

台帳 No. KL422003

土被り    H1=    1.510 m  
              H2=    3.000 m

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) 2800 × (H) 2800 × (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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

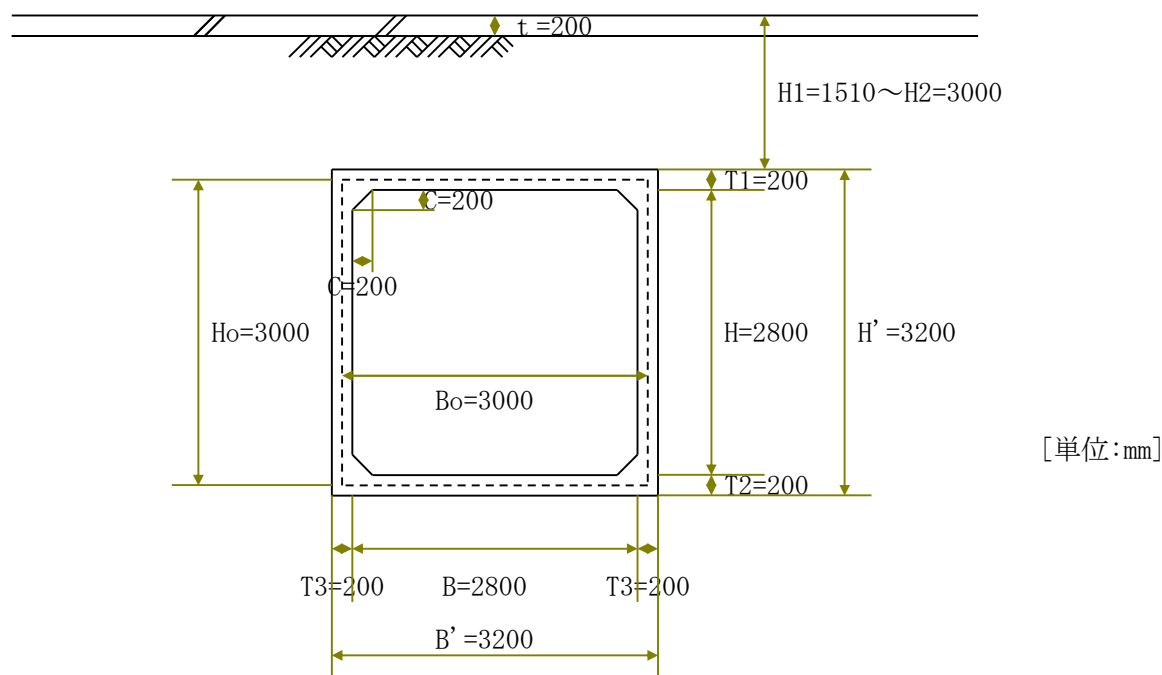
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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 :  $E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

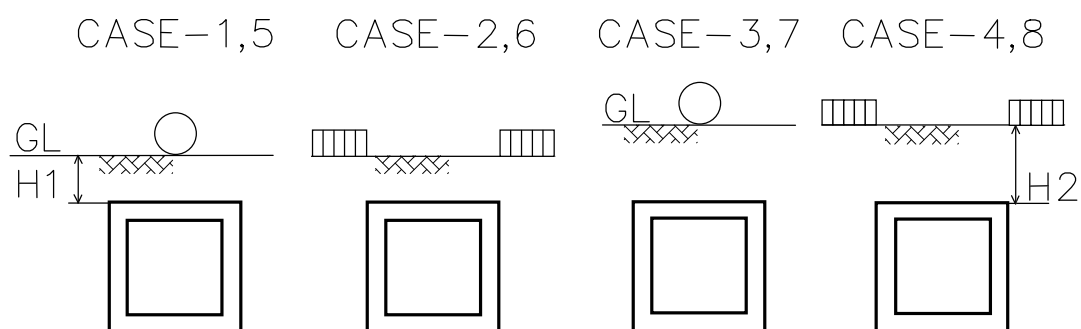
## (3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 26$	$\phi 26$	*****	(mm)
断面積	530.90	530.90	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	450000	450000	*****	(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。

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



## 3.1.2 構造解析

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \text{ラーメン係数} \quad \alpha &= (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 \beta &= (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 N1 &= 2 + \alpha \\
 N2 &= 2 + \beta
 \end{aligned}$$

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

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）

$$\begin{aligned}
 (3) \quad \text{た わ み 角} \quad \theta A &= \{N1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N1 \times N2 - 1) \\
 \theta B &= \{N2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N1 \times N2 - 1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (4) \quad \text{端モーメント} \quad MAB &= 2 \times \theta A + \theta B - CAB \\
 MAD &= \beta \times \theta A + CAD \\
 MBA &= 2 \times \theta B + \theta A + CBA \\
 MBC &= \alpha \times \theta B - CBC
 \end{aligned}$$

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

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)	32.575	52.394	32.575
CBC (kN・m/m)	24.735	44.554	24.735
CAB (kN・m/m)	23.355	23.355	27.105
CBA (kN・m/m)	19.305	19.305	23.055
$\theta A$	-4.136	-14.046	-2.261
$\theta B$	3.189	13.098	1.314
MAB (kN・m/m)	-28.439	-38.348	-30.314
MAD (kN・m/m)	28.439	38.348	30.314
MBA (kN・m/m)	21.546	31.456	23.421
MBC (kN・m/m)	-21.546	-31.456	-23.421

## 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)	49.470	89.109	49.470
SCB	(kN/m)	-49.470	-89.109	-49.470
Mmax	(kN・m/m)	15.556	35.376	13.681
SAD	(kN/m)	65.150	104.789	65.150
SDA	(kN/m)	-65.150	-104.789	-65.150
Mmax	(kN・m/m)	20.424	40.243	18.549
SAB	(kN/m)	51.708	51.708	59.208
SBA	(kN/m)	-33.613	-33.613	-41.113
x	(m)	1.462	1.462	*****
		1.468	*****	1.468
Mmax	(kN・m/m)	7.023	-2.887	*****
Mmax	(kN・m/m)	7.022	*****	10.770

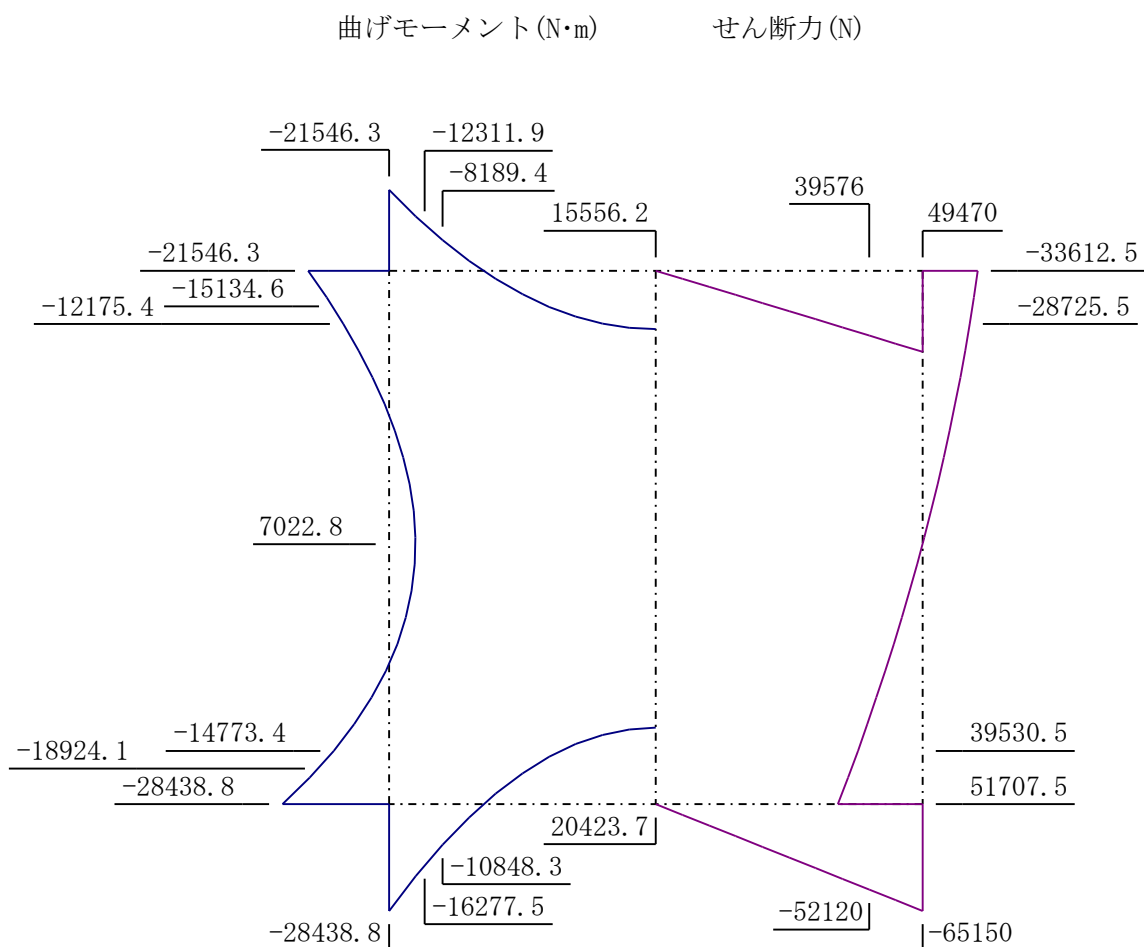
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



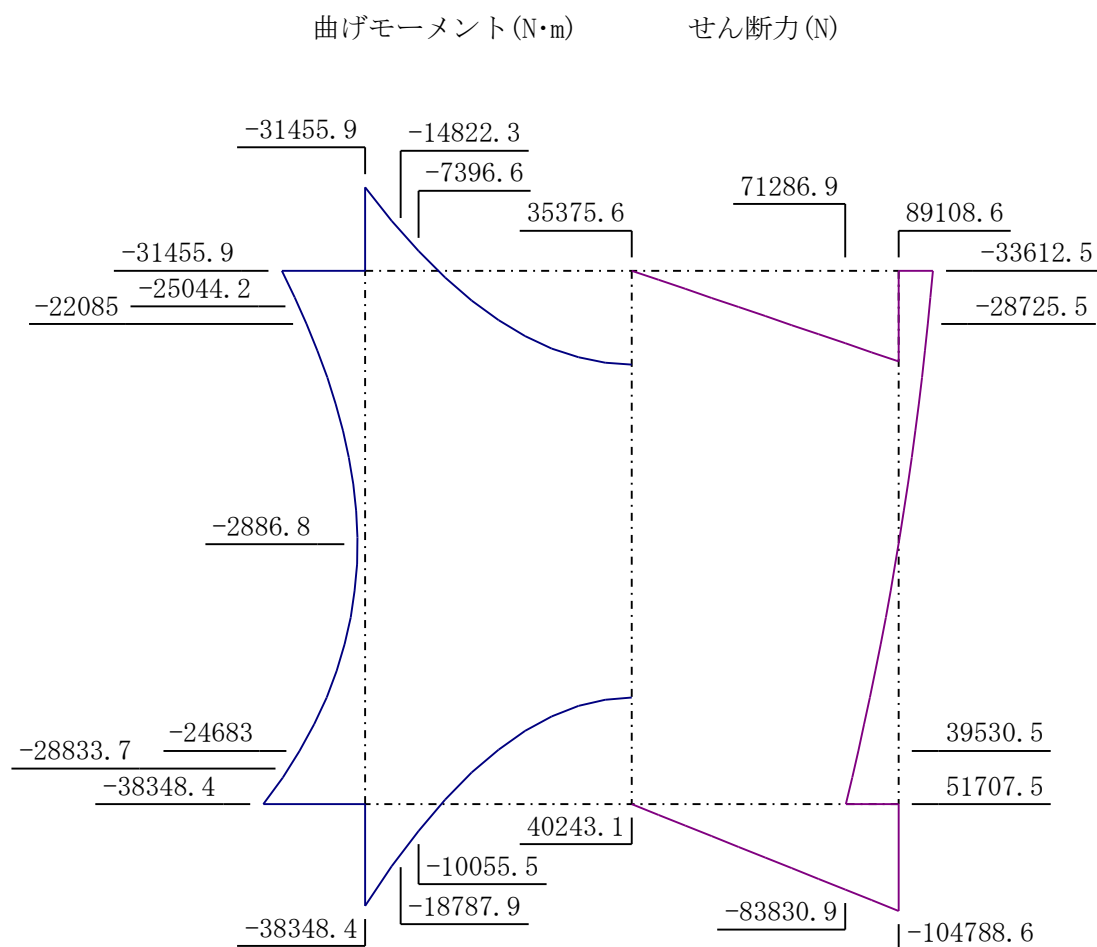
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	0.100	-21546	49470	33613
	2 ハッチ始点	0.300	-12312	***	33613
	S2 τ 点	0.300	-8189	39576	33613
	1 中 央	1.500	15556	0	33613
底板	9, S9 端 部	0.100	-28439	65150	51708
	10 ハッチ始点	0.300	-16278	***	51708
	S10 τ 点	0.300	-10848	52120	51708
	11 中 央	1.500	20424	0	51708
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-21546	-33613	49470
	5 上ハッチ点	2.700	-15135	***	50515
	S5 上 τ 点	2.700	-12175	-28726	51038
	6 中 間	1.462	7023	*****	57509
		1.468	7022	*****	57477
	S7 下 τ 点	0.300	-14773	39531	63582
	7 下ハッチ点	0.300	-18924	***	64105
	8, S8 下 端部	0.100	-28439	51708	65150



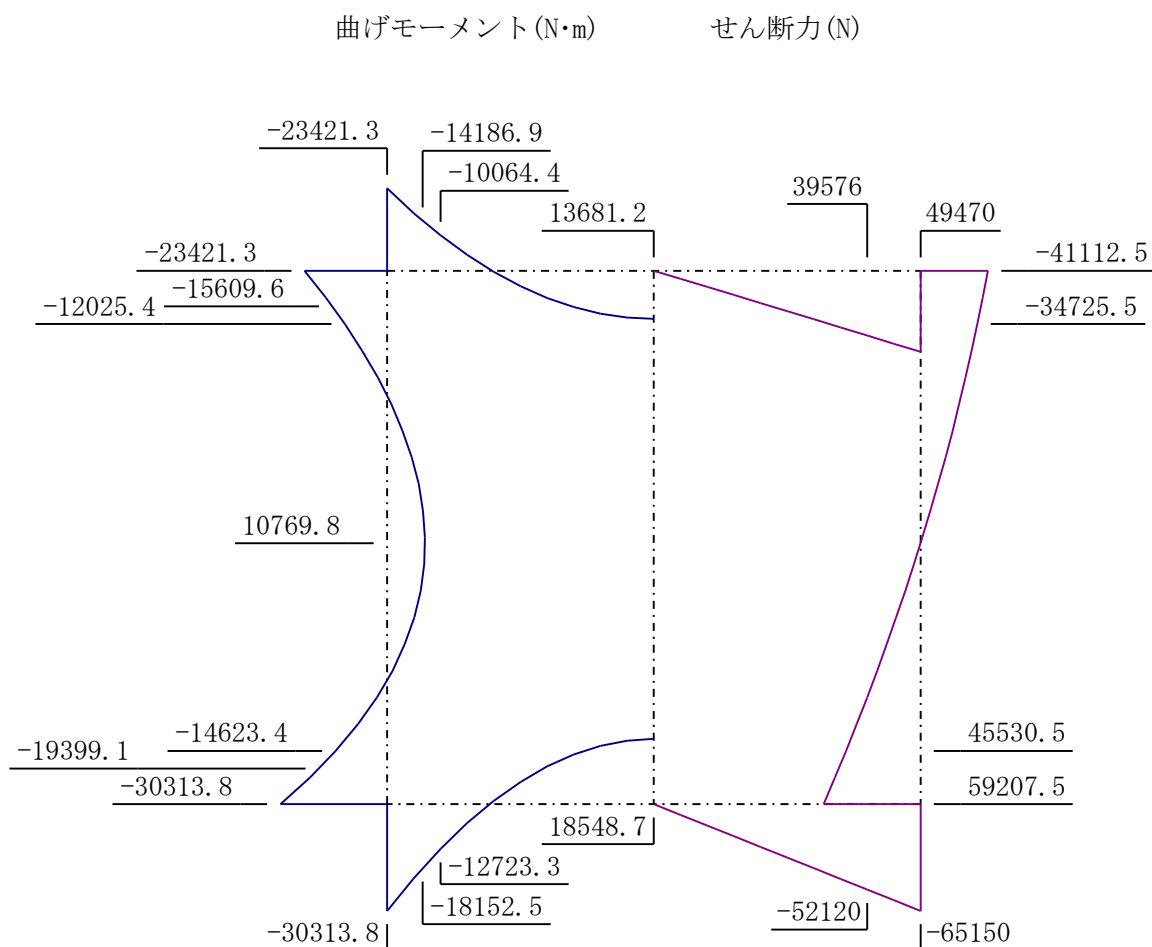
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /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	0.100	-31456	89109	33613
	2 ハチ始点	0.300	-14822	***	33613
	S2 τ 点	0.300	-7397	71287	33613
	1 中 央	1.500	35376	0	33613
底版	9, S9 端 部	0.100	-38348	104789	51708
	10 ハチ始点	0.300	-18788	***	51708
	S10 τ 点	0.300	-10056	83831	51708
	11 中 央	1.500	40243	0	51708
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-31456	-33613	89109
	5 上ハチ点	2.700	-25044	***	90154
	S5 上 τ 点	2.700	-22085	-28726	90677
	6 中 間	1.462	-2887	0	97147
	S7 下 τ 点	0.300	-24683	39531	103221
	7 下ハチ点	0.300	-28834	***	103743
	8, S8 下 端部	0.100	-38348	51708	104789



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

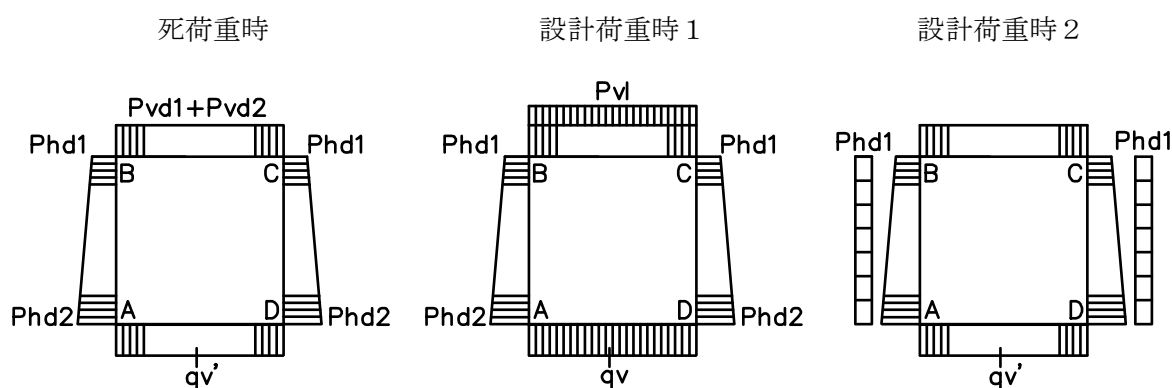
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-23421	49470	41113
	2 ハッチ始点	0.300	-14187	***	41113
	S2 τ 点	0.300	-10064	39576	41113
	1 中 央	1.500	13681	0	41113
底板	9, S9 端 部	0.100	-30314	65150	59208
	10 ハッチ始点	0.300	-18153	***	59208
	S10 τ 点	0.300	-12723	52120	59208
	11 中 央	1.500	18549	0	59208
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-23421	-41113	49470
	5 上ハッチ点	2.700	-15610	***	50515
	S5 上 τ 点	2.700	-12025	-34726	51038
	6 中 間	1.468	10770	0	57477
	S7 下 τ 点	0.300	-14623	45531	63582
	7 下ハッチ点	0.300	-19399	***	64105
	8, S8 下 端部	0.100	-30314	59208	65150



## 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  $u = a + 2 \times H2 = 6.200 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H2 = 6.500 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (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>)

$P_{vd1}$	4.900	4.900	4.900
$P_{vd2}$	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.350	28.350	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.350
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	55.350	55.350	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	60.350
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	13.724	0.000
$q_v$	*****	83.978	*****
$q_{v'}$	70.253	*****	70.253

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)	52.690	62.983	52.690
CBC (kN・m/m)	44.850	55.143	44.850
CAB (kN・m/m)	33.412	33.412	37.162
CBA (kN・m/m)	29.362	29.362	33.112
$\theta_A$	-9.165	-14.312	-7.290
$\theta_B$	8.217	13.364	6.342
MAB (kN・m/m)	-43.525	-48.672	-45.400
MAD (kN・m/m)	43.525	48.672	45.400
MBA (kN・m/m)	36.633	41.779	38.508
MBC (kN・m/m)	-36.633	-41.779	-38.508

## 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。

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

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

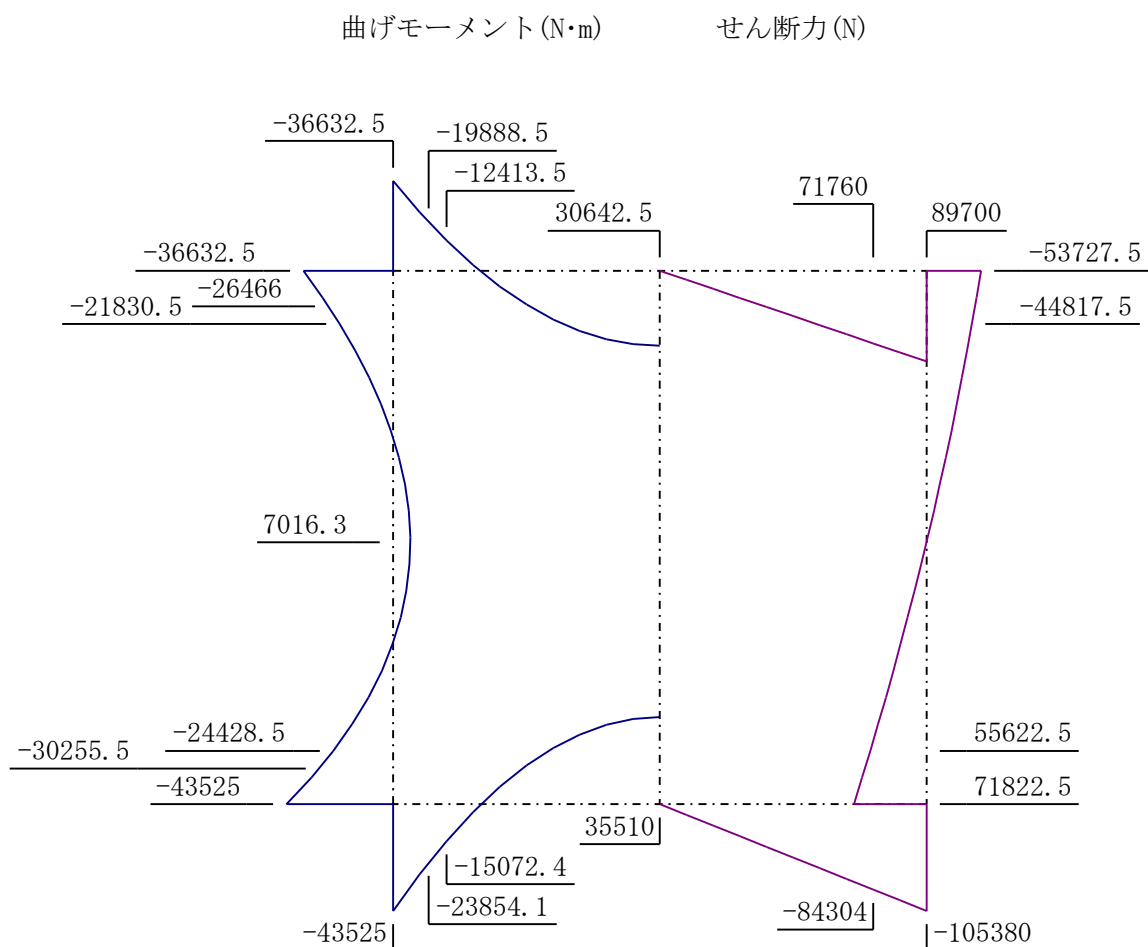
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	89.700	110.287	89.700
SCB (kN/m)	-89.700	-110.287	-89.700
Mmax (kN・m/m)	30.642	40.936	28.767
SAD (kN/m)	105.380	125.967	105.380
SDA (kN/m)	-105.380	-125.967	-105.380
Mmax (kN・m/m)	35.510	45.803	33.635
SAB (kN/m)	71.822	71.822	79.322
SBA (kN/m)	-53.727	-53.727	-61.227
x (m)	1.474	1.474	*****
	1.477	*****	1.477
Mmax (kN・m/m)	7.016	1.870	*****
Mmax (kN・m/m)	7.016	*****	10.765

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。

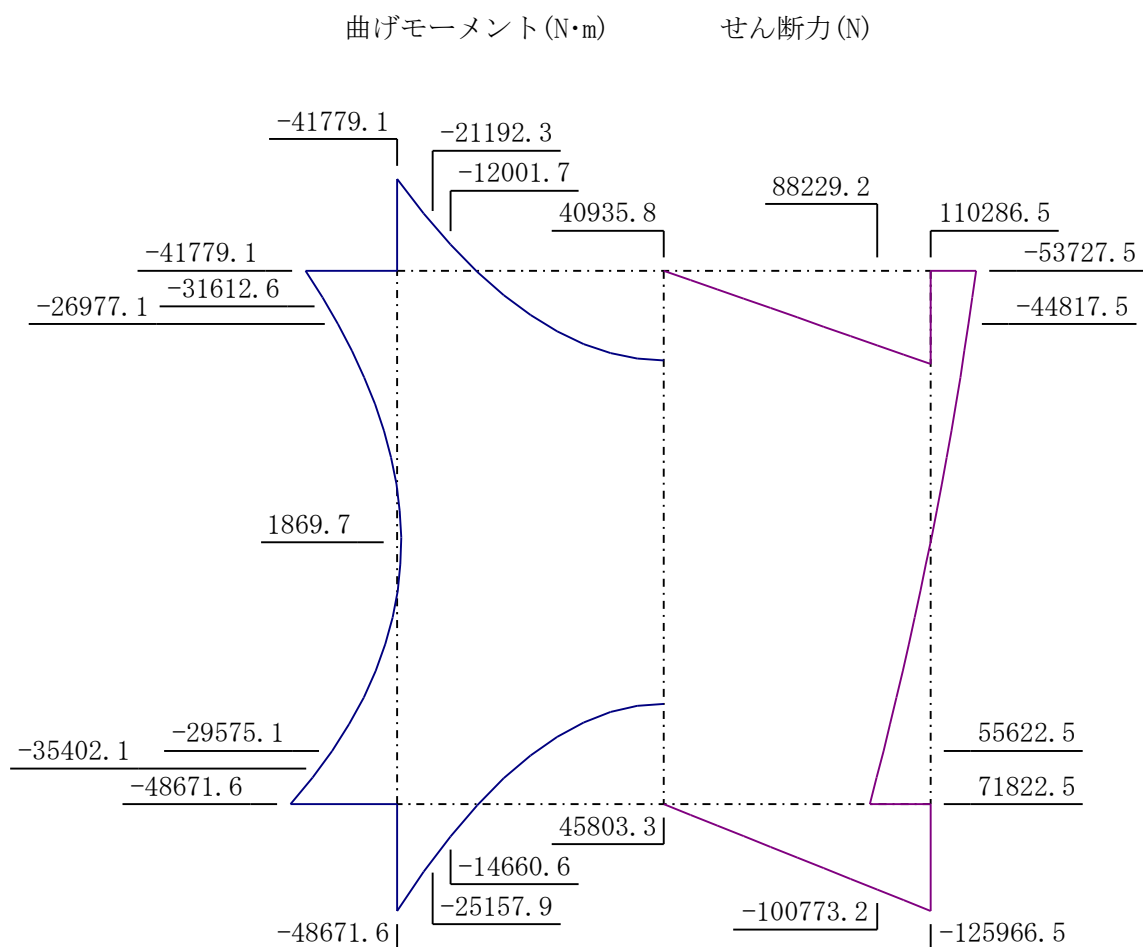
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

				[ /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	0.100	-36633	89700	53728
	2 ハッチ始点	0.300	-19889	***	53728
	S2 τ 点	0.300	-12414	71760	53728
	1 中 央	1.500	30643	0	53728
底版	9, S9 端 部	0.100	-43525	105380	71823
	10 ハッチ始点	0.300	-23854	***	71823
	S10 τ 点	0.300	-15072	84304	71823
	11 中 央	1.500	35510	0	71823
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-36633	-53728	89700
	5 上ハッチ点	2.700	-26466	***	90745
	S5 上 τ 点	2.700	-21831	-44818	91268
	6 中 間	1.474	7016	*****	97676
		1.477	7016	*****	97660
	S7 下 τ 点	0.300	-24429	55623	103812
	7 下ハッチ点	0.300	-30256	***	104335
	8, S8 下 端部	0.100	-43525	71823	105380



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

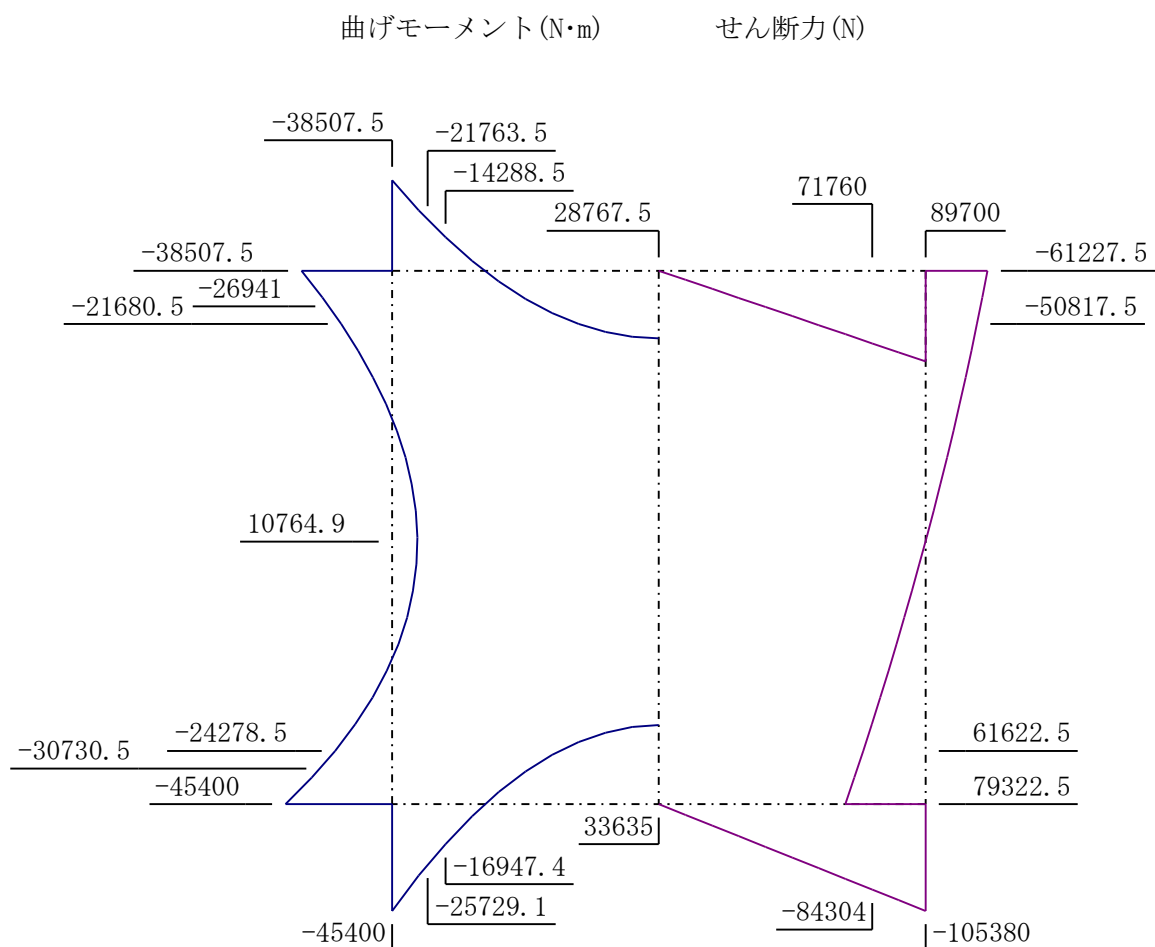
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-41779	110287	53728
	2 ハッチ始点	0.300	-21192	***	53728
	S2 τ 点	0.300	***	88229	***
	1 中 央	1.500	40936	0	53728
底板	9, S9 端 部	0.100	-48672	125967	71823
	10 ハッチ始点	0.300	-25158	***	71823
	S10 τ 点	0.300	***	100773	***
	11 中 央	1.500	45803	0	71823
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-41779	-53728	110287
	5 上ハッチ点	2.700	-31613	***	111332
	S5 上 τ 点	2.700	***	-44818	***
	6 中 間	1.474	1870	0	118262
	S7 下 τ 点	0.300	***	55623	***
	7 下ハッチ点	0.300	-35402	***	124921
	8, S8 下 端部	0.100	-48672	71823	125967





## (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	0.100	-38508	89700	61228
	2 ハチ始点	0.300	-21764	***	61228
	S2 τ 点	0.300	***	71760	***
	1 中 央	1.500	28768	0	61228
底板	9, S9 端 部	0.100	-45400	105380	79323
	10 ハチ始点	0.300	-25729	***	79323
	S10 τ 点	0.300	***	84304	***
	11 中 央	1.500	33635	0	79323
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-38508	-61228	89700
	5 上ハチ点	2.700	-26941	***	90745
	S5 上 τ点	2.700	***	-50818	***
	6 中 間	1.477	10765	0	97660
	S7 下 τ点	0.300	***	61623	*****
	7 下ハチ点	0.300	-30731	***	104335
	8, S8 下 端部	0.100	-45400	79323	105380



## 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	26.67	2666.7	158024.69	13.33	11851.85
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

## 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 26	3.00	5.309	450000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 26	3.00	5.309	450000	-0.50	外 側
τ 点	φ 26	3.00	5.309	450000	-0.50	外 側
中 央	φ 26	3.00	5.309	450000	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	847.62	5.75	-0.66	111.18	25.43	711.01	0.839	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.15	136.23	25.43	685.96	0.809	3
τ 点	847.62	6.80	0.09	135.42	25.43	686.77	0.810	3
中 央	847.62	6.80	-0.23	130.75	25.43	691.44	0.816	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	5.75	-0.66	111.18	25.43	711.01	0.839	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.15	136.23	25.43	685.96	0.809	3
τ 点	847.62	6.80	0.09	135.42	25.43	686.77	0.810	3
中 央	847.62	6.80	-0.23	130.75	25.43	691.44	0.816	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	5.75	-0.66	111.18	25.43	711.01	0.839	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.15	136.23	25.43	685.96	0.809	4
τ 点	847.62	6.80	0.09	135.42	25.43	686.77	0.810	4
中 央	847.62	6.80	-0.23	130.75	25.43	691.44	0.816	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	5.75	-0.66	111.18	25.43	711.01	0.839	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.15	136.23	25.43	685.96	0.809	4
τ 点	847.62	6.80	0.09	135.42	25.43	686.77	0.810	4
中 央	847.62	6.80	-0.23	130.75	25.43	691.44	0.816	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	3.09	0.20	1.54	4.83	3
ハチ始点	2.98	0.27	6.28	9.53	3
中 央	4.60	0.27	4.68	9.55	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.09	0.20	6.95	4.06	3
ハチ始点	-2.98	0.27	4.64	1.93	3
中 央	-4.60	0.27	6.33	2.00	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.53	0.20	1.54	5.27	3
ハチ始点	3.26	0.31	6.28	9.85	4
中 央	6.14	0.27	4.68	11.09	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.53	0.20	6.95	3.63	3
ハチ始点	-3.26	0.31	4.64	1.68	4
中 央	-6.14	0.27	6.33	0.46	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	-56.402	2.47	6.57	7.3	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-29.381	0.65	11.10	1.1	0.0	0.000	0.000	4
中 央	55.263	-1.59	13.33	2.1	17.0	1.065	1.068	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 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)	σ c' (N/mm <sup>2</sup> )	τ (N/mm <sup>2</sup> )	σ i	ケース
端 部	100.0	8889	53.727	110.287	1132.43	4.45	0.62	-0.085	3
τ 点	100.0	5000	53.727	88.229	1093.82	5.74	0.66	-0.075	3
σ 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	-36.633	-5.147	-60.489	-71.024	-71.024	3
ハッチ始点	-19.889	-1.875	-30.543	-36.998	-36.998	4
中 央	15.556	19.819	69.772	60.139	69.772	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	15.927	5.941	16.2	23.2	0.069	0.011	212.16	3.0	3
ハッチ始点	15.927	5.941	9.5	16.5	0.069	0.018	115.45	3.1	4
中 央	15.927	5.941	10.5	16.5	0.069	0.017	128.21	1.8	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	26.67	2666.7	158024.69	13.33	11851.85
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

## 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 26	3.00	5.309	450000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 26	3.00	5.309	450000	-0.50	外 側
τ 点	φ 26	3.00	5.309	450000	-0.50	外 側
中 央	φ 26	3.00	5.309	450000	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	847.62	5.75	-0.78	109.36	25.43	712.83	0.841	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.18	136.66	25.43	685.53	0.809	3
τ 点	847.62	6.80	0.11	135.71	25.43	686.48	0.810	3
中 央	847.62	6.80	-0.27	130.23	25.43	691.96	0.816	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	5.75	-0.78	109.36	25.43	712.83	0.841	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.18	136.66	25.43	685.53	0.809	3
τ 点	847.62	6.80	0.11	135.71	25.43	686.48	0.810	3
中 央	847.62	6.80	-0.27	130.23	25.43	691.96	0.816	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	5.75	-0.78	109.36	25.43	712.83	0.841	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.18	136.66	25.43	685.53	0.809	4
τ 点	847.62	6.80	0.11	135.71	25.43	686.48	0.810	4
中 央	847.62	6.80	-0.27	130.23	25.43	691.96	0.816	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	5.75	-0.78	109.36	25.43	712.83	0.841	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.18	136.66	25.43	685.53	0.809	4
τ 点	847.62	6.80	0.11	135.71	25.43	686.48	0.810	4
中 央	847.62	6.80	-0.27	130.23	25.43	691.96	0.816	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	3.67	0.27	1.54	5.49	3
ハチ始点	3.58	0.36	6.28	10.22	3
中 央	5.33	0.36	4.68	10.37	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.67	0.27	6.97	3.57	3
ハチ始点	-3.58	0.36	4.64	1.42	3
中 央	-5.33	0.36	6.34	1.37	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	4.11	0.27	1.54	5.92	3
ハチ始点	3.86	0.40	6.28	10.53	4
中 央	6.87	0.36	4.68	11.91	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-4.11	0.27	6.97	3.13	3
ハチ始点	-3.86	0.40	4.64	1.18	4
中 央	-6.87	0.36	6.34	-0.17	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	-65.707	1.79	7.45	5.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-34.734	-0.03	12.02	0.1	0.0	0.001	0.029	4
中 央	61.834	-2.45	14.44	2.9	35.6	2.226	1.452	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 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	8889	71.823	125.966	1135.32	4.53	0.71	-0.108	3
$\tau$ 点	100.0	5000	71.823	100.773	1093.37	5.83	0.76	-0.096	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	-43.525	-5.147	-69.449	-82.742	-82.742	3
ハッチ始点	-23.854	-1.875	-35.698	-43.739	-43.739	4
中 央	35.510	10.293	71.896	77.866	77.866	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	15.927	5.941	16.2	23.2	0.069	0.011	212.16	2.6	3
ハッチ始点	15.927	5.941	9.5	16.5	0.069	0.018	115.45	2.6	4
中 央	15.927	5.941	10.5	16.5	0.069	0.017	128.21	1.6	3
						Ppb > Ppd Sf > 1.0	CHECK OK		

## 6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[ /単位長 ]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-41.779	110.287	37.88	9.83	52.624	3
	上ハチ点	-31.613	111.332	28.39	6.50	38.849	3
側壁	中 間	10.770	57.477	18.74	6.50	14.506	2
	下ハチ点	-35.402	124.921	28.34	6.50	43.522	3
	下端部	-48.672	125.966	38.64	9.83	61.059	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	52.624	12.78	16.28	26.67	9.268
	上ハチ点	38.849	10.98	14.48	20.00	10.178
側壁	中 間	14.506	6.71	10.21	20.00	2.471
	下ハチ点	43.522	11.62	15.12	20.00	11.532
	下端部	61.059	13.77	17.27	26.67	11.042
$d + d' < T$					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 16 - 12	D 19 - 6
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 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	14.553	9.943	5.33	106.4	0.0
	上ハチ点	100.00	14.553	7.896	7.10	116.0	0.0
	中間	100.00	11.916	8.125	2.59	40.0	0.0
	下ハチ点	100.00	14.553	7.898	7.95	129.8	0.0
	下端部	100.00	14.553	9.905	6.21	124.6	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	71.287	39.576	88.229	71.760				
	M			-12.002					
	N			53.727					
	最大			○					
底版 τ点	S	83.831	52.120	100.773	84.304				
	M			-14.661					
	N			71.823					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-28.726	-34.725	-44.818	-50.818				
	M				-21.680				
	N				91.268				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	39.531	45.531	55.623	61.623				
	M				-24.279				
	N				103.812				
	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	20.0	3.5	16.5	1.400	D13-3 D10-3	5.941	0.360	1.060
底版 $\tau$ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D13-3 D10-3	5.941	0.360	1.060
側壁上 $\tau$ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-3 D16-3	14.553	0.882	1.429
側壁下 $\tau$ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-3 D16-3	14.553	0.882	1.429

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m <sup>2</sup> )	Z (m <sup>4</sup> )	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 $\tau$ 点	-12.002	1093.8	53.728	0.200	0.00667	-0.01	38.270	2.000
底版 $\tau$ 点	-14.661	1093.4	71.822	0.200	0.00667	-0.01	38.860	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-21.680	0.0	91.268	0.200	0.00667	0.00	3.044	1.140
側壁下 $\tau$ 点	-24.278	0.0	103.812	0.200	0.00667	0.00	3.462	1.143

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	1.060	2.000	0.801
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.060	2.000	0.801
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.429	1.140	0.616
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.429	1.143	0.617

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	88.229	16.5	0.535	0.801
底版 $\tau$ 点	100.773	16.5	0.611	0.801
側壁上 $\tau$ 点	50.818	16.5	0.308	0.616
側壁下 $\tau$ 点	61.622	16.5	0.373	0.617

$\tau < \tau a$  CHECK OK

以 上