

受付 No.

台帳 No. KM402003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 4000 mm
内 高 (H) 2500 mm
長 さ (L) 1500 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1= 1.510 m
H2= 3.000 m

千葉窯業株式会社

1 設 計 条 件

1.1 一般条件

構造形式	: 一径間ボックスラーメン
内空寸法	: (B) 4000 × (H) 2500 × (L) 1500 [mm]
土被り	: H1 = 1.510 ~ H2 = 3.000 [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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

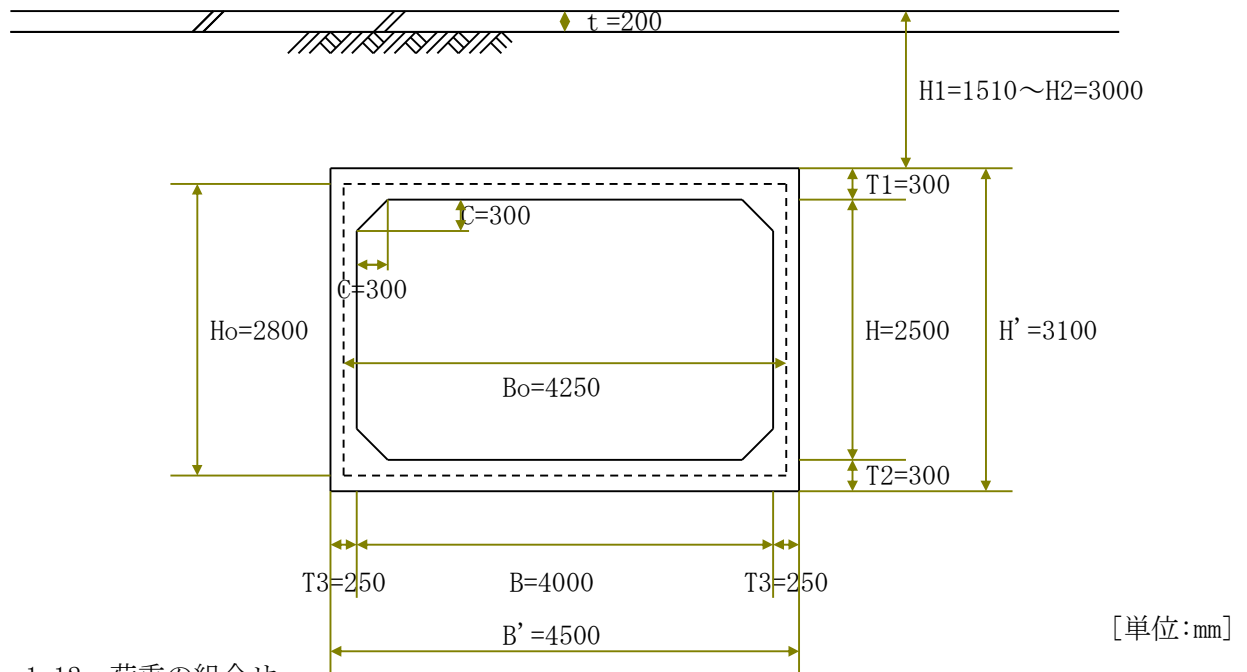
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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	$\phi 26$	$\phi 26$	*****	(mm)
断面積	530.90	530.90	*****	(mm ²)
設計引張力	450000	450000	*****	(N)

1.11 標準断面図

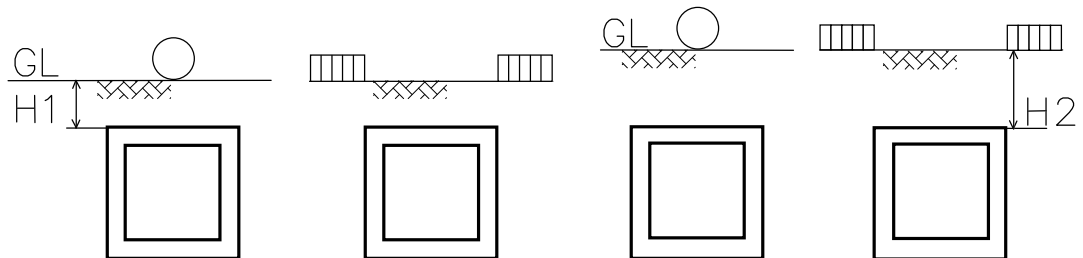


CASE-1,5

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

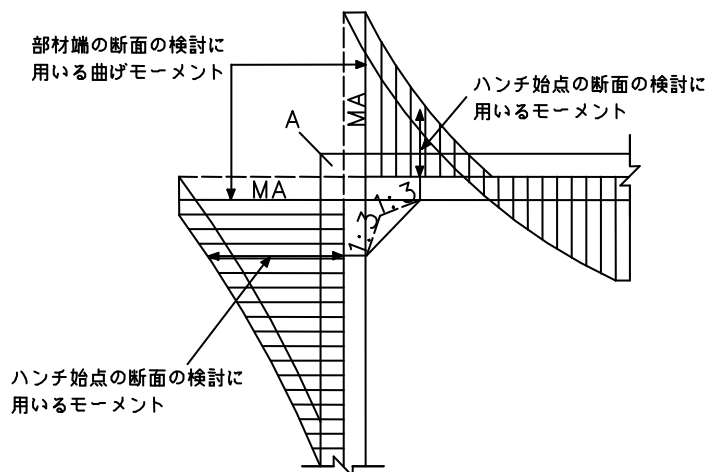
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

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

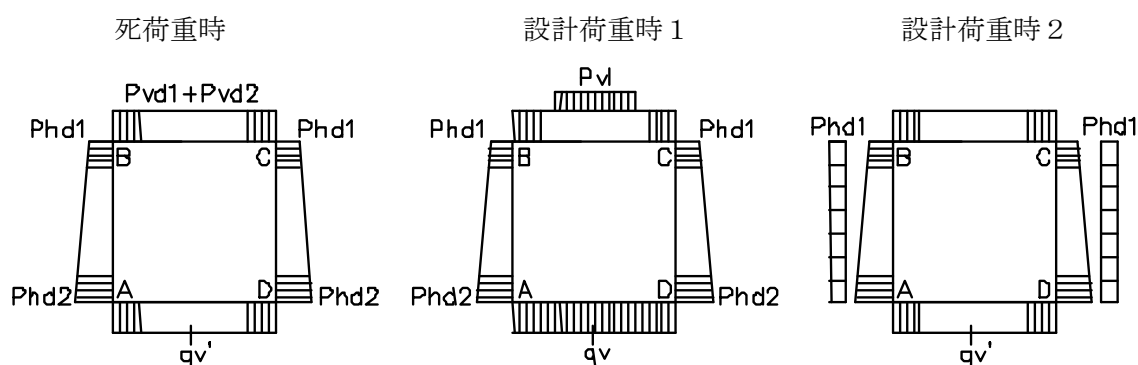
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

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 | $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - t_b) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b \}$ | |
| (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 $u = a + 2 \times H1$ | $= 3.220 \text{ m}$ |
| | $v = b + 2 \times H1$ | $= 3.520 \text{ m}$ |
| | $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta$ | $= 117.000 \text{ kN}$ |
| | $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$ | |
| (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}	7.350	7.350	7.350
P _{vd2}	28.080	28.080	28.080
P _{hd1} = P _{hd1}	15.390	15.390	*****
P _{hd1} = P _{hd1} + P _q	*****	*****	20.390
P _{hd3} = P _{hd3}	*****	*****	*****
P _{hd3} = P _{hd3} + P _q	*****	*****	*****
P _{hd5} = P _{hd5}	*****	*****	*****
P _{hd5} = P _{hd5} + P _q	*****	*****	*****
P _{hd2} = P _{hd2}	40.590	40.590	*****
P _{hd2} = P _{hd2} + P _q	*****	*****	45.590
P _{hd4} = P _{hd4}	*****	*****	*****
P _{v1}	0.000	26.426	0.000
q _v	*****	64.560	*****
q _v '	44.538	*****	44.538

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	1.1384	1.1384	1.1384
β	1.1384	1.1384	1.1384
N1	3.1384	3.1384	3.1384
N2	3.1384	3.1384	3.1384
CAD (kN・m/m)	67.039	97.176	67.039
CBC (kN・m/m)	53.330	89.885	53.330
CAB (kN・m/m)	19.933	19.933	23.200
CBA (kN・m/m)	16.640	16.640	19.907
θ_A	-20.851	-35.669	-19.324
θ_B	18.334	34.703	16.806
MAB (kN・m/m)	-43.301	-56.568	-45.041
MAD (kN・m/m)	43.301	56.568	45.041
MBA (kN・m/m)	32.457	50.377	34.196
MBC (kN・m/m)	-32.457	-50.377	-34.196

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)	75.289	117.834	75.289
SCB	(kN/m)	-75.289	-117.834	-75.289
Mmax	(kN・m/m)	47.537	85.777	45.798
SAD	(kN/m)	94.644	137.189	94.644
SDA	(kN/m)	-94.644	-137.189	-94.644
Mmax	(kN・m/m)	57.258	89.195	55.519
SAB	(kN/m)	48.939	47.277	55.939
SBA	(kN/m)	-29.433	-31.095	-36.433
x	(m)	1.374	1.374	*****
		1.428	*****	1.428
Mmax	(kN・m/m)	-10.483	-26.033	*****
Mmax	(kN・m/m)	-10.434	*****	-7.275

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

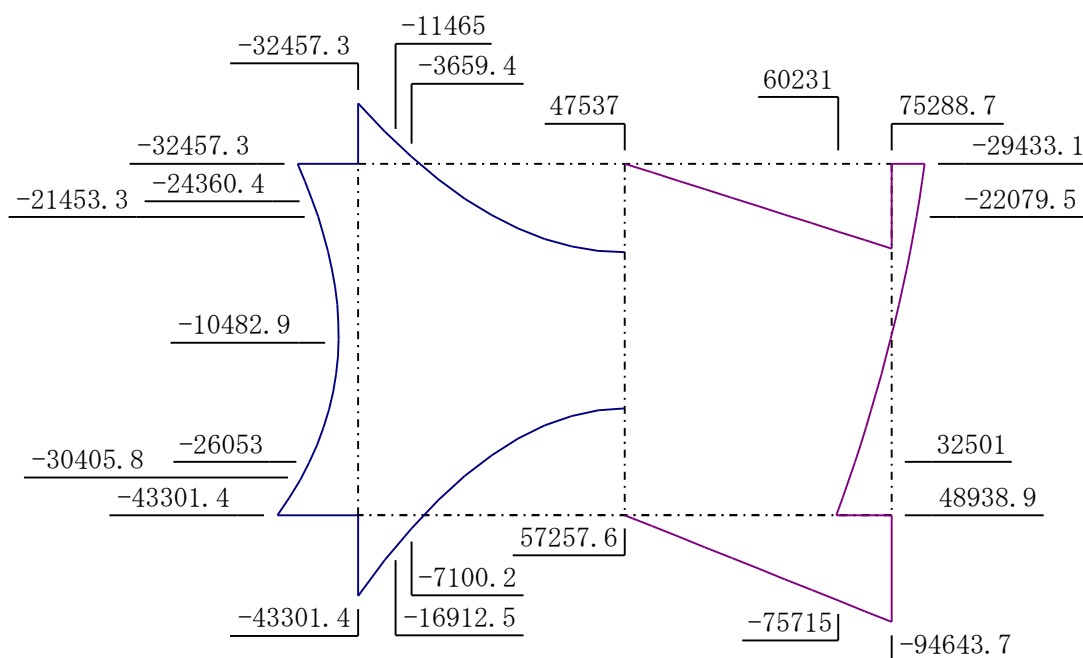
注 2) 底版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $q_v = q_v'$ とする。

(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	0.125	-32457	75289	29433
	2 ハッチ始点	0.425	-11465	***	29433
	S2 τ 点	0.425	-3659	60231	29433
	1 中 央	2.125	47537	0	29433
底版	9, S9 端 部	0.125	-43301	94644	48939
	10 ハッチ始点	0.425	-16913	***	48939
	S10 τ 点	0.425	-7100	75715	48939
	11 中 央	2.125	57258	0	48939
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-32457	-29433	75289
	5 上ハッチ点	2.350	-24360	***	77363
	S5 上 τ 点	2.375	-21453	-22080	78227
	6 中 間	1.374	-10483	*****	85146
		1.428	-10434	*****	84773
	S7 下 τ 点	0.425	-26053	32501	91706
	7 下ハッチ点	0.450	-30406	***	92570
	8, S8 下 端部	0.150	-43301	48939	94644

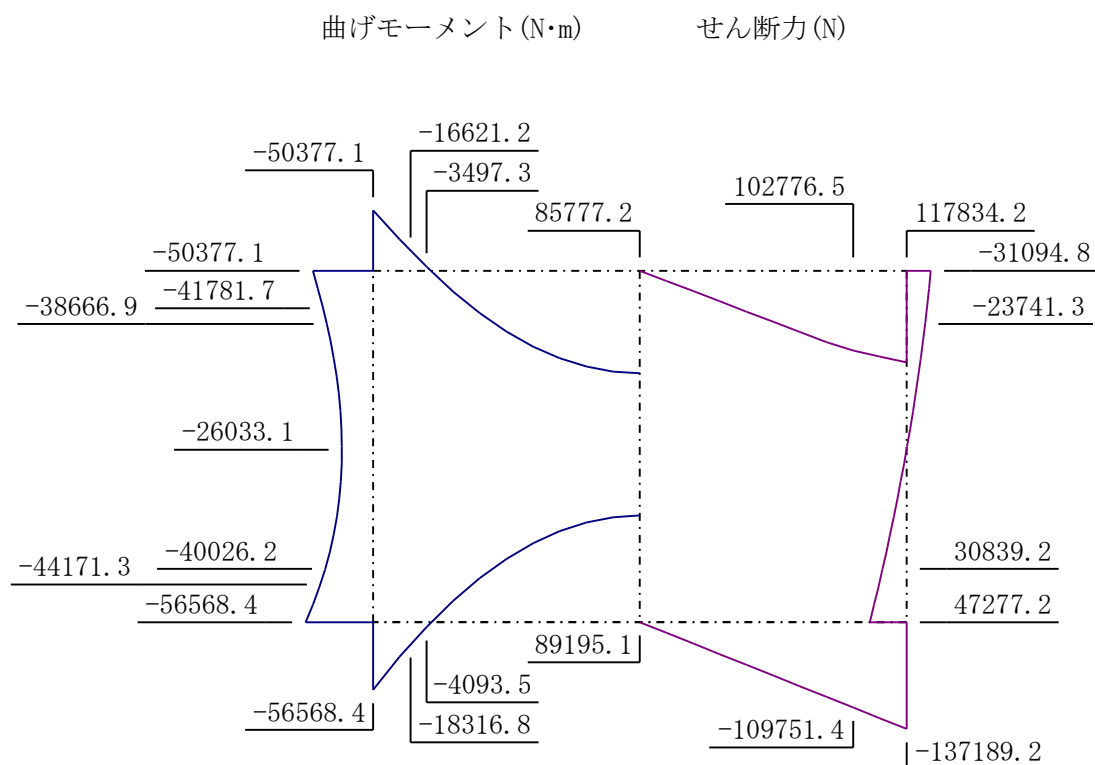
曲げモーメント (N・m)

せん断力 (N)



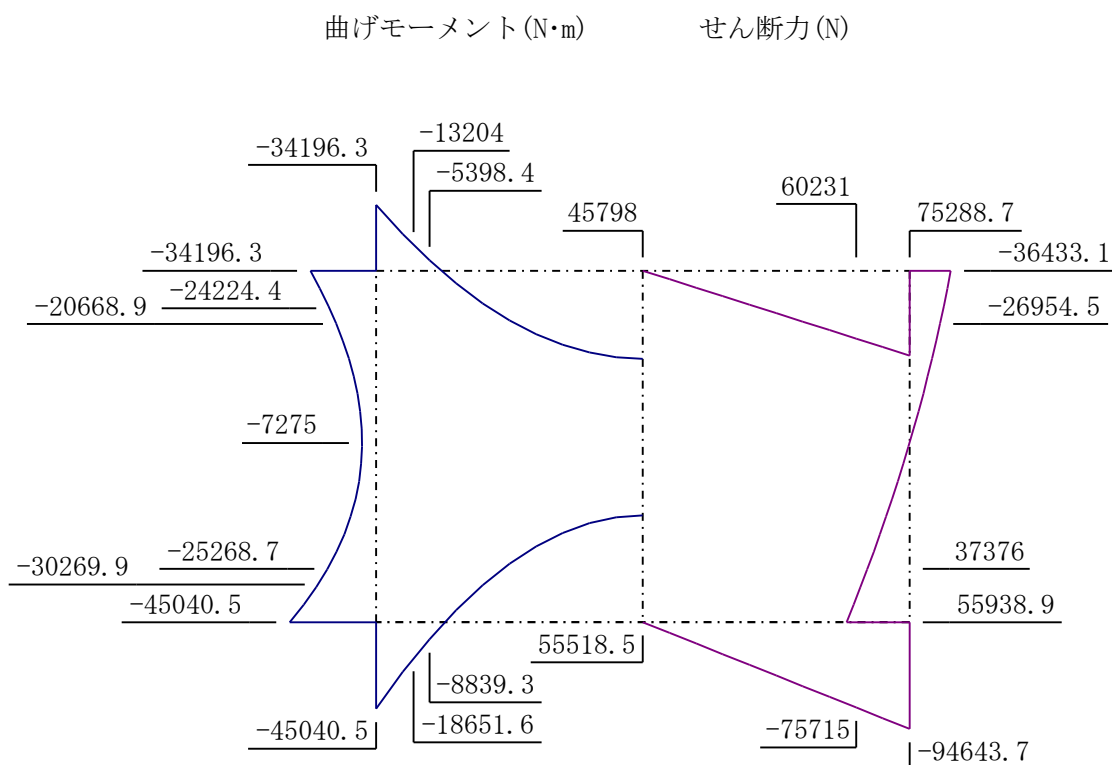
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	0.125	-50377	117834	31095
	2 ハチ始点	0.425	-16621	***	31095
	S2 τ 点	0.425	-3497	102777	31095
	1 中 央	2.125	85777	0	31095
底版	9, S9 端 部	0.125	-56568	137189	47277
	10 ハチ始点	0.425	-18317	***	47277
	S10 τ 点	0.425	-4093	109751	47277
	11 中 央	2.125	89195	0	47277
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-50377	-31095	117834
	5 上ハチ点	2.350	-41782	***	119908
	S5 上 τ 点	2.375	-38667	-23741	120772
	6 中 間	1.374	-26033	0	127691
	S7 下 τ 点	0.425	-40026	30839	134251
	7 下ハチ点	0.450	-44171	***	135116
	8, S8 下 端部	0.150	-56568	47277	137189



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

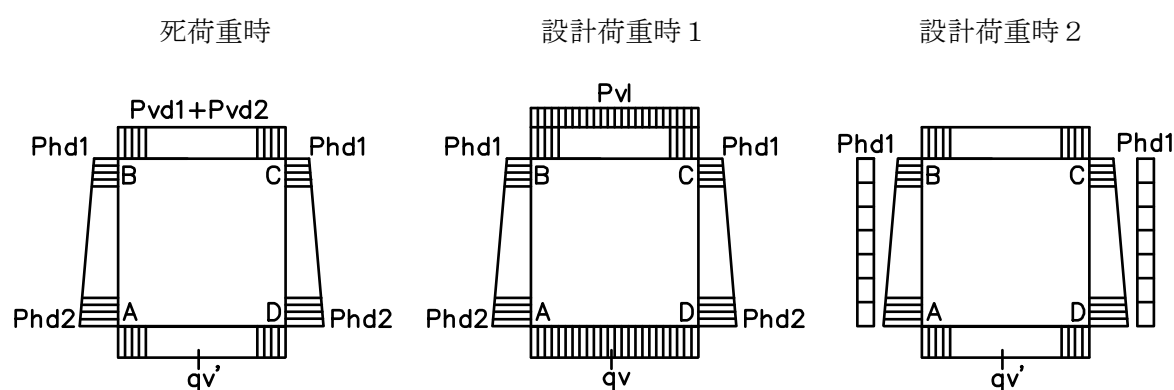
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-34196	75289	36433
	2 ハチ始点	0.425	-13204	***	36433
	S2 τ 点	0.425	-5398	60231	36433
	1 中 央	2.125	45798	0	36433
底版	9, S9 端 部	0.125	-45041	94644	55939
	10 ハチ始点	0.425	-18652	***	55939
	S10 τ 点	0.425	-8839	75715	55939
	11 中 央	2.125	55519	0	55939
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-34196	-36433	75289
	5 上ハチ点	2.350	-24224	***	77363
	S5 上 τ点	2.375	-20669	-26955	78227
	6 中 間	1.428	-7275	0	84773
	S7 下 τ点	0.425	-25269	37376	91706
	7 下ハチ点	0.450	-30270	***	92570
	8, S8 下 端部	0.150	-45041	55939	94644



3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

3.2.1 設計荷重

- (1) 頂版自重 $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧 $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H2 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧 $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅 $u = a + 2 \times H2 = 6.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H2 = 6.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / Bo$



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}	7.350	7.350	7.350
P_{vd2}	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.800	28.800	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.800
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	54.000	54.000	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	59.000
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	85.083	*****
$q_{v'}$	71.358	*****	71.358

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	1.1384	1.1384	1.1384
β	1.1384	1.1384	1.1384
N_1	3.1384	3.1384	3.1384
N_2	3.1384	3.1384	3.1384
CAD (kN・m/m)	107.409	128.067	107.409
CBC (kN・m/m)	93.699	114.357	93.699
CAB (kN・m/m)	28.694	28.694	31.961
CBA (kN・m/m)	25.402	25.402	28.668
θ_A	-35.632	-45.292	-34.105
θ_B	33.115	42.775	31.587
MAB (kN・m/m)	-66.844	-76.504	-68.583
MAD (kN・m/m)	66.844	76.504	68.583
MBA (kN・m/m)	55.999	65.660	57.739
MBC (kN・m/m)	-55.999	-65.660	-57.739

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。

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

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

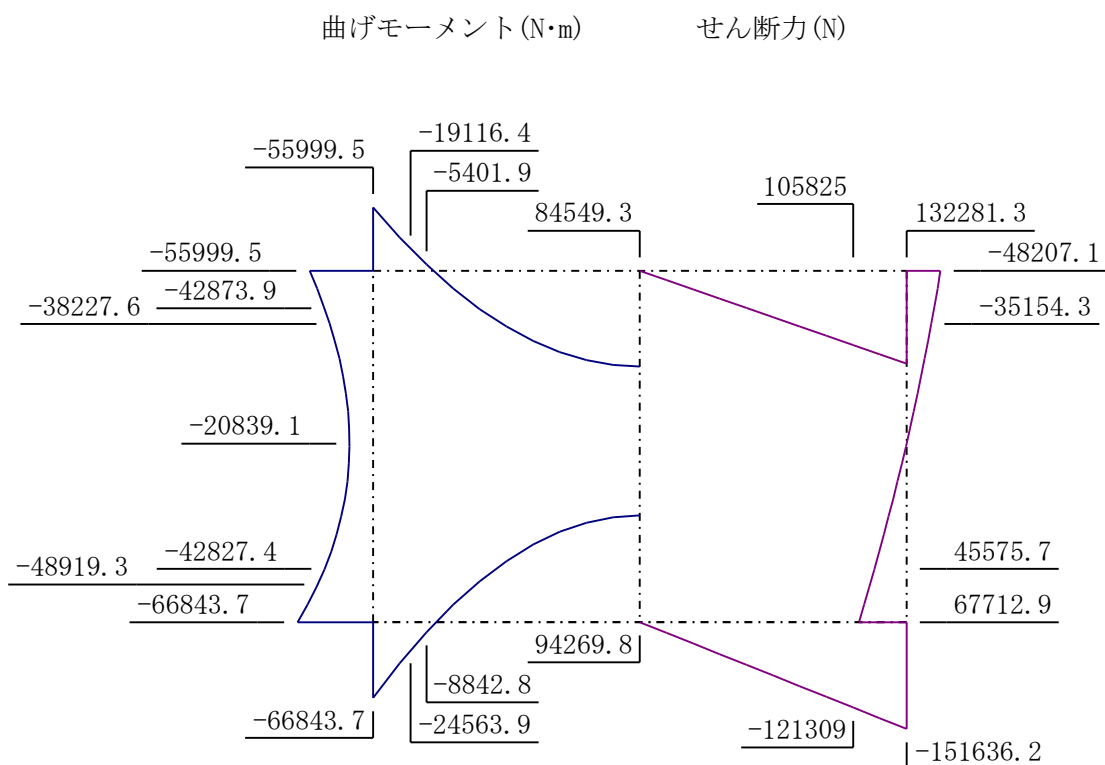
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	132.281	161.445	132.281
SCB (kN/m)	-132.281	-161.445	-132.281
Mmax (kN・m/m)	84.549	105.876	82.810
SAD (kN/m)	151.636	180.800	151.636
SDA (kN/m)	-151.636	-180.800	-151.636
Mmax (kN・m/m)	94.270	115.597	92.531
SAB (kN/m)	67.713	67.713	74.713
SBA (kN/m)	-48.207	-48.207	-55.207
x (m)	1.423	1.423	*****
	1.420	*****	1.420
Mmax (kN・m/m)	-20.839	-30.499	*****
Mmax (kN・m/m)	-20.839	*****	-17.679

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。

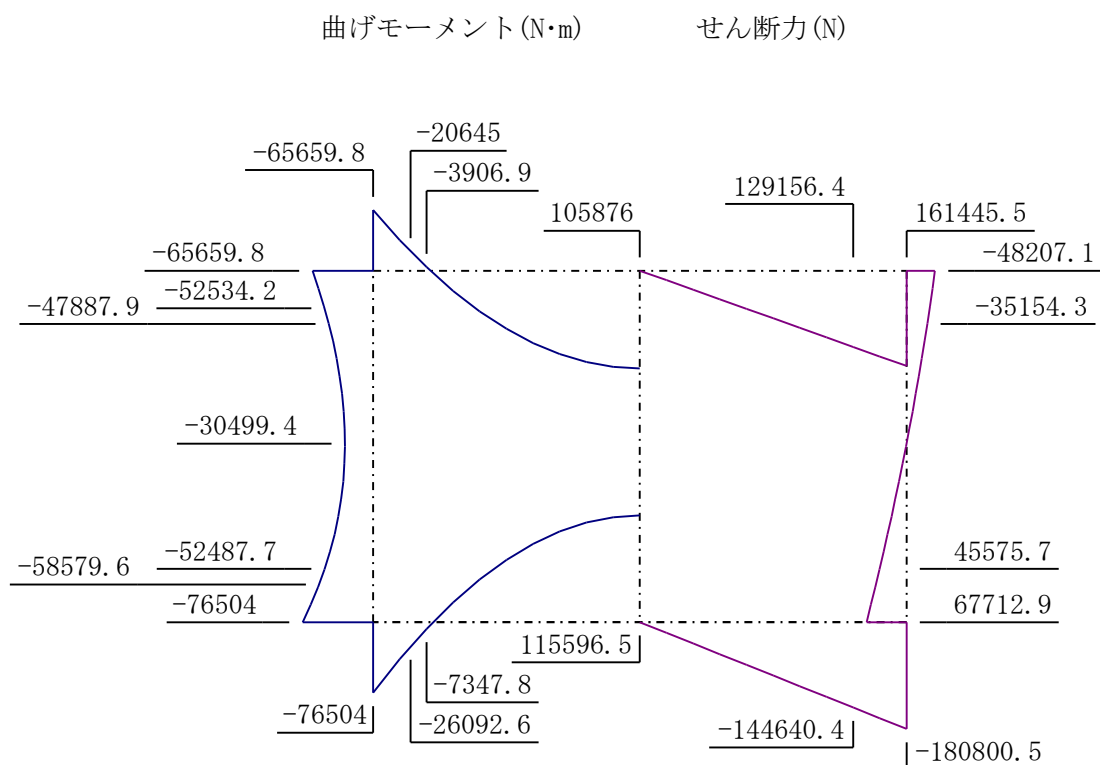
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	0.125	-56000	132281	48207
	2 ハッチ始点	0.425	-19116	***	48207
	S2 τ 点	0.425	-5402	105825	48207
	1 中 央	2.125	84549	0	48207
底版	9, S9 端 部	0.125	-66844	151636	67713
	10 ハッチ始点	0.425	-24564	***	67713
	S10 τ 点	0.425	-8843	121309	67713
	11 中 央	2.125	94270	0	67713
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-56000	-48207	132281
	5 上ハッチ点	2.350	-42874	***	134355
	S5 上 τ 点	2.375	-38228	-35154	135219
	6 中 間	1.423	-20839	*****	141800
		1.420	-20839	*****	141821
	S7 下 τ 点	0.425	-42827	45576	148698
	7 下ハッチ点	0.450	-48919	***	149563
	8, S8 下 端部	0.150	-66844	67713	151636



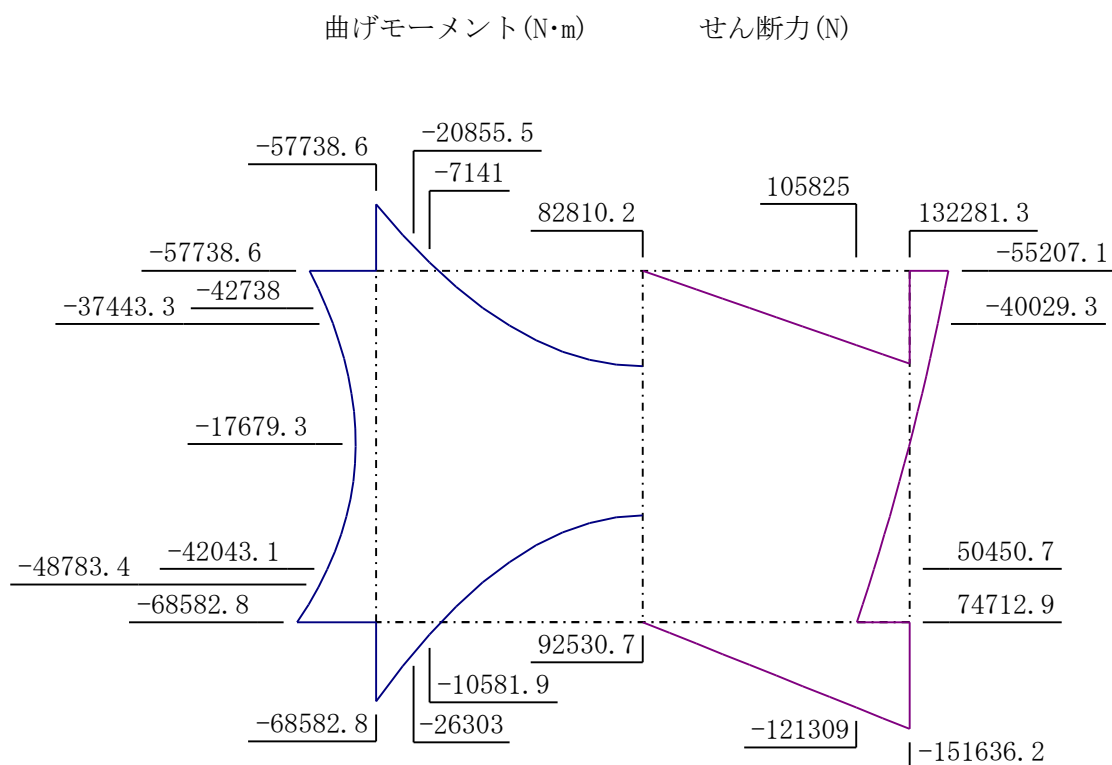
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	0.125	-65660	161446	48207
	2 ハチ始点	0.425	-20645	***	48207
	S2 τ 点	0.425	***	129156	***
	1 中 央	2.125	105876	0	48207
底版	9, S9 端 部	0.125	-76504	180801	67713
	10 ハチ始点	0.425	-26093	***	67713
	S10 τ 点	0.425	***	144640	***
	11 中 央	2.125	115597	0	67713
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-65660	-48207	161446
	5 上ハチ点	2.350	-52534	***	163519
	S5 上 τ点	2.375	***	-35154	***
	6 中 間	1.423	-30499	0	170964
	S7 下 τ点	0.425	***	45576	***
	7 下ハチ点	0.450	-58580	***	178727
	8, S8 下 端部	0.150	-76504	67713	180801



(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	0.125	-57739	132281	55207
	2 ハッチ始点	0.425	-20856	***	55207
	S2 τ 点	0.425	***	105825	***
	1 中 央	2.125	82810	0	55207
底版	9, S9 端 部	0.125	-68583	151636	74713
	10 ハッチ始点	0.425	-26303	***	74713
	S10 τ 点	0.425	***	121309	***
	11 中 央	2.125	92531	0	74713
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-57739	-55207	132281
	5 上ハッチ点	2.350	-42738	***	134355
	S5 上 τ 点	2.375	***	-40029	***
	6 中 間	1.420	-17679	0	141821
	S7 下 τ 点	0.425	***	50451	*****
	7 下ハッチ点	0.450	-48783	***	149563
	8, S8 下 端部	0.150	-68583	74713	151636



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P C鋼棒引張応力度	(kN)
	A_p : 1本当りのP C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P C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	: P C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P C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P C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P C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	: P C鋼棒偏心量	(cm)
I	: 断面二次モーメント	(cm ⁴)
$\Delta\sigma_{pr}$: P C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	: P C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

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

ここに、	Mu	: 破壊抵抗曲げモーメント	(kN・m)
	Ap	: P C鋼棒断面積	(cm 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	40.00	4000.0	533333.33	20.00	26666.67
ハチ始点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
τ 点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
中 央	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00

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 26	3.33	5.309	450000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	3.33	5.309	450000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	3.33	5.309	450000	-2.50	外 側
中 央	φ 26	3.33	5.309	450000	2.50	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	847.62	3.93	-0.26	92.84	25.43	729.35	0.860	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.21	119.69	25.43	702.50	0.829	3
τ 点	847.62	5.42	0.06	117.44	25.43	704.75	0.831	3
中 央	847.62	5.42	-0.94	102.69	25.43	719.50	0.849	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.93	-0.26	92.84	25.43	729.35	0.860	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.21	119.69	25.43	702.50	0.829	3
τ 点	847.62	5.42	0.06	117.44	25.43	704.75	0.831	3
中 央	847.62	5.42	-0.94	102.69	25.43	719.50	0.849	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	3.93	-0.26	92.84	25.43	729.35	0.860	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.21	119.69	25.43	702.50	0.829	4
τ 点	847.62	5.42	0.06	117.44	25.43	704.75	0.831	4
中 央	847.62	5.42	-0.94	102.69	25.43	719.50	0.849	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.93	-0.26	92.84	25.43	729.35	0.860	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.21	119.69	25.43	702.50	0.829	4
τ 点	847.62	5.42	0.06	117.44	25.43	704.75	0.831	4
中 央	847.62	5.42	-0.94	102.69	25.43	719.50	0.849	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	2.10	0.12	2.02	4.24	3
ハチ始点	1.27	0.16	6.22	7.65	3
中 央	5.64	0.16	2.12	7.92	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.10	0.12	4.44	2.46	3
ハチ始点	-1.27	0.16	2.07	0.96	3
中 央	-5.64	0.16	6.37	0.89	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.46	0.12	2.02	4.60	3
ハチ始点	1.39	0.18	6.22	7.79	4
中 央	7.06	0.16	2.12	9.34	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.46	0.12	4.44	2.10	3
ハチ始点	-1.39	0.18	2.07	0.87	4
中 央	-7.06	0.16	6.37	-0.53	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	
端 部	-88.641	1.28	5.50	7.5	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-28.155	0.44	8.34	1.5	0.0	0.000	0.000	4
中 央	142.933	-2.95	11.87	6.0	87.9	5.491	2.983	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	— 10	D 0	— 0	8.447 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 10	D 0	— 0	13.240 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	20000	48.207	161.446	1290.70	3.35	0.61	-0.106	3
τ 点	100.0	11250	48.207	129.156	1247.18	4.32	0.65	-0.095	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	-55.999	-9.660	-96.950	-111.622	-111.622	3
ハチ始点	-19.116	-1.739	-29.199	-35.454	-35.454	4
中 央	84.549	21.327	163.231	179.989	179.989	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	17.697	8.447	22.5	36.5	0.069	0.009	366.68	3.3	3
ハチ始点	17.697	8.447	12.5	26.5	0.069	0.016	200.06	5.6	4
中 央	17.697	13.240	17.5	26.5	0.069	0.012	307.06	1.7	3
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	40.00	4000.0	533333.33	20.00	26666.67
ハチ始点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
τ 点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
中 央	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00

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 26	3.33	5.309	450000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	3.33	5.309	450000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	3.33	5.309	450000	-2.50	外 側
中 央	φ 26	3.33	5.309	450000	2.50	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	847.62	3.93	-0.31	92.08	25.43	730.11	0.861	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.27	120.58	25.43	701.61	0.828	3
τ 点	847.62	5.42	0.10	118.00	25.43	704.18	0.831	3
中 央	847.62	5.42	-1.05	101.09	25.43	721.09	0.851	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.93	-0.31	92.08	25.43	730.11	0.861	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.27	120.58	25.43	701.61	0.828	3
τ 点	847.62	5.42	0.10	118.00	25.43	704.18	0.831	3
中 央	847.62	5.42	-1.05	101.09	25.43	721.09	0.851	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	3.93	-0.31	92.07	25.43	730.11	0.861	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.27	120.58	25.43	701.61	0.828	4
τ 点	847.62	5.42	0.10	118.00	25.43	704.19	0.831	4
中 央	847.62	5.42	-1.05	101.09	25.43	721.10	0.851	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.93	-0.31	92.07	25.43	730.11	0.861	3
ハチ始点	847.62	5.42	0.27	120.58	25.43	701.61	0.828	4
τ 点	847.62	5.42	0.10	118.00	25.43	704.19	0.831	4
中 央	847.62	5.42	-1.05	101.09	25.43	721.10	0.851	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	2.51	0.17	2.02	4.69	3
ハチ始点	1.64	0.23	6.21	8.07	3
中 央	6.28	0.23	2.13	8.64	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.51	0.17	4.44	2.10	3
ハチ始点	-1.64	0.23	2.07	0.66	3
中 央	-6.28	0.23	6.38	0.32	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.87	0.17	2.02	5.06	3
ハチ始点	1.75	0.25	6.21	8.21	4
中 央	7.71	0.23	2.13	10.06	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.87	0.17	4.44	1.74	3
ハチ始点	-1.75	0.25	2.07	0.56	4
中 央	-7.71	0.23	6.38	-1.10	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	-103.280	0.80	6.12	4.6	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-35.509	0.04	8.91	0.1	0.0	0.000	0.000	4
中 央	156.055	-3.72	12.84	6.7	125.3	7.831	3.369	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	— 10	D 0	— 0	8.447 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 10	D 0	— 0	13.240 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	20000	67.713	180.800	1292.06	3.40	0.68	-0.130	3
τ 点	100.0	11250	67.713	144.640	1246.17	4.38	0.72	-0.116	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	-66.844	-9.660	-111.048	-130.057	-130.057	3
ハッチ始点	-24.564	-1.739	-36.281	-44.715	-44.715	4
中 央	94.270	21.327	175.867	196.514	196.514	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	17.697	8.447	22.5	36.5	0.069	0.009	366.68	2.8	3
ハッチ始点	17.697	8.447	12.5	26.5	0.069	0.016	200.06	4.5	4
中 央	17.697	13.240	17.5	26.5	0.069	0.012	307.06	1.6	3
Ppb > Ppd Sf > 1.0						CHECK OK			

6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[/単位長]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-65.660	161.446	40.67	14.00	88.262	3
	上ハチ点	-52.534	163.519	32.13	9.00	67.251	3
側壁	中 間	-30.499	170.964	17.84	9.00	45.886	3
	下ハチ点	-58.580	178.727	32.78	9.00	74.665	3
	下端部	-76.504	180.800	42.31	14.00	101.816	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	88.262	16.55	20.05	35.00	9.737
	上ハチ点	67.251	14.45	17.95	25.00	12.573
側壁	中 間	45.886	11.94	15.44	25.00	4.510
	下ハチ点	74.665	15.22	18.72	25.00	14.309
	下端部	101.816	17.78	21.28	35.00	11.757
				$d + d' < T$	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 19 - 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	19.100	14.022	4.69	87.7	0.0
	上ハチ点	100.00	19.100	10.556	7.09	110.2	0.0
	中間	100.00	19.100	12.270	4.30	48.5	0.0
	下ハチ点	100.00	19.100	10.515	7.89	123.7	0.0
	下端部	100.00	19.100	13.891	5.46	103.7	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	102.776	60.231	129.156	105.825				
	M			-3.907					
	N			48.207					
	最大			○					
底版 τ点	S	109.751	75.715	144.640	121.309				
	M			-7.348					
	N			67.713					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-23.741	-26.954	-35.154	-40.029				
	M				-37.443				
	N				135.219				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	30.839	37.376	45.576	50.451				
	M				-42.043				
	N				148.698				
	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(C_e)をτ_a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(C _e)	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(C_{pt})をτ_a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 b d 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(C _{pt})	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	30.0	3.5	26.5	1.400	D13-6.7	8.447	0.319	1.019
底版 τ 点	30.0	3.5	26.5	1.400	D13-6.7	8.447	0.319	1.019
側壁上 τ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D19-6.7	19.100	0.855	1.413
側壁下 τ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D19-6.7	19.100	0.855	1.413

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	-3.907	1247.2	48.207	0.300	0.01500	-0.03	39.826	2.000
底版 τ 点	-7.348	1246.2	67.713	0.300	0.01500	-0.03	40.772	2.000
側壁上 τ 点	-37.443	0.0	135.219	0.258	0.01108	0.00	5.807	1.155
側壁下 τ 点	-42.043	0.0	148.698	0.258	0.01108	0.00	6.386	1.152

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	1.019	2.000	0.770
底版 τ 点	0.270	1.400	1.019	2.000	0.770
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.413	1.155	0.617
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.413	1.152	0.615

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	129.156	26.5	0.487	0.770
底版 τ 点	144.640	26.5	0.546	0.770
側壁上 τ 点	40.029	22.3	0.179	0.617
側壁下 τ 点	50.451	22.3	0.226	0.615

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上