

受付 No.

台帳 No. KL422002

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 2800 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) 2800 × (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

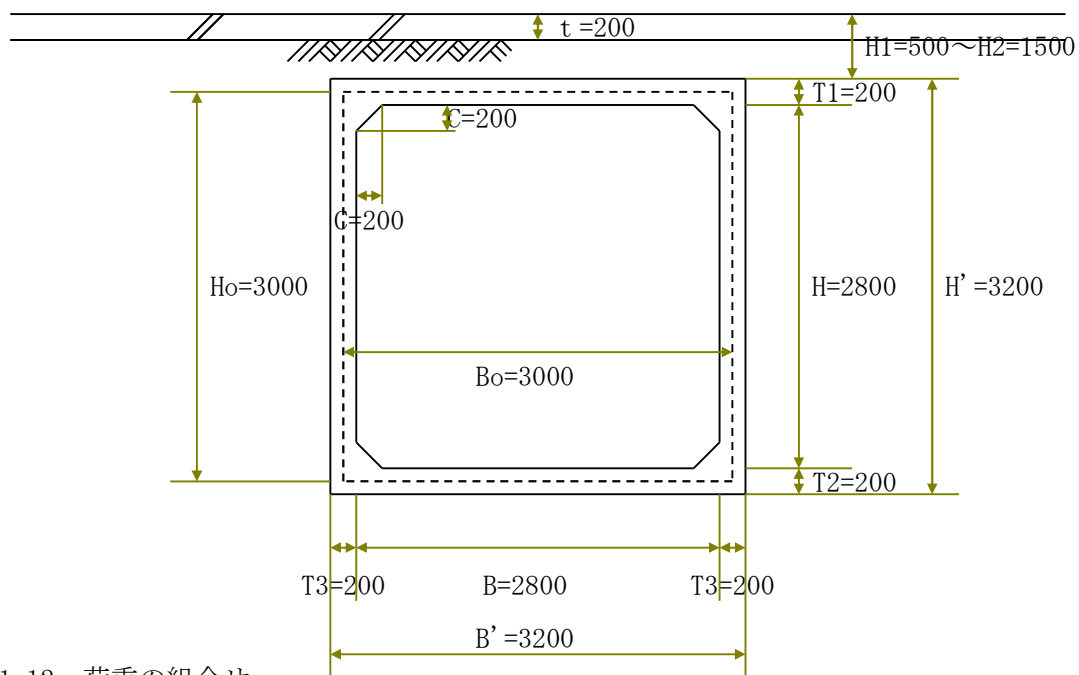
(1) 設計基準強度	:	σ_{ck}	=	40.0	N/mm ²
(2) プレストレストコンクリート部材					
P S 導入時強度	:	σ_{ck}'	=	35.0	N/mm ²
P S 導入直後					
許容曲げ圧縮応力度	:	σ_{cat}	=	19.0	N/mm ²
許容曲げ引張応力度	:	σ_{tat}	=	-1.5	N/mm ²
設計荷重作用時					
許容曲げ圧縮応力度	:	σ_{ca}	=	15.0	N/mm ²
許容曲げ引張応力度	:	σ_{ta}	=	-1.5	N/mm ²
(死荷重作用時)					
許容曲げ引張応力度	:	σ_{ta}'	=	0.0	N/mm ²
許容せん断応力度	:	τ_a	=	0.270	N/mm ²
許容斜引張応力度	:	σ_{ia}	=	-1.0	N/mm ²
(3) 鉄筋コンクリート部材					
許容曲げ圧縮応力度	:	σ_{ca}	=	14.0	N/mm ²
許容せん断応力度	:	τ_a	=	0.270	N/mm ²
(4) 弾性係数	:	E_c	=	3.1×10^4	N/mm ²

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

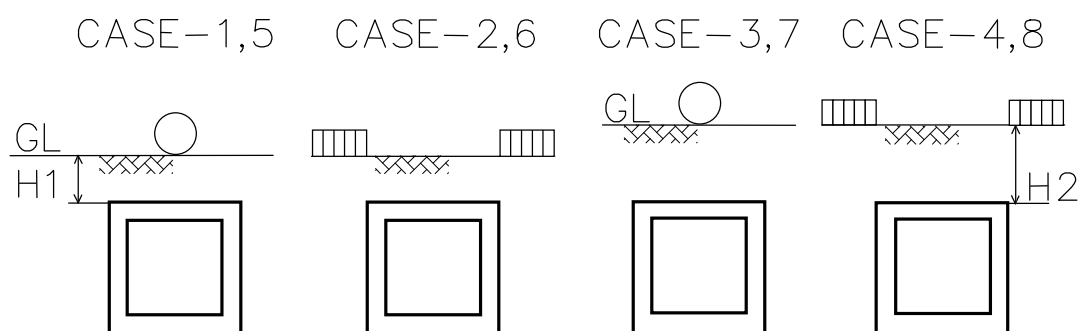
(1) 許容引張応力度					
引 張 強 度	:	σ_{pu}	=	1230	N/mm ²
降 伏 点 強 度	:	σ_{py}	=	1080	N/mm ²
プレストレッシング中	:	σ_{pia}	=	972	N/mm ²
プレストレッシング直後	:	σ_{pca}	=	861	N/mm ²
設計荷重作用時	:	σ_{pea}	=	738	N/mm ²
(2) 弾性係数	:	E_p	=	2.0×10^5	N/mm ²
(3) 使用 P C 鋼棒					

	頂版	底版	側壁	
径	φ 23	φ 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



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

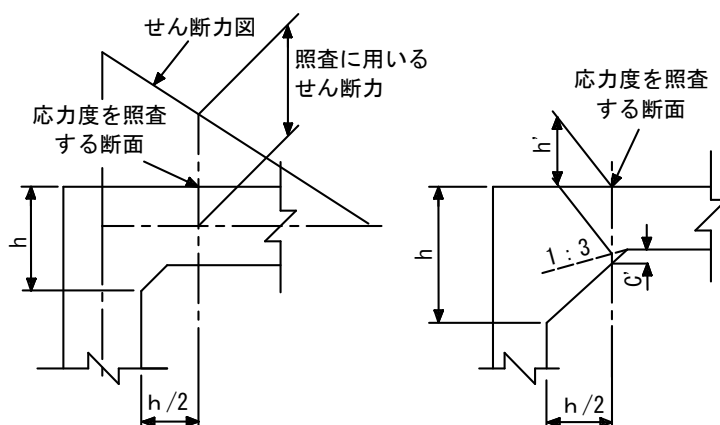
せん断力



1) 断面検討用曲げモーメント



2) せん断力に対する照査



(a) ハンチ以外の場合

(b) ハンチにある場合

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 | $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - t_b) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b \}$ | |
| (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 $u = a + 2 \times H1$ | $= 1.200 \text{ m}$ |
| | $v = b + 2 \times H1$ | $= 1.500 \text{ m}$ |
| | $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta$ | $= 117.000 \text{ kN}$ |
| | $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$ | |
| (6) 底版反力 | $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) \} / B_o$ | |



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}	32.850	32.850	*****
P _{hd2} = P _{hd2} + P _q	*****	*****	37.850
P _{hd4} = P _{hd4}	*****	*****	*****
P _{v1}	0.000	70.909	0.000
q _v	*****	53.617	*****
q _v '	25.253	*****	25.253

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	1.0000	1.0000	1.0000
β	1.0000	1.0000	1.0000
N1	3.0000	3.0000	3.0000
N2	3.0000	3.0000	3.0000
CAD (kN・m/m)	18.940	40.213	18.940
CBC (kN・m/m)	11.100	41.307	11.100
CAB (kN・m/m)	16.538	16.538	20.288
CBA (kN・m/m)	12.488	12.488	16.238
θ_A	-0.728	-12.481	1.147
θ_B	-0.220	13.767	-2.095
MAB (kN・m/m)	-18.212	-27.732	-20.087
MAD (kN・m/m)	18.212	27.732	20.087
MBA (kN・m/m)	11.320	27.541	13.195
MBC (kN・m/m)	-11.320	-27.541	-13.195

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。

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

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

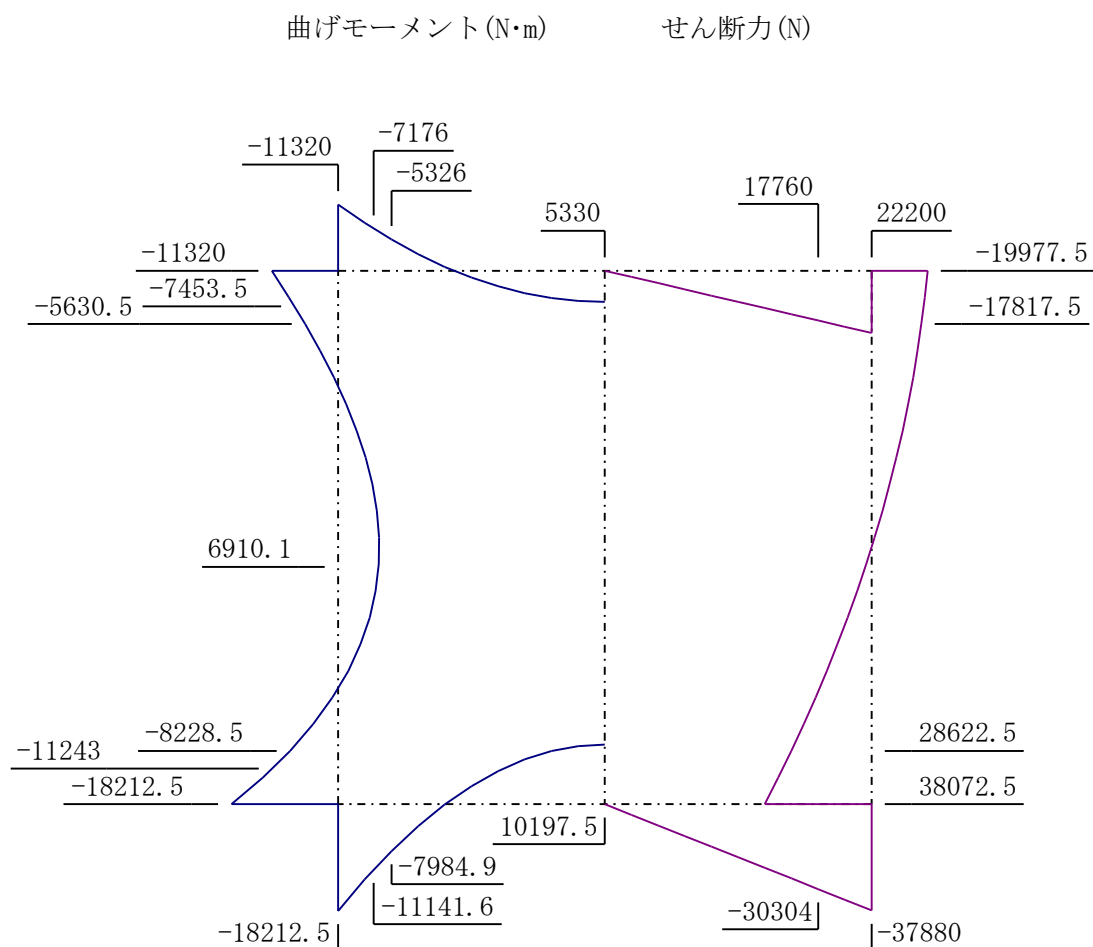
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	22.200	64.745	22.200
SCB	(kN/m)	-22.200	-64.745	-22.200
Mmax	(kN・m/m)	5.330	40.164	3.455
SAD	(kN/m)	37.880	80.425	37.880
SDA	(kN/m)	-37.880	-80.425	-37.880
Mmax	(kN・m/m)	10.197	32.587	8.322
SAB	(kN/m)	38.072	35.839	45.572
SBA	(kN/m)	-19.977	-22.211	-27.477
x	(m)	1.335	1.335	*****
		1.456	*****	1.456
Mmax	(kN・m/m)	6.910	-5.591	*****
Mmax	(kN・m/m)	7.031	*****	10.776

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。

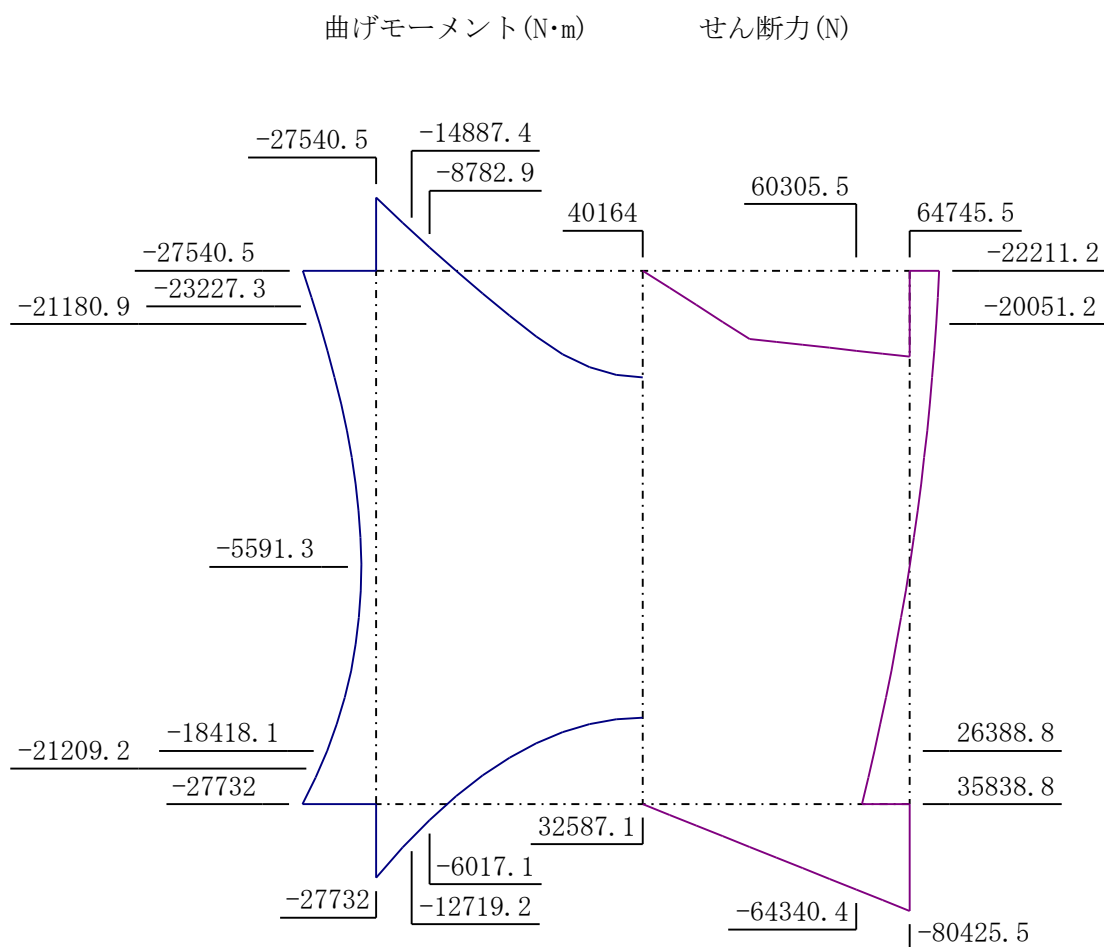
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	-11320	22200	19978
	2 ハッチ始点	0.300	-7176	***	19978
	S2 τ 点	0.300	-5326	17760	19978
	1 中 央	1.500	5330	0	19978
底板	9, S9 端 部	0.100	-18213	37880	38073
	10 ハッチ始点	0.300	-11142	***	38073
	S10 τ 点	0.300	-7985	30304	38073
	11 中 央	1.500	10198	0	38073
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-11320	-19978	22200
	5 上ハッチ点	2.700	-7454	***	23245
	S5 上 τ 点	2.700	-5631	-17818	23768
	6 中 間	1.335	6910	*****	30902
		1.456	7031	*****	30270
	S7 下 τ 点	0.300	-8229	28623	36312
	7 下ハッチ点	0.300	-11243	***	36835
	8, S8 下 端部	0.100	-18213	38073	37880



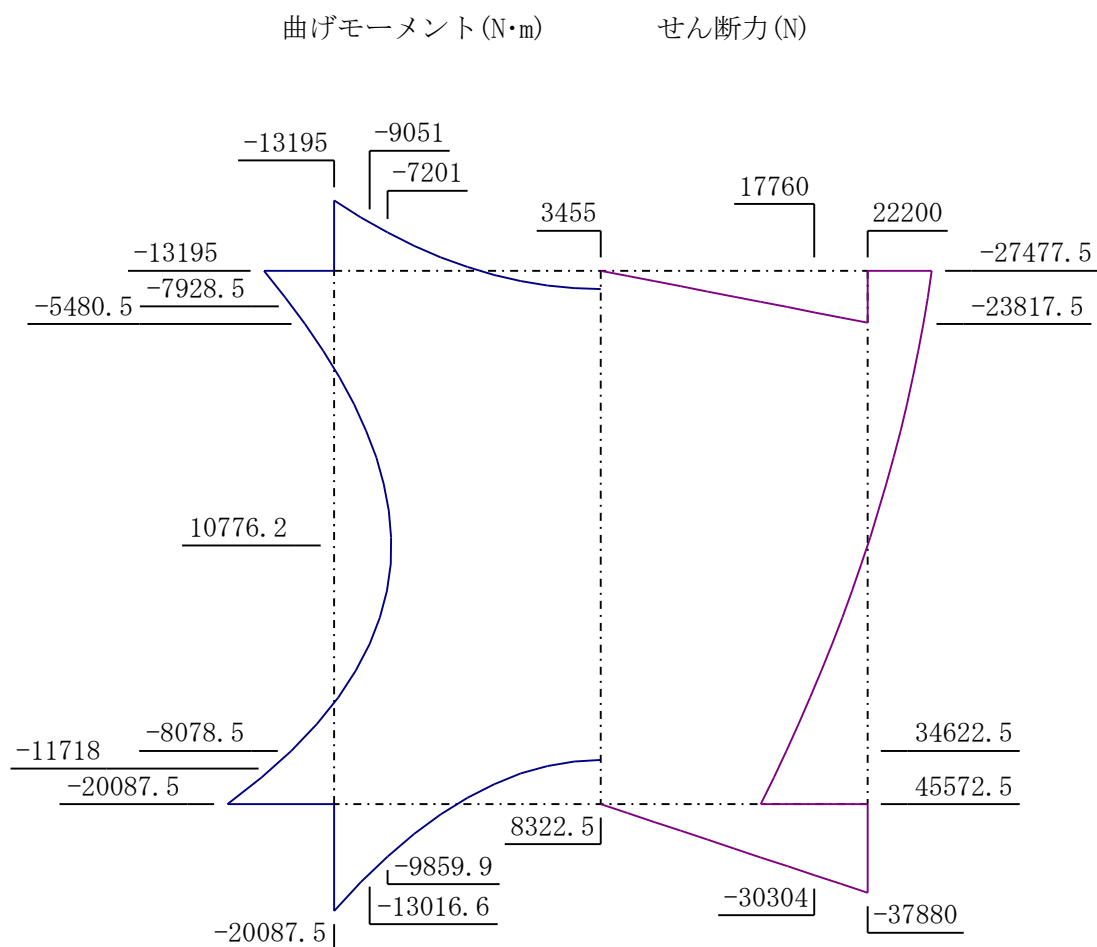
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	-27541	64746	22211
	2 ハチ始点	0.300	-14887	***	22211
	S2 τ 点	0.300	-8783	60306	22211
	1 中 央	1.500	40164	0	22211
底板	9, S9 端 部	0.100	-27732	80426	35839
	10 ハチ始点	0.300	-12719	***	35839
	S10 τ 点	0.300	-6017	64340	35839
	11 中 央	1.500	32587	0	35839
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-27541	-22211	64746
	5 上ハチ点	2.700	-23227	***	65791
	S5 上 τ点	2.700	-21181	-20051	66314
	6 中 間	1.335	-5591	0	73448
	S7 下 τ点	0.300	-18418	26389	78858
	7 下ハチ点	0.300	-21209	***	79380
	8, S8 下 端部	0.100	-27732	35839	80426



(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	-13195	22200	27478
	2 ハチ始点	0.300	-9051	***	27478
	S2 τ 点	0.300	-7201	17760	27478
	1 中 央	1.500	3455	0	27478
底板	9, S9 端 部	0.100	-20088	37880	45573
	10 ハチ始点	0.300	-13017	***	45573
	S10 τ 点	0.300	-9860	30304	45573
	11 中 央	1.500	8323	0	45573
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-13195	-27478	22200
	5 上ハチ点	2.700	-7929	***	23245
	S5 上 τ点	2.700	-5481	-23818	23768
	6 中 間	1.456	10776	0	30270
	S7 下 τ点	0.300	-8079	34623	36312
	7 下ハチ点	0.300	-11718	***	36835
	8, S8 下 端部	0.100	-20088	45573	37880



3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

3.2.1 設計荷重

- (1) 頂版自重 $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧 $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H2 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧 $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重
 輪分布幅 $u = a + 2 \times H2 = 3.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H2 = 3.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (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
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	41.850	41.850	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	46.850
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	26.591	0.000
q_v	*****	69.844	*****
$q_{v'}$	43.253	*****	43.253

注) $q_{v'}$ は、 $P_{v1}=0$ とした場合の底版反力。

3.2.2 構造解析

- (1) ラーメン係数
- $$\alpha = (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3)$$
- $$\beta = (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3)$$
- $$N_1 = 2 + \alpha$$
- $$N_2 = 2 + \beta$$
- (2) 荷 重 項
- $$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$
- $$CBC = \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1}) \times B_o^2\} / 12$$
- $$CAB = (H_o^2) \times (2 \times Phd1 + 3 \times Phd2) / 60$$
- $$CBA = (H_o^2) \times (2 \times Phd2 + 3 \times Phd1) / 60$$
- 注 1) 死荷重時、設計荷重時 2 の CAD は、 $q_v = q_v'$
 注 2) 死荷重時、設計荷重時 2 の CBC は、 $P_{v1} = 0$
 注 3) $Phd1 \sim Phd5$ は、水平荷重（設計荷重参照）
- (3) た わ み 角
- $$\theta_A = \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$
- $$\theta_B = \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)$$
- (4) 端モーメント
- $$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$
- $$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$
- $$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$
- $$MBC = \alpha \times \theta_B - CBC$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
α	1.0000	1.0000	1.0000
β	1.0000	1.0000	1.0000
N_1	3.0000	3.0000	3.0000
N_2	3.0000	3.0000	3.0000
CAD (kN・m/m)	32.440	52.383	32.440
CBC (kN・m/m)	24.600	44.543	24.600
CAB (kN・m/m)	23.287	23.287	27.037
CBA (kN・m/m)	19.237	19.237	22.987
θ_A	-4.103	-14.074	-2.228
θ_B	3.155	13.127	1.280
MAB (kN・m/m)	-28.337	-38.309	-30.212
MAD (kN・m/m)	28.337	38.309	30.212
MBA (kN・m/m)	21.445	31.417	23.320
MBC (kN・m/m)	-21.445	-31.417	-23.320

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。

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

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

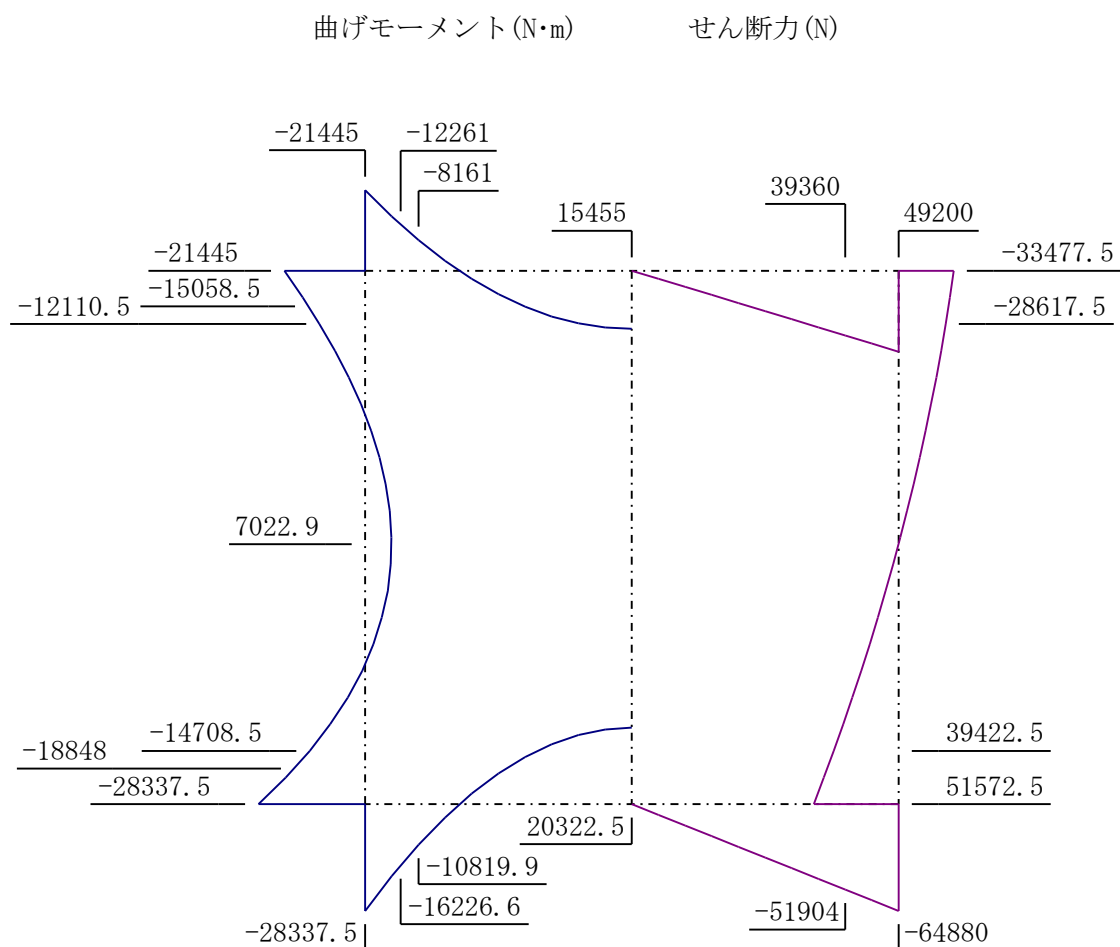
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	49.200	89.086	49.200
SCB (kN/m)	-49.200	-89.086	-49.200
Mmax (kN・m/m)	15.455	35.398	13.580
SAD (kN/m)	64.880	104.766	64.880
SDA (kN/m)	-64.880	-104.766	-64.880
Mmax (kN・m/m)	20.323	40.266	18.448
SAB (kN/m)	51.572	51.572	59.072
SBA (kN/m)	-33.477	-33.477	-40.977
x (m)	1.462	1.462	*****
	1.468	*****	1.468
Mmax (kN・m/m)	7.023	-2.949	*****
Mmax (kN・m/m)	7.022	*****	10.770

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

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

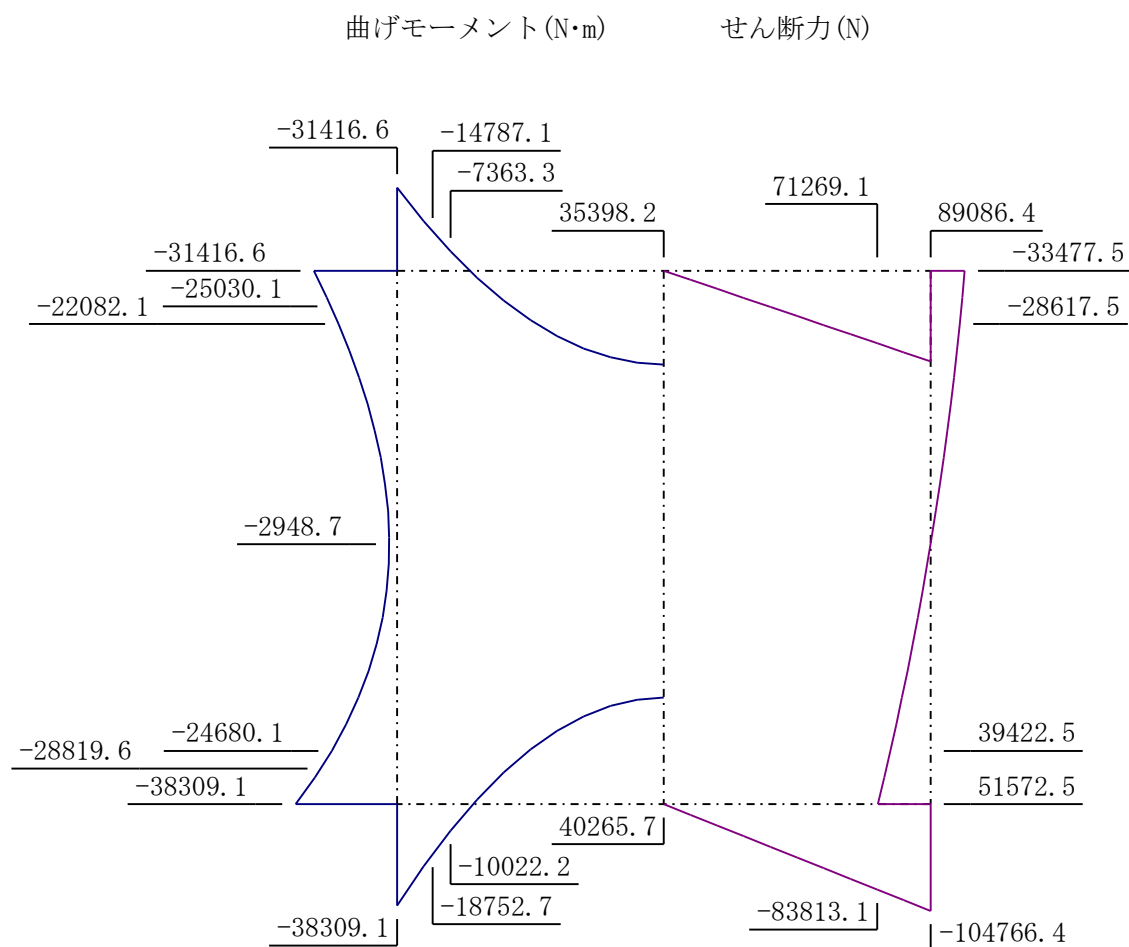
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

					[/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	-21445	49200	33478	
	2 ハチ始点	0.300	-12261	***	33478	
	S2 τ 点	0.300	-8161	39360	33478	
	1 中 央	1.500	15455	0	33478	
底版	9, S9 端 部	0.100	-28338	64880	51573	
	10 ハチ始点	0.300	-16227	***	51573	
	S10 τ 点	0.300	-10820	51904	51573	
	11 中 央	1.500	20323	0	51573	
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-21445	-33478	49200	
	5 上ハチ点	2.700	-15059	***	50245	
	S5 上 τ点	2.700	-12111	-28618	50768	
	6 中 間	1.462	7023	*****	57239	
		1.468	7022	*****	57207	
	S7 下 τ点	0.300	-14709	39423	63312	
	7 下ハチ点	0.300	-18848	***	63835	
	8, S8 下 端部	0.100	-28338	51573	64880	



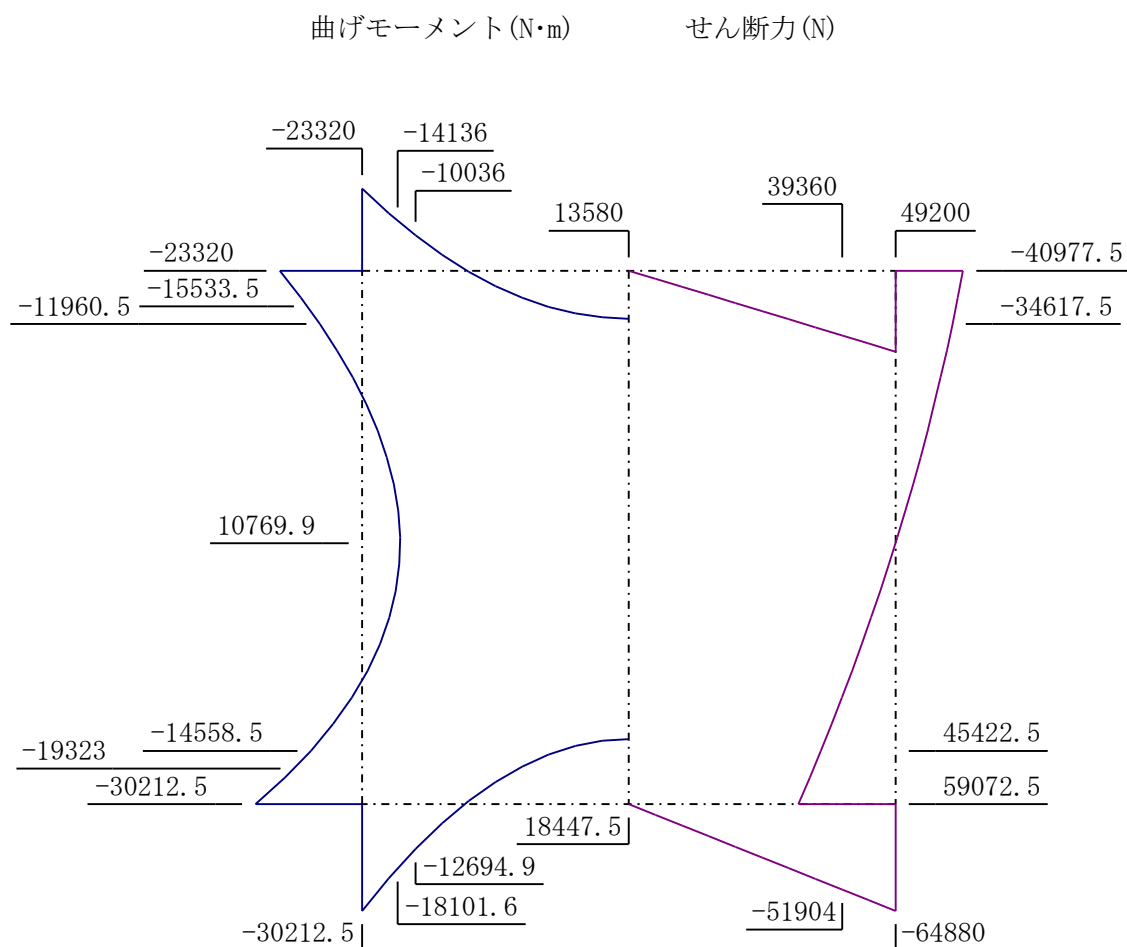
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	-31417	89086	33478
	2 ハチ始点	0.300	-14787	***	33478
	S2 τ 点	0.300	***	71269	***
	1 中 央	1.500	35398	0	33478
底版	9, S9 端 部	0.100	-38309	104766	51573
	10 ハチ始点	0.300	-18753	***	51573
	S10 τ 点	0.300	***	83813	***
	11 中 央	1.500	40266	0	51573
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-31417	-33478	89086
	5 上ハチ点	2.700	-25030	***	90132
	S5 上 τ点	2.700	***	-28618	***
	6 中 間	1.462	-2949	0	97125
	S7 下 τ点	0.300	***	39423	***
	7 下ハチ点	0.300	-28820	***	103721
	8, S8 下 端部	0.100	-38309	51573	104766



(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	-23320	49200	40978
	2 ハッチ始点	0.300	-14136	***	40978
	S2 τ 点	0.300	***	39360	***
	1 中 央	1.500	13580	0	40978
底版	9, S9 端 部	0.100	-30213	64880	59073
	10 ハッチ始点	0.300	-18102	***	59073
	S10 τ 点	0.300	***	51904	***
	11 中 央	1.500	18448	0	59073
側壁	4, S4 上 端部	2.900	-23320	-40978	49200
	5 上ハッチ点	2.700	-15534	***	50245
	S5 上 τ 点	2.700	***	-34618	***
	6 中 間	1.468	10770	0	57207
	S7 下 τ 点	0.300	***	45423	*****
	7 下ハッチ点	0.300	-19323	***	63835
	8, S8 下 端部	0.100	-30213	59073	64880



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	3.00	4.155	350000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 23	3.00	4.155	350000	-0.50	外 側
τ 点	φ 23	3.00	4.155	350000	-0.50	外 側
中 央	φ 23	3.00	4.155	350000	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 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	4.47	-0.38	98.33	25.27	718.75	0.853	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.09	116.20	25.27	700.88	0.832	3
τ 点	842.36	5.29	0.06	115.75	25.27	701.34	0.833	3
中 央	842.36	5.29	-0.12	113.13	25.27	703.96	0.836	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.47	-0.38	98.33	25.27	718.75	0.853	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.09	116.20	25.27	700.88	0.832	3
τ 点	842.36	5.29	0.06	115.75	25.27	701.34	0.833	3
中 央	842.36	5.29	-0.12	113.13	25.27	703.96	0.836	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.47	-0.38	98.33	25.27	718.75	0.853	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.05	115.64	25.27	701.45	0.833	1
τ 点	842.36	5.29	0.06	115.75	25.27	701.34	0.833	4
中 央	842.36	5.29	-0.04	114.25	25.27	702.83	0.834	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.47	-0.38	98.33	25.27	718.75	0.853	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.05	115.64	25.27	701.45	0.833	1
τ 点	842.36	5.29	0.06	115.75	25.27	701.34	0.833	4
中 央	842.36	5.29	-0.04	114.25	25.27	702.83	0.834	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	1.81	0.13	1.22	3.15	3
ハチ始点	1.84	0.17	5.02	7.03	3
中 央	2.32	0.17	3.73	6.21	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.81	0.13	5.50	3.82	3
ハチ始点	-1.84	0.17	3.71	2.04	3
中 央	-2.32	0.17	5.05	2.89	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.65	0.13	1.22	3.99	3
ハチ始点	2.23	0.11	5.03	7.37	1
中 央	6.02	0.11	3.72	9.86	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.65	0.13	5.50	2.98	3
ハチ始点	-2.23	0.11	3.72	1.59	1
中 央	-6.02	0.11	5.04	-0.88	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	-42.412	2.09	4.97	7.9	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-20.098	0.85	8.19	1.9	0.0	0.000	0.000	1
中 央	54.221	-2.95	12.01	3.9	58.0	3.627	1.970	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 12	D 0	— 0	4.280 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 6	D 13	— 6	9.759 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)	σ c' (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	σ i	ケース
端 部	100.0	8889	33.477	89.086	895.92	3.49	0.50	-0.071	3
τ 点	100.0	5000	33.477	71.269	874.22	4.54	0.53	-0.062	3
σ i > -1.00								CHECK OK	

5.1.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位 置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端 部	-11.320	-16.221	-55.267	-46.819	-55.267	1
ハッチ始点	-7.176	-7.711	-28.607	-25.309	-28.607	1
中 央	5.330	34.834	94.014	68.279	94.014	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	4.280	16.2	23.2	0.069	0.008	169.45	3.1	1
ハッチ始点	12.465	4.280	9.5	16.5	0.069	0.014	94.49	3.3	1
中 央	12.465	9.759	10.5	16.5	0.069	0.014	130.16	1.4	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	3.00	4.155	350000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 23	3.00	4.155	350000	-0.50	外 側
τ 点	φ 23	3.00	4.155	350000	-0.50	外 側
中 央	φ 23	3.00	4.155	350000	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 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	4.47	-0.51	96.48	25.27	720.61	0.855	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.12	116.64	25.27	700.44	0.832	3
τ 点	842.36	5.29	0.08	116.04	25.27	701.04	0.832	3
中 央	842.36	5.29	-0.15	112.59	25.27	704.50	0.836	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.47	-0.51	96.48	25.27	720.61	0.855	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.12	116.64	25.27	700.44	0.832	3
τ 点	842.36	5.29	0.08	116.04	25.27	701.04	0.832	3
中 央	842.36	5.29	-0.15	112.59	25.27	704.50	0.836	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.47	-0.51	96.48	25.27	720.60	0.855	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.12	116.64	25.27	700.44	0.832	3
τ 点	842.36	5.29	0.08	116.04	25.27	701.04	0.832	4
中 央	842.36	5.29	-0.15	112.59	25.27	704.50	0.836	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.47	-0.51	96.48	25.27	720.60	0.855	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.12	116.64	25.27	700.44	0.832	3
τ 点	842.36	5.29	0.08	116.04	25.27	701.04	0.832	4
中 央	842.36	5.29	-0.15	112.59	25.27	704.50	0.836	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	2.39	0.19	1.22	3.81	3
ハチ始点	2.43	0.26	5.02	7.71	3
中 央	3.05	0.26	3.73	7.04	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.39	0.19	5.52	3.32	3
ハチ始点	-2.43	0.26	3.71	1.53	3
中 央	-3.05	0.26	5.05	2.26	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.23	0.19	1.22	4.65	3
ハチ始点	2.81	0.26	5.02	8.09	3
中 央	6.04	0.26	3.73	10.03	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.23	0.19	5.52	2.48	3
ハチ始点	-2.81	0.26	3.71	1.16	3
中 央	-6.04	0.26	5.05	-0.73	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	-51.717	1.41	5.85	5.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-25.316	0.26	9.17	0.6	0.0	0.000	0.000	3
中 央	54.359	-2.76	12.23	3.7	50.7	3.167	1.839	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 12	D 0	— 0	4.280 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 6	D 13	— 6	9.759 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)	$\sigma c'$	τ (N/mm ²)	σi	ケース
端 部	100.0	8889	51.572	104.766	898.23	3.56	0.59	-0.095	3
τ 点	100.0	5000	51.572	83.813	873.85	4.63	0.63	-0.084	3
						$\sigma i > -1.00$		CHECK OK	

5.2.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位 置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端 部	-28.337	-9.972	-61.768	-65.125	-65.125	3
ハッチ始点	-16.227	-2.526	-27.410	-31.880	-31.880	3
中 央	20.323	19.943	76.277	68.452	76.277	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	4.280	16.2	23.2	0.069	0.008	169.45	2.6	3
ハッチ始点	12.465	4.280	9.5	16.5	0.069	0.014	94.49	3.0	3
中 央	12.465	9.759	10.5	16.5	0.069	0.014	130.16	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	-31.417	89.086	35.27	9.83	40.177	3
	上ハチ点	-25.030	90.132	27.77	6.50	30.889	3
側壁	中 間	10.776	30.270	35.60	6.50	12.744	2
	下ハチ点	-28.820	103.721	27.79	6.50	35.561	3
	下端部	-38.309	104.766	36.57	9.83	48.611	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	40.177	11.17	14.67	26.67	6.592
	上ハチ点	30.889	9.79	13.29	20.00	7.800
側壁	中 間	12.744	6.29	9.79	20.00	3.405
	下ハチ点	35.561	10.51	14.01	20.00	9.116
	下端部	48.611	12.28	15.78	26.67	8.315
$d + d' < T$					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 13 - 12	D 16 - 12
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	11.916	9.407	4.26	93.6	0.0
	上ハチ点	100.00	11.916	7.415	5.94	109.1	0.0
	中間	100.00	7.602	6.033	2.92	75.9	0.0
	下ハチ点	100.00	11.916	7.414	6.84	125.7	0.0
	下端部	100.00	11.916	9.333	5.19	115.5	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			-7.363					
	N			33.477					
	最大			○					
底版 τ 点	S	64.340	30.304	83.813	51.904				
	M			-10.022					
	N			51.572					
	最大			○					
側壁上 τ 点	S	-20.051	-23.817	-28.617	-34.617				
	M				-11.960				
	N				50.768				
	最大				○				
側壁下 τ 点	S	26.389	34.623	39.422	45.422				
	M				-14.559				
	N				63.312				
	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	D10-6	4.280	0.259	0.959
底版 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D10-6	4.280	0.259	0.959
側壁上 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D16-6	11.916	0.722	1.333
側壁下 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D16-6	11.916	0.722	1.333

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	-7.363	874.2	33.478	0.200	0.00667	-0.01	30.271	2.000
底版 τ 点	-10.022	873.9	51.572	0.200	0.00667	-0.01	30.864	2.000
側壁上 τ 点	-11.960	0.0	50.768	0.200	0.00667	0.00	1.693	1.142
側壁下 τ 点	-14.558	0.0	63.312	0.200	0.00667	0.00	2.111	1.145

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	0.959	2.000	0.725
底版 τ 点	0.270	1.400	0.959	2.000	0.725
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.333	1.142	0.575
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.333	1.145	0.577

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	0.725
底版 τ 点	83.813	16.5	0.508	0.725
側壁上 τ 点	34.618	16.5	0.210	0.575
側壁下 τ 点	45.422	16.5	0.275	0.577

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上