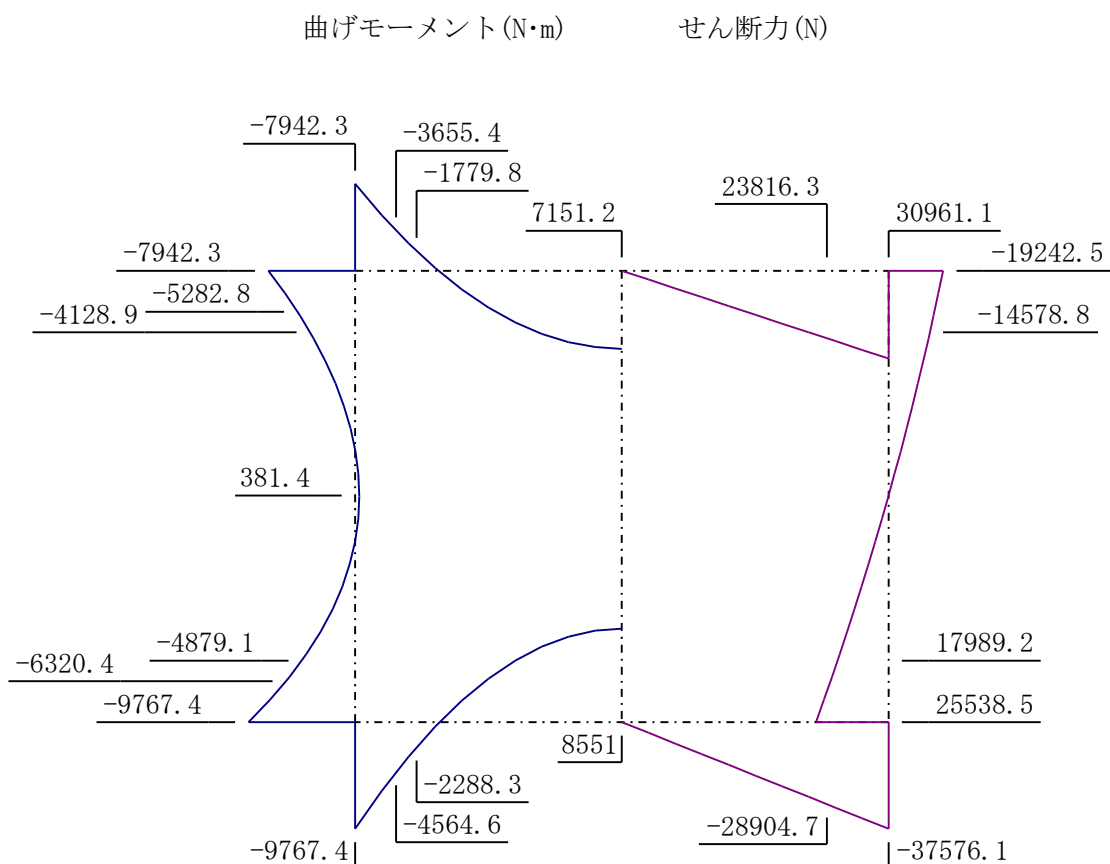
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /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	-11958	56726	15118
	2 ハチ始点	0.225	-4104	***	15118
	S2 τ 点	0.225	-667	43636	15118
	1 中 央	0.975	15696	0	15118
底板	9, S9 端 部	0.075	-13783	63341	21414
	10 ハチ始点	0.225	-5013	***	21414
	S10 τ 点	0.225	-1176	48724	21414
	11 中 央	0.975	17096	0	21414
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-11958	-15118	56726
	5 上ハチ点	1.425	-9861	***	57328
	S5 上 τ 点	1.425	-8946	-11579	57628
	6 中 間	0.829	-5336	0	60018
	S7 下 τ 点	0.225	-9696	14989	62439
	7 下ハチ点	0.225	-10899	***	62740
	8, S8 下 端部	0.075	-13783	21414	63341



## (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	-7942	30961	19243
	2 ハチ始点	0.225	-3655	***	19243
	S2 τ 点	0.225	-1780	23816	19243
	1 中 央	0.975	7151	0	19243
底板	9, S9 端 部	0.075	-9767	37576	25539
	10 ハチ始点	0.225	-4565	***	25539
	S10 τ 点	0.225	-2288	28905	25539
	11 中 央	0.975	8551	0	25539
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-7942	-19243	30961
	5 上ハチ点	1.425	-5283	***	31563
	S5 上 τ 点	1.425	-4129	-14579	31863
	6 中 間	0.828	381	0	34257
	S7 下 τ 点	0.225	-4879	17989	36674
	7 下ハチ点	0.225	-6320	***	36975
	8, S8 下 端部	0.075	-9767	25539	37576



## 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  $u = a + 2 \times H2 = 6.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H2 = 6.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / B_o$



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
$P_{vd2}$	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.125	28.125	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.125
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	42.975	42.975	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	47.975
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	13.724	0.000
$q_v$	*****	79.084	*****
$q_{v'}$	65.360	*****	65.360

注)  $q_{v'}$  は、 $P_{v1}=0$  とした場合の底版反力。

## 3.2.2 構造解析

- (1) ラーメン係数
- $$\alpha = (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3)$$
- $$\beta = (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3)$$
- $$N_1 = 2 + \alpha$$
- $$N_2 = 2 + \beta$$
- (2) 荷重項
- $$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$
- $$CBC = \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1}) \times B_o^2\} / 12$$
- $$CAB = (H_o^2) \times (2 \times Phd1 + 3 \times Phd2) / 60$$
- $$CBA = (H_o^2) \times (2 \times Phd2 + 3 \times Phd1) / 60$$
- 注 1) 死荷重時、設計荷重時 2 の CAD は、 $q_v = q_v'$   
 注 2) 死荷重時、設計荷重時 2 の CBC は、 $P_{v1} = 0$   
 注 3)  $Phd1 \sim Phd5$  は、水平荷重（設計荷重参照）
- (3) たわみ角
- $$\theta_A = \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$
- $$\theta_B = \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$
- (4) 端モーメント
- $$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$
- $$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$
- $$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$
- $$MBC = \alpha \times \theta_B - CBC$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
$\alpha$	0.8462	0.8462	0.8462
$\beta$	0.8462	0.8462	0.8462
$N_1$	2.8462	2.8462	2.8462
$N_2$	2.8462	2.8462	2.8462
CAD (kN・m/m)	20.711	25.060	20.711
CBC (kN・m/m)	18.561	22.910	18.561
CAB (kN・m/m)	8.402	8.402	9.537
CBA (kN・m/m)	7.728	7.728	8.863
$\theta_A$	-6.459	-8.815	-5.845
$\theta_B$	6.075	8.431	5.461
MAB (kN・m/m)	-15.245	-17.601	-15.765
MAD (kN・m/m)	15.245	17.601	15.765
MBA (kN・m/m)	13.420	15.776	13.940
MBC (kN・m/m)	-13.420	-15.776	-13.940

## 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。

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

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

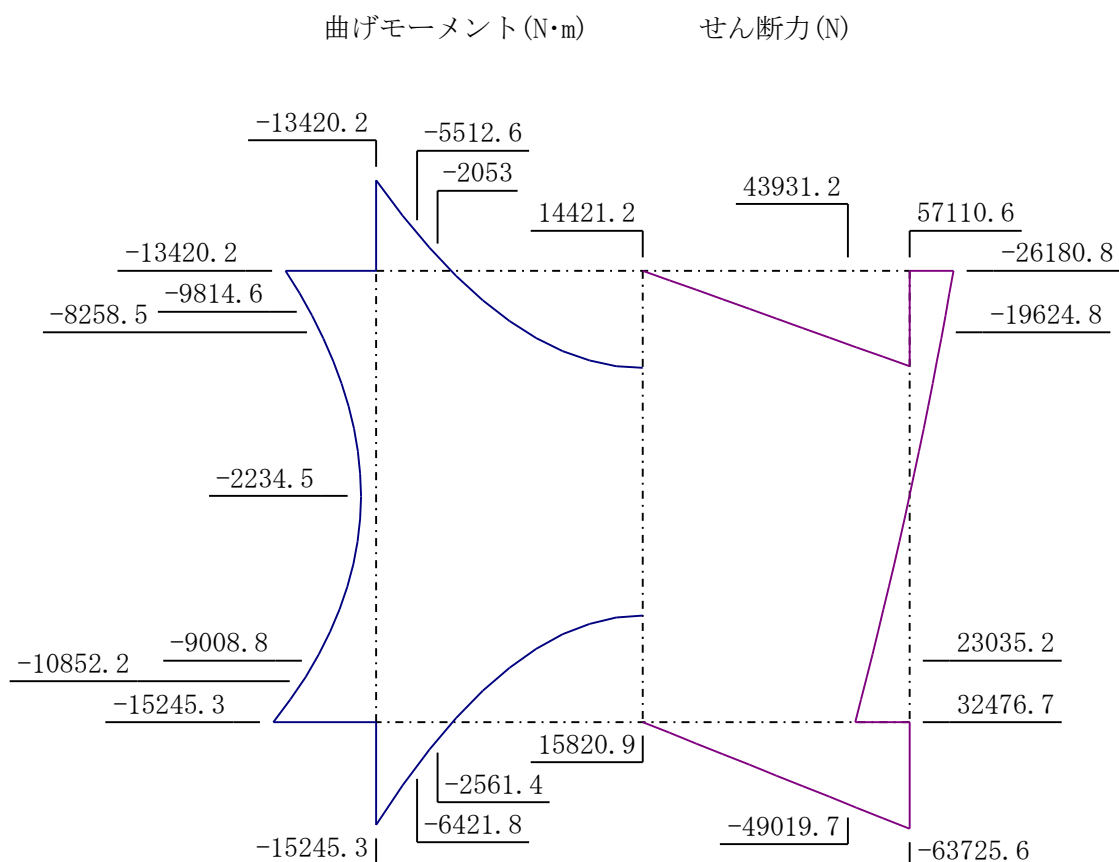
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	57.111	70.492	57.111
SCB (kN/m)	-57.111	-70.492	-57.111
Mmax (kN・m/m)	14.421	18.589	13.901
SAD (kN/m)	63.726	77.107	63.726
SDA (kN/m)	-63.726	-77.107	-63.726
Mmax (kN・m/m)	15.821	19.989	15.301
SAB (kN/m)	32.477	32.477	36.602
SBA (kN/m)	-26.181	-26.181	-30.306
x (m)	0.827	0.827	*****
	0.827	*****	0.827
Mmax (kN・m/m)	-2.235	-4.590	*****
Mmax (kN・m/m)	-2.235	*****	-1.053

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

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

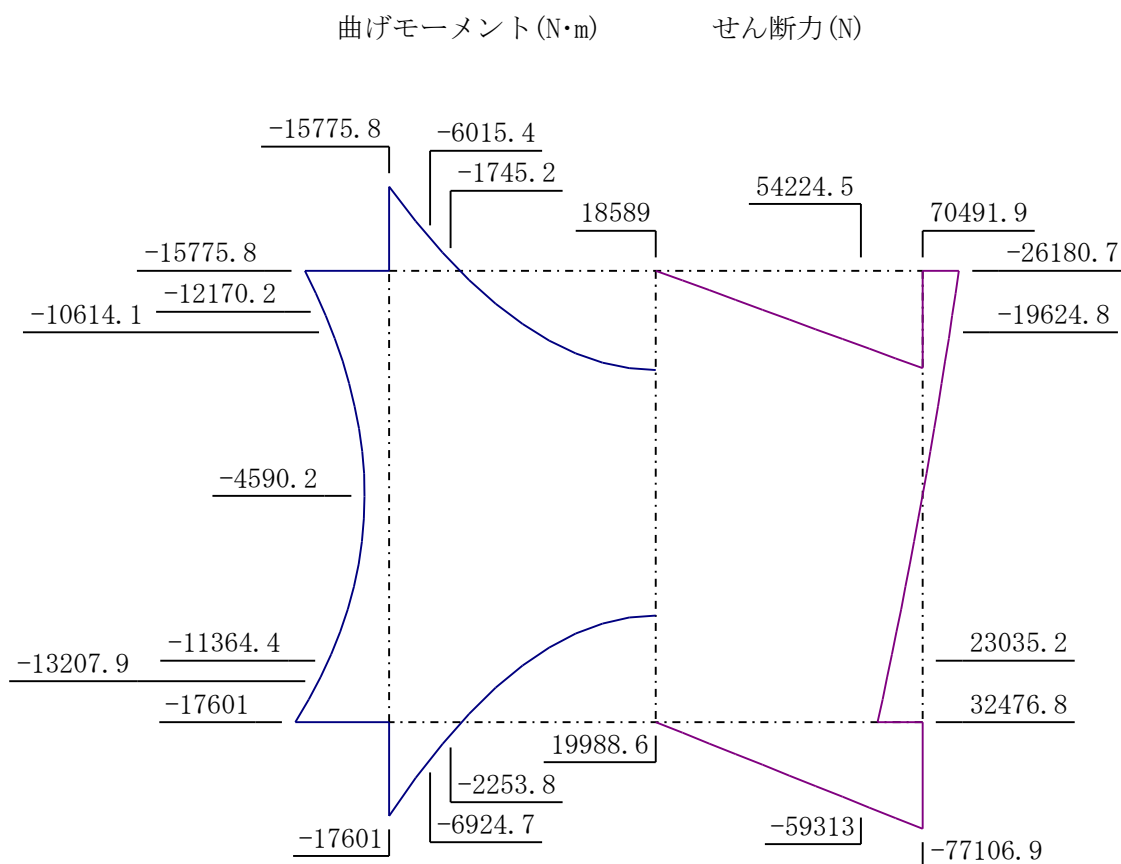
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-13420	57111	26181
	2 ハチ始点	0.225	-5513	***	26181
	S2 τ 点	0.225	-2053	43931	26181
	1 中 央	0.975	14421	0	26181
底版	9, S9 端 部	0.075	-15245	63726	32477
	10 ハチ始点	0.225	-6422	***	32477
	S10 τ 点	0.225	-2561	49020	32477
	11 中 央	0.975	15821	0	32477
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-13420	-26181	57111
	5 上ハチ点	1.425	-9815	***	57712
	S5 上 τ点	1.425	-8259	-19625	58013
	6 中 間	0.827	-2235	*****	60410
		0.827	-2235	*****	60410
	S7 下 τ点	0.225	-9009	23035	62824
	7 下ハチ点	0.225	-10852	***	63124
	8, S8 下 端部	0.075	-15245	32477	63726



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

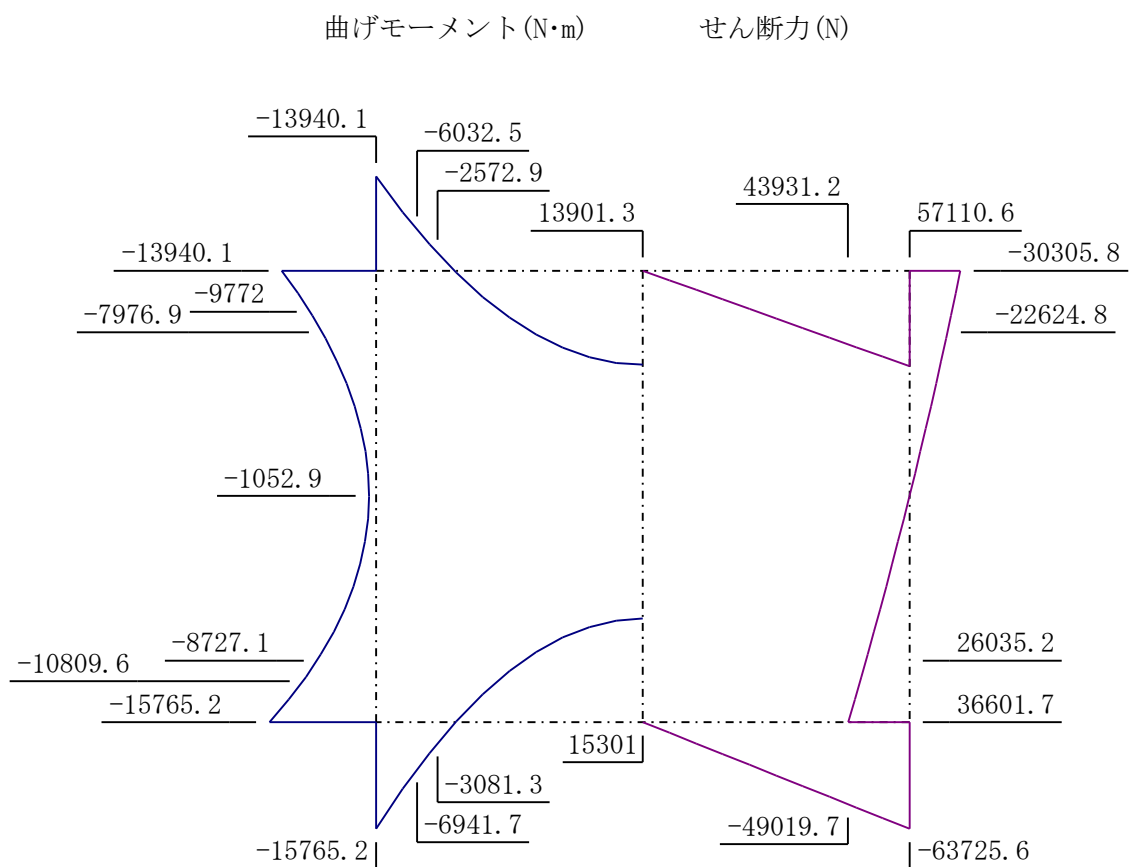
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-15776	70492	26181
	2 ハッチ始点	0.225	-6015	***	26181
	S2 τ 点	0.225	***	54225	***
	1 中 央	0.975	18589	0	26181
底板	9, S9 端 部	0.075	-17601	77107	32477
	10 ハッチ始点	0.225	-6925	***	32477
	S10 τ 点	0.225	***	59313	***
	11 中 央	0.975	19989	0	32477
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-15776	-26181	70492
	5 上ハッチ点	1.425	-12170	***	71093
	S5 上 τ 点	1.425	***	-19625	***
	6 中 間	0.827	-4590	0	73791
	S7 下 τ 点	0.225	***	23035	***
	7 下ハッチ点	0.225	-13208	***	76506
	8, S8 下 端部	0.075	-17601	32477	77107





## (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	-13940	57111	30306
	2 ハチ始点	0.225	-6033	***	30306
	S2 τ 点	0.225	***	43931	***
	1 中 央	0.975	13901	0	30306
底板	9, S9 端 部	0.075	-15765	63726	36602
	10 ハチ始点	0.225	-6942	***	36602
	S10 τ 点	0.225	***	49020	***
	11 中 央	0.975	15301	0	36602
側壁	4, S4 上 端部	1.575	-13940	-30306	57111
	5 上ハチ点	1.425	-9772	***	57712
	S5 上 τ 点	1.425	***	-22625	***
	6 中 間	0.827	-1053	0	60410
	S7 下 τ 点	0.225	***	26035	*****
	7 下ハチ点	0.225	-10810	***	63124
	8, S8 下 端部	0.075	-15765	36602	63726



## 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	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	-0.40	92.48	25.12	719.59	0.860	3
ハチ始点	837.18	4.90	0.10	111.14	25.12	700.93	0.837	3
τ 点	837.18	4.90	0.04	110.22	25.12	701.84	0.838	3
中 央	837.18	4.90	-0.26	105.87	25.12	706.20	0.844	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.06	-0.40	92.48	25.12	719.59	0.860	3
ハチ始点	837.18	4.90	0.10	111.14	25.12	700.93	0.837	3
τ 点	837.18	4.90	0.04	110.22	25.12	701.84	0.838	3
中 央	837.18	4.90	-0.26	105.87	25.12	706.20	0.844	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	4.06	-0.40	92.48	25.12	719.59	0.860	3
ハチ始点	837.18	4.90	0.10	111.14	25.12	700.93	0.837	4
τ 点	837.18	4.90	0.04	110.22	25.12	701.84	0.838	4
中 央	837.18	4.90	-0.26	105.87	25.12	706.20	0.844	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.06	-0.40	92.48	25.12	719.59	0.860	3
ハチ始点	837.18	4.90	0.10	111.14	25.12	700.93	0.837	4
τ 点	837.18	4.90	0.04	110.22	25.12	701.84	0.838	4
中 央	837.18	4.90	-0.26	105.87	25.12	706.20	0.844	3

## 5.1.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/Ac (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.01	0.13	1.25	3.39	3
ハチ始点	1.47	0.17	4.86	6.50	3
中 央	3.85	0.17	3.26	7.28	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.01	0.13	4.99	3.10	3
ハチ始点	-1.47	0.17	3.24	1.94	3
中 央	-3.85	0.17	4.89	1.22	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.37	0.13	1.25	3.74	3
ハチ始点	1.61	0.20	4.86	6.67	4
中 央	4.96	0.17	3.26	8.39	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.37	0.13	4.99	2.75	3
ハチ始点	-1.61	0.20	3.24	1.83	4
中 央	-4.96	0.17	4.89	0.11	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	-21.297	1.97	4.62	6.0	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-8.144	1.34	7.30	2.3	0.0	0.000	0.000	4
中 央	25.095	-1.56	10.19	2.0	15.6	0.975	0.998	3

----- 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

## 5.1.6 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	26.181	70.492	623.16	3.25	0.53	-0.084	3
$\tau$ 点	100.0	2813	26.181	54.224	607.80	4.23	0.54	-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	-13.420	-2.356	-23.335	-26.819	-26.819	3
ハッチ始点	-5.513	-0.520	-8.466	-10.255	-10.255	4
中 央	14.421	4.168	29.167	31.601	31.601	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	8.660	3.567	12.0	16.5	0.069	0.008	90.31	3.4	3
ハッチ始点	8.660	3.567	7.0	11.5	0.069	0.014	50.37	4.9	4
中 央	8.660	6.335	8.0	11.5	0.069	0.013	66.35	2.1	3
Ppb > Ppd Sf > 1.0 CHECK OK									



## 5.2 底版

## 5.2.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	中立軸 (cm)	断面係数 (cm <sup>3</sup> )
端 部	100.00	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	-0.46	82.09	25.40	739.08	0.873	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.11	100.25	25.40	720.91	0.852	3
τ 点	846.56	4.05	0.05	99.21	25.40	721.95	0.853	3
中 央	846.56	4.05	-0.28	94.29	25.40	726.88	0.859	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.36	-0.46	82.09	25.40	739.08	0.873	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.11	100.25	25.40	720.91	0.852	3
τ 点	846.56	4.05	0.05	99.21	25.40	721.95	0.853	3
中 央	846.56	4.05	-0.28	94.29	25.40	726.88	0.859	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.36	-0.46	82.09	25.40	739.08	0.873	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.11	100.25	25.40	720.91	0.852	4
τ 点	846.56	4.05	0.05	99.22	25.40	721.95	0.853	4
中 央	846.56	4.05	-0.28	94.29	25.40	726.88	0.859	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.36	-0.46	82.09	25.40	739.08	0.873	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.11	100.25	25.40	720.91	0.852	4
τ 点	846.56	4.05	0.05	99.22	25.40	721.95	0.853	4
中 央	846.56	4.05	-0.28	94.29	25.40	726.88	0.859	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	2.29	0.16	1.05	3.50	3
ハチ始点	1.71	0.22	4.09	6.02	3
中 央	4.22	0.22	2.75	7.18	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.29	0.16	4.19	2.07	3
ハチ始点	-1.71	0.22	2.73	1.23	3
中 央	-4.22	0.22	4.12	0.12	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.64	0.16	1.05	3.85	3
ハチ始点	1.85	0.24	4.09	6.18	4
中 央	5.33	0.22	2.75	8.29	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.64	0.16	4.19	1.71	3
ハチ始点	-1.85	0.24	2.73	1.12	4
中 央	-5.33	0.22	4.12	-0.99	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	-23.761	0.85	4.83	3.0	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-9.371	0.56	6.92	1.1	0.0	0.000	0.000	4
中 央	26.985	-2.78	10.24	3.2	44.6	2.787	1.603	3

----- 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	

## 5.2.6 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	32.477	77.107	523.82	2.78	0.58	-0.115	3
$\tau$ 点	100.0	2813	32.477	59.313	511.68	3.63	0.59	-0.095	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	-15.245	-2.356	-25.708	-29.922	-29.922	3
ハッチ始点	-6.422	-0.520	-9.648	-11.801	-11.801	4
中 央	15.821	4.168	30.986	33.981	33.981	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	7.088	3.567	12.0	16.5	0.069	0.007	78.53	2.6	3
ハッチ始点	7.088	3.567	7.0	11.5	0.069	0.011	44.90	3.8	4
中 央	7.088	6.335	8.0	11.5	0.069	0.011	59.61	1.8	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	-15.776	70.492	22.38	6.50	20.358	3
	上ハチ点	-12.170	71.093	17.12	4.00	15.014	3
側壁	中 間	-5.336	60.018	8.89	4.00	7.737	1
	下ハチ点	-13.208	76.505	17.26	4.00	16.268	3
	下端部	-17.601	77.107	22.83	6.50	22.613	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	20.358	7.95	11.45	20.00	4.245
	上ハチ点	15.014	6.83	10.33	15.00	4.925
側壁	中 間	7.737	4.90	8.40	15.00	0.909
	下ハチ点	16.268	7.11	10.61	15.00	5.419
	下端部	22.613	8.38	11.88	20.00	4.843
$d + d' < T$					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	6.240	4.52	111.6	0.0
	上ハチ点	100.00	6.335	4.867	6.25	127.7	0.0
	中間	100.00	6.335	6.162	2.66	34.5	0.0
	下ハチ点	100.00	6.335	4.857	6.78	139.1	0.0
	下端部	100.00	6.335	6.206	5.05	125.6	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	43.636	23.816	54.224	43.931				
	M			-1.745					
	N			26.181					
	最大			○					
底版 τ点	S	48.724	28.905	59.313	49.020				
	M			-2.254					
	N			32.477					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-11.579	-14.579	-19.625	-22.625				
	M				-7.977				
	N				58.013				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	14.989	17.989	23.035	26.035				
	M				-8.727				
	N				62.824				
	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	-1.745	607.8	26.181	0.150	0.00375	-0.01	15.850	2.000
底版 $\tau$ 点	-2.254	511.7	32.477	0.150	0.00375	-0.01	13.604	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-7.977	0.0	58.013	0.150	0.00375	0.00	1.450	1.182
側壁下 $\tau$ 点	-8.727	0.0	62.824	0.150	0.00375	0.00	1.571	1.180

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	1.182	0.550
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.231	1.180	0.549

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	54.224	11.5	0.472	0.764
底版 $\tau$ 点	59.313	11.5	0.516	0.764
側壁上 $\tau$ 点	22.625	11.5	0.197	0.550
側壁下 $\tau$ 点	26.035	11.5	0.226	0.549

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上