

受付 No.

台帳 No. KL418003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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= 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) 2500 × (H) 2500 × (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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

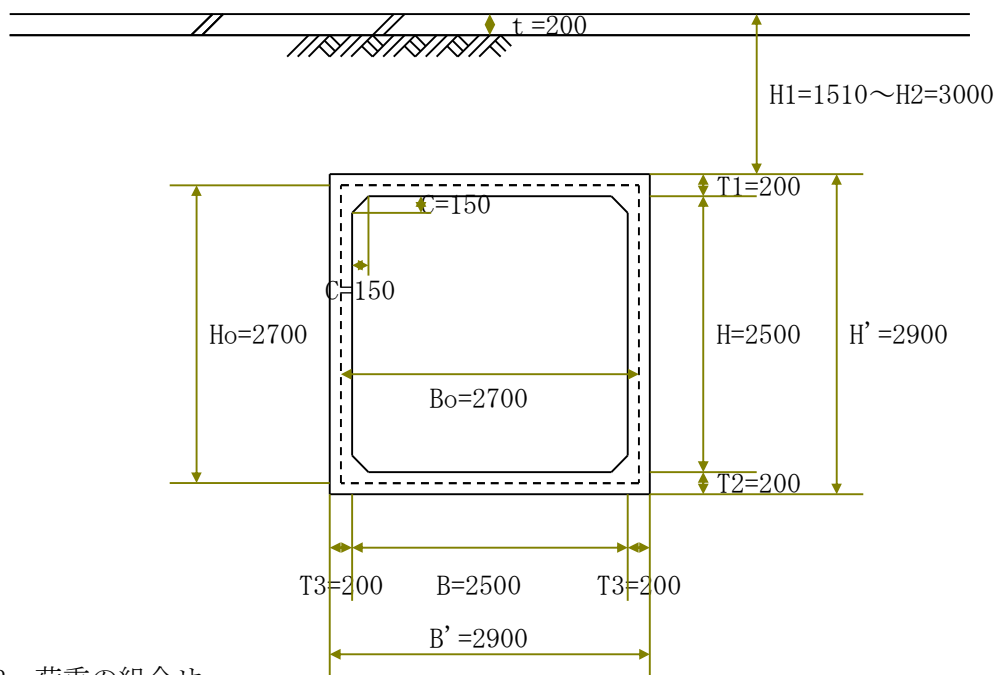
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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	$\phi 26$	$\phi 26$	*****	(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



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

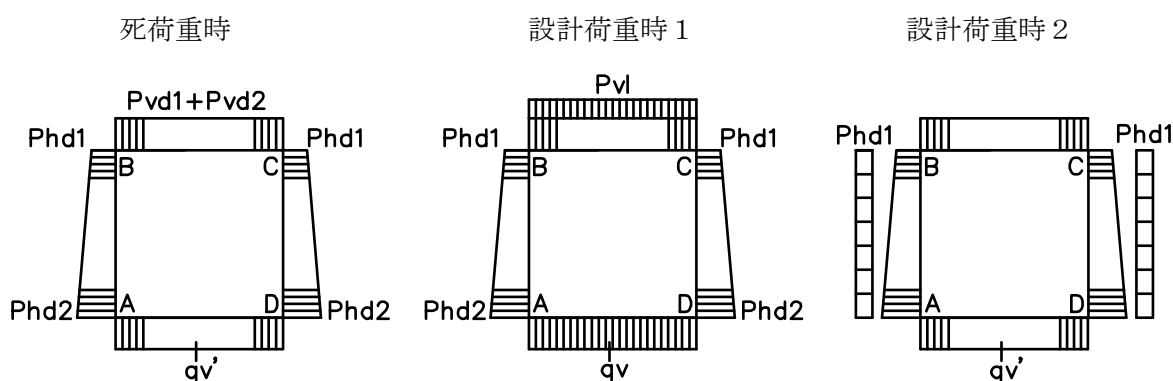
ハッチにある場合の部材断面の高さは、ハッチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

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 $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = K_a \times Q$
- (5) 活荷重
 輪分布幅 $u = a + 2 \times H1 = 3.220 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H1 = 3.520 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / B_o$



設計荷重値 死荷重時 設計荷重時 1 設計荷重 2

(kN/m²) CASE-1 CASE-2

(kN/m²) (kN/m²)

P _{vd1}	4.900	4.900	4.900
P _{vd2}	28.080	28.080	28.080
P _{hd1} = P _{hd1}	14.940	14.940	*****
P _{hd1} = P _{hd1} + P _q	*****	*****	19.940
P _{hd3} = P _{hd3}	*****	*****	*****
P _{hd3} = P _{hd3} + P _q	*****	*****	*****
P _{hd5} = P _{hd5}	*****	*****	*****
P _{hd5} = P _{hd5} + P _q	*****	*****	*****
P _{hd2} = P _{hd2}	39.240	39.240	*****
P _{hd2} = P _{hd2} + P _q	*****	*****	44.240
P _{hd4} = P _{hd4}	*****	*****	*****
P _{v1}	0.000	26.426	0.000
q _v	*****	69.614	*****
q _{v'}	43.188	*****	43.188

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)	26.237	42.291	26.237
CBC (kN・m/m)	20.035	36.089	20.035
CAB (kN・m/m)	17.933	17.933	20.971
CBA (kN・m/m)	14.981	14.981	18.018
θA	-3.746	-11.772	-2.227
θB	2.933	10.960	1.415
MAB (kN・m/m)	-22.491	-30.518	-24.010
MAD (kN・m/m)	22.491	30.518	24.010
MBA (kN・m/m)	17.102	25.129	18.621
MBC (kN・m/m)	-17.102	-25.129	-18.621

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。

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

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

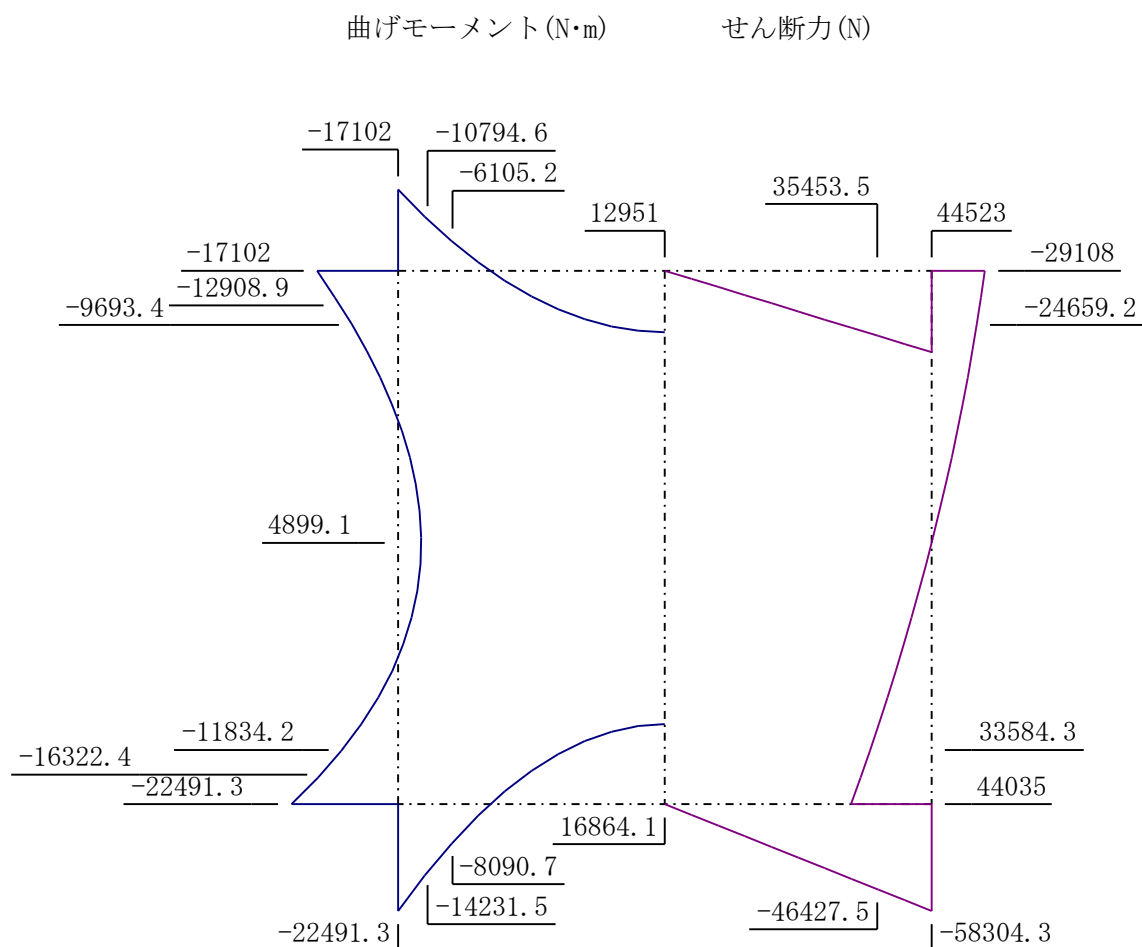
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC (kN/m)	44.523	80.198	44.523
SCB (kN/m)	-44.523	-80.198	-44.523
Mmax (kN・m/m)	12.951	29.005	11.432
SAD (kN/m)	58.304	93.979	58.304
SDA (kN/m)	-58.304	-93.979	-58.304
Mmax (kN・m/m)	16.864	32.918	15.345
SAB (kN/m)	44.035	44.035	50.785
SBA (kN/m)	-29.108	-29.108	-35.858
x (m)	1.323	1.323	*****
	1.327	*****	1.327
Mmax (kN・m/m)	4.899	-3.128	*****
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。

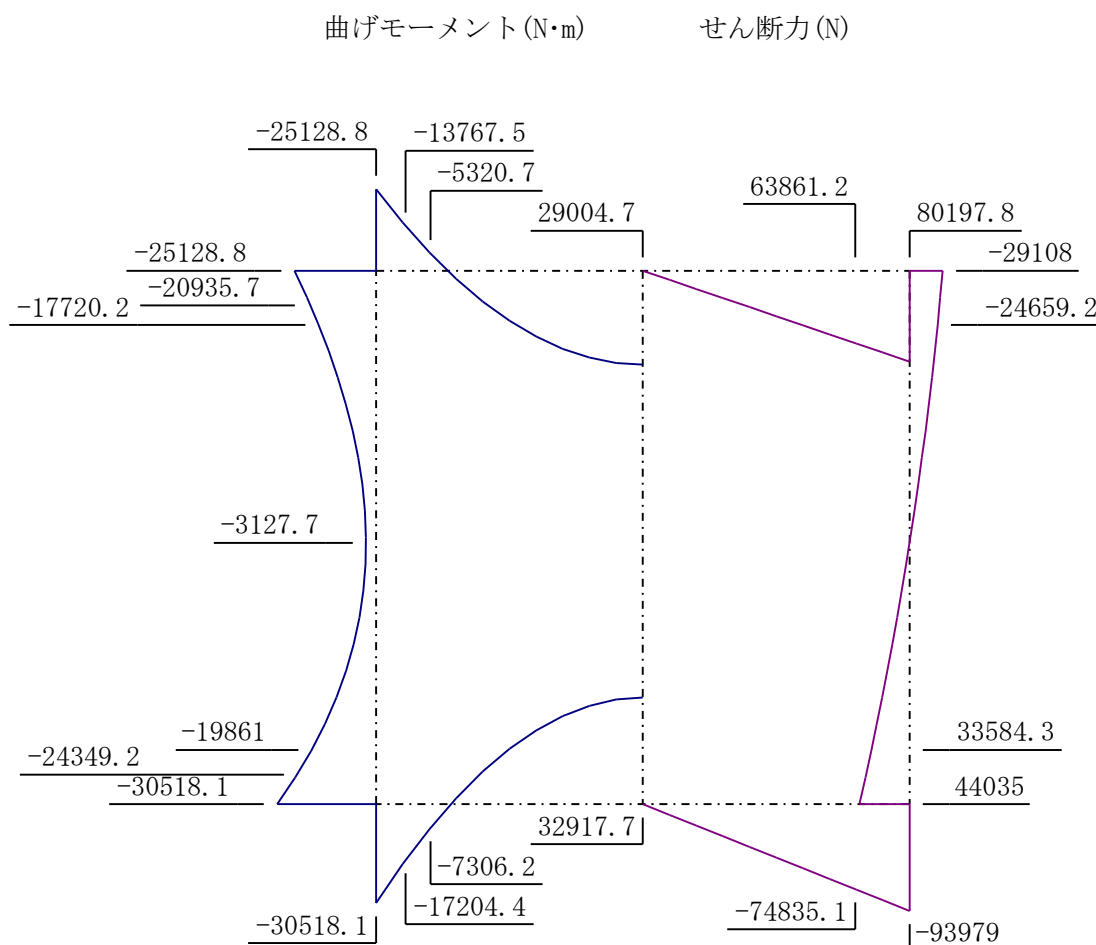
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

[/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	-17102	44523	29108
	2 ハチ始点	0.250	-10795	***	29108
	S2 τ 点	0.275	-6105	35454	29108
	1 中 央	1.350	12951	0	29108
底板	9, S9 端 部	0.100	-22491	58304	44035
	10 ハチ始点	0.250	-14232	***	44035
	S10 τ 点	0.275	-8091	46428	44035
	11 中 央	1.350	16864	0	44035
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-17102	-29108	44523
	5 上ハチ点	2.450	-12909	***	45289
	S5 上 τ点	2.425	-9693	-24659	45927
	6 中 間	1.323	4899	*****	51551
		1.327	4899	*****	51531
	S7 下 τ点	0.275	-11834	33584	56901
	7 下ハチ点	0.250	-16322	***	57539
	8, S8 下 端部	0.100	-22491	44035	58304



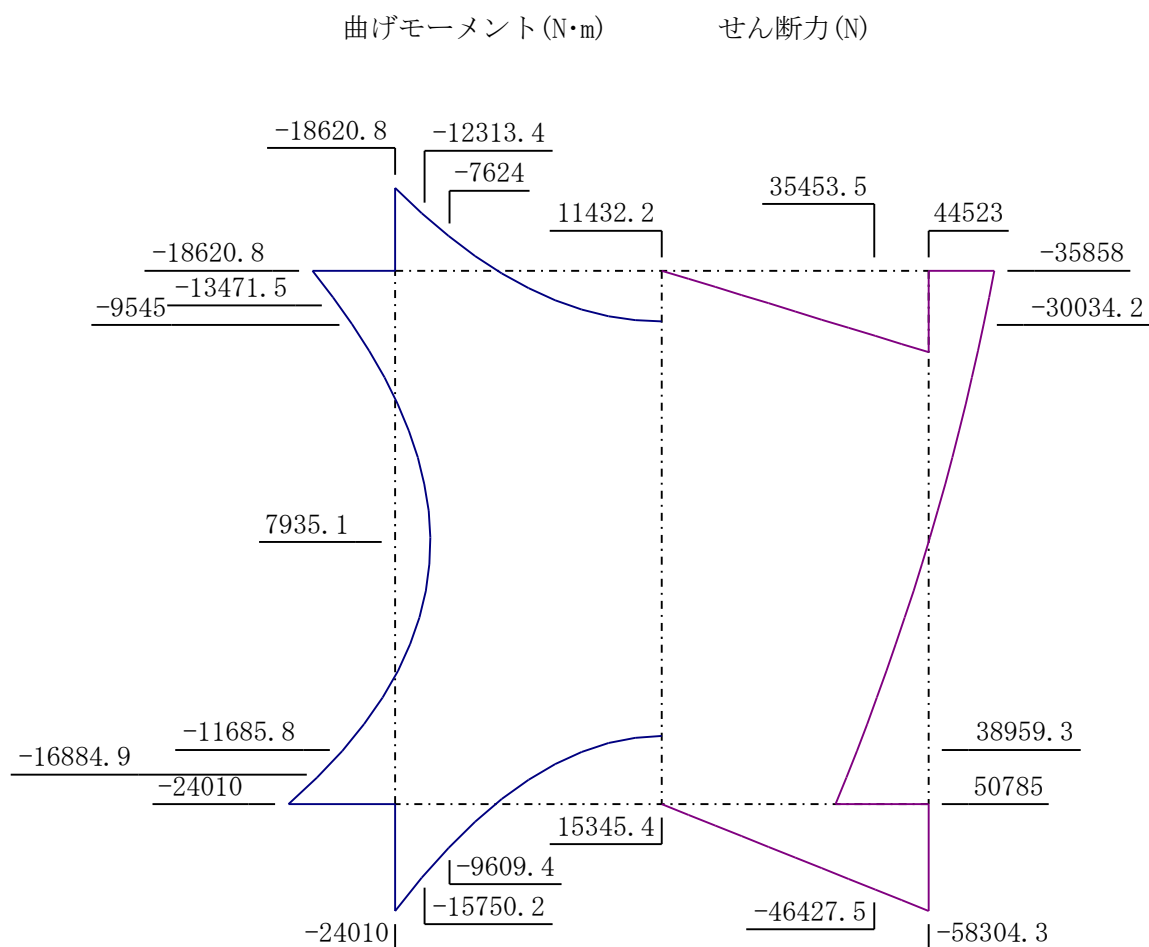
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	-25129	80198	29108
	2 ハチ始点	0.250	-13768	***	29108
	S2 τ 点	0.275	-5321	63861	29108
	1 中 央	1.350	29005	0	29108
底版	9, S9 端 部	0.100	-30518	93979	44035
	10 ハチ始点	0.250	-17204	***	44035
	S10 τ 点	0.275	-7306	74835	44035
	11 中 央	1.350	32918	0	44035
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-25129	-29108	80198
	5 上ハチ点	2.450	-20936	***	80963
	S5 上 τ 点	2.425	-17720	-24659	81601
	6 中 間	1.323	-3128	0	87226
	S7 下 τ 点	0.275	-19861	33584	92575
	7 下ハチ点	0.250	-24349	***	93213
	8, S8 下 端部	0.100	-30518	44035	93979



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

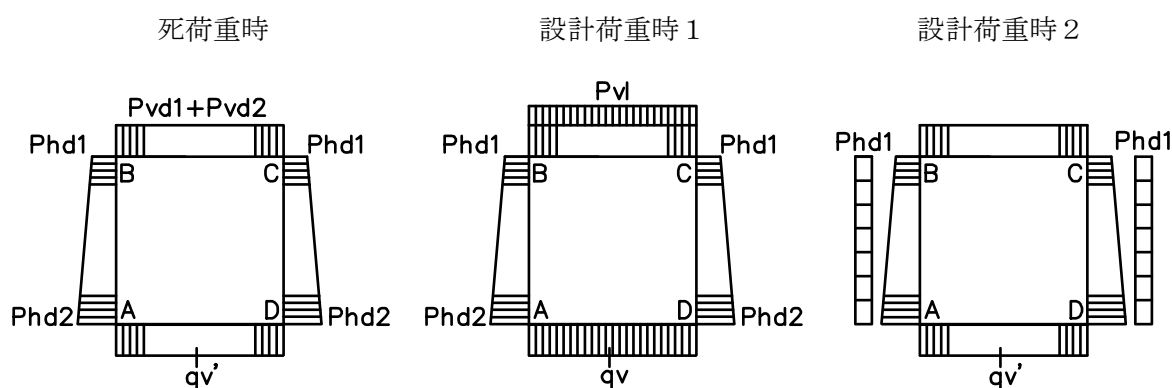
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-18621	44523	35858
	2 ハチ始点	0.250	-12313	***	35858
	S2 τ 点	0.275	-7624	35454	35858
	1 中 央	1.350	11432	0	35858
底板	9, S9 端 部	0.100	-24010	58304	50785
	10 ハチ始点	0.250	-15750	***	50785
	S10 τ 点	0.275	-9609	46428	50785
	11 中 央	1.350	15345	0	50785
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-18621	-35858	44523
	5 上ハチ点	2.450	-13472	***	45289
	S5 上 τ点	2.425	-9545	-30034	45927
	6 中 間	1.327	7935	0	51531
	S7 下 τ点	0.275	-11686	38959	56901
	7 下ハチ点	0.250	-16885	***	57539
	8, S8 下 端部	0.100	-24010	50785	58304



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)(kN/m²)(kN/m²)

P_{vd1}	4.900	4.900	4.900
P_{vd2}	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.350	28.350	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.350
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	52.650	52.650	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	57.650
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	83.733	*****
$q_{v'}$	70.008	*****	70.008

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)	42.530	50.868	42.530
CBC (kN・m/m)	36.329	44.666	36.329
CAB (kN・m/m)	26.080	26.080	29.117
CBA (kN・m/m)	23.128	23.128	26.165
θ_A	-7.819	-11.988	-6.300
θ_B	7.007	11.175	5.488
MAB (kN・m/m)	-34.711	-38.880	-36.230
MAD (kN・m/m)	34.711	38.880	36.230
MBA (kN・m/m)	29.322	33.491	30.841
MBC (kN・m/m)	-29.322	-33.491	-30.841

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。

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

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

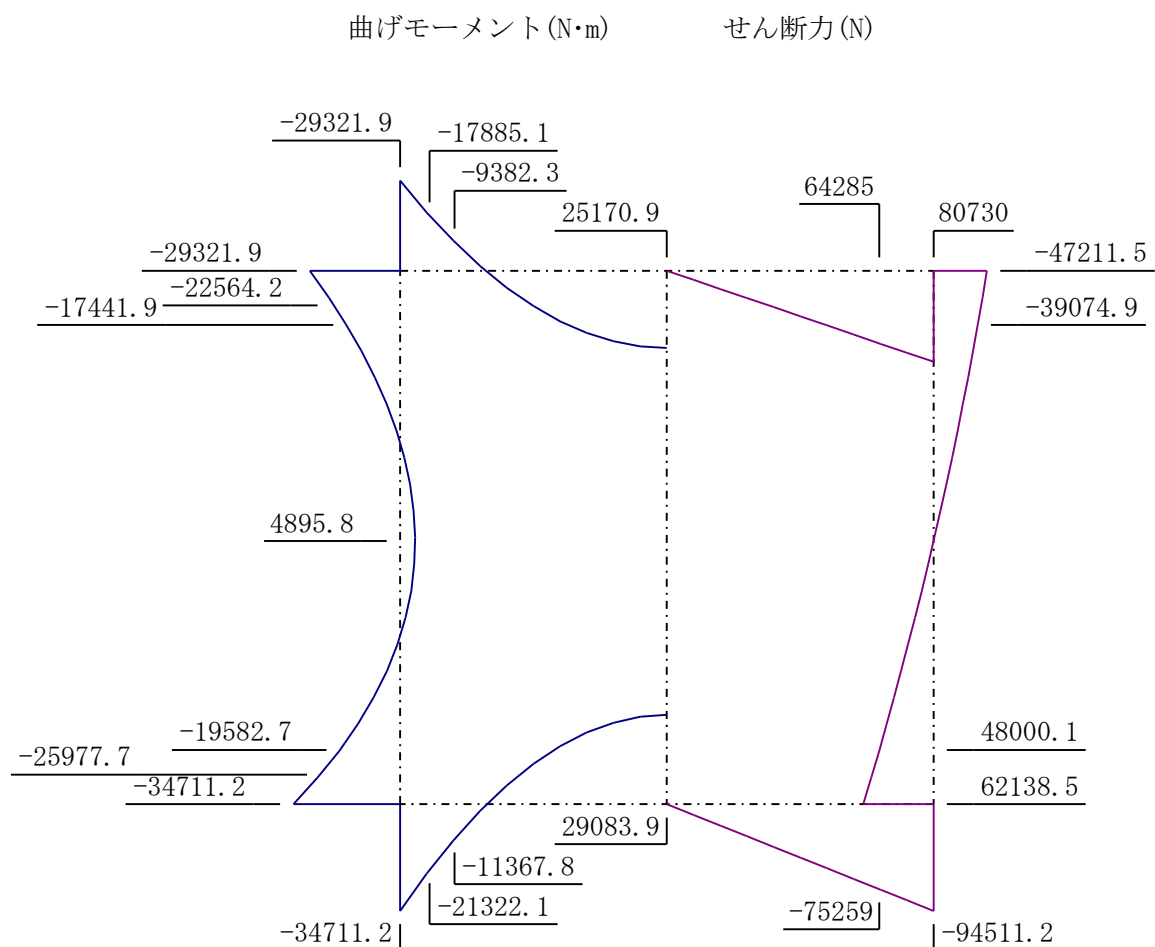
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	80.730	99.258	80.730
SCB (kN/m)	-80.730	-99.258	-80.730
Mmax (kN・m/m)	25.171	33.508	23.652
SAD (kN/m)	94.511	113.039	94.511
SDA (kN/m)	-94.511	-113.039	-94.511
Mmax (kN・m/m)	29.084	37.422	27.565
SAB (kN/m)	62.139	62.139	68.889
SBA (kN/m)	-47.211	-47.211	-53.961
x (m)	1.332	1.332	*****
	1.334	*****	1.334
Mmax (kN・m/m)	4.896	0.727	*****
Mmax (kN・m/m)	4.896	*****	7.933

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。

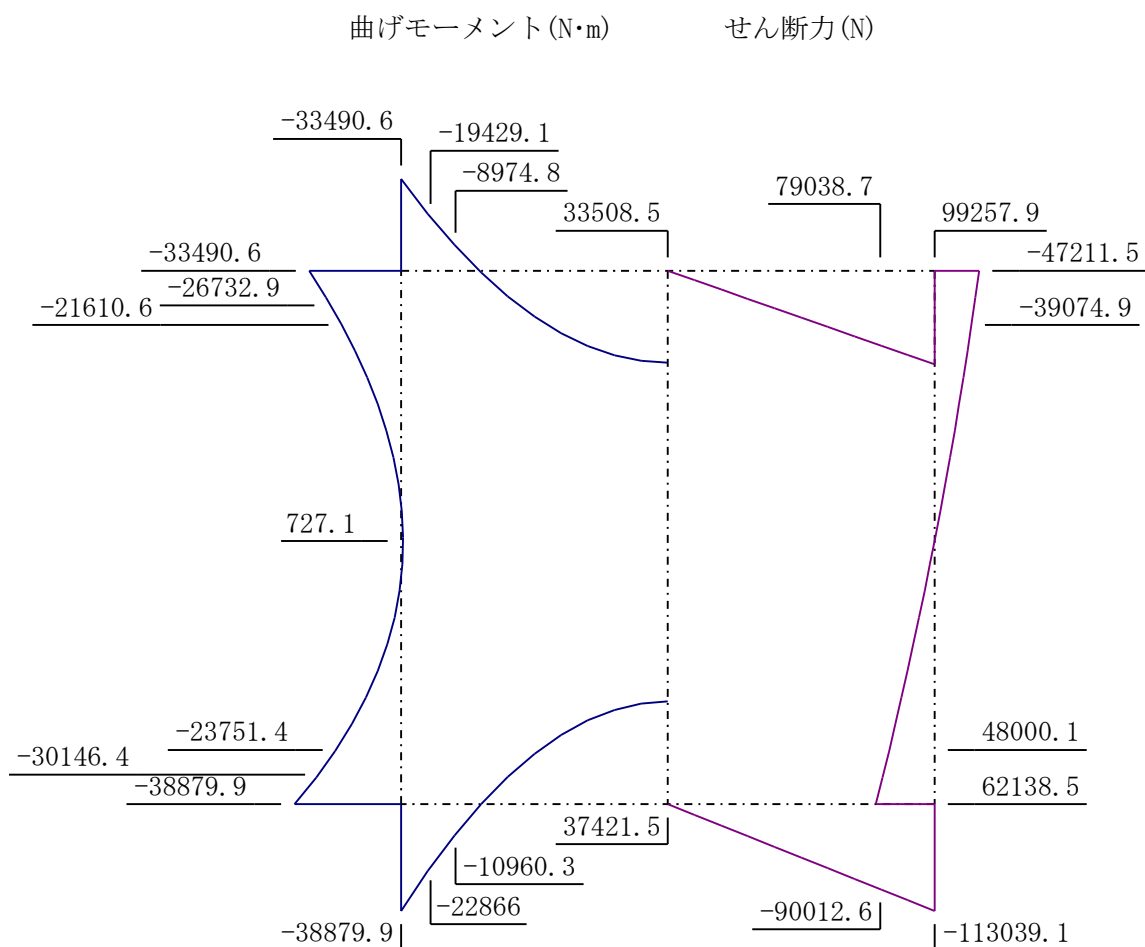
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	-29322	80730	47212
	2 ハッチ始点	0.250	-17885	***	47212
	S2 τ 点	0.275	-9382	64285	47212
	1 中 央	1.350	25171	0	47212
底版	9, S9 端 部	0.100	-34711	94511	62139
	10 ハッチ始点	0.250	-21322	***	62139
	S10 τ 点	0.275	-11368	75259	62139
	11 中 央	1.350	29084	0	62139
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-29322	-47212	80730
	5 上ハッチ点	2.450	-22564	***	81496
	S5 上 τ 点	2.425	-17442	-39075	82134
	6 中 間	1.332	4896	*****	87713
		1.334	4896	*****	87702
	S7 下 τ 点	0.275	-19583	48000	93108
	7 下ハッチ点	0.250	-25978	***	93746
	8, S8 下 端部	0.100	-34711	62139	94511



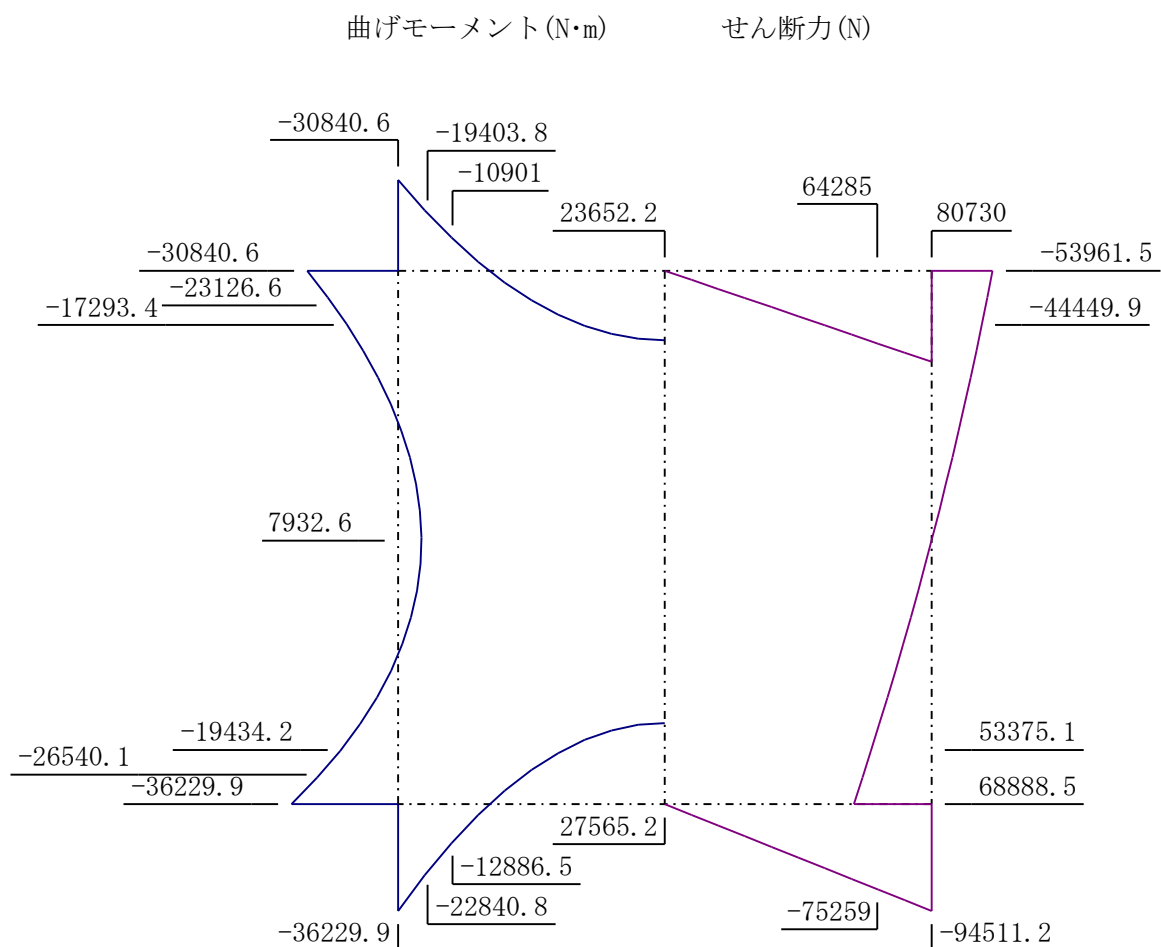
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

					[/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	-33491	99258	47212
	2 ハチ始点	0.250	-19429	***	47212
	S2 τ 点	0.275	***	79039	***
	1 中 央	1.350	33509	0	47212
底版	9, S9 端 部	0.100	-38880	113039	62139
	10 ハチ始点	0.250	-22866	***	62139
	S10 τ 点	0.275	***	90013	***
	11 中 央	1.350	37422	0	62139
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-33491	-47212	99258
	5 上ハチ点	2.450	-26733	***	100024
	S5 上 τ点	2.425	***	-39075	***
	6 中 間	1.332	727	0	106240
	S7 下 τ点	0.275	***	48000	***
	7 下ハチ点	0.250	-30146	***	112274
	8, S8 下 端部	0.100	-38880	62139	113039



(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	-30841	80730	53962
	2 ハッチ始点	0.250	-19404	***	53962
	S2 τ 点	0.275	***	64285	***
	1 中 央	1.350	23652	0	53962
底板	9, S9 端 部	0.100	-36230	94511	68889
	10 ハッチ始点	0.250	-22841	***	68889
	S10 τ 点	0.275	***	75259	***
	11 中 央	1.350	27565	0	68889
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-30841	-53962	80730
	5 上ハッチ点	2.450	-23127	***	81496
	S5 上 τ 点	2.425	***	-44450	***
	6 中 間	1.334	7933	0	87702
	S7 下 τ 点	0.275	***	53375	*****
	7 下ハッチ点	0.250	-26540	***	93746
	8, S8 下 端部	0.100	-36230	68889	94511



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	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 26	2.50	5.309	450000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-0.50	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	-0.50	外 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	4.85	-0.45	102.39	25.43	719.80	0.849	3
ハチ始点	847.62	5.67	0.13	121.75	25.43	700.44	0.826	3
τ 点	847.62	5.67	0.07	120.82	25.43	701.37	0.827	3
中 央	847.62	5.67	-0.19	117.01	25.43	705.18	0.832	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.85	-0.45	102.39	25.43	719.80	0.849	3
ハチ始点	847.62	5.67	0.13	121.75	25.43	700.44	0.826	3
τ 点	847.62	5.67	0.07	120.82	25.43	701.37	0.827	3
中 央	847.62	5.67	-0.19	117.01	25.43	705.18	0.832	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	4.85	-0.45	102.39	25.43	719.80	0.849	3
ハチ始点	847.62	5.67	0.13	121.75	25.43	700.44	0.826	3
τ 点	847.62	5.67	0.07	120.82	25.43	701.37	0.827	4
中 央	847.62	5.67	-0.19	117.01	25.43	705.18	0.832	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.85	-0.45	102.39	25.43	719.80	0.849	3
ハチ始点	847.62	5.67	0.13	121.75	25.43	700.44	0.826	3
τ 点	847.62	5.67	0.07	120.82	25.43	701.37	0.827	4
中 央	847.62	5.67	-0.19	117.01	25.43	705.18	0.832	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	2.81	0.19	1.99	4.99	3
ハチ始点	2.68	0.24	5.35	8.26	3
中 央	3.78	0.24	3.98	7.99	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.81	0.19	5.66	3.03	3
ハチ始点	-2.68	0.24	3.95	1.50	3
中 央	-3.78	0.24	5.38	1.84	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.22	0.19	1.99	5.39	3
ハチ始点	2.91	0.24	5.35	8.50	3
中 央	5.03	0.24	3.98	9.24	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.22	0.19	5.66	2.63	3
ハチ始点	-2.91	0.24	3.95	1.27	3
中 央	-5.03	0.24	5.38	0.59	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	-45.212	1.57	6.58	4.8	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-26.229	0.34	9.60	0.7	0.0	0.000	0.000	3
中 央	45.236	-1.09	11.08	1.8	9.7	0.605	0.892	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	— 5	D 10	— 5	4.951 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	7813	47.212	99.258	955.35	4.01	0.60	-0.087	3
τ 点	100.0	5000	47.212	79.039	930.89	4.89	0.59	-0.071	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	-29.322	-4.169	-48.540	-56.934	-56.934	3
ハッチ始点	-17.885	-1.544	-27.111	-33.029	-33.029	3
中 央	12.951	16.054	56.971	49.308	56.971	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	13.272	4.951	14.5	21.5	0.069	0.010	161.46	2.8	3
ハッチ始点	13.272	4.951	9.5	16.5	0.069	0.015	101.02	3.1	3
中 央	13.272	6.335	10.5	16.5	0.069	0.014	118.18	2.1	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 26	2.50	5.309	450000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-0.50	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	-0.50	外 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	4.85	-0.53	101.16	25.43	721.03	0.851	3
ハチ始点	847.62	5.67	0.16	122.13	25.43	700.06	0.826	3
τ 点	847.62	5.67	0.09	121.03	25.43	701.15	0.827	3
中 央	847.62	5.67	-0.22	116.57	25.43	705.61	0.832	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.85	-0.53	101.16	25.43	721.03	0.851	3
ハチ始点	847.62	5.67	0.16	122.13	25.43	700.06	0.826	3
τ 点	847.62	5.67	0.09	121.03	25.43	701.15	0.827	3
中 央	847.62	5.67	-0.22	116.57	25.43	705.61	0.832	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	4.85	-0.53	101.16	25.43	721.03	0.851	3
ハチ始点	847.62	5.67	0.16	122.13	25.43	700.06	0.826	3
τ 点	847.62	5.67	0.09	121.03	25.43	701.15	0.827	4
中 央	847.62	5.67	-0.22	116.57	25.43	705.61	0.832	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	4.85	-0.53	101.16	25.43	721.03	0.851	3
ハチ始点	847.62	5.67	0.16	122.13	25.43	700.06	0.826	3
τ 点	847.62	5.67	0.09	121.03	25.43	701.15	0.827	4
中 央	847.62	5.67	-0.22	116.57	25.43	705.61	0.832	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	3.33	0.25	1.99	5.57	3
ハチ始点	3.20	0.31	5.34	8.85	3
中 央	4.36	0.31	3.98	8.65	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.33	0.25	5.67	2.58	3
ハチ始点	-3.20	0.31	3.95	1.06	3
中 央	-4.36	0.31	5.39	1.33	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.73	0.25	1.99	5.97	3
ハチ始点	3.43	0.31	5.34	9.08	3
中 央	5.61	0.31	3.98	9.90	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.73	0.25	5.67	2.18	3
ハチ始点	-3.43	0.31	3.95	0.83	3
中 央	-5.61	0.31	5.39	0.08	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	-52.488	0.96	7.36	2.9	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-30.869	-0.26	10.39	0.5	0.6	0.040	0.246	3
中 央	50.519	-1.77	11.98	2.6	22.9	1.429	1.290	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	— 5	D 10	— 5	4.951 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 5	D 10	— 5	4.951 cm ² /m	> As1 or As2

5.2.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm ³)	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	$\sigma c'$	τ (N/mm ²)	σi	ケース
端 部	100.0	7813	62.139	113.039	956.98	4.08	0.68	-0.110	3
τ 点	100.0	5000	62.139	90.013	930.61	4.96	0.68	-0.090	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	-34.711	-4.169	-55.546	-66.096	-66.096	3
ハッチ始点	-21.322	-1.544	-31.578	-38.872	-38.872	3
中 央	29.084	8.338	58.653	63.617	63.617	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	13.272	4.951	14.5	21.5	0.069	0.010	161.46	2.4	3
ハッチ始点	13.272	4.951	9.5	16.5	0.069	0.015	101.02	2.6	3
中 央	13.272	4.951	10.5	16.5	0.069	0.014	111.65	1.8	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	-33.491	99.258	33.74	9.00	42.424	3
	上ハチ点	-26.733	100.023	26.73	6.50	33.234	3
側壁	中 間	7.935	51.531	15.40	6.50	11.285	2
	下ハチ点	-30.146	112.273	26.85	6.50	37.444	3
	下端部	-38.880	113.039	34.40	9.00	49.053	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

$$\begin{aligned}
 k &= n \times \sigma_{ca} / (n \times \sigma_{ca} + \sigma_{sa}) &= 0.568 \\
 c1 &= \sqrt{[6 / \sigma_{ca} / (3 - k) / k]} &= 0.557 \\
 d &= c1 \times \sqrt{(Ms / b)} &h = d + d' < T
 \end{aligned}$$

ここに、
 Ms : 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)

$$\begin{aligned}
 A_s &= [\sigma_c / 2 \times s - N / (b \times da)] / \sigma_{sa} \times b \times da \\
 \therefore \sigma_c^3 + [3 \times \sigma_{sa} / (2 \times n) - 3 \times N \times (e + c) / (b \times da^2)] \times \sigma_c^2 \\
 &\quad - 6 \times N \times (e + c) / (n \times b \times da^2) \times \sigma_{sa} \times \sigma_c \\
 &\quad - 3 \times N \times (e + c) / (n^2 \times b \times da^2) \times \sigma_{sa}^2 = 0 \\
 &\text{上式を解いて } \sigma_c \text{ を求める。また } da = T - d' \text{ とする。} \\
 \therefore s &= n \times \sigma_c / (n \times \sigma_c + \sigma_{sa})
 \end{aligned}$$

部材	点	Ms (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	42.424	11.48	14.98	25.00	7.783
	上ハチ点	33.234	10.16	13.66	20.00	8.265
側壁	中 間	11.285	5.92	9.42	20.00	1.446
	下ハチ点	37.444	10.78	14.28	20.00	9.460
	下端部	49.053	12.34	15.84	25.00	9.242
$d + d' < T$					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 - 10	D 19 - 5
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 5

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	12.128	8.968	5.11	107.1	0.0
	上ハチ点	100.00	12.128	7.515	6.32	113.3	0.0
	中間	100.00	6.335	7.099	2.25	44.7	0.0
	下ハチ点	100.00	12.128	7.508	7.13	128.0	0.0
	下端部	100.00	12.128	8.932	5.93	125.2	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	63.861	35.453	79.039	64.285				
	M			-8.975					
	N			47.212					
	最大			○					
底版 τ 点	S	74.835	46.428	90.013	75.259				
	M			-10.960					
	N			62.139					
	最大			○					
側壁上 τ 点	S	-24.659	-30.034	-39.075	-44.450				
	M				-17.293				
	N				82.134				
	最大				○				
側壁下 τ 点	S	33.584	38.959	48.000	53.375				
	M				-19.434				
	N				93.108				
	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	D13-2.5 D10-2.5	4.951	0.300	1.000
底版 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D13-2.5 D10-2.5	4.951	0.300	1.000
側壁上 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.735	1.341
側壁下 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.735	1.341

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	-8.975	930.9	47.212	0.200	0.00667	-0.01	32.620	2.000
底版 τ 点	-10.960	930.6	62.138	0.200	0.00667	-0.01	33.108	2.000
側壁上 τ 点	-17.293	0.0	82.134	0.200	0.00667	0.00	2.739	1.158
側壁下 τ 点	-19.434	0.0	93.108	0.200	0.00667	0.00	3.105	1.160

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	1.000	2.000	0.756
底版 τ 点	0.270	1.400	1.000	2.000	0.756
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.341	1.158	0.587
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.341	1.160	0.588

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	79.039	16.5	0.479	0.756
底版 τ 点	90.013	16.5	0.546	0.756
側壁上 τ 点	44.450	16.5	0.269	0.587
側壁下 τ 点	53.375	16.5	0.323	0.588

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以 上