

受付 No.

台帳 No. PS401000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 3500 mm

内 高 (H) 2500 mm

長 さ (L) 1000 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) 3500 × (H) 2500 × (L) 1000 [mm]
土被り	: H1 = 0.200 ~ 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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

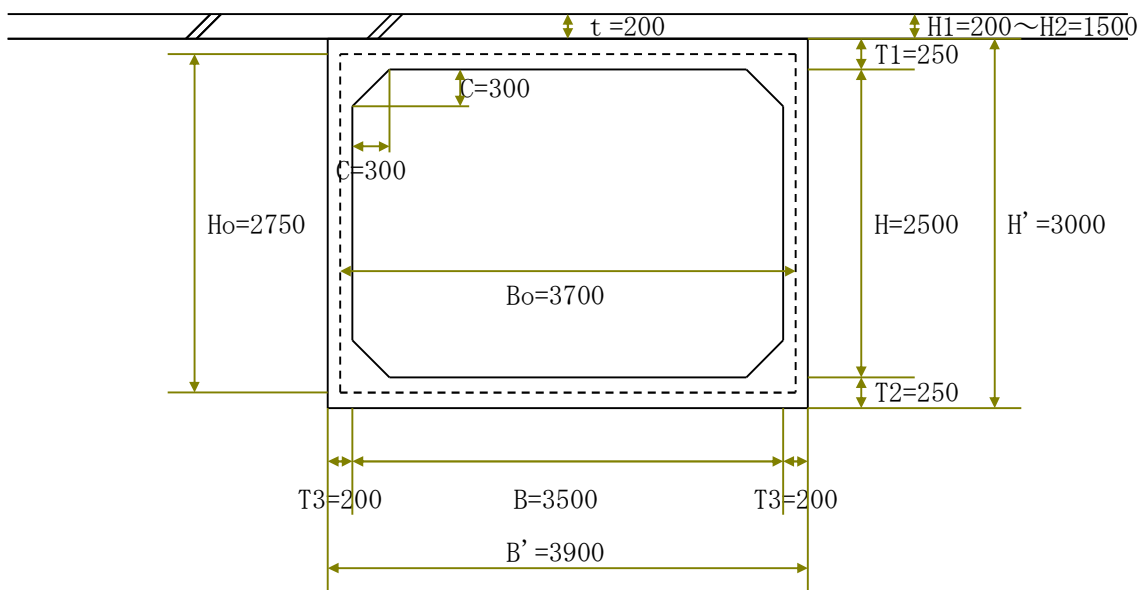
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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



[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

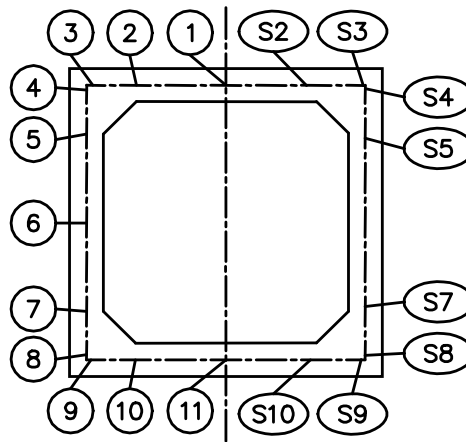
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

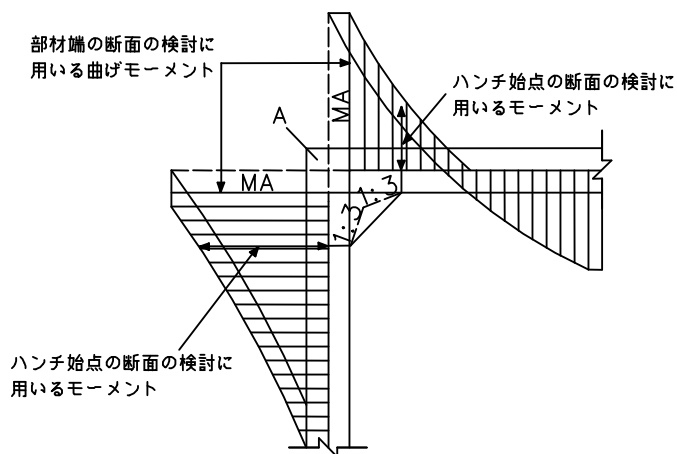
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

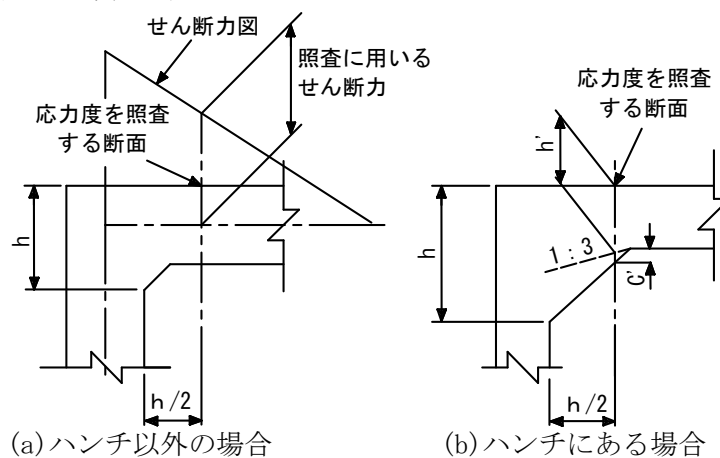
せん断力



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

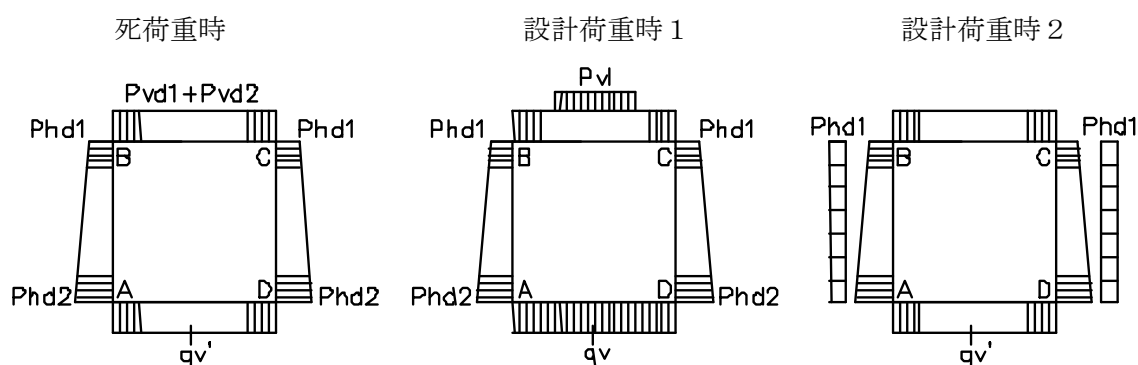
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分 C' の $1/3$ まで大きくとります。

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

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



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}	6.125	6.125	6.125
P_{vd2}	4.500	4.500	4.500
$P_{hd1} = P_{hd1}$	3.375	3.375	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	8.375
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	28.125	28.125	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	33.125
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	141.818	0.000
q_v	*****	42.098	*****
$q_{v'}$	19.101	*****	19.101

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	1.4516	1.4516	1.4516
β	1.4516	1.4516	1.4516
N1	3.4516	3.4516	3.4516
N2	3.4516	3.4516	3.4516
CAD (kN・m/m)	21.791	48.027	21.791
CBC (kN・m/m)	12.121	51.131	12.121
CAB (kN・m/m)	11.486	11.486	14.637
CBA (kN・m/m)	8.366	8.366	11.517
θ_A	-3.603	-15.475	-2.318
θ_B	2.132	16.873	0.847
MAB (kN・m/m)	-16.560	-25.563	-18.426
MAD (kN・m/m)	16.560	25.563	18.426
MBA (kN・m/m)	9.027	26.637	10.892
MBC (kN・m/m)	-9.027	-26.637	-10.892

3.1.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

$$S_{XBC} = \{(P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o + P_{v1} \times u\} / 2 - (P_{vd1} + P_{vd2}) \times x$$

2) 曲げモーメント

$$M_{max} = (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^2 / 8 + P_{v1} \times u \times (B_o / 2 - u / 4) / 2 + M_{BC}$$

(2) 底 版

1) せん断力

$$S_{XAD} = q_v \times B_o / 2 - q_v \times x$$

2) 曲げモーメント

$$M_{max} = q_v \times B_o^2 / 8 - M_{AD}$$

(3) 側 壁

1) せん断力

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

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

2) 曲げモーメント

節点間の極値は、せん断力が 0 となる位置に生じる。次式を解いて位置 x を求める。

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

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

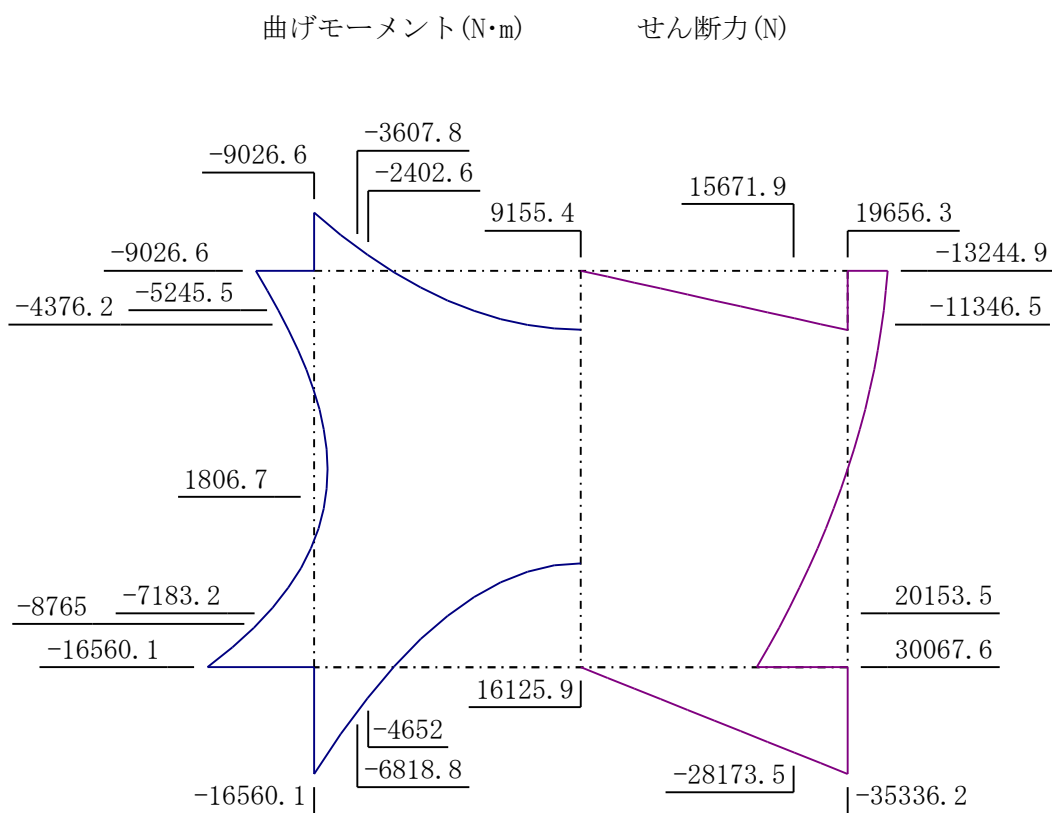
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	19.656	62.202	19.656
SCB	(kN/m)	-19.656	-62.202	-19.656
Mmax	(kN・m/m)	9.155	63.872	7.290
SAD	(kN/m)	35.336	77.882	35.336
SDA	(kN/m)	-35.336	-77.882	-35.336
Mmax	(kN・m/m)	16.126	46.478	14.260
SAB	(kN/m)	30.068	26.937	36.943
SBA	(kN/m)	-13.245	-16.375	-20.120
x	(m)	1.181	1.181	*****
		1.370	*****	1.370
Mmax	(kN・m/m)	1.807	-10.893	*****
Mmax	(kN・m/m)	2.096	*****	4.956

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。

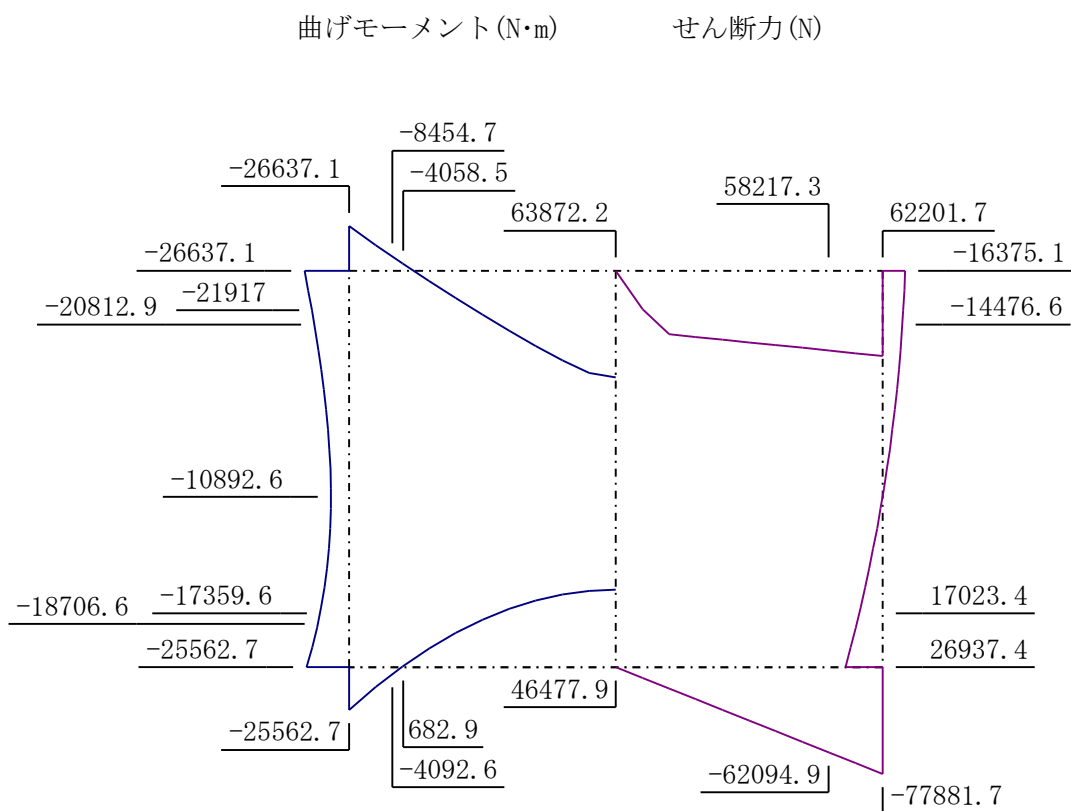
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	-9027	19656	13245
	2 ハッチ始点	0.400	-3608	***	13245
	S2 τ 点	0.375	-2403	15672	13245
	1 中 央	1.850	9155	0	13245
底板	9, S9 端 部	0.100	-16560	35336	30068
	10 ハッチ始点	0.400	-6819	***	30068
	S10 τ 点	0.375	-4652	28174	30068
	11 中 央	1.850	16126	0	30068
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-9027	-13245	19656
	5 上ハッチ点	2.325	-5246	***	21367
	S5 上 τ 点	2.375	-4376	-11347	21794
	6 中 間	1.181	1807	*****	28602
		1.370	2096	*****	27525
	S7 下 τ 点	0.375	-7183	20154	33198
	7 下ハッチ点	0.425	-8765	***	33626
	8, S8 下 端部	0.125	-16560	30068	35336



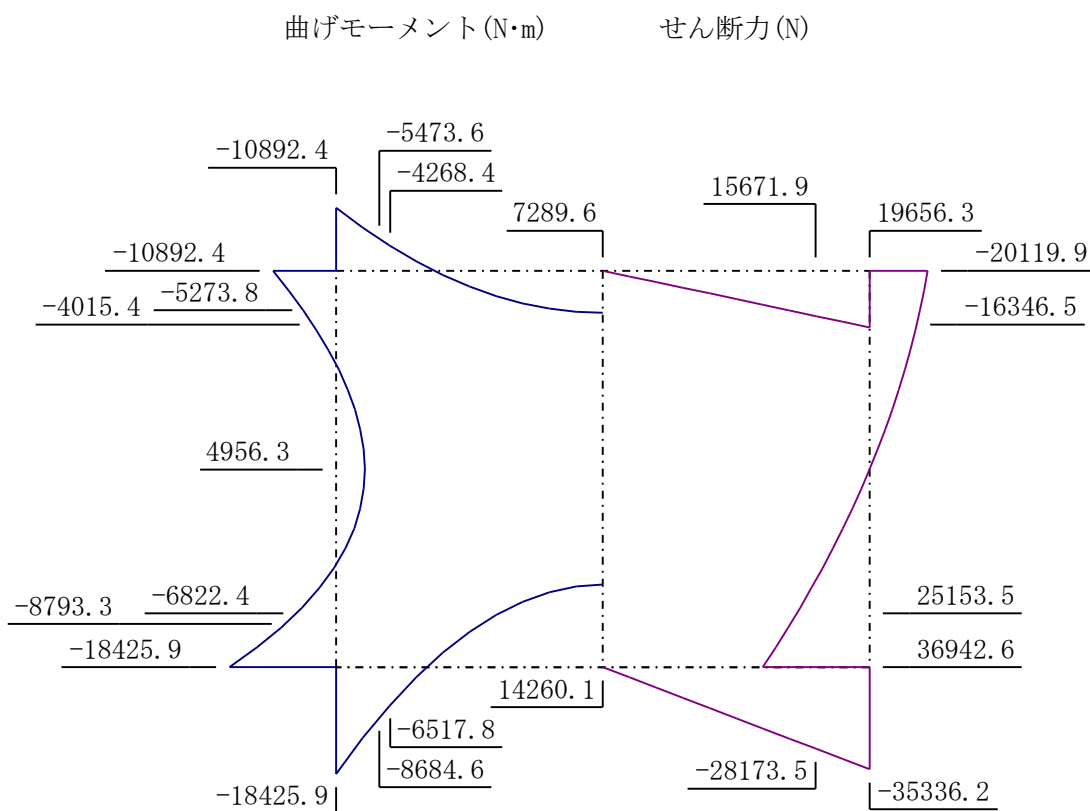
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

					[/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	-26637	62202	16375
	2 ハチ始点	0.400	-8455	***	16375
	S2 τ 点	0.375	-4059	58217	16375
	1 中 央	1.850	63872	0	16375
底板	9, S9 端 部	0.100	-25563	77882	26937
	10 ハチ始点	0.400	-4093	***	26937
	S10 τ 点	0.375	683	62095	26937
	11 中 央	1.850	46478	0	26937
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-26637	-16375	62202
	5 上ハチ点	2.325	-21917	***	63912
	S5 上 τ 点	2.375	-20813	-14477	64340
	6 中 間	1.181	-10893	0	71148
	S7 下 τ 点	0.375	-17360	17023	75744
	7 下ハチ点	0.425	-18707	***	76171
	8, S8 下 端部	0.125	-25563	26937	77882



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

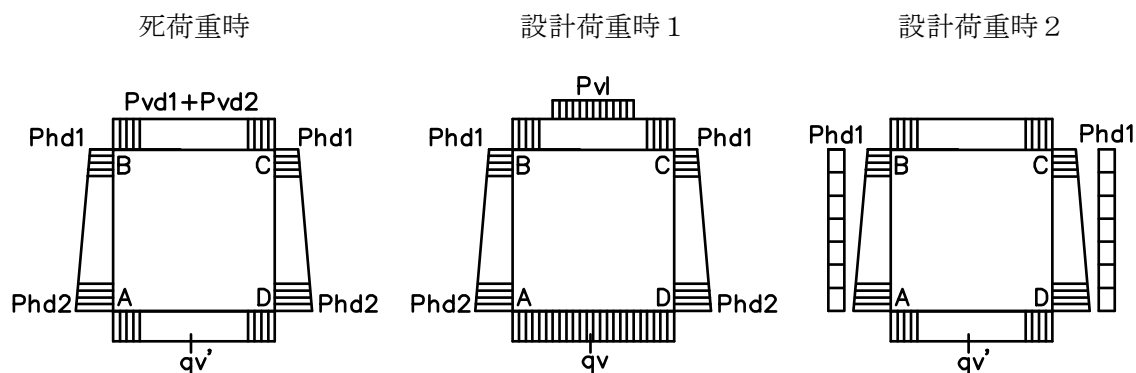
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-10892	19656	20120
	2 ハチ始点	0.400	-5474	***	20120
	S2 τ 点	0.375	-4268	15672	20120
	1 中 央	1.850	7290	0	20120
底板	9, S9 端 部	0.100	-18426	35336	36943
	10 ハチ始点	0.400	-8685	***	36943
	S10 τ 点	0.375	-6518	28174	36943
	11 中 央	1.850	14260	0	36943
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-10892	-20120	19656
	5 上ハチ点	2.325	-5274	***	21367
	S5 上 τ点	2.375	-4015	-16346	21794
	6 中 間	1.370	4956	0	27525
	S7 下 τ点	0.375	-6822	25154	33198
	7 下ハチ点	0.425	-8793	***	33626
	8, S8 下 端部	0.125	-18426	36943	35336



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 $Phd1 = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$
 $Phd2 = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重
 輪分布幅 $u = a + 2 \times H2 = 3.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H2 = 3.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値	死荷重時 (kN/m ²)	設計荷重時 1 CASE-3 (kN/m ²)	設計荷重時 2 CASE-4 (kN/m ²)
P_{vd1}	6.125	6.125	6.125
P_{vd2}	27.900	27.900	27.900
$Phd1 = Phd1$	15.075	15.075	*****
$Phd1 = Phd1 + P_q$	*****	*****	20.075
$Phd3 = Phd3$	*****	*****	*****
$Phd3 = Phd3 + P_q$	*****	*****	*****
$Phd5 = Phd5$	*****	*****	*****
$Phd5 = Phd5 + P_q$	*****	*****	*****
$Phd2 = Phd2$	39.825	39.825	*****
$Phd2 = Phd2 + P_q$	*****	*****	44.825
$Phd4 = Phd4$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	26.591	0.000
q_v	*****	65.498	*****
$q_{v'}$	42.501	*****	42.501

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
- $$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$
- $$CBC = \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{vl} \times u \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o)$$
- $$CAB = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60$$
- $$CBA = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60$$
- 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）
- (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
- $$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$
- $$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$
- $$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$
- $$MBC = \alpha \times \theta_B - CBA$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
α	1.4516	1.4516	1.4516
β	1.4516	1.4516	1.4516
N1	3.4516	3.4516	3.4516
N2	3.4516	3.4516	3.4516
CAD (kN・m/m)	48.486	74.723	48.486
CBC (kN・m/m)	38.817	68.359	38.817
CAB (kN・m/m)	18.859	18.859	22.010
CBA (kN・m/m)	15.739	15.739	18.890
θ_A	-11.484	-22.489	-10.199
θ_B	10.013	21.760	8.728
MAB (kN・m/m)	-31.815	-42.077	-33.681
MAD (kN・m/m)	31.815	42.077	33.681
MBA (kN・m/m)	24.281	36.771	26.147
MBC (kN・m/m)	-24.281	-36.771	-26.147

3.2.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) セン断力

$$S_{XBC} = \{(P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o + P_{v1} \times u\} / 2 \\ - (P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1}) \times x + P_{v1}$$

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) セン断力

$$S_{XAD} = q_v \times B_o / 2 - q_v \times x$$

2) 曲げモーメント

$$M_{max} = q_v \times B_o^2 / 8 - M_{AD}$$

(3) 側 壁

1) セン断力

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

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

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。

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

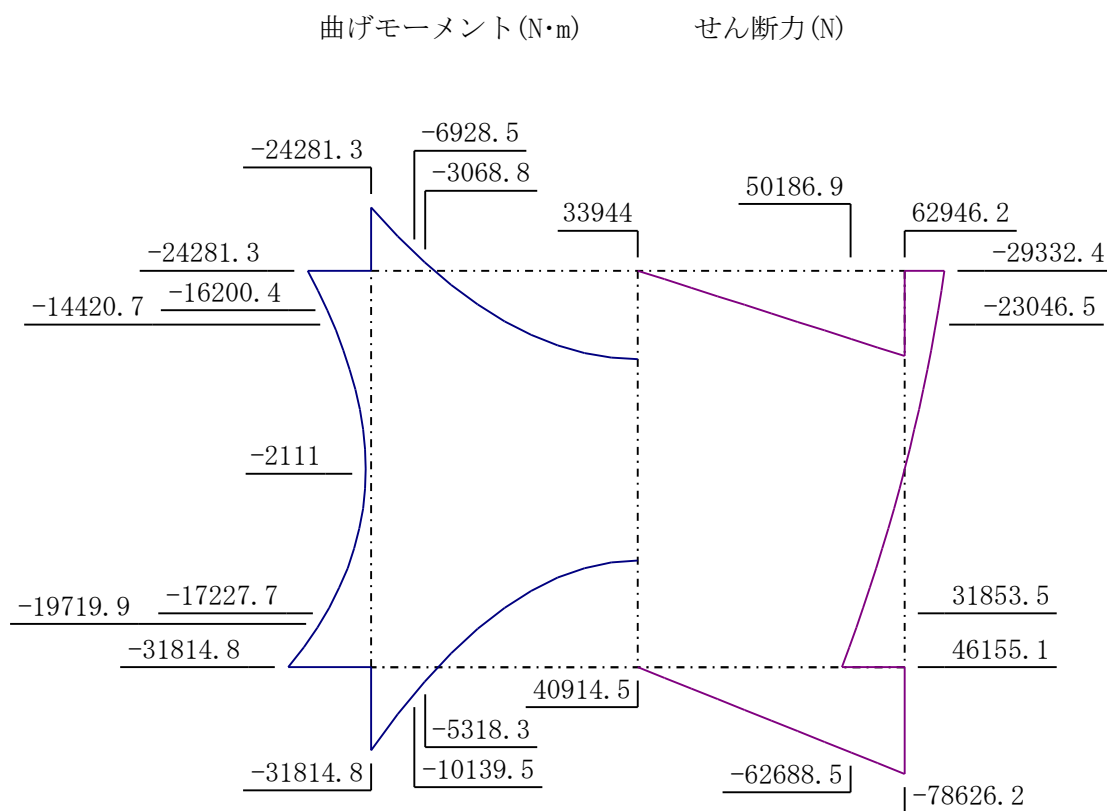
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	62.946	105.492	62.946
SCB (kN/m)	-62.946	-105.492	-62.946
Mmax (kN・m/m)	33.944	66.127	32.078
SAD (kN/m)	78.626	121.172	78.626
SDA (kN/m)	-78.626	-121.172	-78.626
Mmax (kN・m/m)	40.914	70.007	39.049
SAB (kN/m)	46.155	45.345	53.030
SBA (kN/m)	-29.332	-30.143	-36.207
x (m)	1.342	1.342	*****
	1.372	*****	1.372
Mmax (kN・m/m)	-2.111	-13.460	*****
Mmax (kN・m/m)	-2.099	*****	0.762

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。

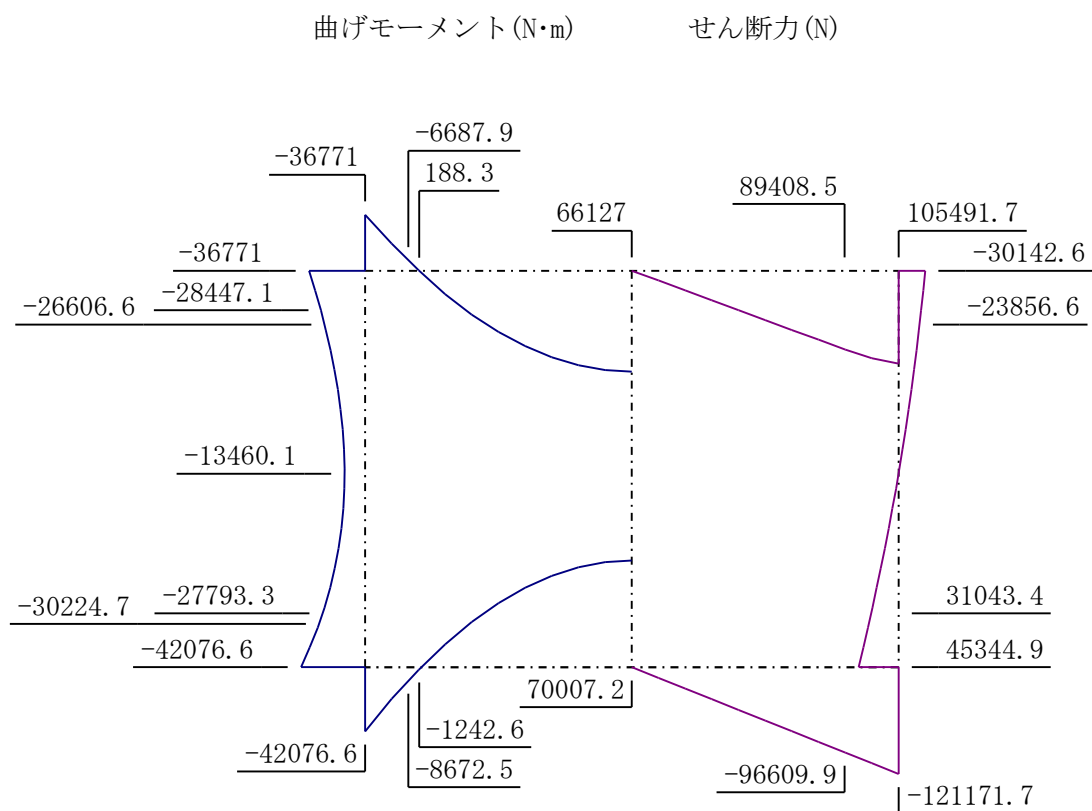
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	-24281	62946	29332
	2 ハッチ始点	0.400	-6929	***	29332
	S2 τ 点	0.375	-3069	50187	29332
	1 中 央	1.850	33944	0	29332
底版	9, S9 端 部	0.100	-31815	78626	46155
	10 ハッチ始点	0.400	-10140	***	46155
	S10 τ 点	0.375	-5318	62689	46155
	11 中 央	1.850	40915	0	46155
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-24281	-29332	62946
	5 上ハッチ点	2.325	-16200	***	64657
	S5 上 τ 点	2.375	-14421	-23047	65084
	6 中 間	1.342	-2111	*****	70974
		1.372	-2099	*****	70803
	S7 下 τ 点	0.375	-17228	31854	76488
	7 下ハッチ点	0.425	-19720	***	76916
	8, S8 下 端部	0.125	-31815	46155	78626



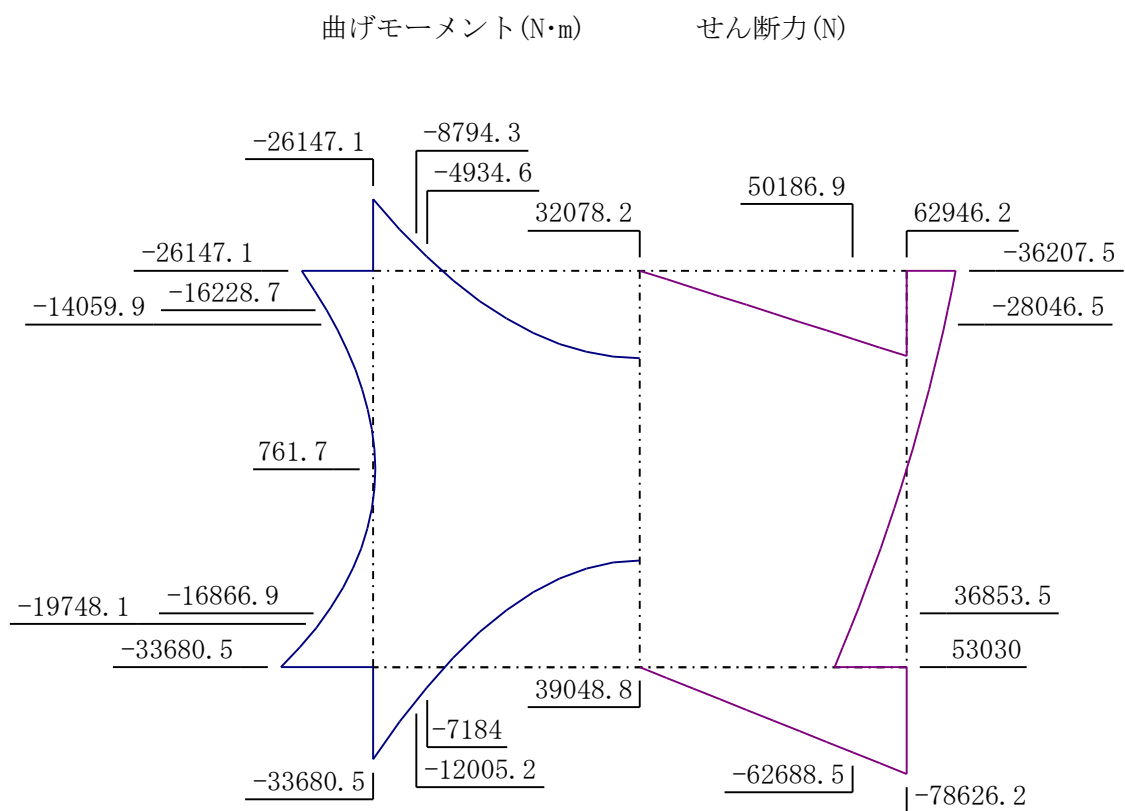
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	-36771	105492	30143
	2 ハチ始点	0.400	-6688	***	30143
	S2 τ 点	0.375	***	89409	***
	1 中 央	1.850	66127	0	30143
底板	9, S9 端 部	0.100	-42077	121172	45345
	10 ハチ始点	0.400	-8673	***	45345
	S10 τ 点	0.375	***	96610	***
	11 中 央	1.850	70007	0	45345
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-36771	-30143	105492
	5 上ハチ点	2.325	-28447	***	107202
	S5 上 τ 点	2.375	***	-23857	***
	6 中 間	1.342	-13460	0	113520
	S7 下 τ 点	0.375	***	31043	***
	7 下ハチ点	0.425	-30225	***	119461
	8, S8 下 端部	0.125	-42077	45345	121172



(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	-26147	62946	36208
	2 ハチ始点	0.400	-8794	***	36208
	S2 τ 点	0.375	***	50187	***
	1 中 央	1.850	32078	0	36208
底版	9, S9 端 部	0.100	-33681	78626	53030
	10 ハチ始点	0.400	-12005	***	53030
	S10 τ 点	0.375	***	62689	***
	11 中 央	1.850	39049	0	53030
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-26147	-36208	62946
	5 上ハチ点	2.325	-16229	***	64657
	S5 上 τ点	2.375	***	-28047	***
	6 中 間	1.372	762	0	70803
	S7 下 τ点	0.375	***	36854	*****
	7 下ハチ点	0.425	-19748	***	76916
	8, S8 下 端部	0.125	-33681	53030	78626



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鋼棒偏心量	(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	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67
ハチ始点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
τ 点	100.00	25.83	2583.3	143668.02	12.92	11122.69
中 央	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67

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	3.00	4.155	350000	3.00	外 側
ハチ始点	φ 23	3.00	4.155	350000	-2.00	外 側
τ 点	φ 23	3.00	4.155	350000	-2.00	外 側
中 央	φ 23	3.00	4.155	350000	2.00	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	3.26	-0.20	84.60	25.27	732.48	0.870	3
ハチ始点	842.36	4.52	0.11	106.37	25.27	710.72	0.844	3
τ 点	842.36	4.36	0.04	103.21	25.27	713.88	0.847	3
中 央	842.36	4.52	-0.52	96.98	25.27	720.11	0.855	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.26	-0.20	84.60	25.27	732.48	0.870	3
ハチ始点	842.36	4.52	0.11	106.37	25.27	710.72	0.844	3
τ 点	842.36	4.36	0.04	103.21	25.27	713.88	0.847	3
中 央	842.36	4.52	-0.52	96.98	25.27	720.11	0.855	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	3.26	-0.20	84.61	25.27	732.48	0.870	3
ハチ始点	842.36	4.52	0.11	106.37	25.27	710.72	0.844	4
τ 点	842.36	4.36	0.04	103.21	25.27	713.88	0.847	4
中 央	842.36	4.52	-0.52	96.98	25.27	720.11	0.855	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.26	-0.20	84.61	25.27	732.48	0.870	3
ハチ始点	842.36	4.52	0.11	106.37	25.27	710.72	0.844	4
τ 点	842.36	4.36	0.04	103.21	25.27	713.88	0.847	4
中 央	842.36	4.52	-0.52	96.98	25.27	720.11	0.855	3

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	1.19	0.08	1.27	2.54	3
ハチ始点	0.67	0.12	5.24	6.03	3
中 央	3.26	0.12	1.87	5.24	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.19	0.08	3.95	2.84	3
ハチ始点	-0.67	0.12	1.84	1.29	3
中 央	-3.26	0.12	5.31	2.17	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.80	0.09	1.27	3.15	3
ハチ始点	0.84	0.14	5.24	6.23	4
中 央	6.35	0.12	1.87	8.34	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.80	0.09	3.95	2.24	3
ハチ始点	-0.84	0.14	1.84	1.14	4
中 央	-6.35	0.12	5.31	-0.91	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 ²)	内側 (N/mm ²)			As1 (cm ² /m)	As2 (cm ² /m)	
端 部	-49.641	1.64	3.81	10.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-11.872	0.90	6.58	3.0	0.0	0.000	0.000	4
中 央	89.271	-3.09	10.60	5.6	87.4	5.460	2.824	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 0	— 0	7.602 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 6	D 0	— 0	7.602 cm ² /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 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	15312	30.143	105.492	913.04	2.69	0.45	-0.074	3
τ 点	100.0	8342	30.143	89.409	889.84	3.56	0.52	-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	-24.281	-12.490	-62.790	-62.511	-62.790	3
ハッチ始点	-3.608	-4.847	-16.807	-14.373	-16.807	1
中 央	9.155	54.717	148.694	108.583	148.694	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	12.465	7.602	20.5	31.5	0.069	0.007	253.59	4.0	3
ハッチ始点	12.465	7.602	10.5	21.5	0.069	0.014	131.35	7.8	1
中 央	12.465	7.602	14.5	21.5	0.069	0.010	171.27	1.2	1
$Ppb > Ppd$ $Sf > 1.0$								CHECK OK	

5.2 底版

5.2.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm 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	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67
ハチ始点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
τ 点	100.00	25.83	2583.3	143112.60	12.92	11079.69
中 央	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67

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	3.00	4.155	350000	3.00	外 側
ハチ始点	φ 23	3.00	4.155	350000	-2.00	外 側
τ 点	φ 23	3.00	4.155	350000	-2.00	外 側
中 央	φ 23	3.00	4.155	350000	2.00	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	3.26	-0.27	83.64	25.27	733.45	0.871	3
ハチ始点	842.36	4.52	0.16	107.11	25.27	709.98	0.843	3
τ 点	842.36	4.36	0.07	103.70	25.27	713.39	0.847	3
中 央	842.36	4.52	-0.63	95.38	25.27	721.71	0.857	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.26	-0.27	83.64	25.27	733.45	0.871	3
ハチ始点	842.36	4.52	0.16	107.11	25.27	709.98	0.843	3
τ 点	842.36	4.36	0.07	103.70	25.27	713.39	0.847	3
中 央	842.36	4.52	-0.63	95.38	25.27	721.71	0.857	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	3.26	-0.27	83.64	25.27	733.45	0.871	3
ハチ始点	842.36	4.52	0.16	107.11	25.27	709.98	0.843	4
τ 点	842.36	4.36	0.07	103.70	25.27	713.39	0.847	4
中 央	842.36	4.52	-0.63	95.38	25.27	721.71	0.857	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.26	-0.27	83.64	25.27	733.45	0.871	3
ハチ始点	842.36	4.52	0.16	107.11	25.27	709.98	0.843	4
τ 点	842.36	4.36	0.07	103.70	25.27	713.39	0.847	4
中 央	842.36	4.52	-0.63	95.38	25.27	721.71	0.857	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	1.56	0.13	1.27	2.96	3
ハチ始点	0.97	0.18	5.24	6.40	3
中 央	3.93	0.18	1.87	5.98	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.56	0.13	3.96	2.53	3
ハチ始点	-0.97	0.18	1.84	1.05	3
中 央	-3.93	0.18	5.33	1.58	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.06	0.13	1.27	3.46	3
ハチ始点	1.15	0.21	5.24	6.60	4
中 央	6.72	0.18	1.87	8.77	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.06	0.13	3.96	2.02	3
ハチ始点	-1.15	0.21	1.84	0.90	4
中 央	-6.72	0.18	5.33	-1.21	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 (cm ² /m)	
端 部	-56.803	1.35	4.23	8.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-16.207	0.57	7.08	1.9	0.0	0.000	0.000	4
中 央	94.510	-3.50	11.19	6.0	104.4	6.523	2.980	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 0	— 0	7.602 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 6	D 0	— 0	7.602 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	15312	45.345	121.172	914.25	2.74	0.52	-0.095	3
τ 点	100.0	8342	45.345	96.610	889.25	3.62	0.56	-0.086	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	-31.815	-10.262	-67.014	-71.530	-71.530	3
ハッチ始点	-10.139	-1.866	-17.846	-20.409	-20.409	4
中 央	40.914	29.093	125.921	119.012	125.921	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	12.465	7.602	20.5	31.5	0.069	0.007	253.59	3.5	3
ハッチ始点	12.465	7.602	10.5	21.5	0.069	0.014	131.35	6.4	4
中 央	12.465	7.602	14.5	21.5	0.069	0.010	171.27	1.4	3
Ppb > Ppd Sf > 1.0								CHECK OK	

6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[/単位長]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-36.771	105.492	34.86	11.50	48.903	3
	上ハチ点	-28.447	107.202	26.54	6.50	35.415	3
側壁	中 間	-10.893	71.148	15.31	6.50	15.517	1
	下ハチ点	-30.225	119.461	25.30	6.50	37.990	3
	下端部	-42.077	121.172	34.72	11.50	56.011	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	48.903	12.32	15.82	30.00	6.298
	上ハチ点	35.415	10.49	13.99	20.00	8.830
側壁	中 間	15.517	6.94	10.44	20.00	2.060
	下ハチ点	37.990	10.86	14.36	20.00	9.267
	下端部	56.011	13.19	16.69	30.00	7.296
				$d + d' < T$	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 13 - 3
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 3

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	9.759	9.873	4.27	107.8	0.0
	上ハチ点	100.00	9.759	6.985	7.16	146.2	0.0
	中間	100.00	9.759	8.150	2.76	42.5	0.0
	下ハチ点	100.00	9.759	7.057	7.61	152.7	0.0
	下端部	100.00	9.759	9.884	4.88	123.2	0.0

$$\sigma_c < \sigma_{ca} \quad \sigma_s < \sigma_{sa}$$

CHECK OK

9 セン断力に対する検討

9.1 セン断力照査点の断面力と最大値抽出

部材	断面力	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7	CASE-8
頂版 τ点	S	58.217	15.672	89.409	50.187				
	M			0.188					
	N			30.143					
	最大			○					
底版 τ点	S	62.095	28.174	96.610	62.688				
	M			-1.243					
	N			45.345					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-14.477	-16.346	-23.857	-28.047				
	M				-14.060				
	N				65.084				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	17.023	25.154	31.043	36.853				
	M				-16.867				
	N				76.488				
	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 鋼棒の偏心率＜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	25.0	3.5	21.5	1.400	D13-6	7.602	0.354	1.054
底版 τ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D13-6	7.602	0.340	1.040
側壁上 τ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-3 D16-3	9.759	0.537	1.222
側壁下 τ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-3 D16-3	9.759	0.537	1.222

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	0.188	897.6	30.143	0.250	0.01042	0.02	56.620	2.000
底版 τ 点	-1.243	889.2	45.345	0.258	0.01108	-0.02	22.351	2.000
側壁上 τ 点	-14.060	0.0	65.084	0.217	0.00786	0.00	2.357	1.168
側壁下 τ 点	-16.867	0.0	76.488	0.217	0.00786	0.00	2.770	1.164

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	1.054	2.000	0.797
底版 τ 点	0.270	1.400	1.040	2.000	0.786
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.222	1.168	0.539
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.222	1.164	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	89.408	21.5	0.416	0.797
底版 τ 点	96.610	22.3	0.433	0.786
側壁上 τ 点	28.046	18.2	0.154	0.539
側壁下 τ 点	36.854	18.2	0.203	0.538

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上