

受付 No.

台帳 No. KL418002

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 2500 mm
内 高 (H) 2500 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) 2500 × (H) 2500 × (L) 2000 [mm]
土被り	: H1 = 0.500 ~ H2 = 1.500 [m]
道路舗装厚	: t = 0.200 [m]
路盤厚	: t _b = 0.000 [m]

1.2 単位容積重量

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

1.3 土圧係数 (水 平)

: $K_a = 0.500$

(鉛 直)

: $\alpha = 1.000$

1.4 活荷重 (上 載)

: T' 荷重 横断通行

(輪接地幅 a = 0.20m b = 0.50m)

(側 載)

: $Q = 10.0$ [kN/m²]

1.5 衝撃係数

: i = 0.300

1.6 鉄筋かぶり

	頂 版	底 版	側 壁
: (内側)	35 mm	35 mm	35 mm
: (外側)	35 mm	35 mm	35 mm

1.7 断面力低減係数 (土被り H1)

: $\beta = 0.9$

(土被り H2)

: $\beta = 0.9$

1.8 許容応力度

1.8.1 鉄筋

引張応力度	: $\sigma_{sa} = 160$ [N/mm ²]
降伏点応力度	: $\sigma_{sy} = 295$ [N/mm ²]
弾性係数	: $E_s = 2.0 \times 10^5$ [N/mm ²]

1.8.2 コンクリート

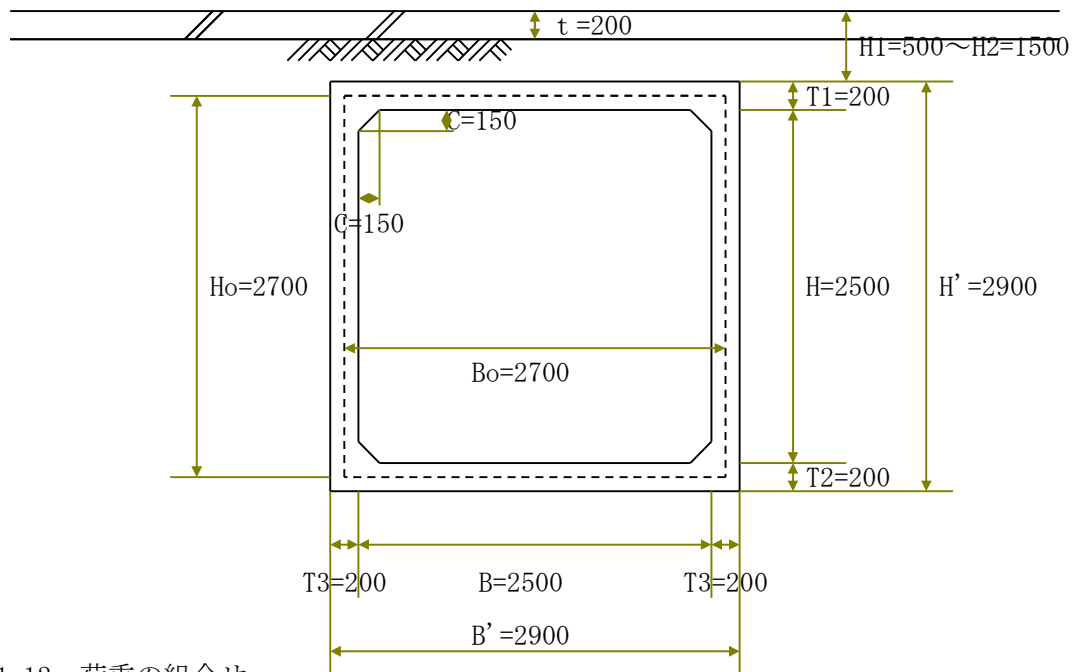
- (1) 設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 40.0 \text{ N/mm}^2$
- (2) プレストレストコンクリート部材
- P S 導入時強度 : $\sigma_{ck}' = 35.0 \text{ N/mm}^2$
- P S 導入直後
- 許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{cat} = 19.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容曲げ引張応力度 : $\sigma_{tat} = -1.5 \text{ N/mm}^2$
- 設計荷重作用時
- 許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 15.0 \text{ N/mm}^2$
- 許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

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

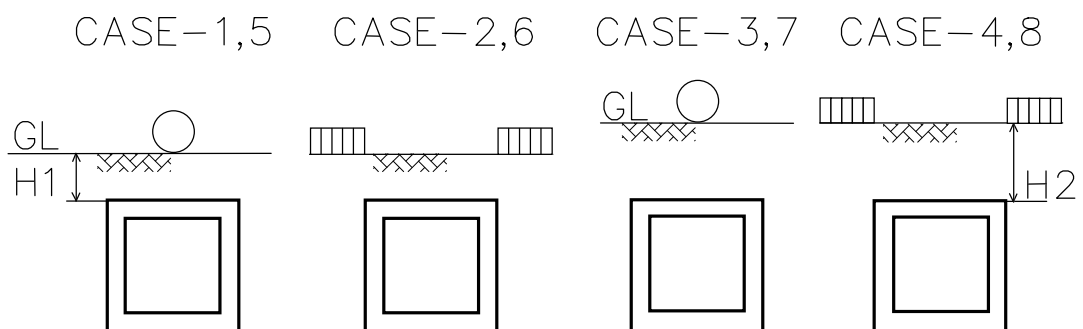
- (1) 許容引張応力度
- 引 張 強 度 : $\sigma_{pu} = 1230 \text{ N/mm}^2$
- 降 伏 点 強 度 : $\sigma_{py} = 1080 \text{ N/mm}^2$
- プレストレッシング中 : $\sigma_{pia} = 972 \text{ N/mm}^2$
- プレストレッシング直後 : $\sigma_{pca} = 861 \text{ N/mm}^2$
- 設計荷重作用時 : $\sigma_{pea} = 738 \text{ N/mm}^2$
- (2) 弾性係数 : $E_p = 2.0 \times 10^5 \text{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

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 23$	$\phi 21$	*****	(mm)
断面積	415.50	346.40	*****	(mm ²)
設計引張力	350000	290000	*****	(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 $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧 $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅 $u = a + 2 \times H1 = 1.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H1 = 1.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



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

Pvd1	4.900	4.900	4.900
Pvd2	9.900	9.900	9.900
Phd1 = Phd1	5.850	5.850	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	10.850
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	30.150	30.150	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	35.150
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	70.909	0.000
qv	*****	56.523	*****
qv'	25.008	*****	25.008

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)	15.193	34.338	15.193
CBC (kN・m/m)	8.991	35.818	8.991
CAB (kN・m/m)	12.411	12.411	15.449
CBA (kN・m/m)	9.459	9.459	12.496
θ_A	-0.985	-11.517	0.534
θ_B	0.172	12.626	-1.346
MAB (kN・m/m)	-14.208	-22.820	-15.727
MAD (kN・m/m)	14.208	22.820	15.727
MBA (kN・m/m)	8.819	23.193	10.338
MBC (kN・m/m)	-8.819	-23.193	-10.338

3.1.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

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

(2) 底 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

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

(3) 側 壁

1) せん断力

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

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

2) 曲げモーメント

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

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

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

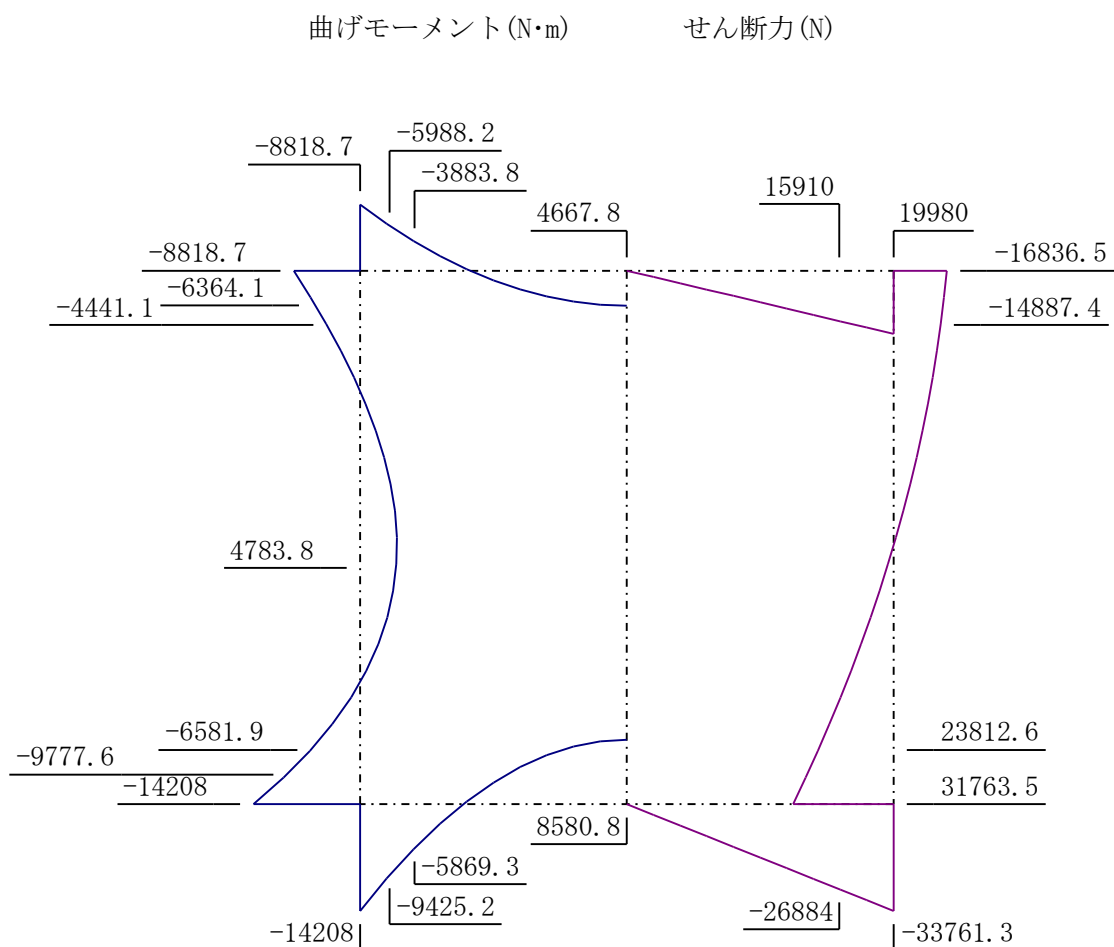
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	19.980	62.525	19.980
SCB	(kN/m)	-19.980	-62.525	-19.980
Mmax	(kN・m/m)	4.668	34.967	3.149
SAD	(kN/m)	33.761	76.307	33.761
SDA	(kN/m)	-33.761	-76.307	-33.761
Mmax	(kN・m/m)	8.581	28.686	7.062
SAB	(kN/m)	31.764	29.630	38.514
SBA	(kN/m)	-16.836	-18.970	-23.586
x	(m)	1.196	1.196	*****
		1.318	*****	1.318
Mmax	(kN・m/m)	4.784	-6.381	*****
Mmax	(kN・m/m)	4.904	*****	7.938

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。

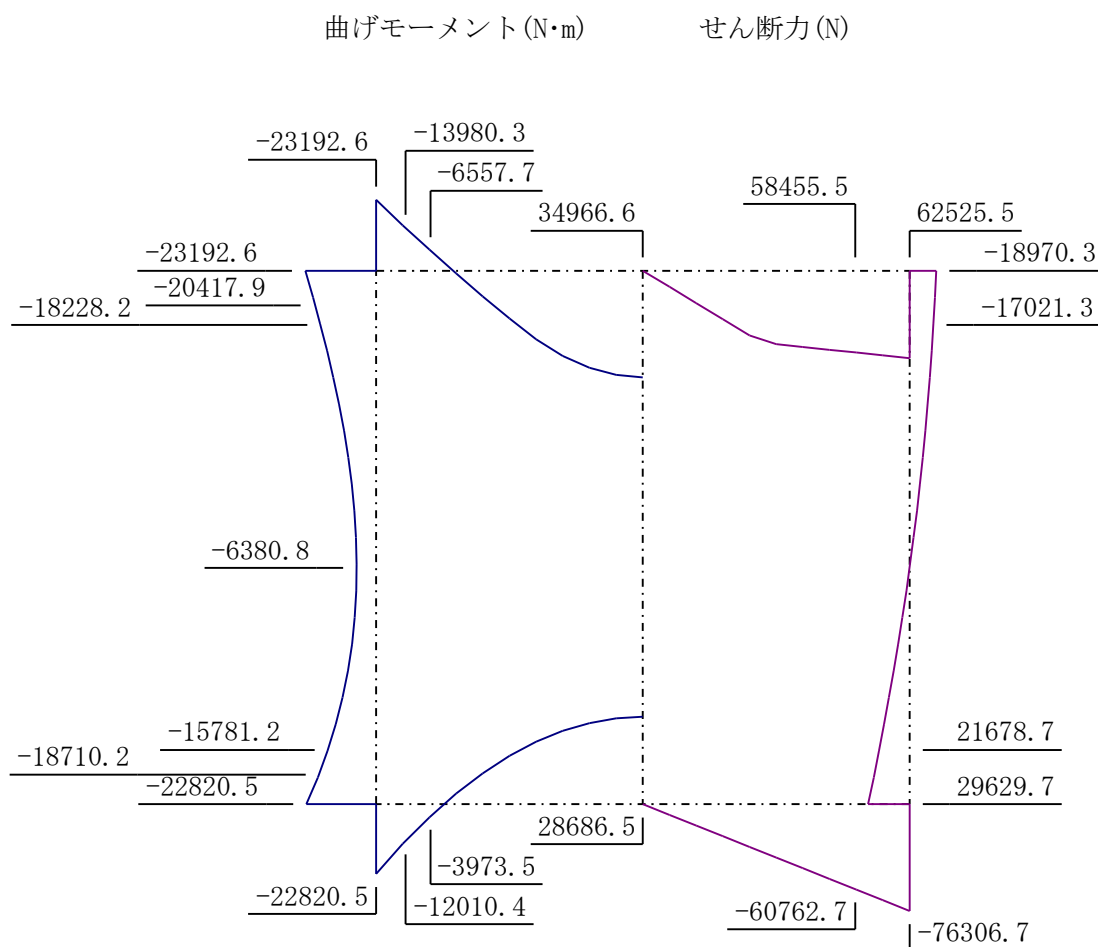
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	-8819	19980	16837
	2 ハッチ始点	0.250	-5988	***	16837
	S2 τ 点	0.275	-3884	15910	16837
	1 中 央	1.350	4668	0	16837
底板	9, S9 端 部	0.100	-14208	33761	31764
	10 ハッチ始点	0.250	-9425	***	31764
	S10 τ 点	0.275	-5869	26884	31764
	11 中 央	1.350	8581	0	31764
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-8819	-16837	19980
	5 上ハッチ点	2.450	-6364	***	20746
	S5 上 τ 点	2.425	-4441	-14887	21384
	6 中 間	1.196	4784	*****	27657
		1.318	4904	*****	27034
	S7 下 τ 点	0.275	-6582	23813	32358
	7 下ハッチ点	0.250	-9778	***	32996
	8, S8 下 端部	0.100	-14208	31764	33761



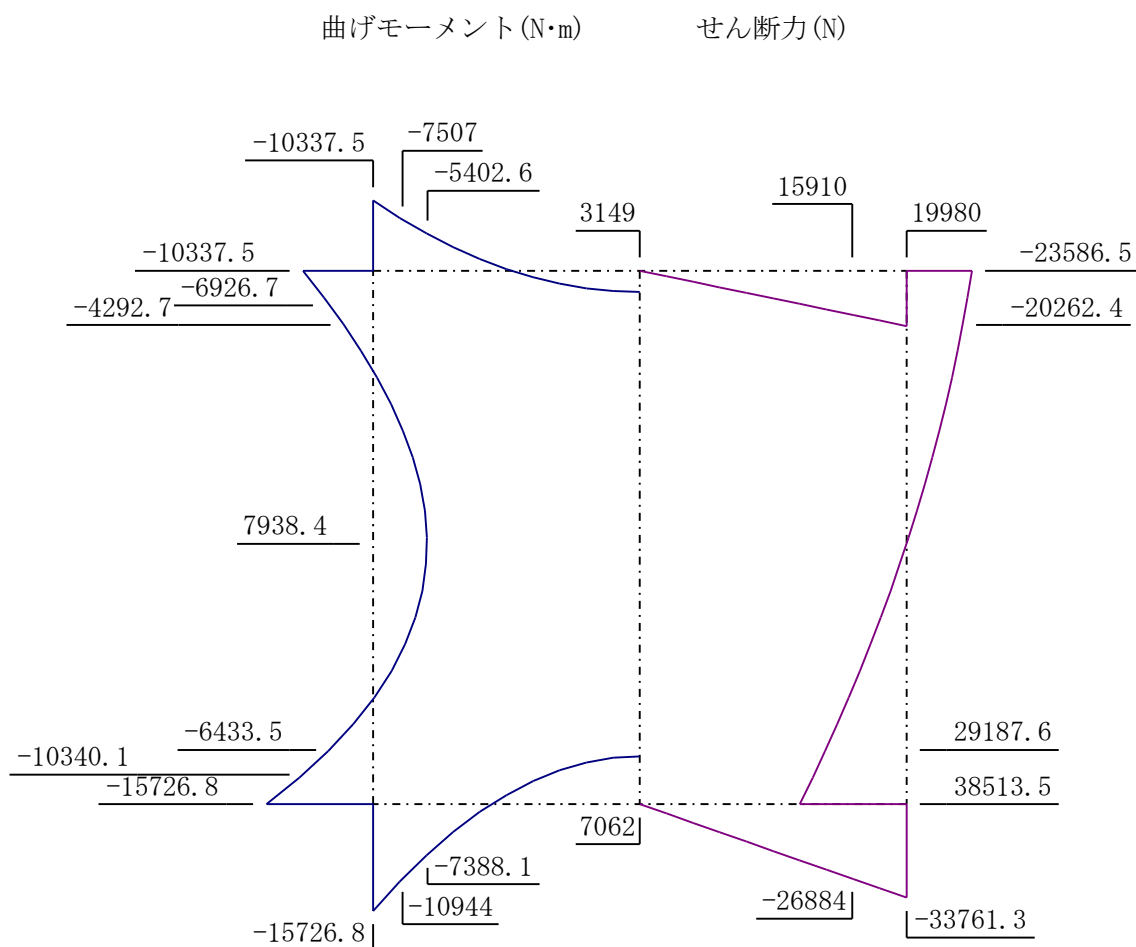
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	-23193	62526	18970
	2 ハチ始点	0.250	-13980	***	18970
	S2 τ 点	0.275	-6558	58456	18970
	1 中 央	1.350	34967	0	18970
底版	9, S9 端 部	0.100	-22821	76307	29630
	10 ハチ始点	0.250	-12010	***	29630
	S10 τ 点	0.275	-3974	60763	29630
	11 中 央	1.350	28687	0	29630
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-23193	-18970	62526
	5 上ハチ点	2.450	-20418	***	63291
	S5 上 τ点	2.425	-18228	-17021	63929
	6 中 間	1.196	-6381	0	70202
	S7 下 τ点	0.275	-15781	21679	74903
	7 下ハチ点	0.250	-18710	***	75541
	8, S8 下 端部	0.100	-22821	29630	76307



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

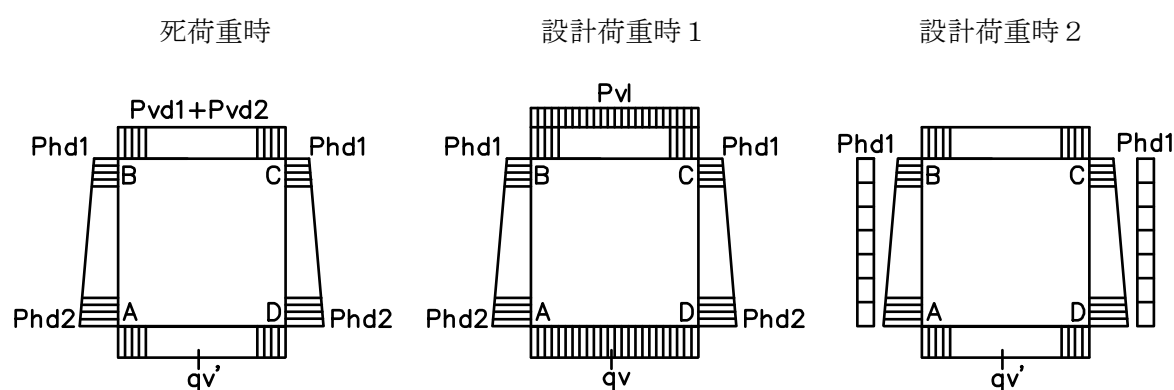
					[/単位長]
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-10338	19980	23587
	2 ハチ始点	0.250	-7507	***	23587
	S2 τ 点	0.275	-5403	15910	23587
	1 中 央	1.350	3149	0	23587
底版	9, S9 端 部	0.100	-15727	33761	38514
	10 ハチ始点	0.250	-10944	***	38514
	S10 τ 点	0.275	-7388	26884	38514
	11 中 央	1.350	7062	0	38514
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-10338	-23587	19980
	5 上ハチ点	2.450	-6927	***	20746
	S5 上 τ 点	2.425	-4293	-20262	21384
	6 中 間	1.318	7938	0	27034
	S7 下 τ 点	0.275	-6434	29188	32358
	7 下ハチ点	0.250	-10340	***	32996
	8, S8 下 端部	0.100	-15727	38514	33761



3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

3.2.1 設計荷重

- (1) 頂版自重 $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧 $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H2 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧 $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = K_a \times Q$
- (5) 活荷重
 輪分布幅 $u = a + 2 \times H2 = 3.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H2 = 3.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / B_o$



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2

(kN/m²)CASE-3
(kN/m²)CASE-4
(kN/m²)

P_{vd1}	4.900	4.900	4.900
P_{vd2}	27.900	27.900	27.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	14.850	14.850	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	19.850
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	39.150	39.150	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	44.150
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	26.591	0.000
q_v	*****	69.599	*****
$q_{v'}$	43.008	*****	43.008

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)	26.128	42.282	26.128
CBC (kN・m/m)	19.926	36.080	19.926
CAB (kN・m/m)	17.879	17.879	20.916
CBA (kN・m/m)	14.926	14.926	17.964
θ_A	-3.718	-11.795	-2.200
θ_B	2.906	10.983	1.387
MAB (kN・m/m)	-22.409	-30.486	-23.928
MAD (kN・m/m)	22.409	30.486	23.928
MBA (kN・m/m)	17.020	25.097	18.539
MBC (kN・m/m)	-17.020	-25.097	-18.539

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。

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

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

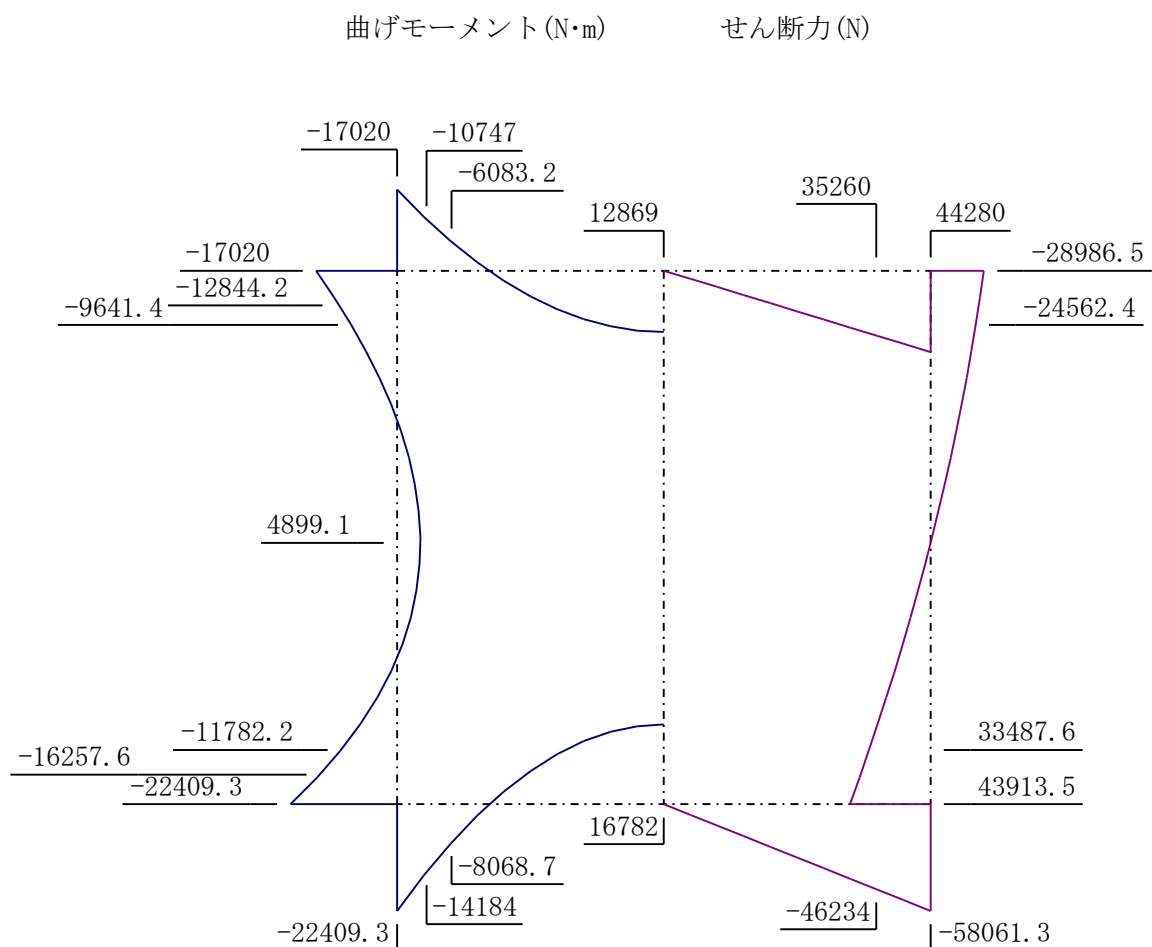
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	44.280	80.178	44.280
SCB (kN/m)	-44.280	-80.178	-44.280
Mmax (kN・m/m)	12.869	29.023	11.350
SAD (kN/m)	58.061	93.959	58.061
SDA (kN/m)	-58.061	-93.959	-58.061
Mmax (kN・m/m)	16.782	32.936	15.263
SAB (kN/m)	43.914	43.914	50.664
SBA (kN/m)	-28.986	-28.986	-35.736
x (m)	1.323	1.323	*****
	1.327	*****	1.327
Mmax (kN・m/m)	4.899	-3.178	*****
Mmax (kN・m/m)	4.899	*****	7.935

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。

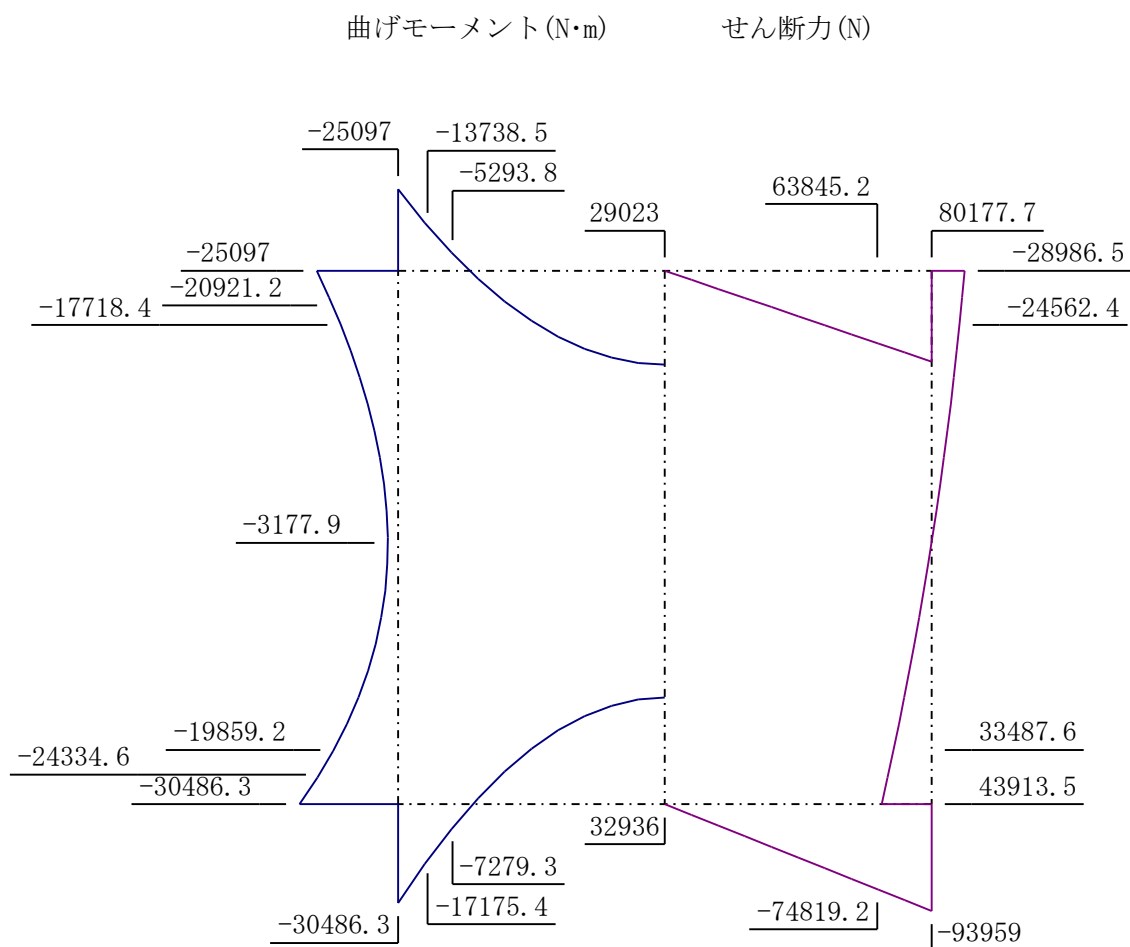
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	-17020	44280	28987
	2 ハッチ始点	0.250	-10747	***	28987
	S2 τ 点	0.275	-6083	35260	28987
	1 中 央	1.350	12869	0	28987
底板	9, S9 端 部	0.100	-22409	58061	43914
	10 ハッチ始点	0.250	-14184	***	43914
	S10 τ 点	0.275	-8069	46234	43914
	11 中 央	1.350	16782	0	43914
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-17020	-28987	44280
	5 上ハッチ点	2.450	-12844	***	45046
	S5 上 τ 点	2.425	-9641	-24562	45684
	6 中 間	1.323	4899	*****	51308
		1.327	4899	*****	51288
	S7 下 τ 点	0.275	-11782	33488	56658
	7 下ハッチ点	0.250	-16258	***	57296
	8, S8 下 端部	0.100	-22409	43914	58061



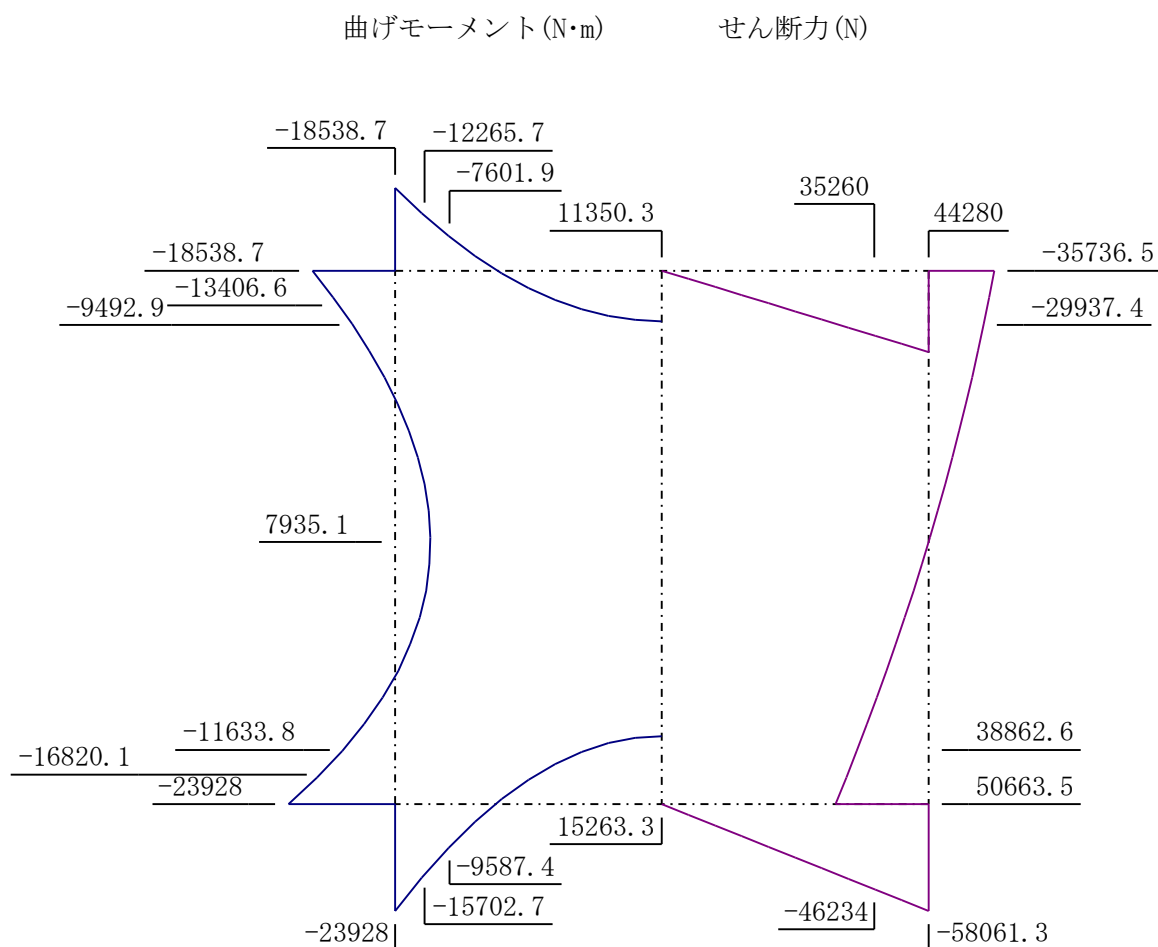
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

		[/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	-25097	80178	28987
	2 ハチ始点	0.250	-13739	***	28987
	S2 τ 点	0.275	***	63845	***
	1 中 央	1.350	29023	0	28987
底版	9, S9 端 部	0.100	-30486	93959	43914
	10 ハチ始点	0.250	-17175	***	43914
	S10 τ 点	0.275	***	74819	***
	11 中 央	1.350	32936	0	43914
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-25097	-28987	80178
	5 上ハチ点	2.450	-20921	***	80943
	S5 上 τ 点	2.425	***	-24562	***
	6 中 間	1.323	-3178	0	87206
	S7 下 τ 点	0.275	***	33488	***
	7 下ハチ点	0.250	-24335	***	93193
	8, S8 下 端部	0.100	-30486	43914	93959



(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	-18539	44280	35737
	2 ハチ始点	0.250	-12266	***	35737
	S2 τ 点	0.275	***	35260	***
	1 中 央	1.350	11350	0	35737
底版	9, S9 端 部	0.100	-23928	58061	50664
	10 ハチ始点	0.250	-15703	***	50664
	S10 τ 点	0.275	***	46234	***
	11 中 央	1.350	15263	0	50664
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-18539	-35737	44280
	5 上ハチ点	2.450	-13407	***	45046
	S5 上 τ点	2.425	***	-29937	***
	6 中 間	1.327	7935	0	51288
	S7 下 τ点	0.275	***	38863	*****
	7 下ハチ点	0.250	-16820	***	57296
	8, S8 下 端部	0.100	-23928	50664	58061



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

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

5.1.2 使用 P C 鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 23	2.50	4.155	350000	2.00	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	3.77	-0.26	90.68	25.27	726.41	0.862	3
ハチ始点	842.36	4.41	0.08	104.46	25.27	712.63	0.846	3
τ 点	842.36	4.41	0.05	103.93	25.27	713.15	0.847	3
中 央	842.36	4.41	-0.10	101.80	25.27	715.28	0.849	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.77	-0.26	90.68	25.27	726.41	0.862	3
ハチ始点	842.36	4.41	0.08	104.46	25.27	712.63	0.846	3
τ 点	842.36	4.41	0.05	103.93	25.27	713.15	0.847	3
中 央	842.36	4.41	-0.10	101.80	25.27	715.28	0.849	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	3.77	-0.26	90.68	25.27	726.41	0.862	3
ハチ始点	842.36	4.41	0.04	103.92	25.27	713.16	0.847	1
τ 点	842.36	4.41	0.05	103.93	25.27	713.15	0.847	4
中 央	842.36	4.41	-0.04	102.73	25.27	714.36	0.848	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	3.77	-0.26	90.68	25.27	726.41	0.862	3
ハチ始点	842.36	4.41	0.04	103.92	25.27	713.16	0.847	1
τ 点	842.36	4.41	0.05	103.93	25.27	713.15	0.847	4
中 央	842.36	4.41	-0.04	102.73	25.27	714.36	0.848	1

5.1.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 σ_m (N/mm ²)	N/Ac (N/mm ²)	有効プレストレス σ_{ce} (N/mm ²)	合成応力度 σ_c (N/mm ²)	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.63	0.12	1.57	3.32	3
ハチ始点	1.61	0.14	4.26	6.01	3
中 央	1.93	0.14	3.16	5.23	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.63	0.12	4.47	2.95	3
ハチ始点	-1.61	0.14	3.15	1.68	3
中 央	-1.93	0.14	4.27	2.49	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.41	0.12	1.57	4.09	3
ハチ始点	2.10	0.09	4.26	6.45	1
中 央	5.24	0.09	3.15	8.49	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.41	0.12	4.47	2.17	3
ハチ始点	-2.10	0.09	3.15	1.15	1
中 央	-5.24	0.09	4.27	-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	-33.881	1.37	4.98	5.4	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-18.873	0.45	7.22	1.2	0.0	0.000	0.000	1
中 央	47.205	-2.69	10.36	4.1	55.3	3.456	2.058	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	— 10	D 0	— 0	3.567 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 5	D 13	— 5	8.133 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	7813	28.986	80.178	754.56	3.13	0.48	-0.072	3
τ 点	100.0	5000	28.986	63.845	740.78	3.85	0.48	-0.059	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	-8.819	-14.374	-47.399	-39.427	-47.399	1
ハッチ始点	-5.988	-7.992	-27.765	-23.767	-27.765	1
中 央	4.668	30.299	81.815	59.443	81.815	1

位 置	Ap (cm ² /m)	As (cm ² /m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ケース
端 部	10.387	3.567	14.5	21.5	0.069	0.008	128.53	2.7	1
ハッチ始点	10.387	3.567	9.5	16.5	0.069	0.012	81.68	2.9	1
中 央	10.387	8.133	10.5	16.5	0.069	0.012	111.54	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	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
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 21	2.50	3.464	290000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 21	2.50	3.464	290000	-0.50	外 側
τ 点	φ 21	2.50	3.464	290000	-0.50	外 側
中 央	φ 21	2.50	3.464	290000	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	837.18	3.12	-0.34	80.46	25.12	731.61	0.874	3
ハチ始点	837.18	3.65	0.11	94.63	25.12	717.44	0.857	3
τ 点	837.18	3.65	0.06	93.93	25.12	718.13	0.858	3
中 央	837.18	3.65	-0.13	91.11	25.12	720.96	0.861	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.12	-0.34	80.46	25.12	731.61	0.874	3
ハチ始点	837.18	3.65	0.11	94.63	25.12	717.44	0.857	3
τ 点	837.18	3.65	0.06	93.93	25.12	718.13	0.858	3
中 央	837.18	3.65	-0.13	91.11	25.12	720.96	0.861	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.12	-0.34	80.46	25.12	731.61	0.874	3
ハチ始点	837.18	3.65	0.11	94.63	25.12	717.44	0.857	3
τ 点	837.18	3.65	0.06	93.93	25.12	718.13	0.858	4
中 央	837.18	3.65	-0.13	91.11	25.12	720.96	0.861	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.12	-0.34	80.46	25.12	731.61	0.874	3
ハチ始点	837.18	3.65	0.11	94.63	25.12	717.44	0.857	3
τ 点	837.18	3.65	0.06	93.93	25.12	718.13	0.858	4
中 央	837.18	3.65	-0.13	91.11	25.12	720.96	0.861	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	2.15	0.18	1.32	3.64	3
ハチ始点	2.13	0.22	3.57	5.92	3
中 央	2.52	0.22	2.65	5.39	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.15	0.18	3.75	1.78	3
ハチ始点	-2.13	0.22	2.64	0.73	3
中 央	-2.52	0.22	3.59	1.29	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.93	0.18	1.32	4.42	3
ハチ始点	2.58	0.22	3.57	6.37	3
中 央	4.94	0.22	2.65	7.81	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.93	0.18	3.75	1.00	3
ハチ始点	-2.58	0.22	2.64	0.28	3
中 央	-4.94	0.22	3.59	-1.13	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	-41.157	0.04	5.51	0.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-23.187	-0.54	7.35	1.4	3.7	0.232	0.686	3
中 央	44.464	-2.78	9.62	4.5	62.5	3.903	2.244	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	—	D 0	—	0	
内 側	D 13	—	D 10	—	5	

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	7813	43.913	93.959	633.57	2.71	0.56	-0.113	3
τ 点	100.0	5000	43.913	74.819	621.90	3.33	0.56	-0.092	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	-22.409	-8.077	-49.325	-51.827	-51.827	3
ハッチ始点	-14.184	-2.991	-25.918	-29.198	-29.198	3
中 央	16.782	16.154	62.202	55.991	62.202	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	8.660	3.567	14.5	21.5	0.069	0.007	112.90	2.2	3
ハッチ始点	8.660	3.567	9.5	16.5	0.069	0.010	72.97	2.5	3
中 央	8.660	4.951	10.5	16.5	0.069	0.009	86.49	1.4	3
$Ppb > Ppd$ $Sf > 1.0$ CHECK OK									

6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[/単位長]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-25.097	80.178	31.30	9.00	32.313	3
	上ハチ点	-20.418	63.291	32.26	6.50	24.532	1
側壁	中 間	7.938	27.034	29.36	6.50	9.696	2
	下ハチ点	-24.335	93.193	26.11	6.50	30.392	3
	下端部	-30.486	93.959	32.45	9.00	38.943	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	32.313	10.02	13.52	25.00	5.490
	上ハチ点	24.532	8.73	12.23	20.00	6.572
側壁	中 間	9.696	5.49	8.99	20.00	2.296
	下ハチ点	30.392	9.71	13.21	20.00	7.380
	下端部	38.943	10.99	14.49	25.00	6.907
$d + d' < T$					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	8.495	4.07	93.6	0.0
	上ハチ点	100.00	9.930	6.770	5.09	109.7	0.0
	中間	100.00	4.951	5.311	2.48	78.3	0.0
	下ハチ点	100.00	9.930	7.051	6.09	122.5	0.0
	下端部	100.00	9.930	8.424	4.95	115.2	0.0

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

CHECK OK

9 セン断力に対する検討

9.1 セン断力照査点の断面力と最大値抽出

部材	断面力	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7	CASE-8
頂版 τ点	S	58.456	15.910	63.845	35.260				
	M			-5.294					
	N			28.986					
	最大			○					
底版 τ点	S	60.763	26.884	74.819	46.234				
	M			-7.279					
	N			43.913					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-17.021	-20.262	-24.562	-29.937				
	M				-9.493				
	N				45.684				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	21.679	29.188	33.488	38.863				
	M				-11.634				
	N				56.658				
	最大				○				

ここに、S：せん断力(kN)、M：モーメント(kN・m)、N：軸力(kN)を示す。

9.2 セン断応力度の検討

コンクリートのせん断応力度は、平均せん断応力度として算出する。

$$\tau = \frac{S}{b \cdot d} \times 10 < C_e \cdot C_{pt} \cdot C_N \cdot \tau_a$$

ここに、 S : セン断力 (kN)
d : 有効高さ (cm)
b : 部材幅 (cm)

各せん断応力度照査位置の許容せん断応力度は、以下の補正係数を乗じて求める。

① 部材断面の有効高 d の影響

次表に示す部材断面の有効高さに関する補正係数(Ce)をτaに乘じる。

有効高さ (m)	0.3 以下	1.0	3.0	5.0	10.0 以上
補正係数(Ce)	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

② 軸方向引張鉄筋比の影響

次表に示す軸方向引張鉄筋比に関する補正係数(Cpt)をτaに乘じる。

鉄筋比は中立軸よりも引張側にある軸方向鉄筋の断面積の総和をbdで除して求める。

引張鉄筋比 (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0 以上
補正係数(Cpt)	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

③ 軸方向圧縮力の影響

軸方向圧縮力が大きな部材の場合、次式により計算される軸方向圧縮力による補正係数(CN)を τ_a に乘じる。

$$CN = 1 + Mo/M \quad Mo = \{(Pe+N) \cdot Z/Ac + Pe \cdot ep\} \quad \text{ただし } 1 \leq CN \leq 2$$

ここに、CN：軸方向力による補正係数

Mo：有効プレストレス力及び軸方向力によりコンクリートの応力度が引張縁で0となる曲げモーメント(kN・m)

M：断面に作用する曲げモーメント(kN・m)

N：断面に作用する軸方向圧縮力(kN)

Pe：P C 鋼棒に作用するm当りの全有効引張力(kN)

Z：図心軸に関する断面係数(m³)

Ac：部材断面積(m²)

ep：P C 鋼棒の偏心量<引張縁側+／圧縮縁側->(m)

照査位置	T (cm)	d' (cm)	d (cm)	Ce	引張鉄筋		Pt (%)	Cpt
					径-本数	As (cm ²)		
頂版 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D10-5	3.567	0.216	0.916
底版 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D10-5	3.567	0.216	0.916
側壁上 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D16-5	9.930	0.602	1.261
側壁下 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D16-5	9.930	0.602	1.261

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m ²)	Z (m ⁴)	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 τ 点	-5.294	740.8	28.986	0.200	0.00667	-0.01	25.672	2.000
底版 τ 点	-7.279	621.9	43.914	0.200	0.00667	-0.01	22.205	2.000
側壁上 τ 点	-9.493	0.0	45.684	0.200	0.00667	0.00	1.524	1.160
側壁下 τ 点	-11.634	0.0	56.658	0.200	0.00667	0.00	1.890	1.162

照査位置	τ_a	補正係数			補正 τ_a
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 τ 点	0.270	1.400	0.916	2.000	0.692
底版 τ 点	0.270	1.400	0.916	2.000	0.692
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.261	1.160	0.553
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.261	1.162	0.554

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	63.845	16.5	0.387	0.692
底版 τ 点	74.819	16.5	0.453	0.692
側壁上 τ 点	29.937	16.5	0.181	0.553
側壁下 τ 点	38.863	16.5	0.236	0.554

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上