

受付 No.

台帳 No. KL419002

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 2800 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) 2800 × (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 _b = 0.000 [m]

1.2 単位容積重量

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

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/m²]

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

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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

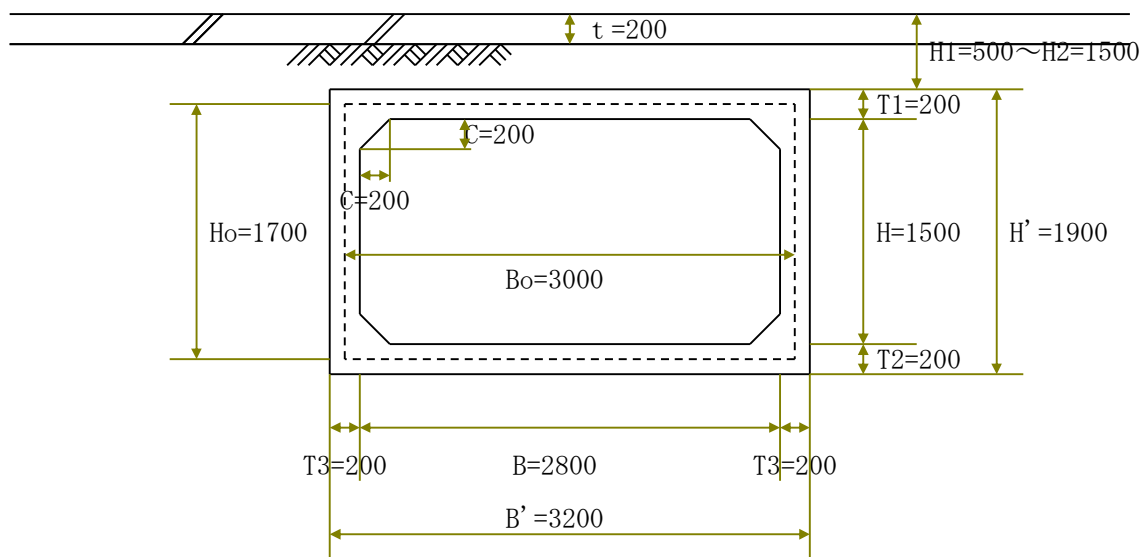
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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	$\phi 23$	$\phi 23$	*****	(mm)
断面積	415.50	415.50	*****	(mm ²)
設計引張力	350000	350000	*****	(N)

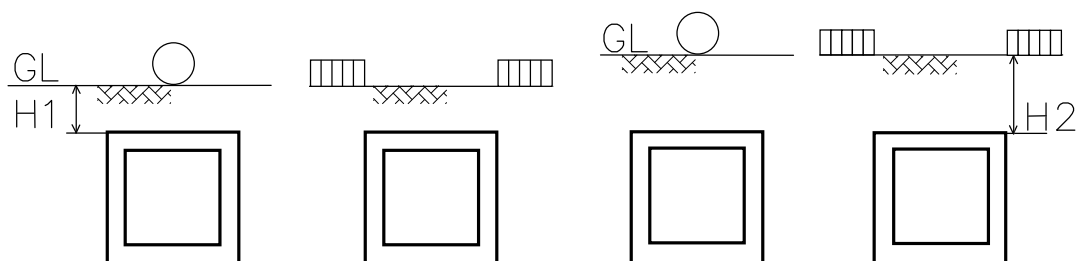
1.11 標準断面図



[単位:mm]

1.12 荷重の組合せ

CASE-1,5 CASE-2,6 CASE-3,7 CASE-4,8



[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

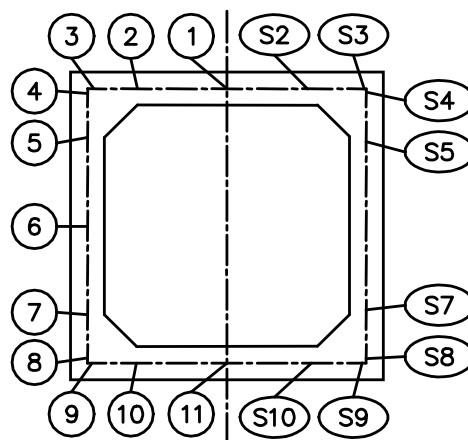
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

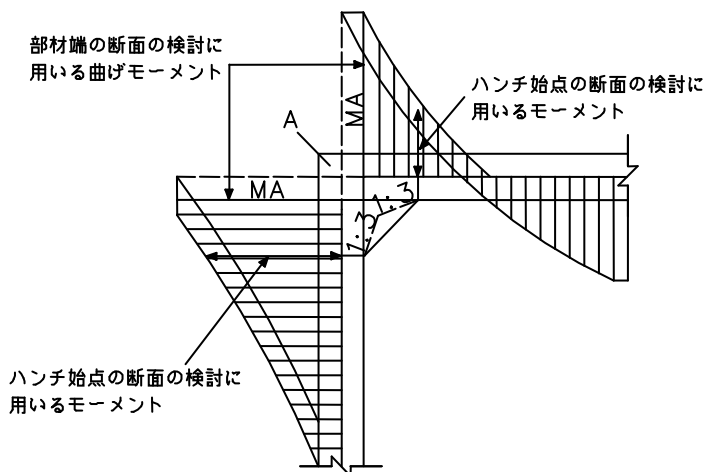
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

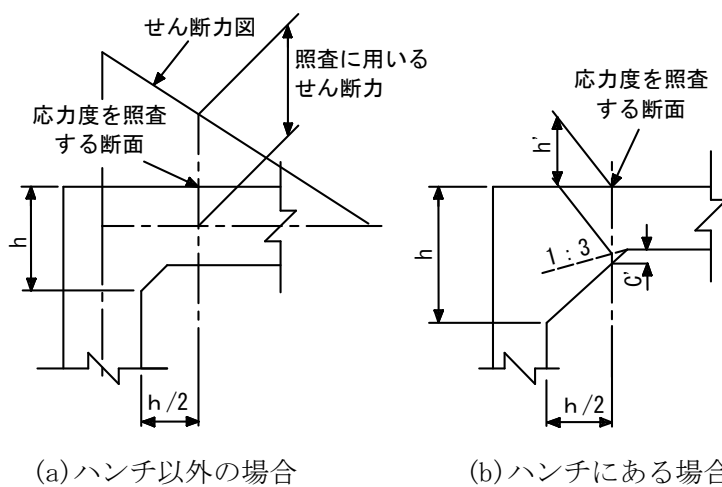
せん断力



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

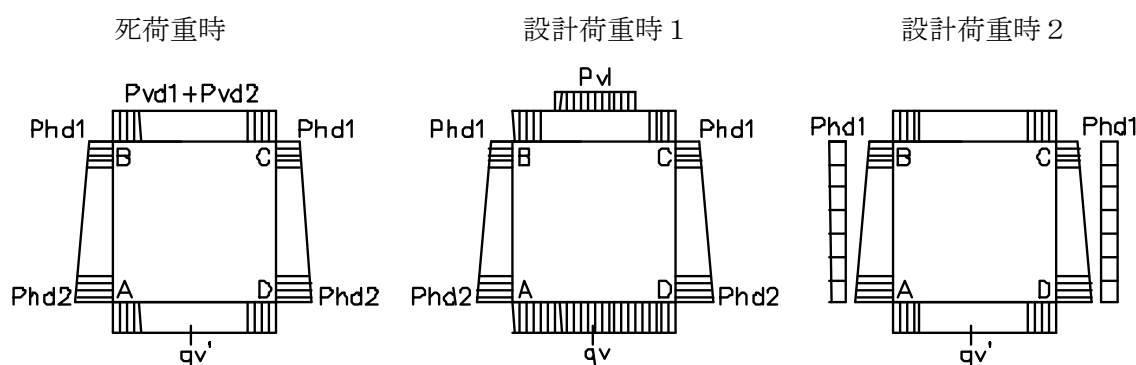
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

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 ²)	設計荷重時 1 CASE-1 (kN/m ²)	設計荷重 2 CASE-2 (kN/m ²)
-------	------------------------------	---	--

P_{vd1}	4.900	4.900	4.900
P_{vd2}	9.900	9.900	9.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	5.850	5.850	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	10.850
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	21.150	21.150	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	26.150
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	70.909	0.000
q_v	*****	49.370	*****
$q_{v'}$	21.007	*****	21.007

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
α	0.5667	0.5667	0.5667
β	0.5667	0.5667	0.5667
N1	2.5667	2.5667	2.5667
N2	2.5667	2.5667	2.5667
CAD (kN・m/m)	15.755	37.028	15.755
CBC (kN・m/m)	11.100	41.307	11.100
CAB (kN・m/m)	3.620	3.620	4.824
CBA (kN・m/m)	2.883	2.883	4.087
θ_A	-7.045	-22.222	-6.276
θ_B	5.946	23.629	5.178
MAB (kN・m/m)	-11.763	-24.435	-12.198
MAD (kN・m/m)	11.763	24.435	12.198
MBA (kN・m/m)	7.731	27.918	8.166
MBC (kN・m/m)	-7.731	-27.918	-8.166

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。

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

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

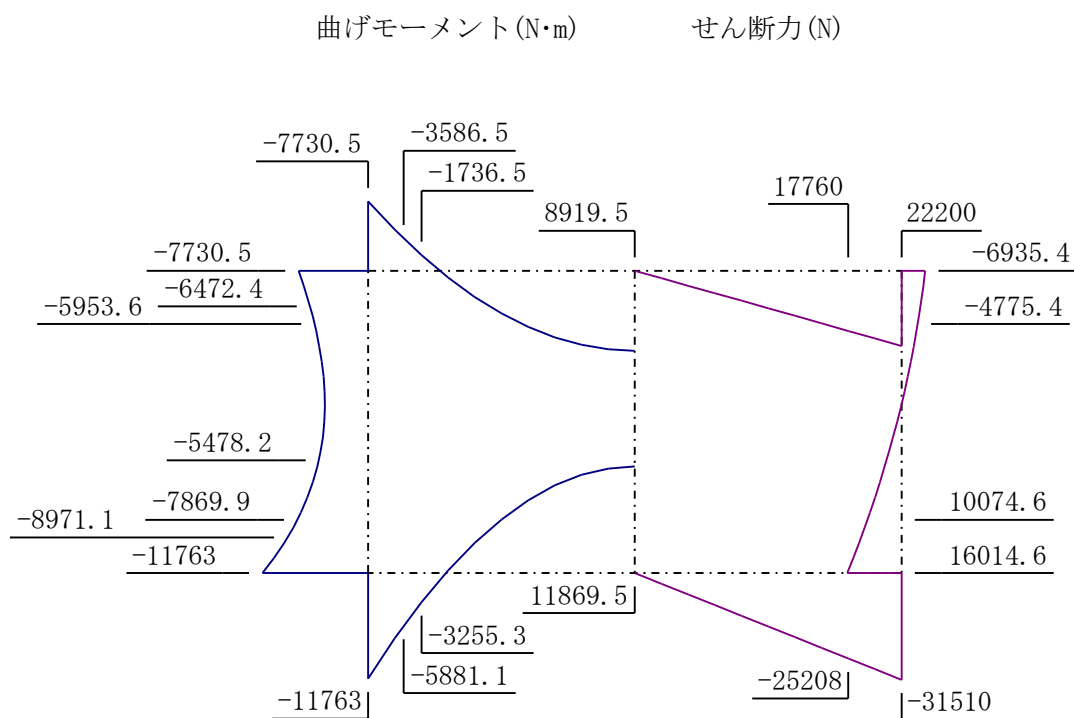
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	22.200	64.745	22.200
SCB	(kN/m)	-22.200	-64.745	-22.200
Mmax	(kN・m/m)	8.919	39.787	8.484
SAD	(kN/m)	31.510	74.055	31.510
SDA	(kN/m)	-31.510	-74.055	-31.510
Mmax	(kN・m/m)	11.870	31.106	11.434
SAB	(kN/m)	16.015	11.594	20.265
SBA	(kN/m)	-6.935	-11.356	-11.185
x	(m)	0.634	0.634	*****
		0.921	*****	0.921
Mmax	(kN・m/m)	-5.478	-20.953	*****
Mmax	(kN・m/m)	-4.812	*****	-3.454

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。

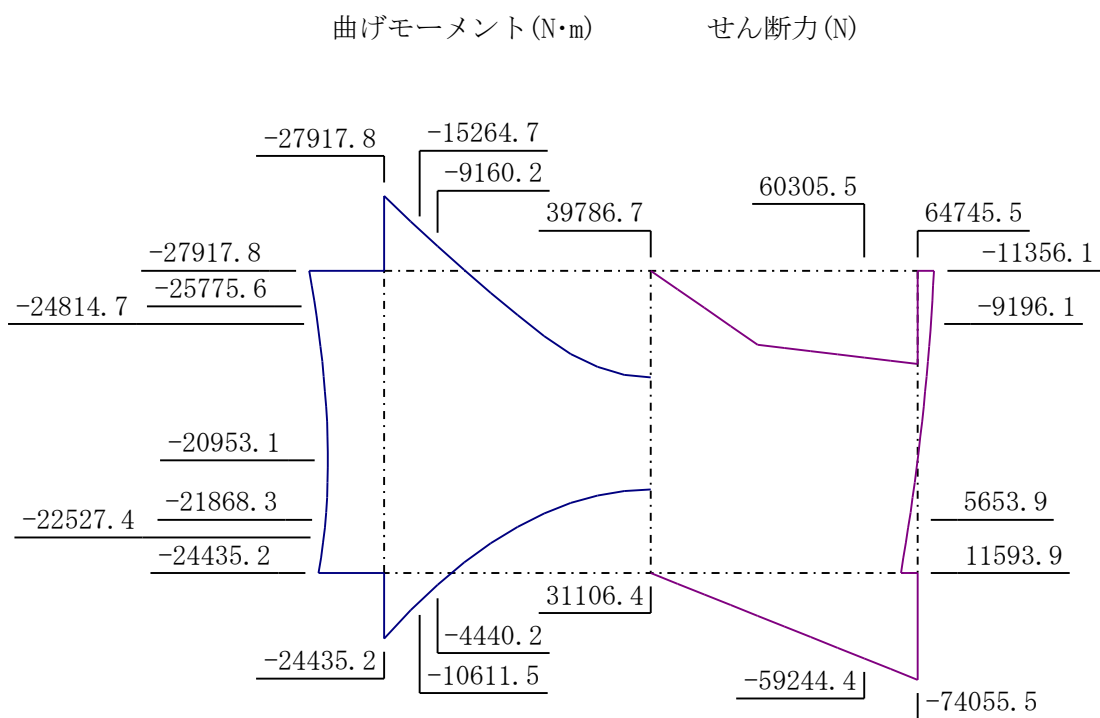
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	-7731	22200	6935
	2 ハッチ始点	0.300	-3587	***	6935
	S2 τ 点	0.300	-1737	17760	6935
	1 中 央	1.500	8920	0	6935
底版	9, S9 端 部	0.100	-11763	31510	16015
	10 ハッチ始点	0.300	-5881	***	16015
	S10 τ 点	0.300	-3255	25208	16015
	11 中 央	1.500	11870	0	16015
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-7731	-6935	22200
	5 上ハッチ点	1.400	-6472	***	23295
	S5 上 τ 点	1.400	-5954	-4775	23843
	6 中 間	0.634	-5478	*****	28038
		0.921	-4812	*****	26466
	S7 下 τ 点	0.300	-7870	10075	29867
	7 下ハッチ点	0.300	-8971	***	30415
	8, S8 下 端部	0.100	-11763	16015	31510



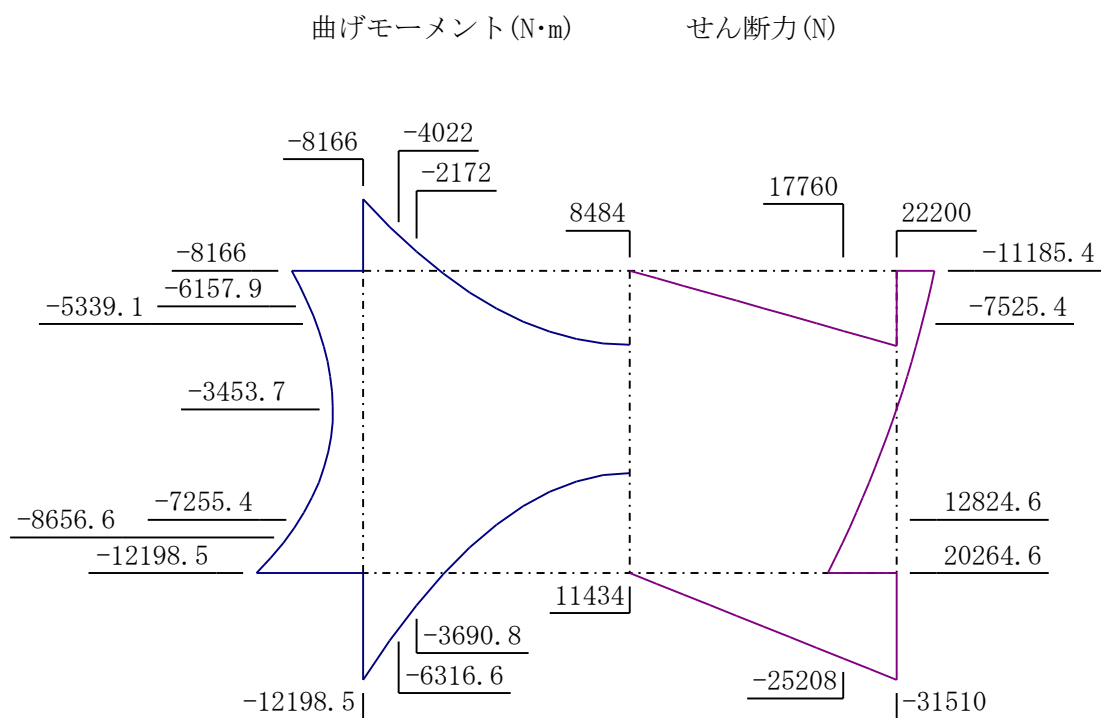
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	-27918	64746	11356
	2 ハチ始点	0.300	-15265	***	11356
	S2 τ 点	0.300	-9160	60306	11356
	1 中 央	1.500	39787	0	11356
底版	9, S9 端 部	0.100	-24435	74056	11594
	10 ハチ始点	0.300	-10612	***	11594
	S10 τ 点	0.300	-4440	59244	11594
	11 中 央	1.500	31106	0	11594
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-27918	-11356	64746
	5 上ハチ点	1.400	-25776	***	65841
	S5 上 τ 点	1.400	-24815	-9196	66388
	6 中 間	0.634	-20953	0	70583
	S7 下 τ 点	0.300	-21868	5654	72413
	7 下ハチ点	0.300	-22527	***	72960
	8, S8 下 端部	0.100	-24435	11594	74056



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

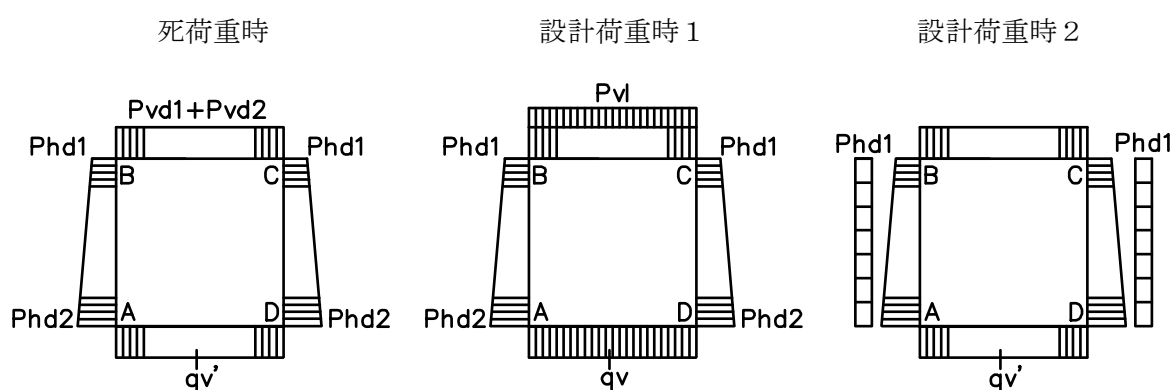
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-8166	22200	11185
	2 ハチ始点	0.300	-4022	***	11185
	S2 τ 点	0.300	-2172	17760	11185
	1 中 央	1.500	8484	0	11185
底版	9, S9 端 部	0.100	-12199	31510	20265
	10 ハチ始点	0.300	-6317	***	20265
	S10 τ 点	0.300	-3691	25208	20265
	11 中 央	1.500	11434	0	20265
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-8166	-11185	22200
	5 上ハチ点	1.400	-6158	***	23295
	S5 上 τ 点	1.400	-5339	-7525	23843
	6 中 間	0.921	-3454	0	26466
	S7 下 τ 点	0.300	-7255	12825	29867
	7 下ハチ点	0.300	-8657	***	30415
	8, S8 下 端部	0.100	-12199	20265	31510



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/m²)CASE-3
(kN/m²)CASE-4
(kN/m²)

P_{vd1}	4.900	4.900	4.900
P_{vd2}	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	14.850	14.850	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	19.850
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	30.150	30.150	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	35.150
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	26.591	0.000
q_v	*****	65.598	*****
$q_{v'}$	39.007	*****	39.007

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

$$\begin{aligned}\alpha &= (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3) \\ \beta &= (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3) \\ N1 &= 2 + \alpha \\ N2 &= 2 + \beta\end{aligned}$$

(2) 荷重項

$$\begin{aligned}CAD &= q_v \times B_o^2 / 12 \\ CBC &= \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1}) \times B_o^2\} / 12 \\ CAB &= (H_o^2) \times (2 \times Phd1 + 3 \times Phd2) / 60 \\ CBA &= (H_o^2) \times (2 \times Phd2 + 3 \times Phd1) / 60\end{aligned}$$

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) $Phd1 \sim Phd5$ は、水平荷重（設計荷重参照）

(3) たわみ角

$$\begin{aligned}\theta A &= \{N1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N1 \times N2 - 1) \\ \theta B &= \{N2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N1 \times N2 - 1)\end{aligned}$$

(4) 端モーメント

$$\begin{aligned}MAB &= 2 \times \theta A + \theta B - CAB \\ MAD &= \beta \times \theta A + CAD \\ MBA &= 2 \times \theta B + \theta A + CBA \\ MBC &= \alpha \times \theta B - CBC\end{aligned}$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
α	0.5667	0.5667	0.5667
β	0.5667	0.5667	0.5667
N1	2.5667	2.5667	2.5667
N2	2.5667	2.5667	2.5667
CAD (kN・m/m)	29.255	49.198	29.255
CBC (kN・m/m)	24.600	44.543	24.600
CAB (kN・m/m)	5.787	5.787	6.991
CBA (kN・m/m)	5.050	5.050	6.254
θA	-14.278	-27.008	-13.510
θB	13.180	25.909	12.411
MAB (kN・m/m)	-21.164	-33.894	-21.599
MAD (kN・m/m)	21.164	33.894	21.599
MBA (kN・m/m)	17.131	29.861	17.567
MBC (kN・m/m)	-17.131	-29.861	-17.567

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。

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

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

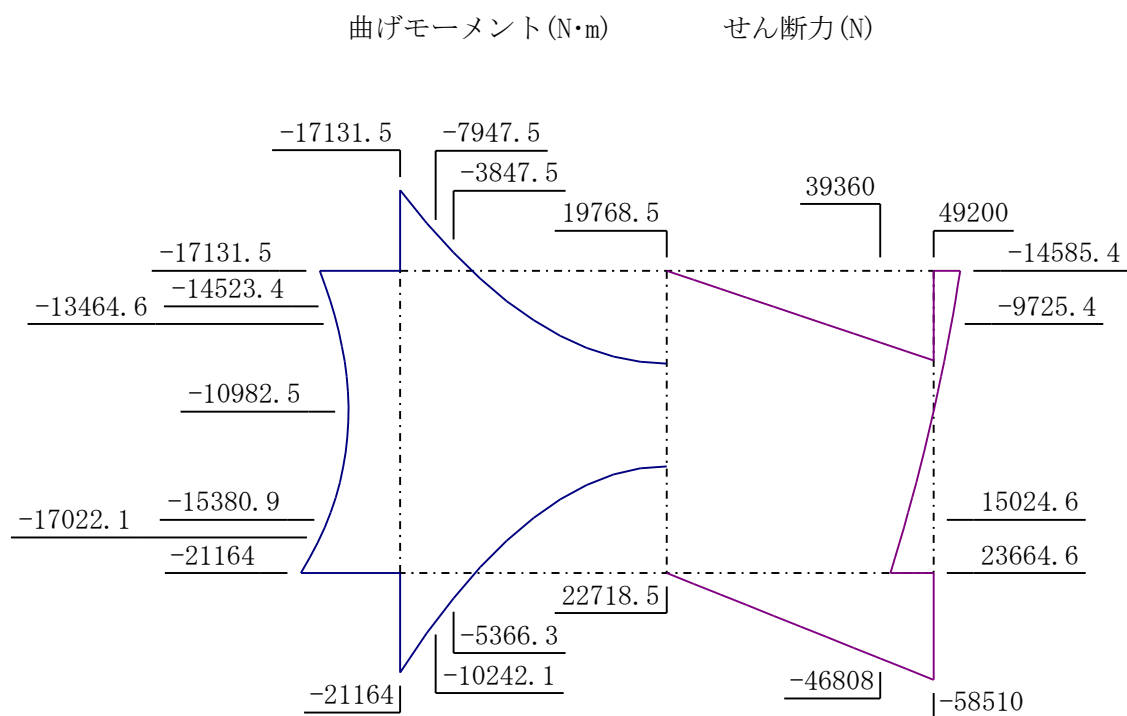
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	49.200	89.086	49.200
SCB (kN/m)	-49.200	-89.086	-49.200
Mmax (kN・m/m)	19.768	36.954	19.333
SAD (kN/m)	58.510	98.396	58.510
SDA (kN/m)	-58.510	-98.396	-58.510
Mmax (kN・m/m)	22.718	39.904	22.283
SAB (kN/m)	23.665	23.665	27.915
SBA (kN/m)	-14.585	-14.585	-18.835
x (m)	0.908	0.908	*****
	0.897	*****	0.897
Mmax (kN・m/m)	-10.982	-23.712	*****
Mmax (kN・m/m)	-10.984	*****	-9.618

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。

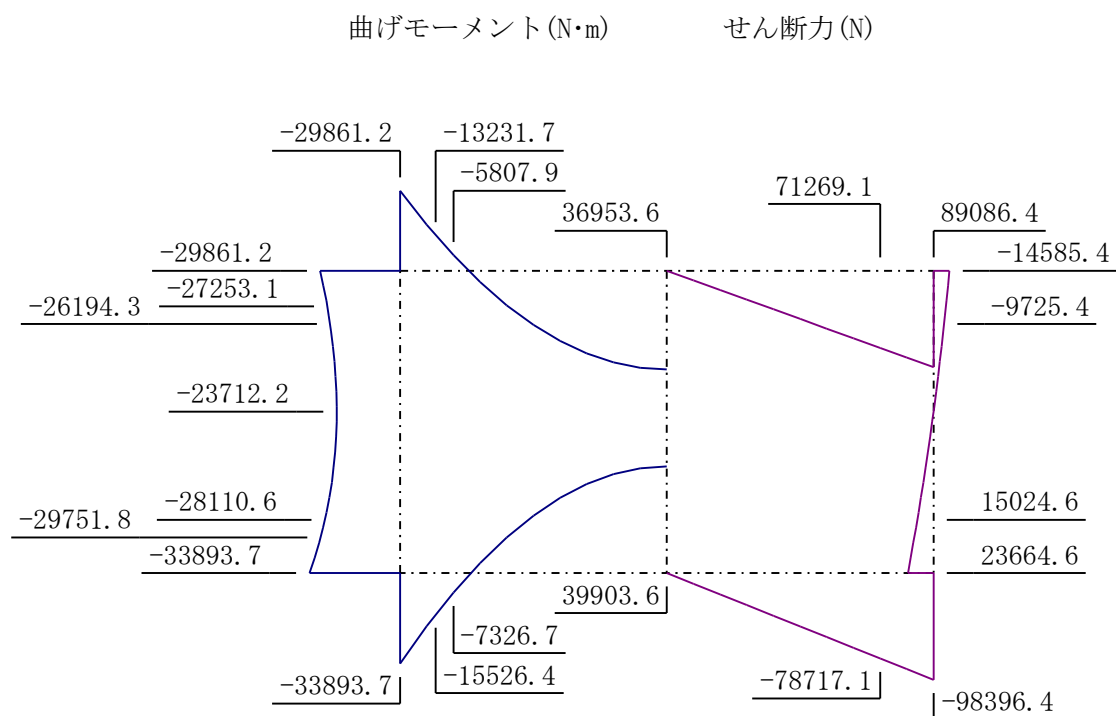
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	-17132	49200	14585
	2 ハッチ始点	0.300	-7948	***	14585
	S2 τ 点	0.300	-3848	39360	14585
	1 中 央	1.500	19769	0	14585
底版	9, S9 端 部	0.100	-21164	58510	23665
	10 ハッチ始点	0.300	-10242	***	23665
	S10 τ 点	0.300	-5366	46808	23665
	11 中 央	1.500	22719	0	23665
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-17132	-14585	49200
	5 上ハッチ点	1.400	-14523	***	50295
	S5 上 τ 点	1.400	-13465	-9725	50843
	6 中 間	0.908	-10983	*****	53537
		0.897	-10984	*****	53598
	S7 下 τ 点	0.300	-15381	15025	56867
	7 下ハッチ点	0.300	-17022	***	57415
	8, S8 下 端部	0.100	-21164	23665	58510



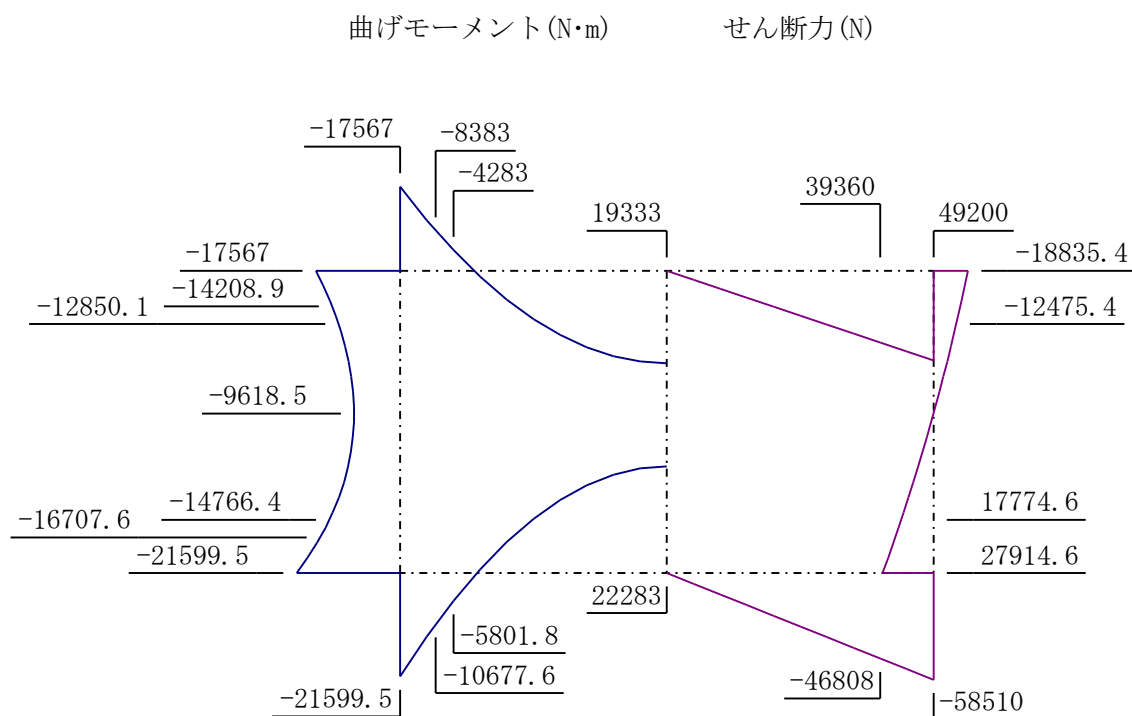
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	-29861	89086	14585
	2 ハチ始点	0.300	-13232	***	14585
	S2 τ 点	0.300	***	71269	***
	1 中 央	1.500	36954	0	14585
底版	9, S9 端 部	0.100	-33894	98396	23665
	10 ハチ始点	0.300	-15526	***	23665
	S10 τ 点	0.300	***	78717	***
	11 中 央	1.500	39904	0	23665
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-29861	-14585	89086
	5 上ハチ点	1.400	-27253	***	90182
	S5 上 τ点	1.400	***	-9725	***
	6 中 間	0.908	-23712	0	93424
	S7 下 τ点	0.300	***	15025	***
	7 下ハチ点	0.300	-29752	***	97301
	8, S8 下 端部	0.100	-33894	23665	98396



(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	-17567	49200	18835
	2 ハッチ始点	0.300	-8383	***	18835
	S2 τ 点	0.300	***	39360	***
	1 中 央	1.500	19333	0	18835
底版	9, S9 端 部	0.100	-21600	58510	27915
	10 ハッチ始点	0.300	-10678	***	27915
	S10 τ 点	0.300	***	46808	***
	11 中 央	1.500	22283	0	27915
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-17567	-18835	49200
	5 上ハッチ点	1.400	-14209	***	50295
	S5 上 τ 点	1.400	***	-12475	***
	6 中 間	0.897	-9619	0	53598
	S7 下 τ 点	0.300	***	17775	*****
	7 下ハッチ点	0.300	-16708	***	57415
	8, S8 下 端部	0.100	-21600	27915	58510



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、	σ_m : 曲げ応力度	(N/mm ²)
	M : 曲げモーメント	(kN・m)
	Z : 断面係数	(cm ³)
	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 η

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

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

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

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

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

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

ここに、	σ_{pt} : 有効引張応力度	(N/mm ²)
	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 ²)
$\Delta\sigma_{pcs}$:	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 ²)
n :	弾性係数比 ($E_p / E_c = 6.45$)	
E_p :	PC鋼棒の弾性係数 (2.0×10^5 N/mm ²)	
E_c :	コンクリートの弾性係数 (3.1×10^4 N/mm ²)	
ϕ :	クリープ係数 (= 2.5)	
σ_{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 ²)
σ_{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 ²)
ε_{cs} :	コンクリートの乾燥収縮度 (= 200 μ)	
σ_{pt} :	緊張作業直後のPC鋼棒の引張応力度	(N/mm ²)
N_p :	m当りPC鋼棒本数	(本)
A_c :	コンクリート断面積	(cm ²)
e_p :	PC鋼棒偏心率	(cm)
I :	断面二次モーメント	(cm ⁴)
$\Delta\sigma_{pr}$:	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 ²)
γ :	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 σ_{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)
	η	: 有効係数	
	A_c	: コンクリート断面積	(cm^2)
	e_p	: P C 鋼棒偏心量	(cm)
	Z	: 断面係数	(cm^3)

4.3 合成応力度

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

ここに、	σ_c	: 合成応力度	(N/mm^2)
	σ_m	: 曲げ応力度	(N/mm^2)
	σ_{ce}	: 有効プレストレス	(N/mm^2)
	N	: 軸方向圧縮力	(kN)
	A_c	: コンクリート断面積	(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	(cm^2)
	A_{s2}	: 引張鉄筋断面積	(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)
	σ_{sa}	: 鉄筋の許容引張応力度	(N/mm^2)
	σ_{c1}	: 引張縁に生じる引張応力度	(N/mm^2)
	σ_{c2}	: 圧縮縁に生じる圧縮応力度	(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、	σ_i	: 斜引張応力度	(N/mm ²)
	σ_x	: 部材軸方向圧縮応力度	(N/mm ²)
	τ	: せん断応力度	(N/mm ²)
	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 ³)
	b	: 部材幅	(cm)
	I	: 断面二次モーメント	(cm ⁴)
	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

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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 ²)
	As	: 鉄筋の断面積	(cm ²)
	σ pud	: P C鋼棒引張強度	(N/mm ²)
	σ syd	: 引張鉄筋の降伏点応力度	(N/mm ²)
	σ ck	: コンクリートの設計基準強度	(N/mm ²)
	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 ²)
	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 ²)	断面二次モーメント (cm ⁴)	中立軸 (cm)	断面係数 (cm ³)
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 ²)	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 23	2.50	4.155	350000	2.33	外 側
ハチ始点	φ 23	2.50	4.155	350000	-1.00	外 側
τ 点	φ 23	2.50	4.155	350000	-1.00	外 側
中 央	φ 23	2.50	4.155	350000	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 ²)	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	3.58	-0.25	88.26	25.27	728.83	0.865	3
ハチ始点	842.36	4.51	0.12	106.35	25.27	710.74	0.844	3
τ 点	842.36	4.51	0.06	105.43	25.27	711.66	0.845	3
中 央	842.36	4.51	-0.30	100.12	25.27	716.96	0.851	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.58	-0.25	88.26	25.27	728.83	0.865	3
ハチ始点	842.36	4.51	0.12	106.35	25.27	710.74	0.844	3
τ 点	842.36	4.51	0.06	105.43	25.27	711.66	0.845	3
中 央	842.36	4.51	-0.30	100.12	25.27	716.96	0.851	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	3.58	-0.25	88.26	25.27	728.83	0.865	3
ハチ始点	842.36	4.51	0.05	105.37	25.27	711.72	0.845	1
τ 点	842.36	4.51	0.03	104.95	25.27	712.14	0.845	1
中 央	842.36	4.51	-0.13	102.56	25.27	714.53	0.848	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.58	-0.25	88.26	25.27	728.83	0.865	3
ハチ始点	842.36	4.51	0.05	105.37	25.27	711.72	0.845	1
τ 点	842.36	4.51	0.03	104.95	25.27	712.14	0.845	1
中 央	842.36	4.51	-0.13	102.56	25.27	714.53	0.848	1

5.1.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 σ_m (N/mm ²)	N/Ac (N/mm ²)	有効プレストレス σ_{ce} (N/mm ²)	合成応力度 σ_c (N/mm ²)	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.45	0.05	1.35	2.85	3
ハチ始点	1.19	0.07	4.80	6.06	3
中 央	2.97	0.07	2.61	5.64	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.45	0.05	4.33	2.94	3
ハチ始点	-1.19	0.07	2.58	1.46	3
中 央	-2.97	0.07	4.84	1.95	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.52	0.05	1.35	3.92	3
ハチ始点	2.29	0.06	4.81	7.15	1
中 央	5.97	0.06	2.60	8.62	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.52	0.05	4.33	1.86	3
ハチ始点	-2.29	0.06	2.59	0.35	1
中 央	-5.97	0.06	4.82	-1.09	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 ²)	内側 (N/mm ²)			As1 (cm ² /m)	As2 (cm ² /m)	
端 部	-40.313	1.00	4.82	4.6	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-20.607	-0.43	7.97	1.0	2.2	0.136	0.508	1
中 央	53.712	-3.16	10.73	4.5	71.7	4.482	2.272	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	—	D 0	—	0	
内 側	D 16	—	D 13	—	0	

5.1.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm ³)	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	$\sigma c'$	τ (N/mm ²)	σi	ケース
端 部	100.0	8889	14.585	89.086	757.08	2.89	0.50	-0.084	3
τ 点	100.0	5000	14.585	71.269	739.24	3.77	0.53	-0.074	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	-7.731	-20.187	-60.518	-47.460	-60.518	1
ハチ始点	-3.587	-11.678	-33.858	-25.950	-33.858	1
中 央	8.919	30.867	88.763	67.637	88.763	1

位 置	Ap (cm ² /m)	As (cm ² /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	10.387	3.567	15.7	23.2	0.069	0.007	139.99	2.3	1
ハチ始点	10.387	3.567	9.0	16.5	0.069	0.013	77.52	2.3	1
中 央	10.387	8.133	11.0	16.5	0.069	0.011	115.70	1.3	1
Ppb > Ppd Sf > 1.0 CHECK OK									

5.2 底版

5.2.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント (cm ⁴)	中立軸 (cm)	断面係数 (cm ³)
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 ²)	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 23	2.50	4.155	350000	2.33	外 側
ハチ始点	φ 23	2.50	4.155	350000	-1.00	外 側
τ 点	φ 23	2.50	4.155	350000	-1.00	外 側
中 央	φ 23	2.50	4.155	350000	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 ²)	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	3.58	-0.31	87.35	25.27	729.74	0.866	3
ハチ始点	842.36	4.51	0.15	106.86	25.27	710.23	0.843	3
τ 点	842.36	4.51	0.08	105.77	25.27	711.32	0.844	3
中 央	842.36	4.51	-0.34	99.46	25.27	717.63	0.852	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.58	-0.31	87.35	25.27	729.74	0.866	3
ハチ始点	842.36	4.51	0.15	106.86	25.27	710.23	0.843	3
τ 点	842.36	4.51	0.08	105.77	25.27	711.32	0.844	3
中 央	842.36	4.51	-0.34	99.46	25.27	717.63	0.852	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	3.58	-0.31	87.35	25.27	729.74	0.866	3
ハチ始点	842.36	4.51	0.15	106.86	25.27	710.23	0.843	3
τ 点	842.36	4.51	0.08	105.77	25.27	711.32	0.844	3
中 央	842.36	4.51	-0.34	99.46	25.27	717.63	0.852	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.58	-0.31	87.35	25.27	729.74	0.866	3
ハチ始点	842.36	4.51	0.15	106.86	25.27	710.23	0.843	3
τ 点	842.36	4.51	0.08	105.77	25.27	711.32	0.844	3
中 央	842.36	4.51	-0.34	99.46	25.27	717.63	0.852	3

5.2.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 σ_m (N/mm ²)	N/A _c (N/mm ²)	有効プレストレス σ_{ce} (N/mm ²)	合成応力度 σ_c (N/mm ²)	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.79	0.09	1.35	3.22	3
ハチ始点	1.54	0.12	4.80	6.45	3
中 央	3.41	0.12	2.61	6.14	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.79	0.09	4.33	2.64	3
ハチ始点	-1.54	0.12	2.58	1.16	3
中 央	-3.41	0.12	4.85	1.56	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.86	0.09	1.35	4.30	3
ハチ始点	2.33	0.12	4.80	7.24	3
中 央	5.99	0.12	2.61	8.71	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.86	0.09	4.33	1.56	3
ハチ始点	-2.33	0.12	2.58	0.37	3
中 央	-5.99	0.12	4.85	-1.02	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 ²)	内側 (N/mm ²)			As1 (cm ² /m)	As2	
端 部	-45.756	0.59	5.33	2.7	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-20.961	-0.40	8.10	0.9	1.9	0.119	0.473	3
中 央	53.870	-3.08	10.85	4.4	67.9	4.245	2.209	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 10	D 0	— 0	3.567 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 10	D 0	— 0	9.930 cm ² /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 ³)	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	σ c' (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	σ i	ケース
端 部	100.0	8889	23.665	98.396	758.01	2.93	0.55	-0.101	3
τ 点	100.0	5000	23.665	78.717	738.88	3.81	0.59	-0.089	3
σ 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	-21.164	-12.730	-59.337	-57.619	-59.337	3
ハッチ始点	-10.242	-5.284	-26.525	-26.395	-26.525	3
中 央	22.718	17.185	72.497	67.836	72.497	3

位 置	Ap (cm ² /m)	As (cm ² /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	10.387	3.567	15.7	23.2	0.069	0.007	139.99	2.4	3
ハッチ始点	10.387	3.567	9.0	16.5	0.069	0.013	77.52	2.9	3
中 央	10.387	9.930	11.0	16.5	0.069	0.012	124.03	1.7	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	-27.918	64.746	43.12	9.83	34.285	1
	上ハチ点	-25.776	65.841	39.15	6.50	30.055	1
側壁	中 間	-23.712	93.424	25.38	6.50	29.785	3
	下ハチ点	-29.752	97.301	30.58	6.50	36.076	3
	下端部	-33.894	98.396	34.45	9.83	43.570	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(σ_{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 ² /m)
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****
	上端部	34.285	10.32	13.82	26.67	6.247
	上ハチ点	30.055	9.66	13.16	20.00	8.934
側壁	中 間	29.785	9.62	13.12	20.00	7.086
	下ハチ点	36.076	10.58	14.08	20.00	9.757
	下端部	43.570	11.63	15.13	26.67	7.093
				$d + d' < T$	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 (cm²)
 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 - 10
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 A _s (cm ² /m)	x (cm)	実応力度 (N/mm ²)		
					σ_c	σ_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	9.930	8.441	3.99	104.4	0.0
	上ハチ点	100.00	9.930	6.566	6.40	145.2	0.0
	中間	100.00	9.930	7.095	5.94	118.1	0.0
	下ハチ点	100.00	9.930	6.835	7.42	157.5	0.0
	下端部	100.00	9.930	8.857	4.87	118.0	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	60.306	17.760	71.269	39.360				
	M			-5.808					
	N			14.585					
	最大			○					
底版 τ点	S	59.244	25.208	78.717	46.808				
	M			-7.327					
	N			23.665					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-9.196	-7.525	-9.725	-12.475				
	M				-12.850				
	N				50.843				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	5.654	12.825	15.025	17.775				
	M				-14.766				
	N				56.867				
	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 τ_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(m³)

Ac：部材断面積(m²)

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 ²)		
頂版 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D10-5	3.567	0.216	0.916
底版 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D10-5	3.567	0.216	0.916
側壁上 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D16-5	9.930	0.602	1.261
側壁下 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D16-5	9.930	0.602	1.261

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m ²)	Z (m ⁴)	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 τ 点	-5.808	739.2	14.585	0.200	0.00667	-0.01	17.747	2.000
底版 τ 点	-7.327	738.9	23.665	0.200	0.00667	-0.01	18.043	2.000
側壁上 τ 点	-12.850	0.0	50.843	0.200	0.00667	0.00	1.696	1.132
側壁下 τ 点	-14.766	0.0	56.867	0.200	0.00667	0.00	1.897	1.128

照査位置	τ_a	補正係数			補正 τ_a
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 τ 点	0.270	1.400	0.916	2.000	0.692
底版 τ 点	0.270	1.400	0.916	2.000	0.692
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.261	1.132	0.540
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.261	1.128	0.538

照査位置	せん断力 S (kN)	有効高 d (cm)	せん断応力度 τ (N/mm ²)	補正 τ_a (N/mm ²)
頂版 τ 点	71.269	16.5	0.432	0.692
底版 τ 点	78.717	16.5	0.477	0.692
側壁上 τ 点	12.475	16.5	0.076	0.540
側壁下 τ 点	17.775	16.5	0.108	0.538

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上