

受付 No.

台帳 No. KL415002

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 2500 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= 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) 2500 × (H) 1500 × (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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

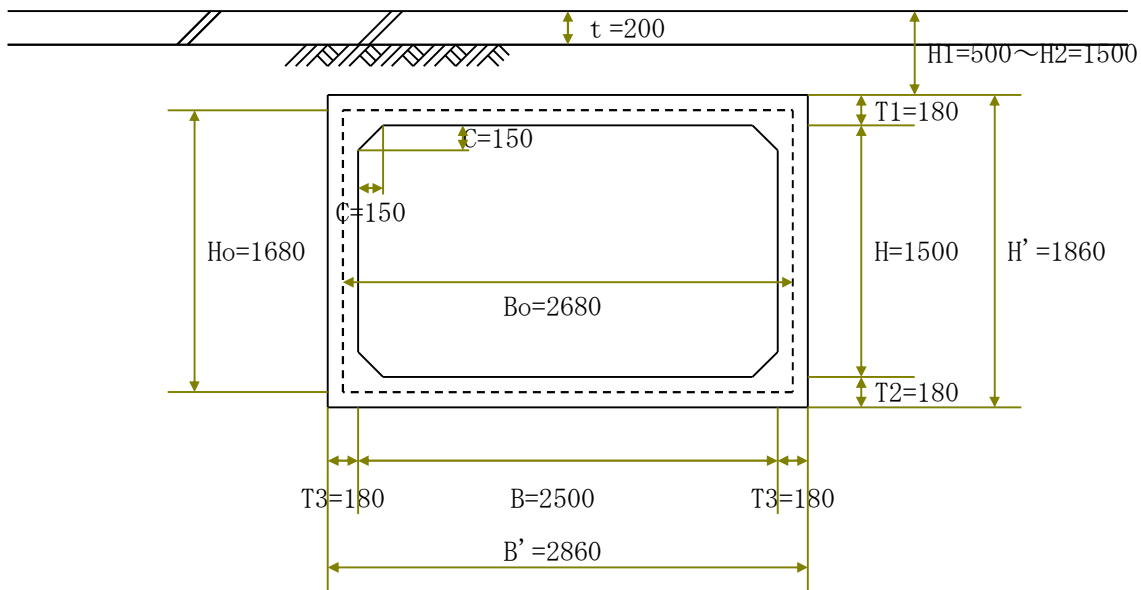
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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



[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

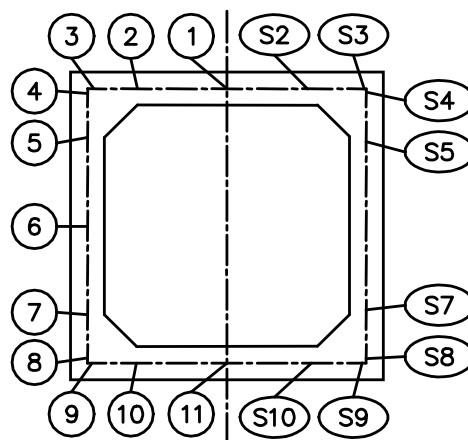
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

## 2 断面力計算

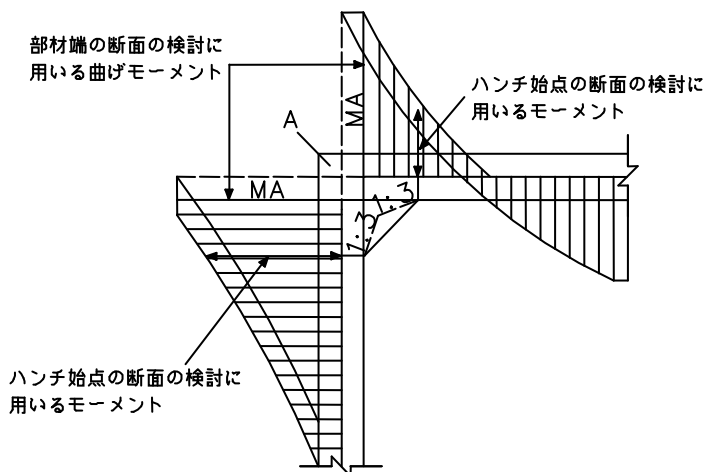
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

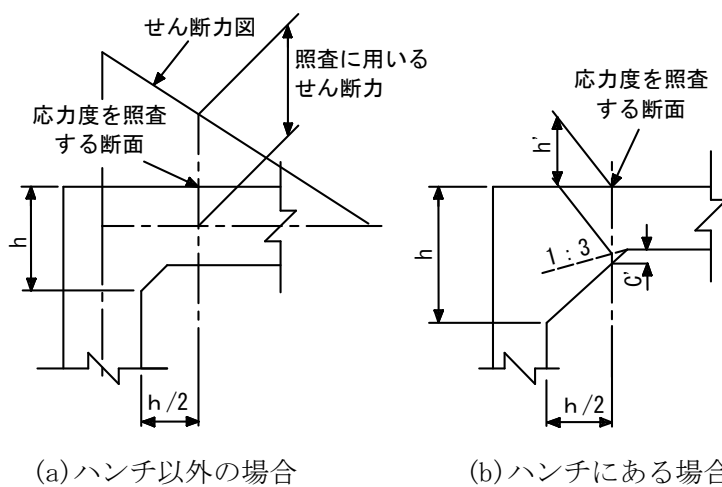
せん断力



## 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

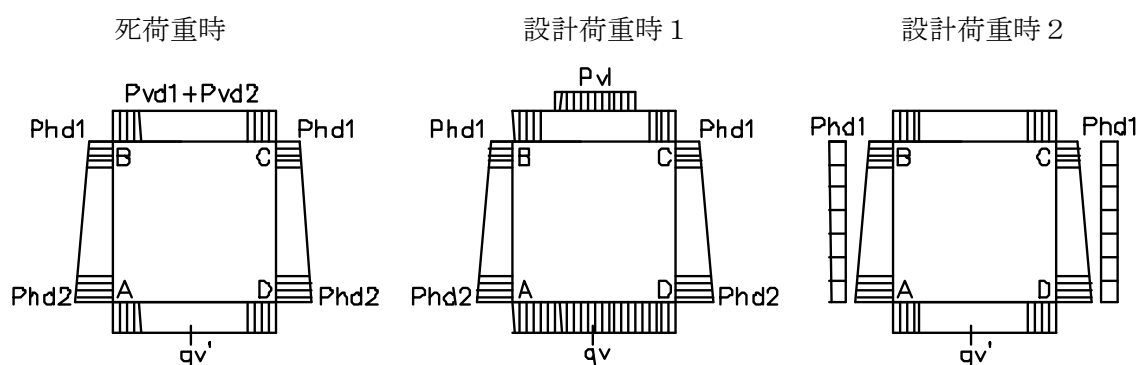
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

## 3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

## 3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重  $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧  $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧  $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$   
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重  $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅  $u = a + 2 \times H1 = 1.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 1.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (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 (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> )
-------	------------------------------	-------------------------------------------	------------------------------------------

Pvd1	4.410	4.410	4.410
Pvd2	9.900	9.900	9.900
Phd1 = Phd1	5.760	5.760	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	10.760
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	20.880	20.880	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	25.880
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	70.909	0.000
qv	*****	52.001	*****
qv'	20.250	*****	20.250

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
$\alpha$	0.6269	0.6269	0.6269
$\beta$	0.6269	0.6269	0.6269
N1	2.6269	2.6269	2.6269
N2	2.6269	2.6269	2.6269
CAD (kN・m/m)	12.121	31.124	12.121
CBC (kN・m/m)	8.565	35.165	8.565
CAB (kN・m/m)	3.488	3.488	4.664
CBA (kN・m/m)	2.777	2.777	3.953
$\theta_A$	-4.824	-17.793	-4.101
$\theta_B$	4.040	19.103	3.317
MAB (kN・m/m)	-9.097	-19.971	-9.550
MAD (kN・m/m)	9.097	19.971	9.550
MBA (kN・m/m)	6.033	23.191	6.486
MBC (kN・m/m)	-6.033	-23.191	-6.486

## 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。

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

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

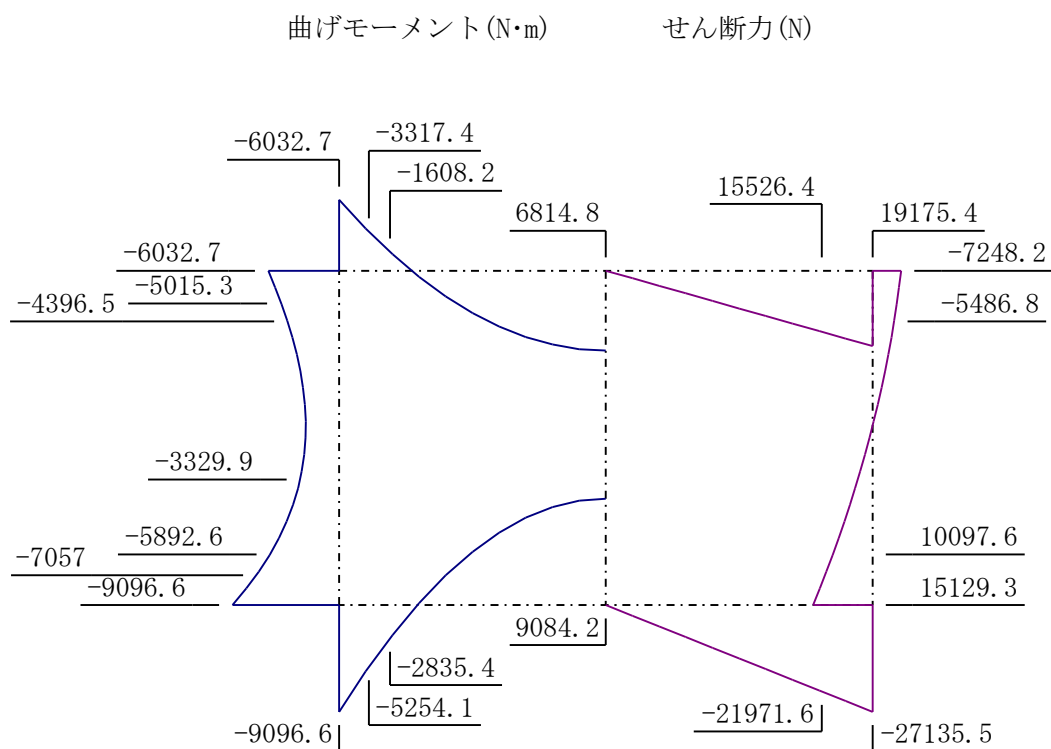
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	19.175	61.721	19.175
SCB	(kN/m)	-19.175	-61.721	-19.175
Mmax	(kN・m/m)	6.815	33.904	6.362
SAD	(kN/m)	27.135	69.681	27.135
SDA	(kN/m)	-27.135	-69.681	-27.135
Mmax	(kN・m/m)	9.084	26.716	8.631
SAB	(kN/m)	15.129	11.389	19.329
SBA	(kN/m)	-7.248	-10.989	-11.448
x	(m)	0.631	0.631	*****
		0.882	*****	0.882
Mmax	(kN・m/m)	-3.330	-16.564	*****
Mmax	(kN・m/m)	-2.845	*****	-1.538

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

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

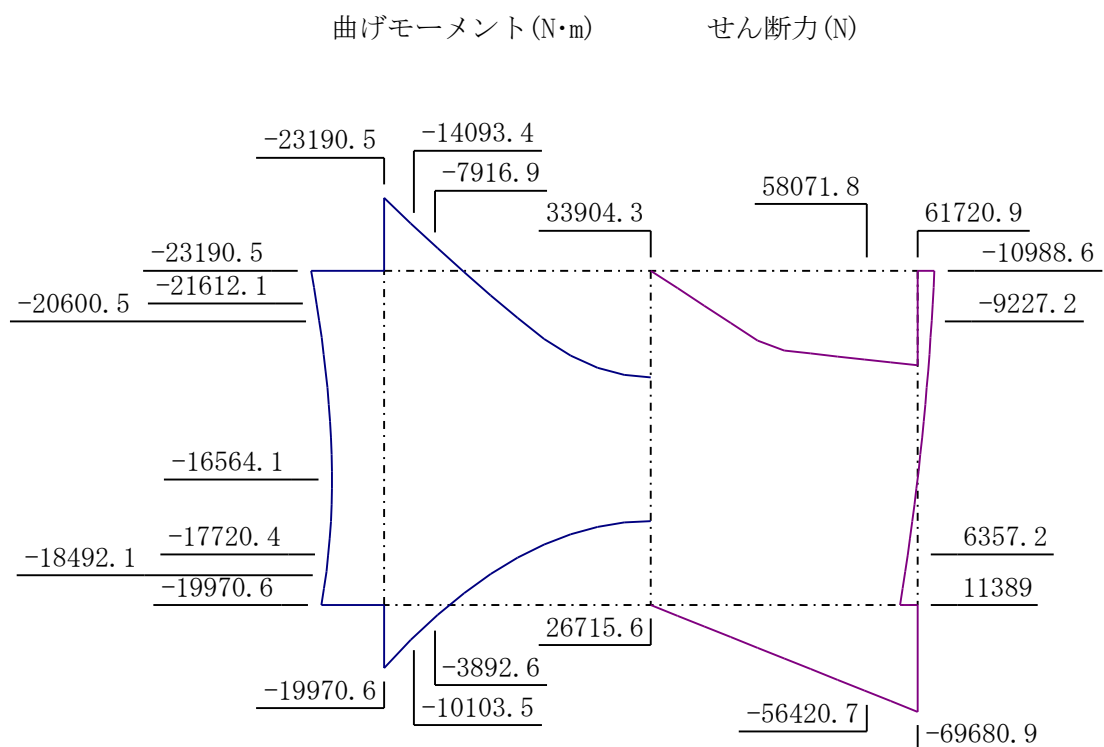
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.090	-6033	19175	7248
	2 ハッチ始点	0.240	-3317	***	7248
	S2 τ 点	0.255	-1608	15526	7248
	1 中 央	1.340	6815	0	7248
底版	9, S9 端 部	0.090	-9097	27136	15129
	10 ハッチ始点	0.240	-5254	***	15129
	S10 τ 点	0.255	-2835	21972	15129
	11 中 央	1.340	9084	0	15129
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-6033	-7248	19175
	5 上ハッチ点	1.440	-5015	***	19886
	S5 上 τ 点	1.425	-4397	-5487	20384
	6 中 間	0.631	-3330	*****	24146
		0.882	-2845	*****	22956
	S7 下 τ 点	0.255	-5893	10098	25927
	7 下ハッチ点	0.240	-7057	***	26425
	8, S8 下 端部	0.090	-9097	15129	27136



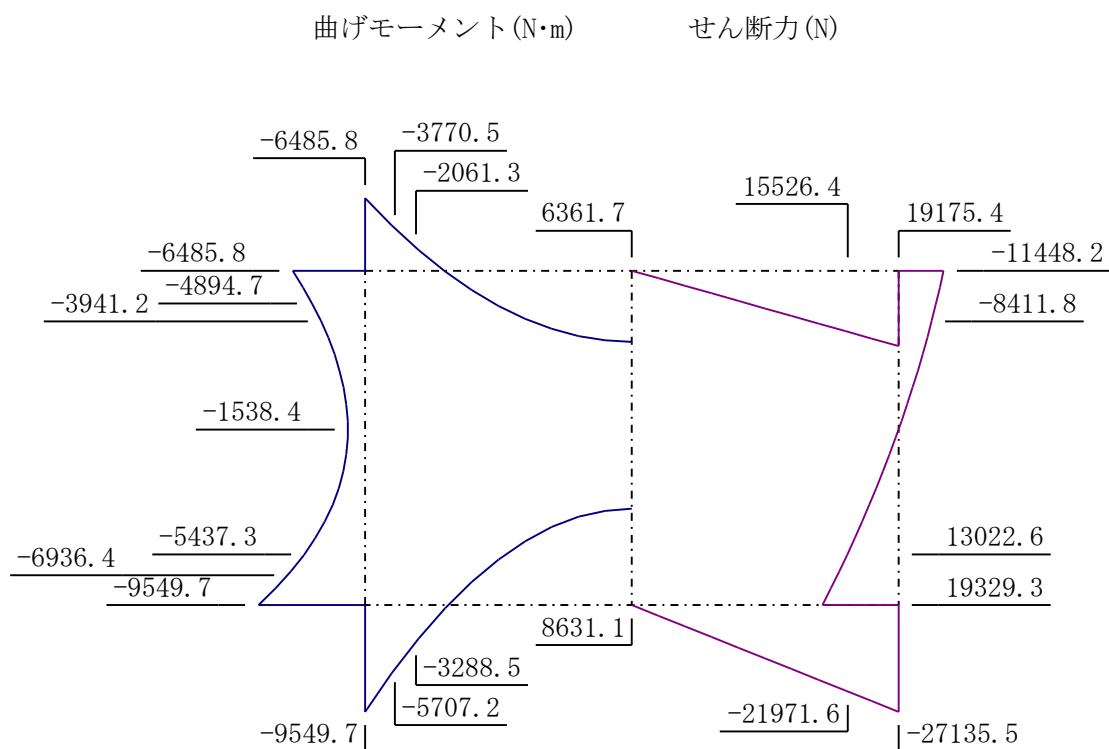
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.090	-23191	61721	10989
	2 ハチ始点	0.240	-14093	***	10989
	S2 τ 点	0.255	-7917	58072	10989
	1 中 央	1.340	33904	0	10989
底版	9, S9 端 部	0.090	-19971	69681	11389
	10 ハチ始点	0.240	-10104	***	11389
	S10 τ 点	0.255	-3893	56421	11389
	11 中 央	1.340	26716	0	11389
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-23191	-10989	61721
	5 上ハチ点	1.440	-21612	***	62432
	S5 上 τ 点	1.425	-20601	-9227	62929
	6 中 間	0.631	-16564	0	66691
	S7 下 τ 点	0.255	-17720	6357	68473
	7 下ハチ点	0.240	-18492	***	68970
	8, S8 下 端部	0.090	-19971	11389	69681



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

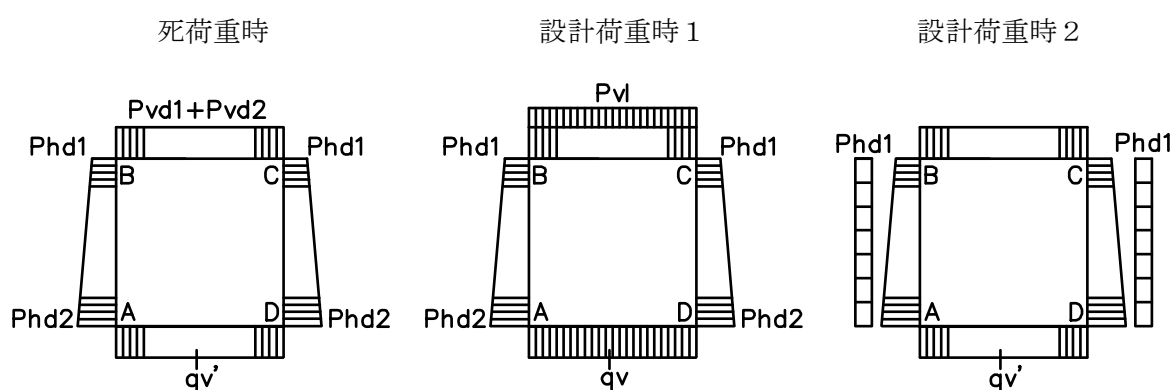
[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.090	-6486	19175	11448
	2 ハチ始点	0.240	-3771	***	11448
	S2 τ 点	0.255	-2061	15526	11448
	1 中 央	1.340	6362	0	11448
底版	9, S9 端 部	0.090	-9550	27136	19329
	10 ハチ始点	0.240	-5707	***	19329
	S10 τ 点	0.255	-3289	21972	19329
	11 中 央	1.340	8631	0	19329
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-6486	-11448	19175
	5 上ハチ点	1.440	-4895	***	19886
	S5 上 τ点	1.425	-3941	-8412	20384
	6 中 間	0.882	-1538	0	22956
	S7 下 τ点	0.255	-5437	13023	25927
	7 下ハチ点	0.240	-6936	***	26425
	8, S8 下 端部	0.090	-9550	19329	27136



## 3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

## 3.2.1 設計荷重

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



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2

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

$P_{vd1}$	4.410	4.410	4.410
$P_{vd2}$	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	14.760	14.760	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	19.760
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	29.880	29.880	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	34.880
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	26.591	0.000
$q_v$	*****	64.841	*****
$q_{v'}$	38.250	*****	38.250

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
$\alpha$	0.6269	0.6269	0.6269
$\beta$	0.6269	0.6269	0.6269
$N_1$	2.6269	2.6269	2.6269
$N_2$	2.6269	2.6269	2.6269
CAD (kN・m/m)	22.894	38.810	22.894
CBC (kN・m/m)	19.339	35.254	19.339
CAB (kN・m/m)	5.605	5.605	6.781
CBA (kN・m/m)	4.894	4.894	6.070
$\theta_A$	-10.145	-19.928	-9.422
$\theta_B$	9.361	19.144	8.638
MAB (kN・m/m)	-16.535	-26.317	-16.988
MAD (kN・m/m)	16.535	26.317	16.988
MBA (kN・m/m)	13.471	23.254	13.924
MBC (kN・m/m)	-13.471	-23.254	-13.924

## 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。

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

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

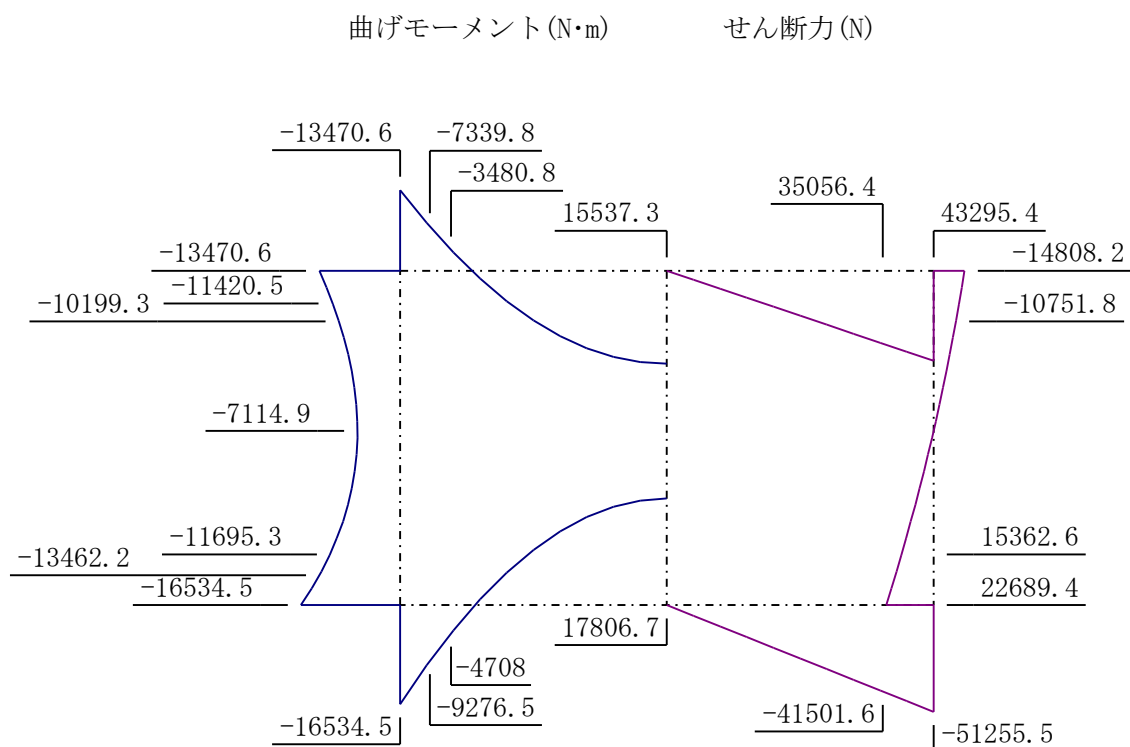
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	43.295	78.927	43.295
SCB (kN/m)	-43.295	-78.927	-43.295
Mmax (kN・m/m)	15.537	29.628	15.084
SAD (kN/m)	51.255	86.887	51.255
SDA (kN/m)	-51.255	-86.887	-51.255
Mmax (kN・m/m)	17.807	31.897	17.354
SAB (kN/m)	22.689	22.689	26.889
SBA (kN/m)	-14.808	-14.808	-19.008
x (m)	0.875	0.875	*****
	0.868	*****	0.868
Mmax (kN・m/m)	-7.115	-16.898	*****
Mmax (kN・m/m)	-7.115	*****	-5.806

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

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

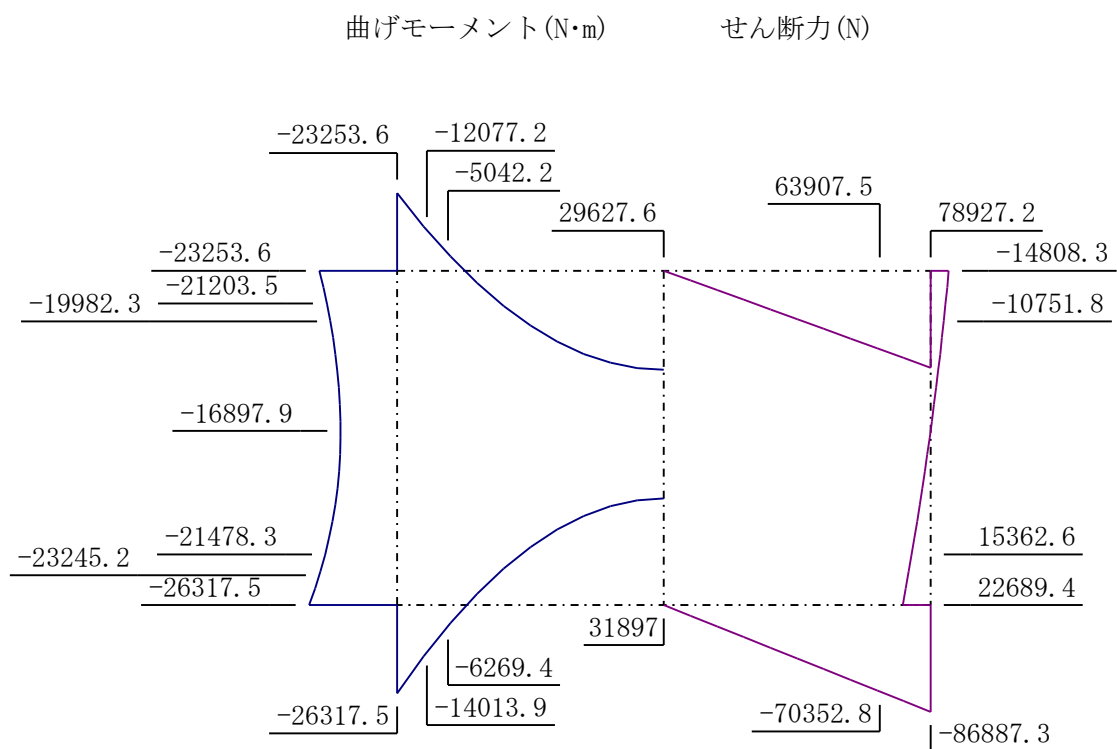
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.090	-13471	43295	14808
	2 ハチ始点	0.240	-7340	***	14808
	S2 τ 点	0.255	-3481	35056	14808
	1 中 央	1.340	15537	0	14808
底版	9, S9 端 部	0.090	-16535	51256	22689
	10 ハチ始点	0.240	-9277	***	22689
	S10 τ 点	0.255	-4708	41502	22689
	11 中 央	1.340	17807	0	22689
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-13471	-14808	43295
	5 上ハチ点	1.440	-11421	***	44006
	S5 上 τ 点	1.425	-10199	-10752	44504
	6 中 間	0.875	-7115	*****	47110
		0.868	-7115	*****	47143
	S7 下 τ 点	0.255	-11695	15363	50047
	7 下ハチ点	0.240	-13462	***	50545
	8, S8 下 端部	0.090	-16535	22689	51256



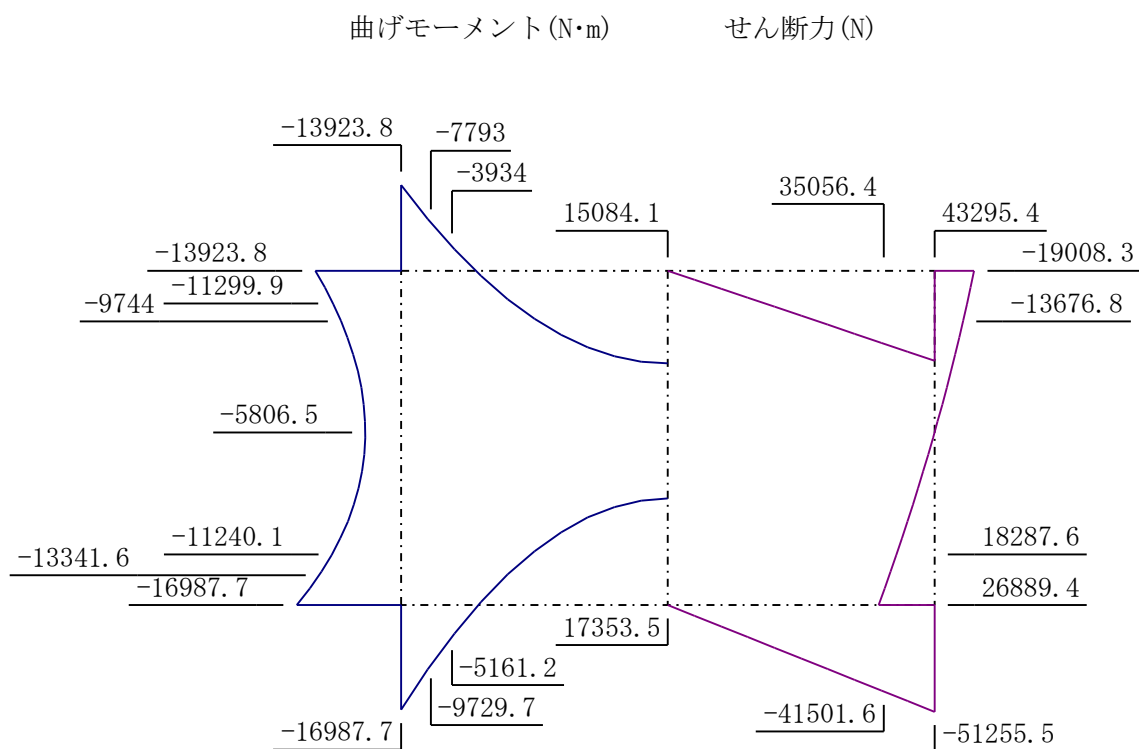
## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[ /単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.090	-23254	78927	14808
	2 ハチ始点	0.240	-12077	***	14808
	S2 τ 点	0.255	***	63908	***
	1 中 央	1.340	29628	0	14808
底版	9, S9 端 部	0.090	-26318	86887	22689
	10 ハチ始点	0.240	-14014	***	22689
	S10 τ 点	0.255	***	70353	***
	11 中 央	1.340	31897	0	22689
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-23254	-14808	78927
	5 上ハチ点	1.440	-21204	***	79638
	S5 上 τ点	1.425	***	-10752	***
	6 中 間	0.875	-16898	0	82741
	S7 下 τ点	0.255	***	15363	***
	7 下ハチ点	0.240	-23245	***	86177
	8, S8 下 端部	0.090	-26318	22689	86887



## (3) 設計荷重時 2 (CASE-4)

		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.090	-13924	43295	19008
	2 ハッチ始点	0.240	-7793	***	19008
	S2 τ 点	0.255	***	35056	***
	1 中 央	1.340	15084	0	19008
底版	9, S9 端 部	0.090	-16988	51256	26889
	10 ハッチ始点	0.240	-9730	***	26889
	S10 τ 点	0.255	***	41502	***
	11 中 央	1.340	17354	0	26889
側壁	4, S4 上 端部	1.590	-13924	-19008	43295
	5 上ハッチ点	1.440	-11300	***	44006
	S5 上 τ 点	1.425	***	-13677	***
	6 中 間	0.868	-5807	0	47143
	S7 下 τ 点	0.255	***	18288	*****
	7 下ハッチ点	0.240	-13342	***	50545
	8, S8 下 端部	0.090	-16988	26889	51256



## 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	23.00	2300.0	101391.67	11.50	8816.67
ハチ始点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
τ 点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
中 央	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00

## 5.1.2 使用 P C 鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 21	3.00	3.464	290000	1.50	外 側
ハチ始点	φ 21	3.00	3.464	290000	-1.00	外 側
τ 点	φ 21	3.00	3.464	290000	-1.00	外 側
中 央	φ 21	3.00	3.464	290000	1.00	内 側

## 5.1.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.98	-0.20	94.40	25.12	717.67	0.857	3
ハチ始点	837.18	5.01	0.15	113.42	25.12	698.64	0.835	3
τ 点	837.18	5.01	0.07	112.24	25.12	699.82	0.836	3
中 央	837.18	5.01	-0.32	106.44	25.12	705.63	0.843	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.98	-0.20	94.40	25.12	717.67	0.857	3
ハチ始点	837.18	5.01	0.15	113.42	25.12	698.64	0.835	3
τ 点	837.18	5.01	0.07	112.24	25.12	699.82	0.836	3
中 央	837.18	5.01	-0.32	106.44	25.12	705.63	0.843	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.98	-0.20	94.40	25.12	717.67	0.857	3
ハチ始点	837.18	5.01	0.07	112.19	25.12	699.87	0.836	1
τ 点	837.18	5.01	0.03	111.67	25.12	700.39	0.837	1
中 央	837.18	5.01	-0.14	109.10	25.12	702.97	0.840	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.98	-0.20	94.40	25.12	717.67	0.857	3
ハチ始点	837.18	5.01	0.07	112.19	25.12	699.87	0.836	1
τ 点	837.18	5.01	0.03	111.67	25.12	700.39	0.837	1
中 央	837.18	5.01	-0.14	109.10	25.12	702.97	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	1.53	0.06	1.97	3.57	3
ハチ始点	1.36	0.08	5.38	6.82	3
中 央	2.88	0.08	2.72	5.68	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.53	0.06	4.51	3.05	3
ハチ始点	-1.36	0.08	2.69	1.41	3
中 央	-2.88	0.08	5.43	2.64	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.64	0.06	1.97	4.68	3
ハチ始点	2.61	0.06	5.39	8.06	1
中 央	6.28	0.06	2.71	9.05	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.64	0.06	4.51	1.94	3
ハチ始点	-2.61	0.06	2.69	0.14	1
中 央	-6.28	0.06	5.41	-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	-31.392	1.04	5.62	3.6	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-19.026	-0.75	8.99	1.4	5.2	0.322	0.690	1
中 央	45.771	-2.98	11.26	3.8	56.2	3.512	1.884	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	— 12	D 0	— 0	4.280 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 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	6612	14.808	78.927	745.80	3.31	0.51	-0.078	3
$\tau$ 点	100.0	4050	14.808	63.907	727.26	4.12	0.53	-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	-6.033	-17.158	-50.737	-39.424	-50.737	1
ハッチ始点	-3.317	-10.776	-31.253	-23.959	-31.253	1
中 央	6.815	27.090	76.583	57.637	76.583	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	10.392	4.280	13.0	19.5	0.069	0.009	118.01	2.3	1
ハッチ始点	10.392	4.280	8.0	14.5	0.069	0.014	70.10	2.2	1
中 央	10.392	5.941	10.0	14.5	0.069	0.012	93.63	1.2	1
$Ppb > Ppd$						$Sf > 1.0$	CHECK OK		

## 5.2 底版

## 5.2.1 断面諸元

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

## 5.2.2 使用P C鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 19	3.00	2.835	240000	1.50	外 側
ハチ始点	φ 19	3.00	2.835	240000	-1.00	外 側
τ 点	φ 19	3.00	2.835	240000	-1.00	外 側
中 央	φ 19	3.00	2.835	240000	1.00	内 側

## 5.2.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm <sup>2</sup> )	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.29	-0.24	84.36	25.40	736.80	0.870	3
ハチ始点	846.56	4.15	0.19	102.68	25.40	718.48	0.849	3
τ 点	846.56	4.15	0.10	101.27	25.40	719.90	0.850	3
中 央	846.56	4.15	-0.37	94.29	25.40	726.87	0.859	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.29	-0.24	84.36	25.40	736.80	0.870	3
ハチ始点	846.56	4.15	0.19	102.68	25.40	718.48	0.849	3
τ 点	846.56	4.15	0.10	101.27	25.40	719.90	0.850	3
中 央	846.56	4.15	-0.37	94.29	25.40	726.87	0.859	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.29	-0.24	84.36	25.40	736.80	0.870	3
ハチ始点	846.56	4.15	0.19	102.68	25.40	718.48	0.849	3
τ 点	846.56	4.15	0.10	101.27	25.40	719.90	0.850	3
中 央	846.56	4.15	-0.37	94.29	25.40	726.87	0.859	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.29	-0.24	84.36	25.40	736.80	0.870	3
ハチ始点	846.56	4.15	0.19	102.68	25.40	718.48	0.849	3
τ 点	846.56	4.15	0.10	101.27	25.40	719.90	0.850	3
中 央	846.56	4.15	-0.37	94.29	25.40	726.87	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	1.88	0.10	1.66	3.63	3
ハチ始点	1.72	0.13	4.53	6.37	3
中 央	3.30	0.13	2.29	5.71	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.88	0.10	3.79	2.01	3
ハチ始点	-1.72	0.13	2.26	0.67	3
中 央	-3.30	0.13	4.58	1.41	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.98	0.10	1.66	4.74	3
ハチ始点	2.60	0.13	4.53	7.25	3
中 央	5.91	0.13	2.29	8.32	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.98	0.10	3.79	0.90	3
ハチ始点	-2.60	0.13	2.26	-0.21	3
中 央	-5.91	0.13	4.58	-1.20	3
$\sigma_t > -1.5$				CHECK OK	

## 5.2.5 引張鉄筋量

位 置	曲げモーメント (kN・m/m)	合成応力度		x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm <sup>2</sup> )	内側 (N/mm <sup>2</sup> )			As1 (cm <sup>2</sup> /m)	As2	
端 部	-35.529	-0.11	5.82	0.4	0.2	0.014	0.205	3
ハッチ始点	-18.919	-1.07	8.20	2.1	11.1	0.695	1.039	3
中 央	43.061	-3.22	10.43	4.2	68.5	4.283	2.125	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	— 12	D 0	— 0	4.280 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2

## 5.2.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm <sup>3</sup> )	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	$\sigma c'$	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma i$	ケース
端 部	100.0	6612	22.689	86.887	626.65	2.82	0.57	-0.109	3
$\tau$ 点	100.0	4050	22.689	70.353	612.27	3.53	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	-16.535	-9.783	-45.952	-44.740	-45.952	3
ハッチ始点	-9.277	-4.737	-23.903	-23.824	-23.903	3
中 央	17.807	14.090	58.374	54.225	58.374	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	8.505	4.280	13.0	19.5	0.069	0.007	103.17	2.2	3
ハッチ始点	8.505	4.280	8.0	14.5	0.069	0.012	62.81	2.6	3
中 央	8.505	5.941	10.0	14.5	0.069	0.010	83.32	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	-23.191	61.721	37.57	8.00	28.128	1
	上ハチ点	-21.612	62.432	34.62	5.50	25.046	1
側壁	中 間	-16.564	66.691	24.84	5.50	20.232	1
	下ハチ点	-23.245	86.177	26.97	5.50	27.985	3
	下端部	-26.317	86.887	30.29	8.00	33.268	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( $A_s$ )

$$A_s = [\sigma_c / 2 \times s - N / (b \times d_a)] / \sigma_{sa} \times b \times d_a$$

$$\begin{aligned}
 \therefore \sigma_c^3 + [3 \times \sigma_{sa} / (2 \times n) - 3 \times N \times (e + c) / (b \times d_a^2)] \times \sigma_c^2 \\
 - 6 \times N \times (e + c) / (n \times b \times d_a^2) \times \sigma_{sa} \times \sigma_c \\
 - 3 \times N \times (e + c) / (n^2 \times b \times d_a^2) \times \sigma_{sa}^2 = 0
 \end{aligned}$$

上式を解いて  $\sigma_c$  を求める。また  $d_a = T - d'$  とする。

$$\therefore s = n \times \sigma_c / (n \times \sigma_c + \sigma_{sa})$$

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	28.128	9.34	12.84	23.00	6.250
	上ハチ点	25.046	8.82	12.32	18.00	8.529
側壁	中 間	20.232	7.93	11.43	18.00	5.749
	下ハチ点	27.985	9.32	12.82	18.00	8.599
	下端部	33.268	10.16	13.66	23.00	6.631
				$d + d' < T$	CHECK OK	

## 8 配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

## 8.1 コンクリート及び鉄筋

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

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

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

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

配筋(製品当り)

頂版内側	頂版外側	底版内側	底版外側	側壁内側	側壁外側
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 6
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 13 - 6

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	9.759	7.489	4.42	106.3	0.0
	上ハチ点	100.00	9.759	6.009	6.67	141.4	0.0
	中間	100.00	9.759	6.350	5.15	99.1	0.0
	下ハチ点	100.00	9.759	6.252	7.21	142.7	0.0
	下端部	100.00	9.759	7.822	5.04	112.8	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	58.072	15.526	63.907	35.056				
	M			-5.042					
	N			14.808					
	最大			○					
底版 τ点	S	56.421	21.972	70.353	41.502				
	M			-6.269					
	N			22.689					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-9.227	-8.412	-10.752	-13.677				
	M				-9.744				
	N				44.504				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	6.357	13.023	15.363	18.288				
	M				-11.240				
	N				50.047				
	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	5.0 以上
補正係数(Ce)	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

#### ② 軸方向引張鉄筋比の影響

次表に示す軸方向引張鉄筋比に関する補正係数(Cpt)をτaに乘じる。

鉄筋比は中立軸よりも引張側にある軸方向鉄筋の断面積の総和をbdで除して求める。

引張鉄筋比 (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0 以上
補正係数(Cpt)	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

## ③ 軸方向圧縮力の影響

軸方向圧縮力が大きな部材の場合、次式により計算される軸方向圧縮力による補正係数(CN)を $\tau_a$ に乘じる。

$$CN = 1 + Mo/M \quad Mo = \{(Pe+N) \cdot Z/Ac + Pe \cdot ep\} \quad \text{ただし } 1 \leq CN \leq 2$$

ここに、CN：軸方向力による補正係数

Mo：有効プレストレス力及び軸方向力によりコンクリートの応力度が引張縁で0となる曲げモーメント(kN・m)

M：断面に作用する曲げモーメント(kN・m)

N：断面に作用する軸方向圧縮力(kN)

Pe：P C 鋼棒に作用するm当りの全有効引張力(kN)

Z：図心軸に関する断面係数(m<sup>3</sup>)

Ac：部材断面積(m<sup>2</sup>)

ep：P C 鋼棒の偏心量<引張縁側+／圧縮縁側-＞(m)

照査位置	T (cm)	d' (cm)	d (cm)	Ce	引張鉄筋		Pt (%)	Cpt
					径-本数	As (cm <sup>2</sup> )		
頂版 $\tau$ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D10-6	4.280	0.295	0.995
底版 $\tau$ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D10-6	4.280	0.295	0.995
側壁上 $\tau$ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D16-3 D13-3	9.759	0.673	1.304
側壁下 $\tau$ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D16-3 D13-3	9.759	0.673	1.304

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	-5.042	727.3	14.808	0.180	0.00540	-0.01	14.990	2.000
底版 $\tau$ 点	-6.269	612.3	22.689	0.180	0.00540	-0.01	12.927	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-9.744	0.0	44.504	0.180	0.00540	0.00	1.335	1.137
側壁下 $\tau$ 点	-11.240	0.0	50.047	0.180	0.00540	0.00	1.501	1.134

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	0.995	2.000	0.752
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	0.995	2.000	0.752
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.304	1.137	0.560
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.304	1.134	0.559

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	63.908	14.5	0.441	0.752
底版 $\tau$ 点	70.353	14.5	0.485	0.752
側壁上 $\tau$ 点	13.677	14.5	0.094	0.560
側壁下 $\tau$ 点	18.288	14.5	0.126	0.559

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以 上