

受付 No.

台帳 No. PL401000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

C Y - S Y S T E M ( P C )

パワーボックスカルバート

設 計 計 算 書

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

○内空寸法： 内 幅 (B) 1500 mm

内 高 (H) 1800 mm

長 さ (L) 2000 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1 = 0.200 m

H2 = 1.500 m

千 葉 窯 業 株 式 会 社

## 1 設 計 条 件

## 1.1 一般条件

構造形式	: 一径間ボックスラーメン
内空寸法	: (B) 1500 × (H) 1800 × (L) 2000 [mm]
土被り	: H1 = 0.200 ~ H2 = 1.500 [m]
道路舗装厚	: t = 0.200 [m]
路盤厚	: t <sub>b</sub> = 0.000 [m]

## 1.2 単位容積重量

舗 装 材	: $\gamma_a = 22.5$ [kN/m <sup>3</sup> ]
路盤材 (地下水位以上)	: $\gamma_b = 19.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]
路盤材 (地下水位以下)	: $\gamma_{bw} = 9.0$ [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 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

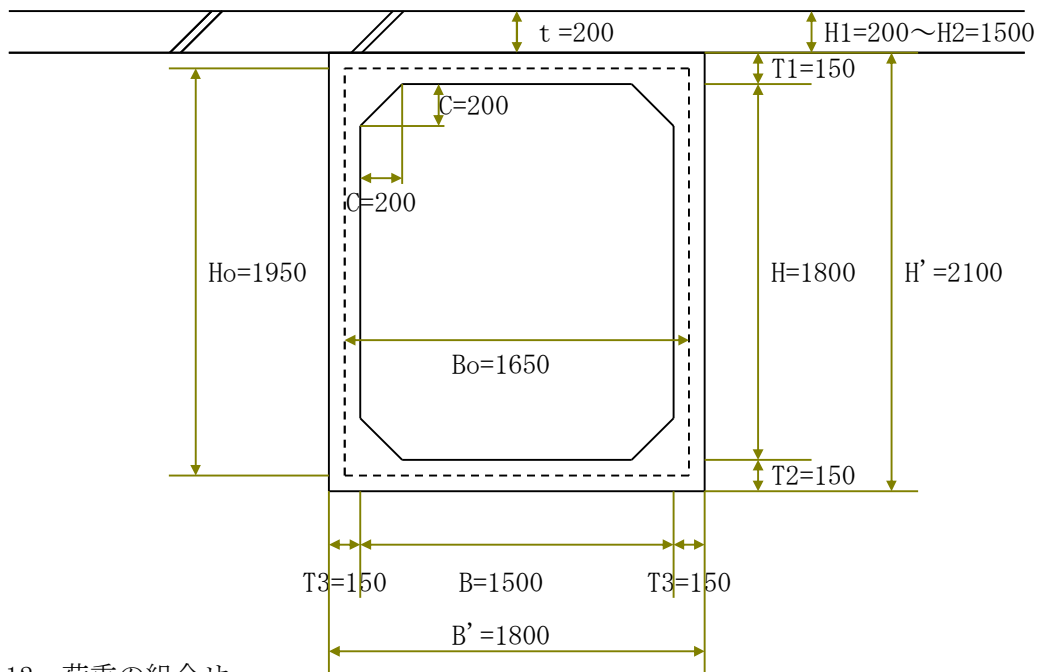
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

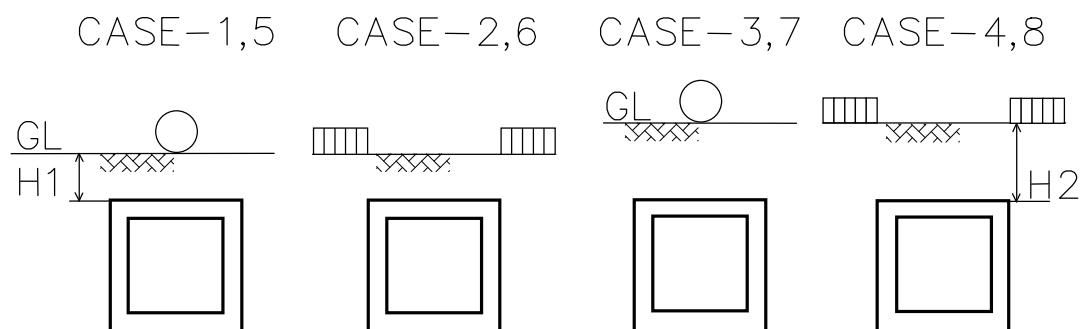
## (3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 19$	$\phi 15$	*****	(mm)
断面積	283.50	176.70	*****	(mm <sup>2</sup> )
設計引張力	240000	145000	*****	(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

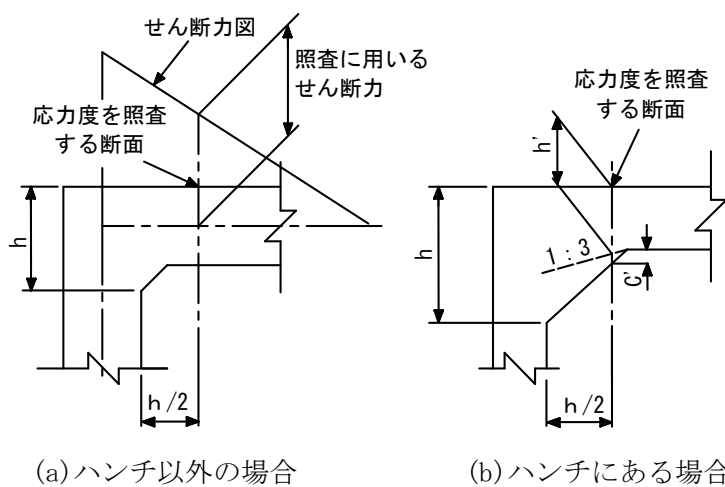
せん断力



### 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

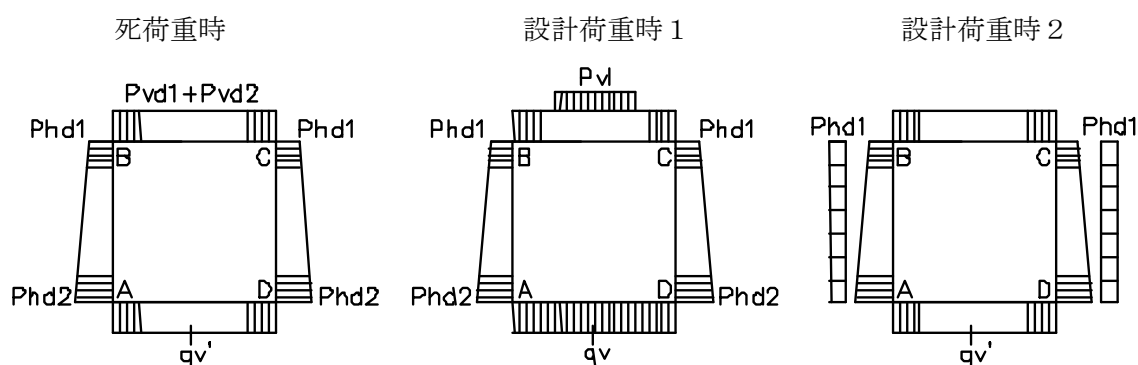
ハッチにある場合の部材断面の高さは、ハッチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

## 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  $u = a + 2 \times H1 = 0.600 \text{ m}$   
 $v = b + 2 \times H1 = 0.900 \text{ m}$   
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$   
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値	死荷重時 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 1 CASE-1 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重 2 CASE-2 (kN/m <sup>2</sup> )
-------	------------------------------	---	--

$P_{vd1}$	3.675	3.675	3.675
$P_{vd2}$	4.500	4.500	4.500
$P_{hd1} = P_{hd1}$	2.925	2.925	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	7.925
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	20.475	20.475	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	25.475
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
$P_{v1}$	0.000	141.818	0.000
$q_v$	*****	69.619	*****
$q_{v'}$	18.049	*****	18.049

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

## 3.1.2 構造解析

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \text{ラーメン係数} \quad \alpha &= (H_o \times T1^3) / (B_o \times T3^3) \\
 \beta &= (H_o \times T2^3) / (B_o \times T3^3) \\
 N1 &= 2 + \alpha \\
 N2 &= 2 + \beta
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \text{荷 重 項} \quad CAD &= q_v \times B_o^2 / 12 \\
 CBC &= \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{v1} \times u \\
 &\quad \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o) \\
 CAB &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60 \\
 CBA &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60
 \end{aligned}$$

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）

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

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
$\alpha$	1.1818	1.1818	1.1818
$\beta$	1.1818	1.1818	1.1818
N1	3.1818	3.1818	3.1818
N2	3.1818	3.1818	3.1818
CAD (kN・m/m)	4.095	15.795	4.095
CBC (kN・m/m)	1.855	18.631	1.855
CAB (kN・m/m)	4.264	4.264	5.848
CBA (kN・m/m)	3.151	3.151	4.736
$\theta A$	0.201	-5.718	0.927
$\theta B$	-0.471	6.662	-1.197
MAB (kN・m/m)	-4.332	-9.037	-5.191
MAD (kN・m/m)	4.332	9.037	5.191
MBA (kN・m/m)	2.411	10.758	3.269
MBC (kN・m/m)	-2.411	-10.758	-3.269

## 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)	6.744	49.290	6.744
SCB	(kN/m)	-6.744	-49.290	-6.744
Mmax	(kN・m/m)	0.371	20.742	-0.487
SAD	(kN/m)	14.891	57.436	14.891
SDA	(kN/m)	-14.891	-57.436	-14.891
Mmax	(kN・m/m)	1.810	14.655	0.952
SAB	(kN/m)	15.245	13.377	20.120
SBA	(kN/m)	-7.570	-9.438	-12.445
x	(m)	0.791	0.791	*****
		0.949	*****	0.949
Mmax	(kN・m/m)	2.063	-4.119	*****
Mmax	(kN・m/m)	2.197	*****	3.714

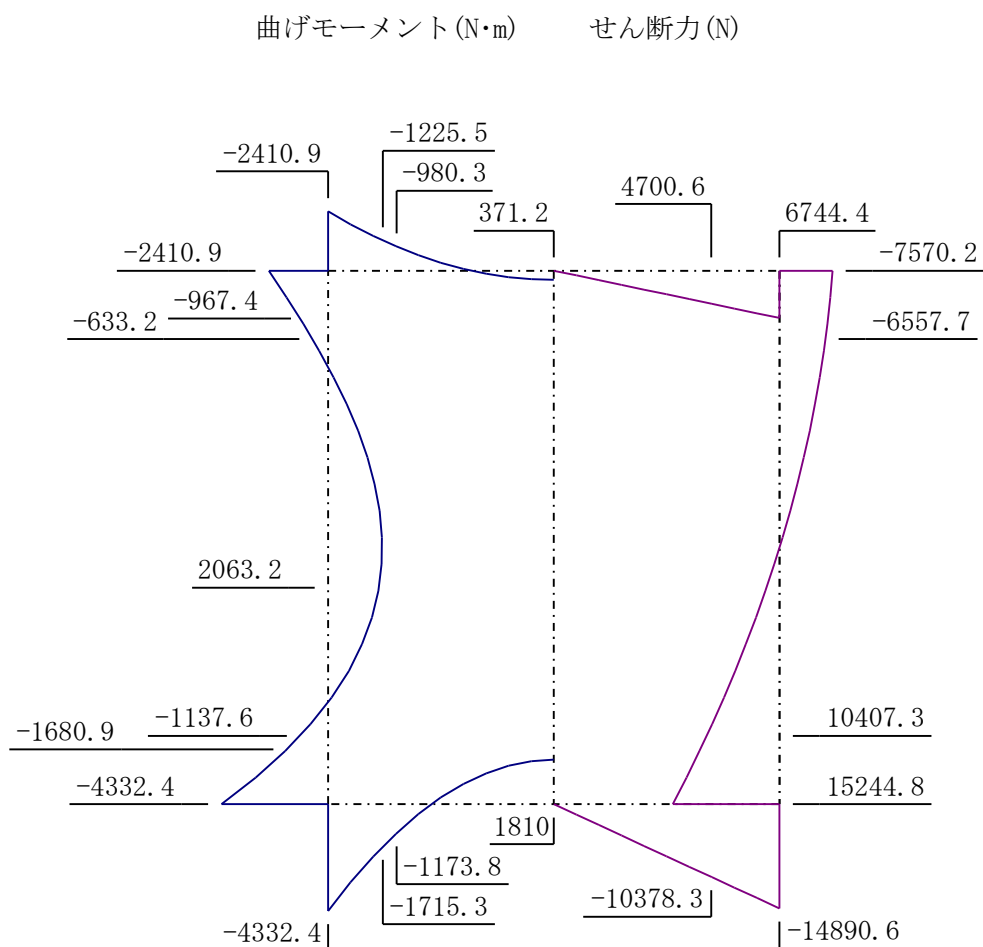
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



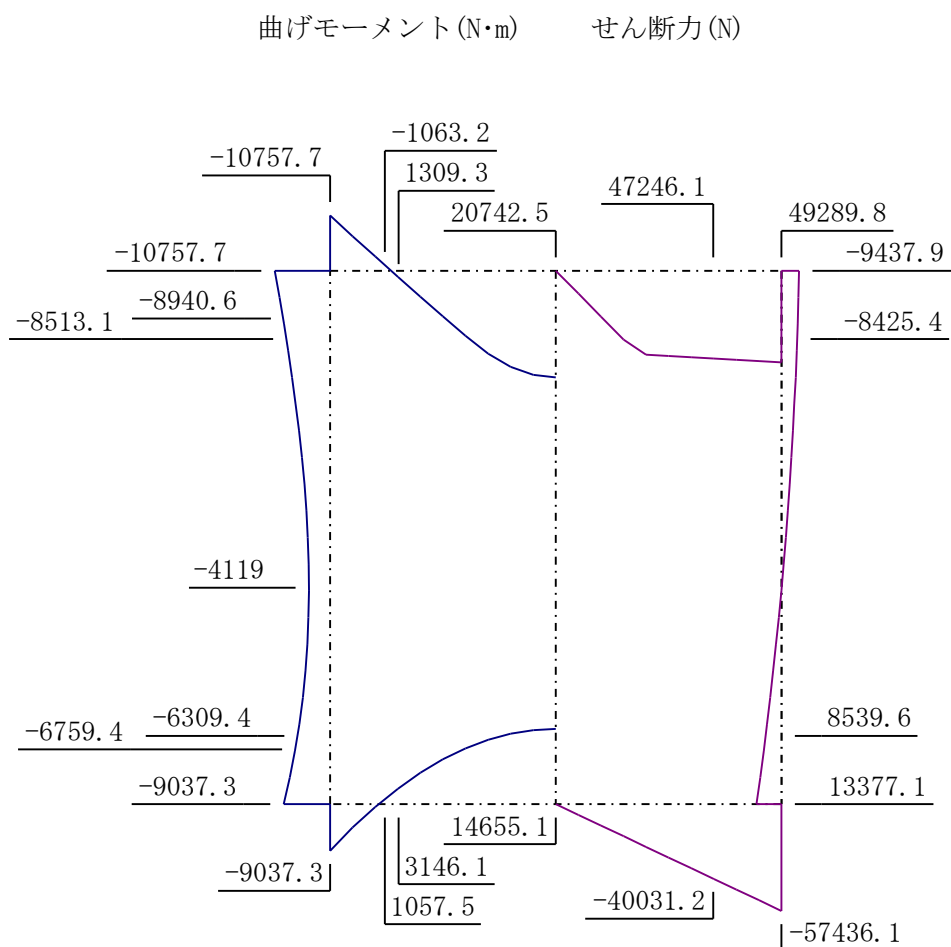
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[ /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	-2411	6744	7570
	2 ハッチ始点	0.275	-1226	***	7570
	S2 τ 点	0.250	-980	4701	7570
	1 中 央	0.825	371	0	7570
底版	9, S9 端 部	0.075	-4332	14891	15245
	10 ハッチ始点	0.275	-1715	***	15245
	S10 τ 点	0.250	-1174	10378	15245
	11 中 央	0.825	1810	0	15245
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-2411	-7570	6744
	5 上ハッチ点	1.675	-967	***	7580
	S5 上 τ 点	1.700	-633	-6558	7789
	6 中 間	0.791	2063	*****	11586
		0.949	2197	*****	10926
	S7 下 τ 点	0.250	-1138	10407	13846
	7 下ハッチ点	0.275	-1681	***	14055
	8, S8 下 端部	0.075	-4332	15245	14891



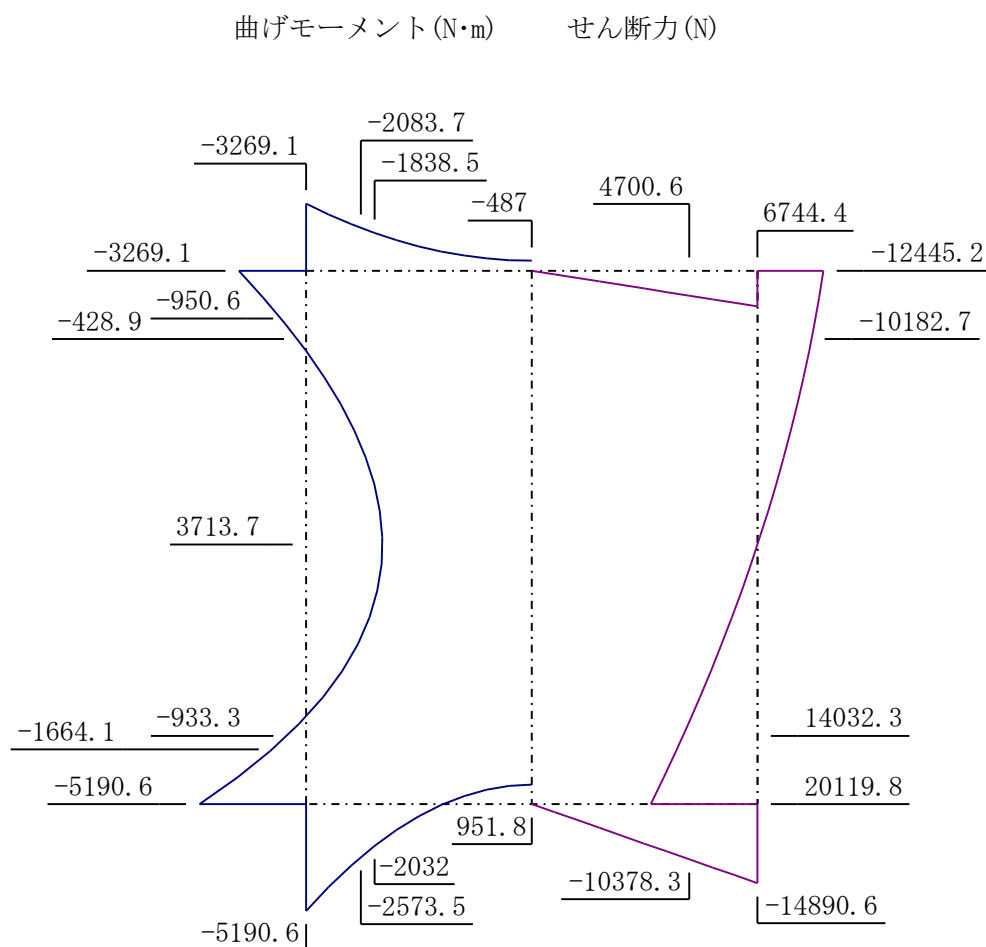
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[ /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	-10758	49290	9438
	2 ハチ始点	0.275	-1063	***	9438
	S2 τ 点	0.250	1309	47246	9438
	1 中 央	0.825	20743	0	9438
底版	9, S9 端 部	0.075	-9037	57436	13377
	10 ハチ始点	0.275	1058	***	13377
	S10 τ 点	0.250	3146	40031	13377
	11 中 央	0.825	14655	0	13377
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-10758	-9438	49290
	5 上ハチ点	1.675	-8941	***	50125
	S5 上 τ 点	1.700	-8513	-8425	50334
	6 中 間	0.791	-4119	0	54132
	S7 下 τ 点	0.250	-6309	8540	56392
	7 下ハチ点	0.275	-6759	***	56601
	8, S8 下 端部	0.075	-9037	13377	57436



## (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	-3269	6744	12445
	2 ハチ始点	0.275	-2084	***	12445
	S2 τ 点	0.250	-1839	4701	12445
	1 中 央	0.825	-487	0	12445
底版	9, S9 端 部	0.075	-5191	14891	20120
	10 ハチ始点	0.275	-2574	***	20120
	S10 τ 点	0.250	-2032	10378	20120
	11 中 央	0.825	952	0	20120
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-3269	-12445	6744
	5 上ハチ点	1.675	-951	***	7580
	S5 上 τ 点	1.700	-429	-10183	7789
	6 中 間	0.949	3714	0	10926
	S7 下 τ 点	0.250	-933	14032	13846
	7 下ハチ点	0.275	-1664	***	14055
	8, S8 下 端部	0.075	-5191	20120	14891



## 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  $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / Bo$



設計荷重値

	死荷重時 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 1 CASE-3 (kN/m <sup>2</sup> )	設計荷重時 2 CASE-4 (kN/m <sup>2</sup> )
--	------------------------------	---	---

Pvd1	3.675	3.675	3.675
Pvd2	27.900	27.900	27.900
Phd1 = Phd1	14.625	14.625	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	19.625
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	32.175	32.175	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	37.175
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	26.591	0.000
qv	*****	68.040	*****
qv'	41.449	*****	41.449

注)  $qv'$  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
$\alpha$	1.1818	1.1818	1.1818
$\beta$	1.1818	1.1818	1.1818
$N_1$	3.1818	3.1818	3.1818
$N_2$	3.1818	3.1818	3.1818
CAD (kN・m/m)	9.404	15.437	9.404
CBC (kN・m/m)	7.164	13.196	7.164
CAB (kN・m/m)	7.971	7.971	9.555
CBA (kN・m/m)	6.859	6.859	8.443
$\theta_A$	-0.533	-3.298	0.193
$\theta_B$	0.263	3.028	-0.463
MAB (kN・m/m)	-8.774	-11.539	-9.632
MAD (kN・m/m)	8.774	11.539	9.632
MBA (kN・m/m)	6.852	9.617	7.711
MBC (kN・m/m)	-6.852	-9.617	-7.711

## 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。

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

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

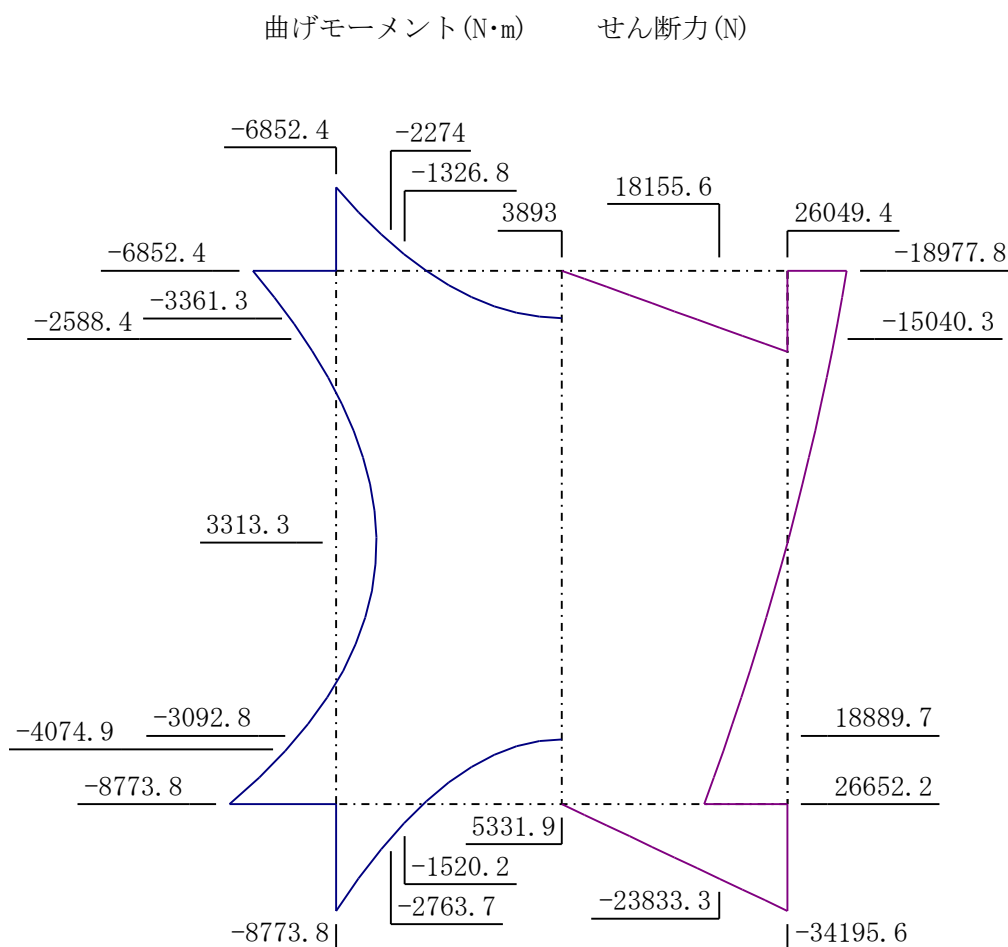
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	26.049	47.987	26.049
SCB (kN/m)	-26.049	-47.987	-26.049
Mmax (kN・m/m)	3.893	10.177	3.035
SAD (kN/m)	34.196	56.133	34.196
SDA (kN/m)	-34.196	-56.133	-34.196
Mmax (kN・m/m)	5.332	11.616	4.474
SAB (kN/m)	26.652	26.652	31.527
SBA (kN/m)	-18.978	-18.978	-23.853
x (m)	0.956	0.956	*****
	0.960	*****	0.960
Mmax (kN・m/m)	3.313	0.548	*****
Mmax (kN・m/m)	3.313	*****	4.831

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。

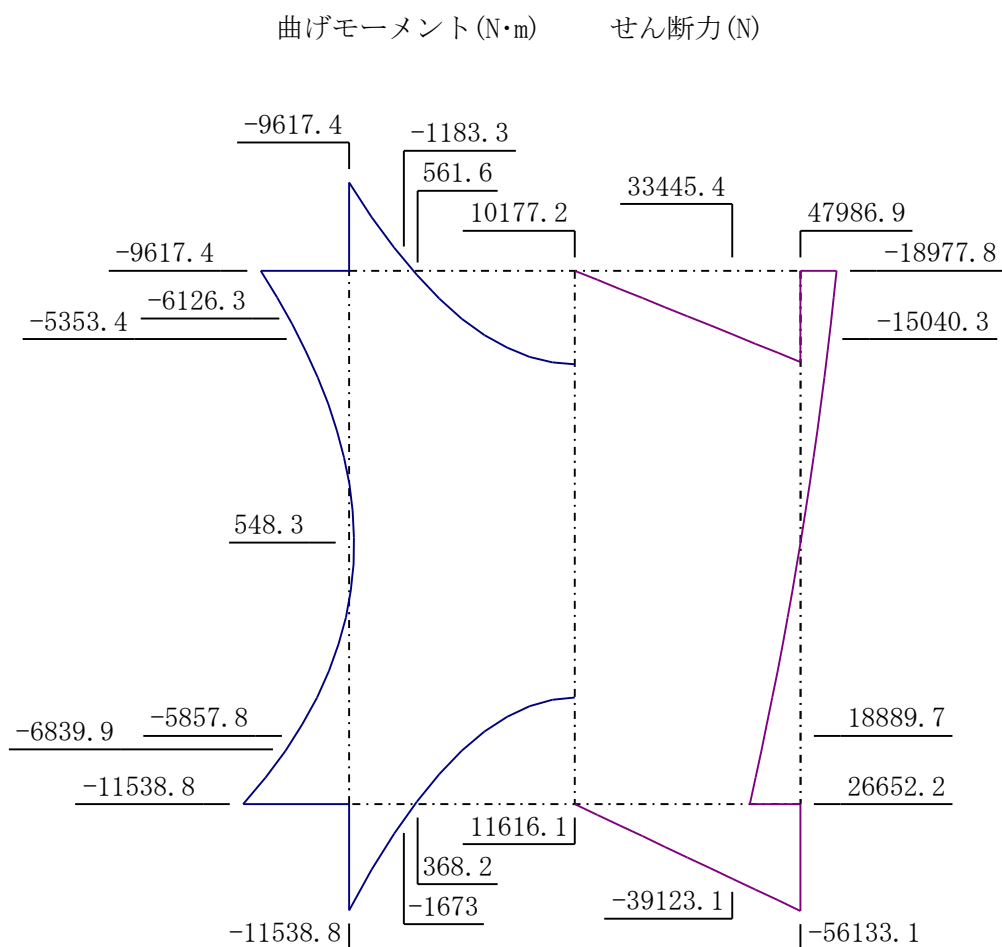
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[ /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	-6852	26049	18978
	2 ハッチ始点	0.275	-2274	***	18978
	S2 τ 点	0.250	-1327	18156	18978
	1 中 央	0.825	3893	0	18978
底版	9, S9 端 部	0.075	-8774	34196	26652
	10 ハッチ始点	0.275	-2764	***	26652
	S10 τ 点	0.250	-1520	23833	26652
	11 中 央	0.825	5332	0	26652
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-6852	-18978	26049
	5 上ハッチ点	1.675	-3361	***	26885
	S5 上 τ 点	1.700	-2588	-15040	27094
	6 中 間	0.956	3313	*****	30202
		0.960	3313	*****	30185
	S7 下 τ 点	0.250	-3093	18890	33151
	7 下ハッチ点	0.275	-4075	***	33360
	8, S8 下 端部	0.075	-8774	26652	34196



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

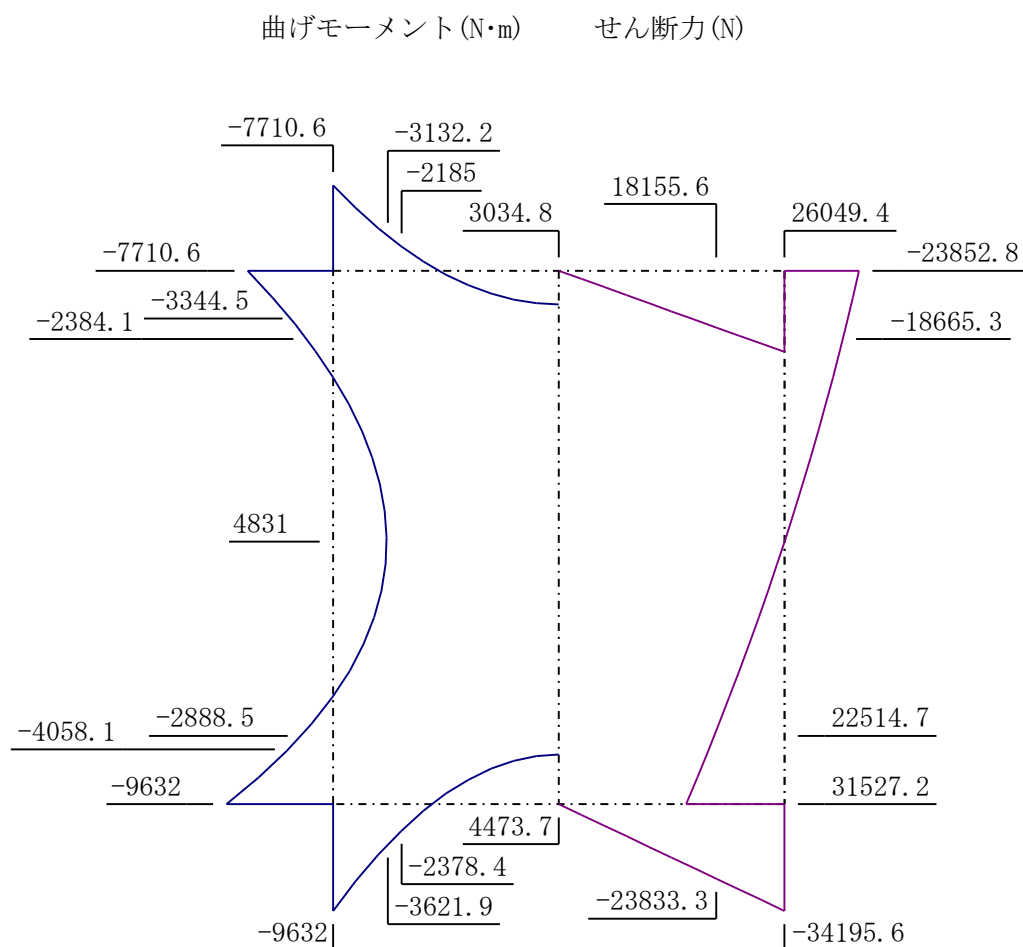
		[ /単位長]			
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-9617	47987	18978
	2 ハッチ始点	0.275	-1183	***	18978
	S2 τ 点	0.250	***	33445	***
	1 中 央	0.825	10177	0	18978
底版	9, S9 端 部	0.075	-11539	56133	26652
	10 ハッチ始点	0.275	-1673	***	26652
	S10 τ 点	0.250	***	39123	***
	11 中 央	0.825	11616	0	26652
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-9617	-18978	47987
	5 上ハッチ点	1.675	-6126	***	48822
	S5 上 τ 点	1.700	***	-15040	***
	6 中 間	0.956	548	0	52139
	S7 下 τ 点	0.250	***	18890	***
	7 下ハッチ点	0.275	-6840	***	55298
	8, S8 下 端部	0.075	-11539	26652	56133





## (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	-7711	26049	23853
	2 ハッチ始点	0.275	-3132	***	23853
	S2 τ 点	0.250	***	18156	***
	1 中 央	0.825	3035	0	23853
底版	9, S9 端 部	0.075	-9632	34196	31527
	10 ハッチ始点	0.275	-3622	***	31527
	S10 τ 点	0.250	***	23833	***
	11 中 央	0.825	4474	0	31527
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-7711	-23853	26049
	5 上ハッチ点	1.675	-3345	***	26885
	S5 上 τ 点	1.700	***	-18665	***
	6 中 間	0.960	4831	0	30185
	S7 下 τ 点	0.250	***	22515	*****
	7 下ハッチ点	0.275	-4058	***	33360
	8, S8 下 端部	0.075	-9632	31527	34196



## 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	21.67	2166.7	84760.80	10.83	7824.07
ハチ始点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
τ 点	100.00	15.83	1583.3	33077.74	7.92	4178.24
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 19	2.50	2.835	240000	2.83	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

## 5.1.3 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	846.56	3.34	-0.23	85.26	25.40	735.91	0.869	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.04	99.14	25.40	722.03	0.853	3
τ 点	846.56	3.83	-0.02	95.26	25.40	725.90	0.857	3
中 央	846.56	4.05	-0.07	97.48	25.40	723.68	0.855	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.34	-0.23	85.26	25.40	735.91	0.869	3
ハチ始点	846.56	4.05	0.04	99.14	25.40	722.03	0.853	3
τ 点	846.56	3.83	-0.02	95.26	25.40	725.90	0.857	3
中 央	846.56	4.05	-0.07	97.48	25.40	723.68	0.855	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.34	-0.08	87.52	25.40	733.64	0.867	1
ハチ始点	846.56	4.05	0.04	99.14	25.40	722.03	0.853	4
τ 点	846.56	3.83	-0.02	95.26	25.40	725.90	0.857	4
中 央	846.56	4.05	-0.01	98.43	25.40	722.74	0.854	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.34	-0.08	87.52	25.40	733.64	0.867	1
ハチ始点	846.56	4.05	0.04	99.14	25.40	722.03	0.853	4
τ 点	846.56	3.83	-0.02	95.26	25.40	725.90	0.857	4
中 央	846.56	4.05	-0.01	98.43	25.40	722.74	0.854	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	0.88	0.09	0.52	1.48	3
ハチ始点	0.61	0.13	4.09	4.83	3
中 央	1.04	0.13	2.74	3.90	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-0.88	0.09	4.30	3.51	3
ハチ始点	-0.61	0.13	2.73	2.25	3
中 央	-1.04	0.13	4.10	3.19	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.37	0.04	0.52	1.94	1
ハチ始点	0.84	0.16	4.09	5.09	4
中 央	5.53	0.06	2.73	8.33	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.37	0.04	4.28	2.95	1
ハチ始点	-0.84	0.16	2.73	2.05	4
中 央	-5.53	0.06	4.10	-1.37	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	-14.523	2.49	2.43	11.0	0.0	0.000	0.000	1
ハチ始点	-4.228	1.82	5.44	3.8	0.0	0.000	0.000	4
中 央	28.002	-3.28	10.28	3.6	59.6	3.727	1.815	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 10	D 0	— 0	3.567 cm <sup>2</sup> /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 5	D 10	— 5	4.951 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	5868	9.438	49.290	521.57	2.45	0.34	-0.047	1
τ 点	100.0	3134	9.438	47.246	514.48	3.31	0.45	-0.059	1
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	-2.411	-8.347	-24.001	-18.288	-24.001	1
ハチ始点	-2.274	-0.858	-5.102	-5.325	-5.325	4
中 央	0.371	20.371	51.411	35.262	51.411	1

位 置	Ap (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	7.088	3.567	13.7	18.2	0.069	0.006	89.75	3.7	1
ハチ始点	7.088	3.567	7.0	11.5	0.069	0.011	44.90	8.4	4
中 央	7.088	4.951	8.0	11.5	0.069	0.010	55.12	1.1	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	21.67	2166.7	84760.80	10.83	7824.07
ハチ始点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
τ 点	100.00	15.83	1583.3	33077.74	7.92	4178.24
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 15	2.50	1.767	145000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 15	2.50	1.767	145000	-0.50	外 側
τ 点	φ 15	2.50	1.767	145000	0.50	内 側
中 央	φ 15	2.50	1.767	145000	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	820.60	2.02	-0.29	65.46	24.62	730.52	0.890	3
ハチ始点	820.60	2.45	0.05	76.96	24.62	719.03	0.876	3
τ 点	820.60	2.32	-0.02	73.97	24.62	722.02	0.880	3
中 央	820.60	2.45	-0.09	74.73	24.62	721.25	0.879	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	820.60	2.02	-0.29	65.46	24.62	730.52	0.890	3
ハチ始点	820.60	2.45	0.05	76.96	24.62	719.03	0.876	3
τ 点	820.60	2.32	-0.02	73.97	24.62	722.02	0.880	3
中 央	820.60	2.45	-0.09	74.73	24.62	721.25	0.879	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	820.60	2.02	-0.29	65.46	24.62	730.52	0.890	3
ハチ始点	820.60	2.45	0.05	76.96	24.62	719.02	0.876	4
τ 点	820.60	2.32	-0.02	74.05	24.62	721.93	0.880	1
中 央	820.60	2.45	-0.03	75.70	24.62	720.28	0.878	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	820.60	2.02	-0.29	65.46	24.62	730.52	0.890	3
ハチ始点	820.60	2.45	0.05	76.96	24.62	719.02	0.876	4
τ 点	820.60	2.32	-0.02	74.05	24.62	721.93	0.880	1
中 央	820.60	2.45	-0.03	75.70	24.62	720.28	0.878	1

## 5.2.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	N/A <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	有効プレストレス $\sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.12	0.12	0.32	1.57	3
ハチ始点	0.74	0.18	2.54	3.46	3
中 央	1.42	0.18	1.70	3.30	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.12	0.12	2.66	1.66	3
ハチ始点	-0.74	0.18	1.69	1.13	3
中 央	-1.42	0.18	2.55	1.30	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.47	0.12	0.32	1.92	3
ハチ始点	0.97	0.21	2.54	3.72	4
中 央	3.91	0.09	1.70	5.69	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.47	0.12	2.66	1.31	3
ハチ始点	-0.97	0.21	1.69	0.94	4
中 央	-3.91	0.09	2.55	-1.27	1
$\sigma_t > -1.5$				CHECK OK	

## 5.2.5 引張鉄筋量

位 置	曲げモーメント (kN・m/m)	合成応力度		x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm <sup>2</sup> )	内側 (N/mm <sup>2</sup> )			As1 (cm <sup>2</sup> /m)	As2	
端 部	-15.577	0.83	2.48	5.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-4.890	0.67	4.13	2.1	0.0	0.000	0.000	4
中 央	19.784	-2.61	7.09	4.0	52.7	3.291	2.017	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	—	D 0	—	0	0
内 側	D 10	—	D 0	—	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	5868	13.377	57.436	322.71	1.55	0.40	-0.096	1
$\tau$ 点	100.0	3134	13.377	40.031	318.95	2.10	0.38	-0.066	1
$\sigma i > -1.00$ 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	-8.774	-2.765	-18.318	-19.616	-19.616	3
ハッチ始点	-2.764	-0.858	-5.738	-6.157	-6.157	4
中 央	1.810	12.845	34.466	24.914	34.466	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	4.417	3.567	13.7	18.2	0.069	0.004	64.66	3.3	3
ハッチ始点	4.417	3.567	7.0	11.5	0.069	0.008	34.07	5.5	4
中 央	4.417	3.567	8.0	11.5	0.069	0.007	37.61	1.1	1
$Ppb > Ppd$ $Sf > 1.0$ CHECK OK									

## 6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[ /単位長 ]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-10.758	49.290	21.83	7.33	14.372	1
	上ハチ点	-8.941	50.125	17.84	4.00	10.946	1
側壁	中 間	3.714	10.926	33.99	4.00	4.151	2
	下ハチ点	-6.840	55.298	12.37	4.00	9.052	3
	下端部	-11.539	56.133	20.56	7.33	15.655	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	14.372	6.68	10.18	21.67	2.328
	上ハチ点	10.946	5.83	9.33	15.00	3.576
側壁	中 間	4.151	3.59	7.09	15.00	1.754
	下ハチ点	9.052	5.30	8.80	15.00	2.038
	下端部	15.655	6.97	10.47	21.67	2.405
$d + d' < T$					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 10 - 10	D 13 - 5
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 10 - 5

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	4.951	6.274	2.85	81.0	0.0
	上ハチ点	100.00	4.951	4.412	4.95	119.2	0.0
	中間	100.00	3.567	3.442	2.33	81.8	0.0
	下ハチ点	100.00	4.951	4.945	3.72	73.9	0.0
	下端部	100.00	4.951	6.409	3.05	83.9	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	47.246	4.701	33.445	18.156				
	M	1.309							
	N	9.438							
	最大	○							
底版 τ点	S	40.031	10.378	39.123	23.833				
	M	3.146							
	N	13.377							
	最大	○							
側壁上 τ点	S	-8.425	-10.183	-15.040	-18.665				
	M				-2.384				
	N				27.094				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	8.540	14.032	18.890	22.515				
	M				-2.889				
	N				33.151				
	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	D13-2.5 D10-2.5	4.951	0.430	1.130
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	15.8	3.5	12.3	1.400	D13-2.5 D10-2.5	4.951	0.401	1.101
側壁下 $\tau$ 点	15.8	3.5	12.3	1.400	D13-2.5 D10-2.5	4.951	0.401	1.101

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	1.309	512.9	9.438	0.150	0.00375	0.01	13.058	2.000
底版 $\tau$ 点	3.146	318.6	13.377	0.150	0.00375	0.01	8.299	2.000
側壁上 $\tau$ 点	-2.384	0.0	27.094	0.158	0.00415	0.00	0.712	1.299
側壁下 $\tau$ 点	-2.888	0.0	33.151	0.158	0.00415	0.00	0.871	1.302

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	1.130	2.000	0.854
底版 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.010	2.000	0.764
側壁上 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.101	1.299	0.540
側壁下 $\tau$ 点	0.270	1.400	1.101	1.302	0.542

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	47.246	11.5	0.411	0.854
底版 $\tau$ 点	40.031	11.5	0.348	0.764
側壁上 $\tau$ 点	18.665	12.3	0.151	0.540
側壁下 $\tau$ 点	22.515	12.3	0.183	0.542

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以 上