

受付 No.

台帳 No. KL408003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 2200 mm
内 高 (H) 2200 mm
長 さ (L) 2000 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) 2200 × (H) 2200 × (L) 2000 [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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

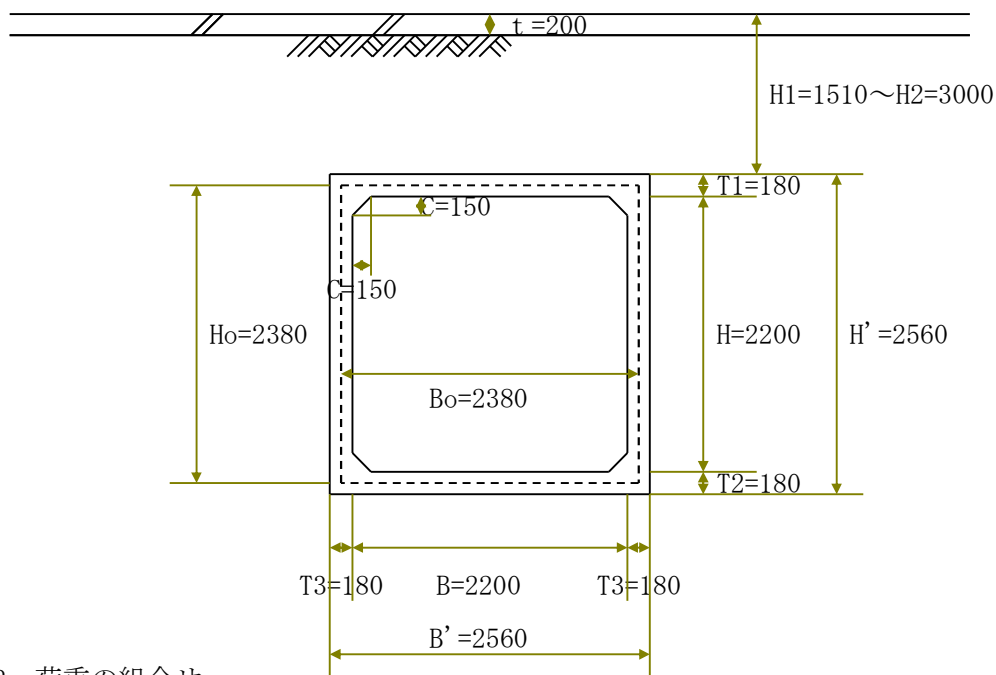
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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	$\phi 23$	$\phi 23$	*****	(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



1. 12 荷重の組合せ



[荷重 CASE]

CASE 1, 3, 5, 7 は、荷重がカルバート上載の場合

CASE 2, 4, 6, 8 は、荷重がカルバート側載の場合

また

CASE 1, 2, 5, 6 は、土被り H1 の場合

CASE 3, 4, 7, 8 は、土被り H2 の場合

また

CASE 1, 2, 3, 4 は、地下水の影響が無い場合

CASE 5, 6, 7, 8 は、地下水の影響が有る場合

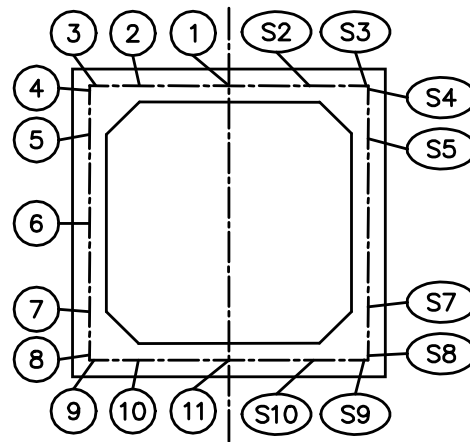
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

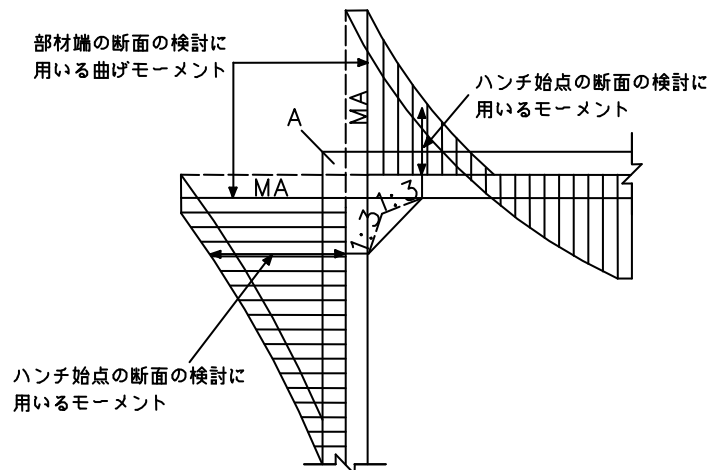
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

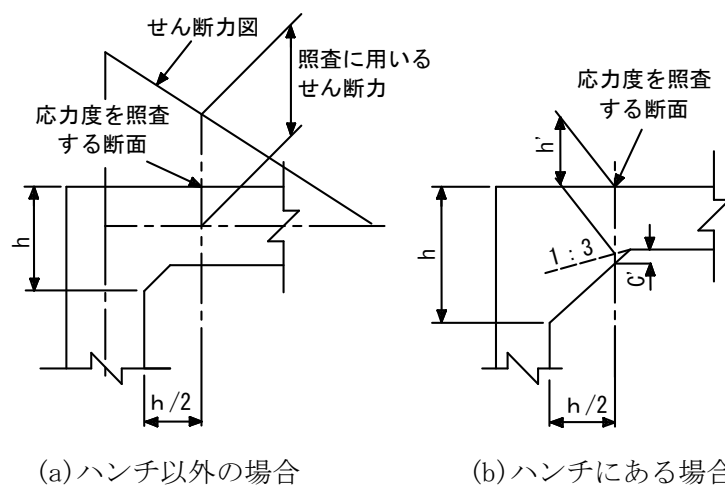
せん断力



1) 断面検討用曲げモーメント



2) せん断力に対する照査



b) について

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

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

3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

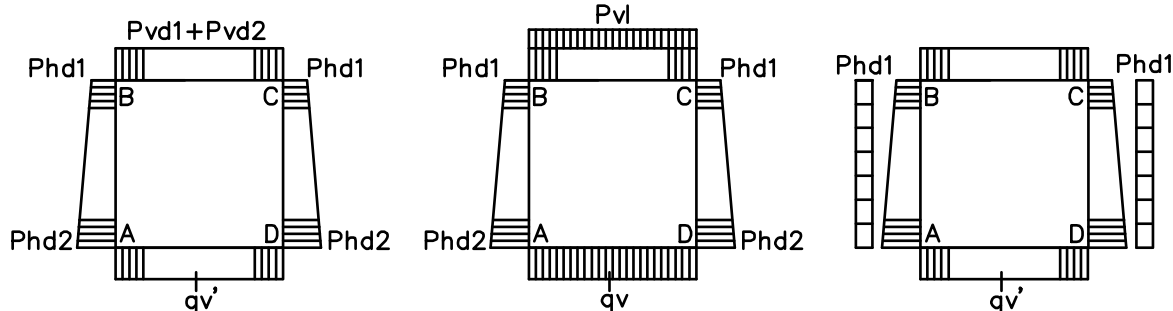
3.1.1 設計荷重

- | | | |
|-----------|--|------------------------|
| (1) 頂版自重 | $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$ | |
| (2) 鉛直土圧 | $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - t_b) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b \}$ | |
| (3) 水平土圧 | $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b + \gamma_s \times (H1 - t - t_b + T1/2) \}$ | |
| | $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b + \gamma_s \times (H1 - t - t_b + T1/2 + H_o) \}$ | |
| (4) 載 荷 重 | $P_q = K_a \times Q$ | |
| (5) 活荷重 | 輪分布幅 $u = a + 2 \times H1$ | $= 3.220 \text{ m}$ |
| | $v = b + 2 \times H1$ | $= 3.520 \text{ m}$ |
| | $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta$ | $= 117.000 \text{ kN}$ |
| | $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$ | |
| (6) 底版反力 | $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) / B_o$ | |

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重 2

	(kN/m ²)	CASE-1 (kN/m ²)	CASE-2 (kN/m ²)
P _{vd1}	4.410	4.410	4.410
P _{vd2}	28.080	28.080	28.080
Phd1 = Phd1	14.850	14.850	*****
Phd1 = Phd1 + P _q	*****	*****	19.850
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + P _q	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + P _q	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	36.270	36.270	*****
Phd2 = Phd2 + P _q	*****	*****	41.270
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
P _{v1}	0.000	26.426	0.000
q _v	*****	68.199	*****
q _v '	41.773	*****	41.773

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

3.1.2 構造解析

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \text{ラーメン係数} \quad \alpha &= (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 \beta &= (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 N1 &= 2 + \alpha \\
 N2 &= 2 + \beta
 \end{aligned}$$

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

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、 $P_{vl} = 0$

注3) $P_{hd1} \sim P_{hd5}$ は、水平荷重（設計荷重参照）

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

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
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)	19.718	32.192	19.718
CBC (kN・m/m)	15.336	27.810	15.336
CAB (kN・m/m)	13.076	13.076	15.436
CBA (kN・m/m)	11.054	11.054	13.414
θ_A	-3.026	-9.263	-1.846
θ_B	2.436	8.673	1.256
MAB (kN・m/m)	-16.692	-22.929	-17.872
MAD (kN・m/m)	16.692	22.929	17.872
MBA (kN・m/m)	12.900	19.137	14.080
MBC (kN・m/m)	-12.900	-19.137	-14.080

3.1.3 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

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

(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。

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

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

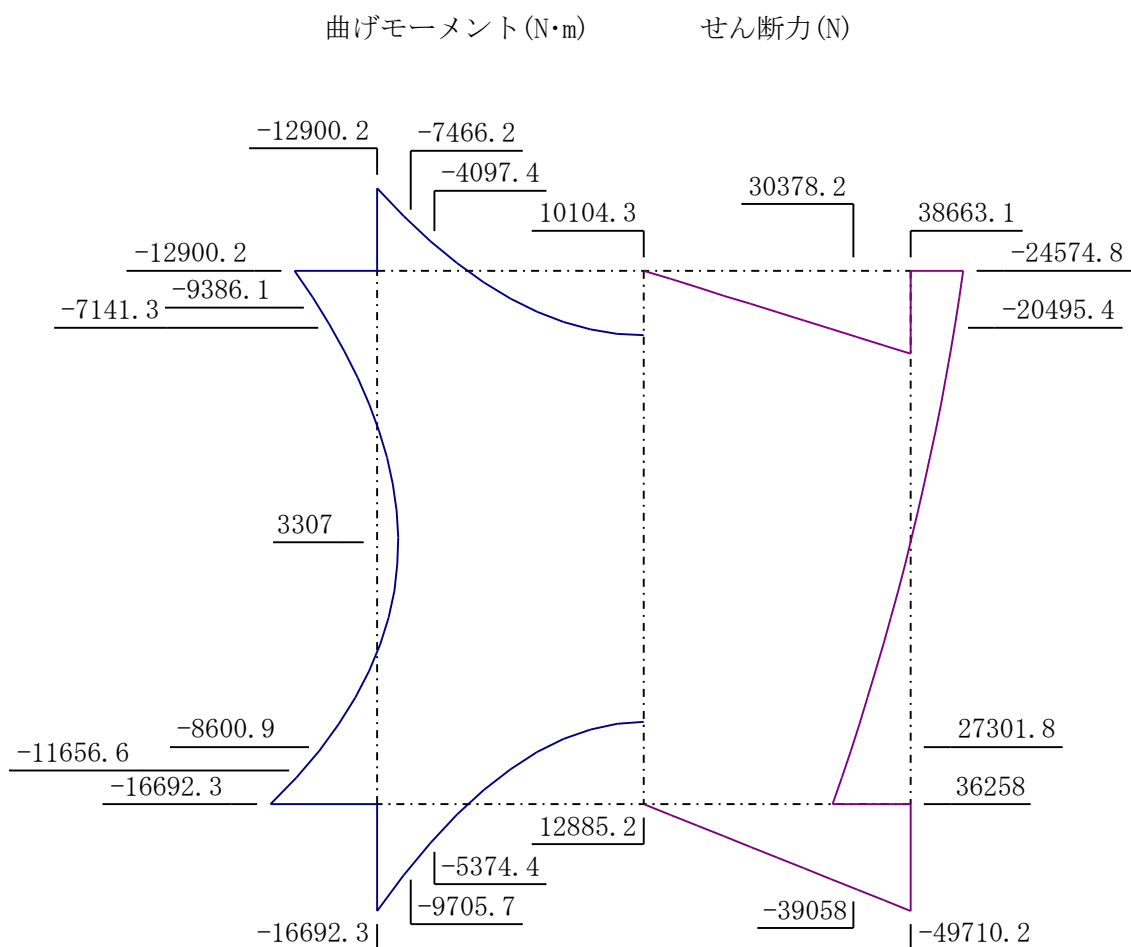
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	38.663	70.110	38.663
SCB	(kN/m)	-38.663	-70.110	-38.663
Mmax	(kN・m/m)	10.104	22.578	8.924
SAD	(kN/m)	49.710	81.157	49.710
SDA	(kN/m)	-49.710	-81.157	-49.710
Mmax	(kN・m/m)	12.885	25.359	11.705
SAB	(kN/m)	36.258	36.258	42.208
SBA	(kN/m)	-24.575	-24.575	-30.525
x	(m)	1.169	1.169	*****
		1.173	*****	1.173
Mmax	(kN・m/m)	3.307	-2.930	*****
Mmax	(kN・m/m)	3.307	*****	5.666

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。

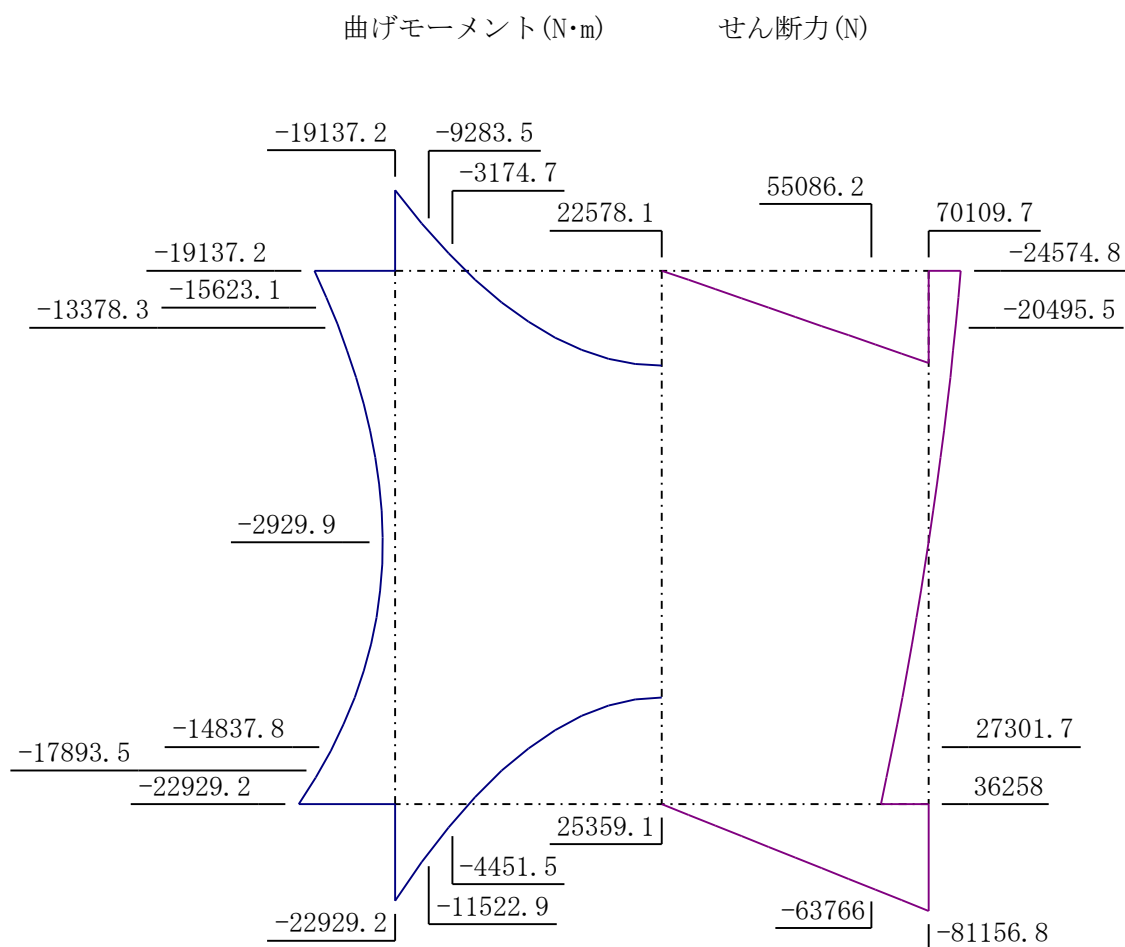
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

[/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	0.090	-12900	38663	24575
	2 ハチ始点	0.240	-7466	***	24575
	S2 τ 点	0.255	-4097	30378	24575
	1 中 央	1.190	10104	0	24575
底版	9, S9 端 部	0.090	-16692	49710	36258
	10 ハチ始点	0.240	-9706	***	36258
	S10 τ 点	0.255	-5374	39058	36258
	11 中 央	1.190	12885	0	36258
側壁	4, S4 上 端部	2.290	-12900	-24575	38663
	5 上ハチ点	2.140	-9386	***	39359
	S5 上 τ点	2.125	-7141	-20495	39847
	6 中 間	1.169	3307	*****	44284
		1.173	3307	*****	44266
	S7 下 τ点	0.255	-8601	27302	48527
	7 下ハチ点	0.240	-11657	***	49014
	8, S8 下 端部	0.090	-16692	36258	49710



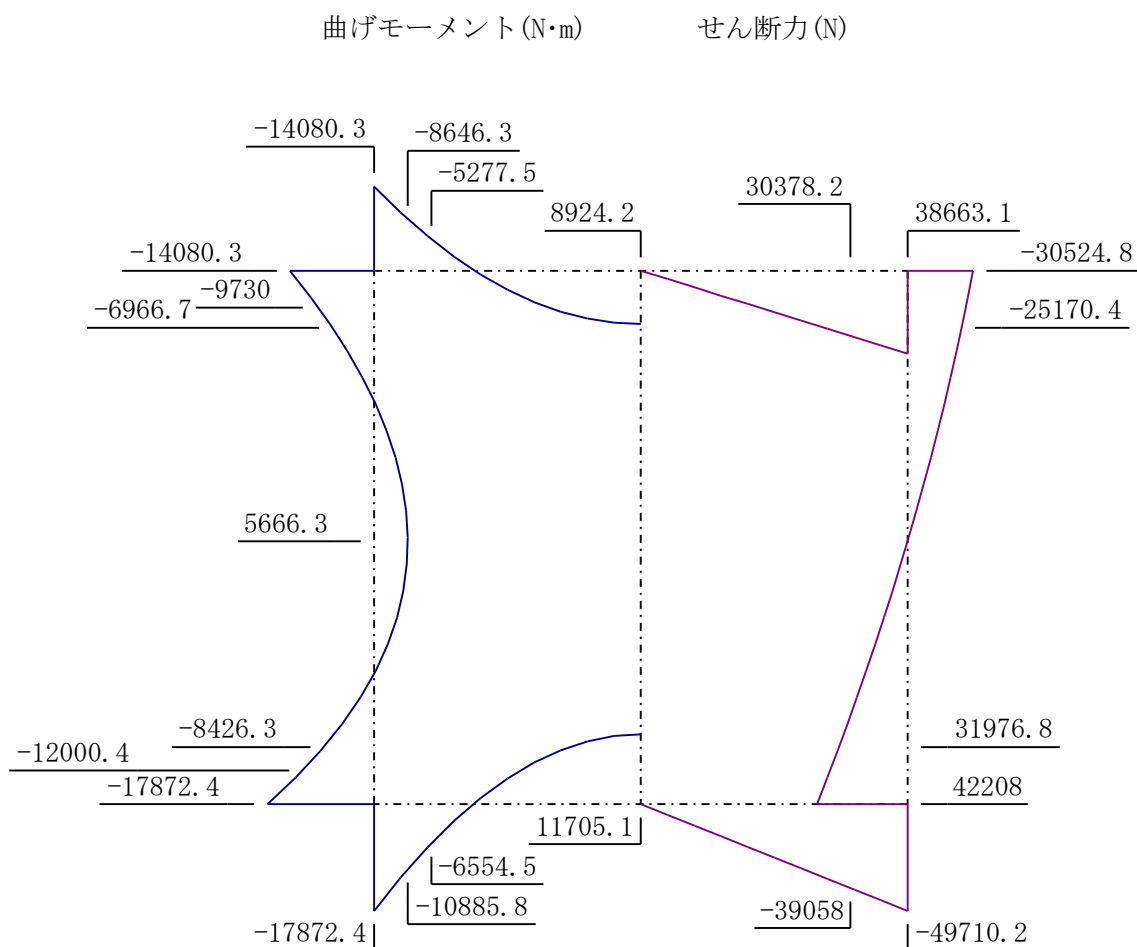
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	0.090	-19137	70110	24575
	2 ハチ始点	0.240	-9284	***	24575
	S2 τ 点	0.255	-3175	55086	24575
	1 中 央	1.190	22578	0	24575
底版	9, S9 端 部	0.090	-22929	81157	36258
	10 ハチ始点	0.240	-11523	***	36258
	S10 τ 点	0.255	-4452	63766	36258
	11 中 央	1.190	25359	0	36258
側壁	4, S4 上 端部	2.290	-19137	-24575	70110
	5 上ハチ点	2.140	-15623	***	70806
	S5 上 τ 点	2.125	-13378	-20496	71293
	6 中 間	1.169	-2930	0	75731
	S7 下 τ 点	0.255	-14838	27302	79973
	7 下ハチ点	0.240	-17894	***	80461
	8, S8 下 端部	0.090	-22929	36258	81157



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

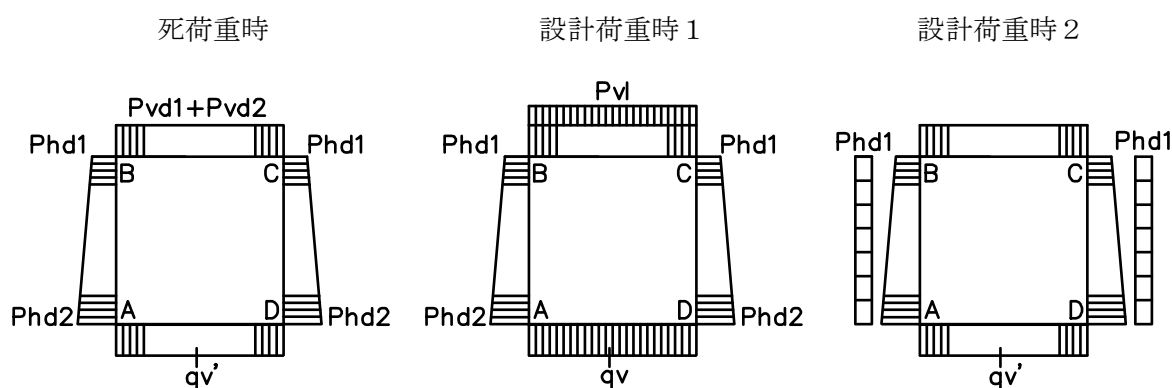
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.090	-14080	38663	30525
	2 ハチ始点	0.240	-8646	***	30525
	S2 τ 点	0.255	-5278	30378	30525
	1 中 央	1.190	8924	0	30525
底板	9, S9 端 部	0.090	-17872	49710	42208
	10 ハチ始点	0.240	-10886	***	42208
	S10 τ 点	0.255	-6555	39058	42208
	11 中 央	1.190	11705	0	42208
側壁	4, S4 上 端部	2.290	-14080	-30525	38663
	5 上ハチ点	2.140	-9730	***	39359
	S5 上 τ 点	2.125	-6967	-25170	39847
	6 中 間	1.173	5666	0	44266
	S7 下 τ 点	0.255	-8426	31977	48527
	7 下ハチ点	0.240	-12000	***	49014
	8, S8 下 端部	0.090	-17872	42208	49710



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



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}	4.410	4.410	4.410
P_{vd2}	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.260	28.260	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.260
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	49.680	49.680	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	54.680
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	82.318	*****
$q_{v'}$	68.593	*****	68.593

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)	32.378	38.857	32.378
CBC (kN・m/m)	27.996	34.475	27.996
CAB (kN・m/m)	19.406	19.406	21.766
CBA (kN・m/m)	17.384	17.384	19.744
θ_A	-6.191	-9.430	-5.011
θ_B	5.601	8.840	4.421
MAB (kN・m/m)	-26.187	-29.426	-27.367
MAD (kN・m/m)	26.187	29.426	27.367
MBA (kN・m/m)	22.395	25.634	23.575
MBC (kN・m/m)	-22.395	-25.634	-23.575

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。

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

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

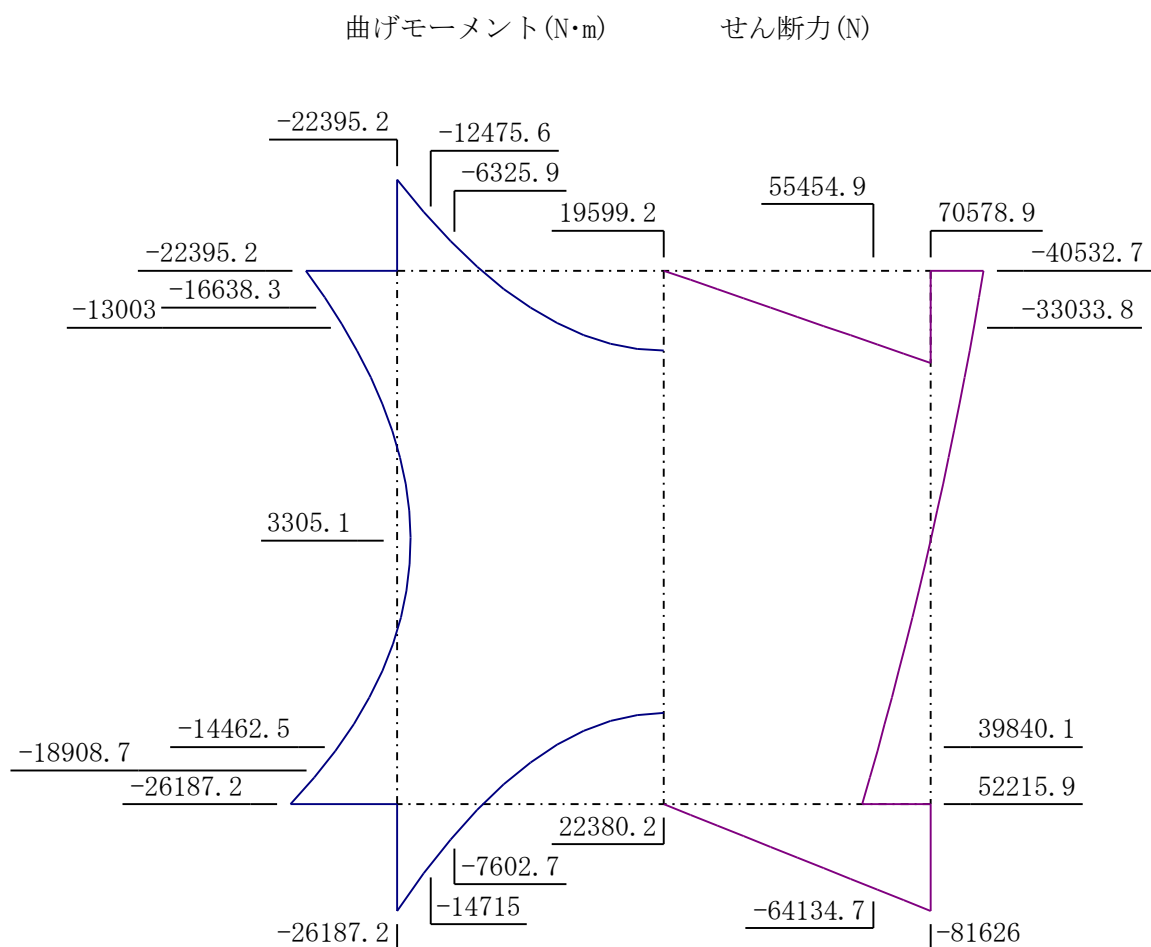
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	70.579	86.911	70.579
SCB (kN/m)	-70.579	-86.911	-70.579
Mmax (kN・m/m)	19.599	26.078	18.419
SAD (kN/m)	81.626	97.958	81.626
SDA (kN/m)	-81.626	-97.958	-81.626
Mmax (kN・m/m)	22.380	28.859	21.200
SAB (kN/m)	52.216	52.216	58.166
SBA (kN/m)	-40.533	-40.533	-46.483
x (m)	1.176	1.176	*****
	1.178	*****	1.178
Mmax (kN・m/m)	3.305	0.066	*****
Mmax (kN・m/m)	3.305	*****	5.665

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。

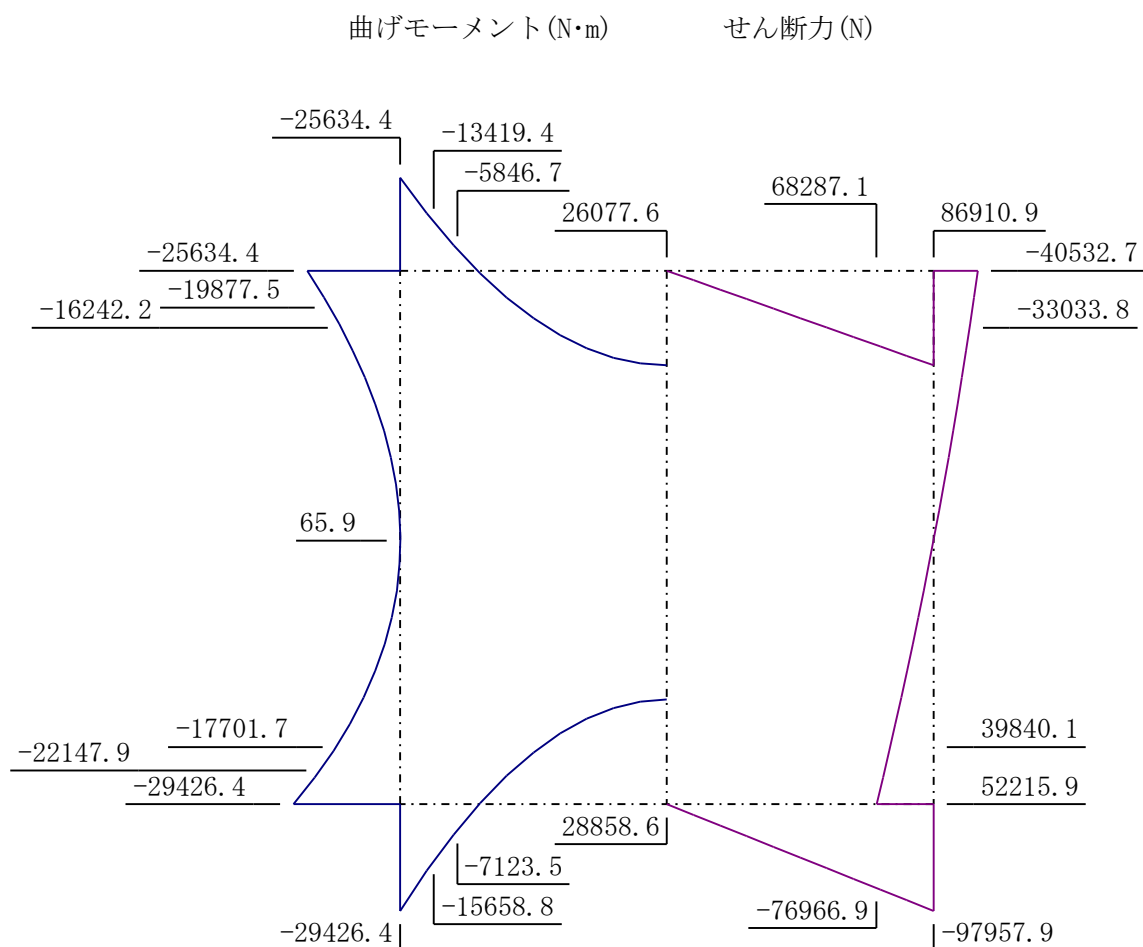
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	0.090	-22395	70579	40533
	2 ハッチ始点	0.240	-12476	***	40533
	S2 τ 点	0.255	-6326	55455	40533
	1 中 央	1.190	19599	0	40533
底版	9, S9 端 部	0.090	-26187	81626	52216
	10 ハッチ始点	0.240	-14715	***	52216
	S10 τ 点	0.255	-7603	64135	52216
	11 中 央	1.190	22380	0	52216
側壁	4, S4 上 端部	2.290	-22395	-40533	70579
	5 上ハッチ点	2.140	-16638	***	71275
	S5 上 τ 点	2.125	-13003	-33034	71763
	6 中 間	1.176	3305	*****	76167
		1.178	3305	*****	76158
	S7 下 τ 点	0.255	-14463	39840	80442
	7 下ハッチ点	0.240	-18909	***	80930
	8, S8 下 端部	0.090	-26187	52216	81626



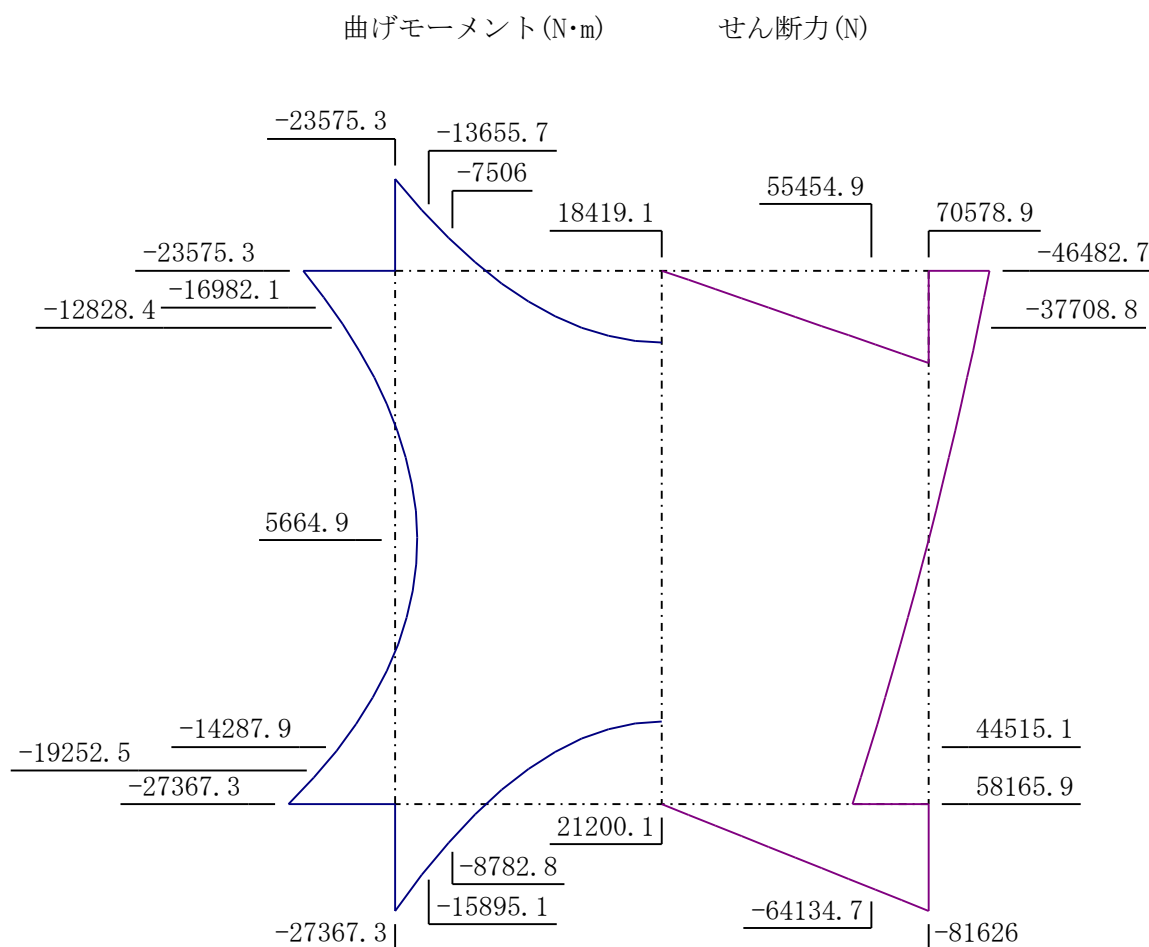
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	0.090	-25634	86911	40533
	2 ハチ始点	0.240	-13419	***	40533
	S2 τ 点	0.255	***	68287	***
	1 中 央	1.190	26078	0	40533
底版	9, S9 端 部	0.090	-29426	97958	52216
	10 ハチ始点	0.240	-15659	***	52216
	S10 τ 点	0.255	***	76967	***
	11 中 央	1.190	28859	0	52216
側壁	4, S4 上 端部	2.290	-25634	-40533	86911
	5 上ハチ点	2.140	-19878	***	87607
	S5 上 τ点	2.125	***	-33034	***
	6 中 間	1.176	66	0	92499
	S7 下 τ点	0.255	***	39840	***
	7 下ハチ点	0.240	-22148	***	97262
	8, S8 下 端部	0.090	-29426	52216	97958



(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	0.090	-23575	70579	46483
	2 ハッチ始点	0.240	-13656	***	46483
	S2 τ 点	0.255	***	55455	***
	1 中 央	1.190	18419	0	46483
底板	9, S9 端 部	0.090	-27367	81626	58166
	10 ハッチ始点	0.240	-15895	***	58166
	S10 τ 点	0.255	***	64135	***
	11 中 央	1.190	21200	0	58166
側壁	4, S4 上 端部	2.290	-23575	-46483	70579
	5 上ハッチ点	2.140	-16982	***	71275
	S5 上 τ 点	2.125	***	-37709	***
	6 中 間	1.178	5665	0	76158
	S7 下 τ 点	0.255	***	44515	*****
	7 下ハッチ点	0.240	-19253	***	80930
	8, S8 下 端部	0.090	-27367	58166	81626



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

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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	23.00	2300.0	101391.67	11.50	8816.67
ハチ始点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
τ 点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
中 央	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00

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 23	2.50	4.155	350000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 23	2.50	4.155	350000	-0.50	外 側
τ 点	φ 23	2.50	4.155	350000	-0.50	外 側
中 央	φ 23	2.50	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	4.15	-0.44	93.14	25.27	723.95	0.859	3
ハチ始点	842.36	4.91	0.13	111.75	25.27	705.34	0.837	3
τ 点	842.36	4.91	0.07	110.81	25.27	706.28	0.838	3
中 央	842.36	4.91	-0.20	106.85	25.27	710.24	0.843	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.15	-0.44	93.14	25.27	723.95	0.859	3
ハチ始点	842.36	4.91	0.13	111.75	25.27	705.34	0.837	3
τ 点	842.36	4.91	0.07	110.81	25.27	706.28	0.838	3
中 央	842.36	4.91	-0.20	106.85	25.27	710.24	0.843	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.15	-0.44	93.14	25.27	723.95	0.859	3
ハチ始点	842.36	4.91	0.13	111.75	25.27	705.33	0.837	4
τ 点	842.36	4.91	0.07	110.81	25.27	706.28	0.838	4
中 央	842.36	4.91	-0.20	106.85	25.27	710.24	0.843	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.15	-0.44	93.14	25.27	723.95	0.859	3
ハチ始点	842.36	4.91	0.13	111.75	25.27	705.33	0.837	4
τ 点	842.36	4.91	0.07	110.81	25.27	706.28	0.838	4
中 央	842.36	4.91	-0.20	106.85	25.27	710.24	0.843	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	2.54	0.18	1.56	4.28	3
ハチ始点	2.31	0.23	4.75	7.28	3
中 央	3.63	0.23	3.42	7.27	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.54	0.18	4.98	2.61	3
ハチ始点	-2.31	0.23	3.39	1.31	3
中 央	-3.63	0.23	4.78	1.38	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.91	0.18	1.56	4.65	3
ハチ始点	2.53	0.26	4.75	7.54	4
中 央	4.83	0.23	3.42	8.47	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.91	0.18	4.98	2.24	3
ハチ始点	-2.53	0.26	3.39	1.12	4
中 央	-4.83	0.23	4.78	0.18	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	-34.606	1.29	5.73	4.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-18.435	0.33	8.51	0.7	0.0	0.000	0.000	4
中 央	35.205	-1.43	10.24	2.2	15.8	0.990	1.105	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 10	D 0	— 0	3.567 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 10	D 0	— 0	6.335 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	6612	40.533	86.911	752.00	3.45	0.57	-0.091	3
τ 点	100.0	4050	40.533	68.287	733.64	4.30	0.57	-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	-22.395	-3.239	-37.212	-43.578	-43.578	3
ハッチ始点	-12.476	-1.180	-19.169	-23.215	-23.215	4
中 央	19.599	6.478	41.675	44.332	44.332	3

位 置	Ap (cm ² /m)	As (cm ² /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	10.387	3.567	13.5	19.5	0.069	0.008	118.11	2.7	3
ハッチ始点	10.387	3.567	8.5	14.5	0.069	0.013	71.26	3.1	4
中 央	10.387	6.335	9.5	14.5	0.069	0.013	91.07	2.1	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	23.00	2300.0	101391.67	11.50	8816.67
ハチ始点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
τ 点	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00
中 央	100.00	18.00	1800.0	48600.00	9.00	5400.00

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 23	2.50	4.155	350000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 23	2.50	4.155	350000	-0.50	外 側
τ 点	φ 23	2.50	4.155	350000	-0.50	外 側
中 央	φ 23	2.50	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	4.15	-0.52	92.02	25.27	725.07	0.861	3
ハチ始点	842.36	4.91	0.15	112.10	25.27	704.99	0.837	3
τ 点	842.36	4.91	0.08	111.01	25.27	706.08	0.838	3
中 央	842.36	4.91	-0.23	106.42	25.27	710.67	0.844	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.15	-0.52	92.02	25.27	725.07	0.861	3
ハチ始点	842.36	4.91	0.15	112.10	25.27	704.99	0.837	3
τ 点	842.36	4.91	0.08	111.01	25.27	706.08	0.838	3
中 央	842.36	4.91	-0.23	106.42	25.27	710.67	0.844	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.15	-0.52	92.02	25.27	725.07	0.861	3
ハチ始点	842.36	4.91	0.15	112.10	25.27	704.99	0.837	4
τ 点	842.36	4.91	0.08	111.01	25.27	706.08	0.838	4
中 央	842.36	4.91	-0.23	106.42	25.27	710.67	0.844	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.15	-0.52	92.02	25.27	725.07	0.861	3
ハチ始点	842.36	4.91	0.15	112.10	25.27	704.99	0.837	4
τ 点	842.36	4.91	0.08	111.01	25.27	706.08	0.838	4
中 央	842.36	4.91	-0.23	106.42	25.27	710.67	0.844	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	2.97	0.23	1.57	4.76	3
ハチ始点	2.73	0.29	4.75	7.76	3
中 央	4.14	0.29	3.42	7.85	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.97	0.23	4.98	2.24	3
ハチ始点	-2.73	0.29	3.39	0.96	3
中 央	-4.14	0.29	4.78	0.93	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.34	0.23	1.57	5.13	3
ハチ始点	2.94	0.32	4.75	8.01	4
中 央	5.34	0.29	3.42	9.05	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.34	0.23	4.98	1.87	3
ハチ始点	-2.94	0.32	3.39	0.77	4
中 央	-5.34	0.29	4.78	-0.27	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)	T _c (kN)	引張鉄筋量		ケース
		外側 (N/mm ²)	内側 (N/mm ²)			A _{s1} (cm ² /m)	A _{s2}	
端 部	-39.726	0.78	6.38	2.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-21.458	-0.15	9.16	0.3	0.2	0.013	0.142	4
中 央	38.959	-2.04	11.02	2.8	28.6	1.789	1.404	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 10	D 0	— 0	3.567 cm ² /m	> A _{s1} or A _{s2}
内 側	D 16	— 5	D 13	— 5	8.133 cm ² /m	> A _{s1} or A _{s2}

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)	P _e (kN)	σ _c '	τ (N/mm ²)	σ _i	ケース
端 部	100.0	6612	52.216	97.958	753.16	3.50	0.64	-0.113	3
τ 点	100.0	4050	52.216	76.967	733.44	4.36	0.64	-0.092	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)	M _d (kN・m)	ケース
端 部	-26.187	-3.239	-42.141	-50.025	-50.025	3
ハッチ始点	-14.715	-1.180	-22.080	-27.022	-27.022	4
中 央	22.380	6.478	45.290	49.060	49.060	3

位 置	A _p (cm ² /m)	A _s (cm ² /m)	d _p (cm)	d _s (cm)	P _{pb}	P _{pd}	M _u (kN・m)	S _f	ケース
端 部	10.387	3.567	13.5	19.5	0.069	0.008	118.11	2.4	3
ハッチ始点	10.387	3.567	8.5	14.5	0.069	0.013	71.26	2.6	4
中 央	10.387	8.133	9.5	14.5	0.069	0.013	98.42	2.0	3
P _{pb} > P _{pd} S _f > 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	-25.634	86.911	29.50	8.00	32.587	3
	上ハチ点	-19.878	87.607	22.69	5.50	24.696	3
側壁	中 間	5.666	44.266	12.80	5.50	8.101	2
	下ハチ点	-22.148	97.262	22.77	5.50	27.497	3
	下端部	-29.426	97.958	30.04	8.00	37.263	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	32.587	10.06	13.56	23.00	6.369
	上ハチ点	24.696	8.76	12.26	18.00	6.771
側壁	中 間	8.101	5.01	8.51	18.00	1.034
	下ハチ点	27.497	9.24	12.74	18.00	7.647
	下端部	37.263	10.76	14.26	23.00	7.473
$d + d' < T$					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 - 5	D 16 - 10
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 10 - 5	D 0 - 0

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 A _s (cm ² /m)	x (cm)	実応力度 (N/mm ²)		
					σ_c	σ_s	$\sigma_{s'}$
頂版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
底版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
側壁	上端部	100.00	9.930	7.918	4.88	107.1	0.0
	上ハチ点	100.00	9.930	6.506	6.16	113.5	0.0
	中間	100.00	4.951	6.201	2.10	42.2	0.0
	下ハチ点	100.00	9.930	6.501	6.86	126.6	0.0
	下端部	100.00	9.930	7.885	5.60	123.8	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	55.086	30.378	68.287	55.455				
	M			-5.847					
	N			40.533					
	最大			○					
底版 τ点	S	63.766	39.058	76.967	64.135				
	M			-7.123					
	N			52.216					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-20.495	-25.170	-33.034	-37.709				
	M				-12.828				
	N				71.763				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	27.302	31.977	39.840	44.515				
	M				-14.288				
	N				80.442				
	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	18.0	3.5	14.5	1.400	D10-5	3.567	0.246	0.946
底版 τ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D10-5	3.567	0.246	0.946
側壁上 τ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D16-5	9.930	0.685	1.311
側壁下 τ 点	18.0	3.5	14.5	1.400	D16-5	9.930	0.685	1.311

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m ²)	Z (m ⁴)	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 τ 点	-5.847	733.6	40.533	0.180	0.00540	-0.01	23.224	2.000
底版 τ 点	-7.124	733.4	52.216	0.180	0.00540	-0.01	23.568	2.000
側壁上 τ 点	-12.828	0.0	71.762	0.180	0.00540	0.00	2.153	1.168
側壁下 τ 点	-14.288	0.0	80.442	0.180	0.00540	0.00	2.413	1.169

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	0.946	2.000	0.715
底版 τ 点	0.270	1.400	0.946	2.000	0.715
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.311	1.168	0.579
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.311	1.169	0.579

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	68.287	14.5	0.471	0.715
底版 τ 点	76.967	14.5	0.531	0.715
側壁上 τ 点	37.709	14.5	0.260	0.579
側壁下 τ 点	44.515	14.5	0.307	0.579

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上