

受付 No.

台帳 No. KS402003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 4500 mm
内 高 (H) 2500 mm
長 さ (L) 1000 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) 4500 × (H) 2500 × (L) 1000 [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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

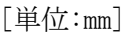
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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 : $E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

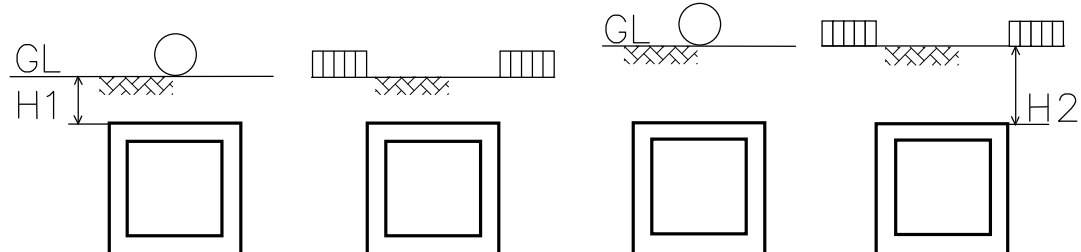
(3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 21$	$\phi 21$	*****	(mm)
断面積	346.40	346.40	*****	(mm ²)
設計引張力	290000	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

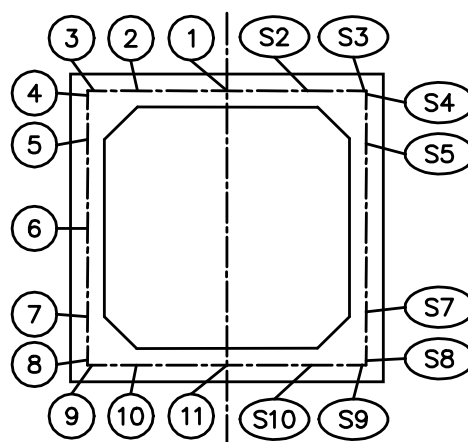
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

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

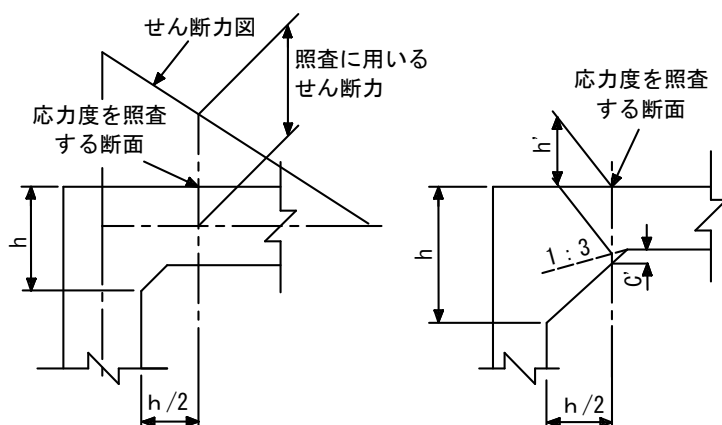
せん断力



1) 断面検討用曲げモーメント



2) せん断力に対する照査



(a) ハンチ以外の場合

(b) ハンチにある場合

b) について

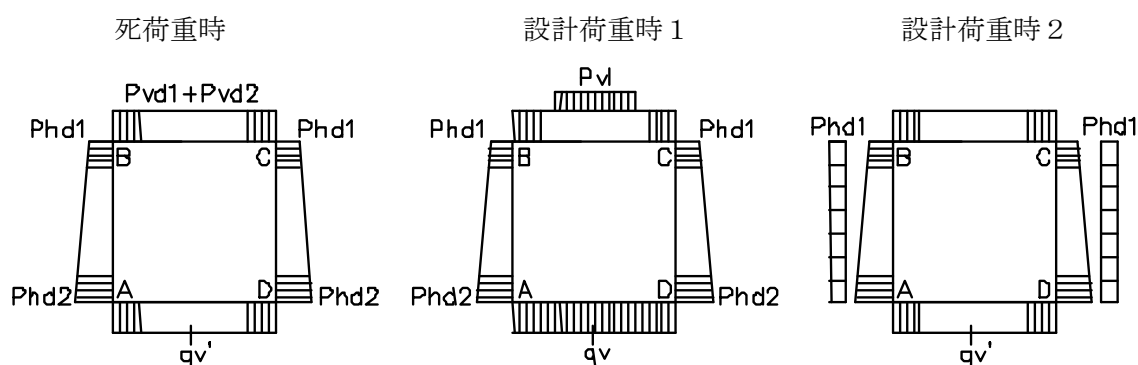
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重 $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧 $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (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 $u = a + 2 \times H1 = 3.220 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H1 = 3.520 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



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)
-------	------------------------------	---	--

P_{vd1}	9.310	9.310	9.310
P_{vd2}	28.080	28.080	28.080
$P_{hd1} = P_{hd1}$	15.750	15.750	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	20.750
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	41.670	41.670	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	46.670
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	26.426	0.000
q_v	*****	64.856	*****
$q_{v'}$	47.129	*****	47.129

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	1.2194	1.2194	1.2194
β	1.2194	1.2194	1.2194
N1	3.2194	3.2194	3.2194
N2	3.2194	3.2194	3.2194
CAD (kN・m/m)	90.487	124.524	90.487
CBC (kN・m/m)	71.789	115.185	71.789
CAB (kN・m/m)	21.636	21.636	25.092
CBA (kN・m/m)	18.053	18.053	21.509
θ_A	-29.409	-45.744	-27.851
θ_B	25.826	44.380	24.269
MAB (kN・m/m)	-54.627	-68.744	-56.526
MAD (kN・m/m)	54.627	68.744	56.526
MBA (kN・m/m)	40.297	61.069	42.196
MBC (kN・m/m)	-40.297	-61.069	-42.196

3.1.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

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

(2) 底 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

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

(3) 側 壁

1) せん断力

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

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

2) 曲げモーメント

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

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

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

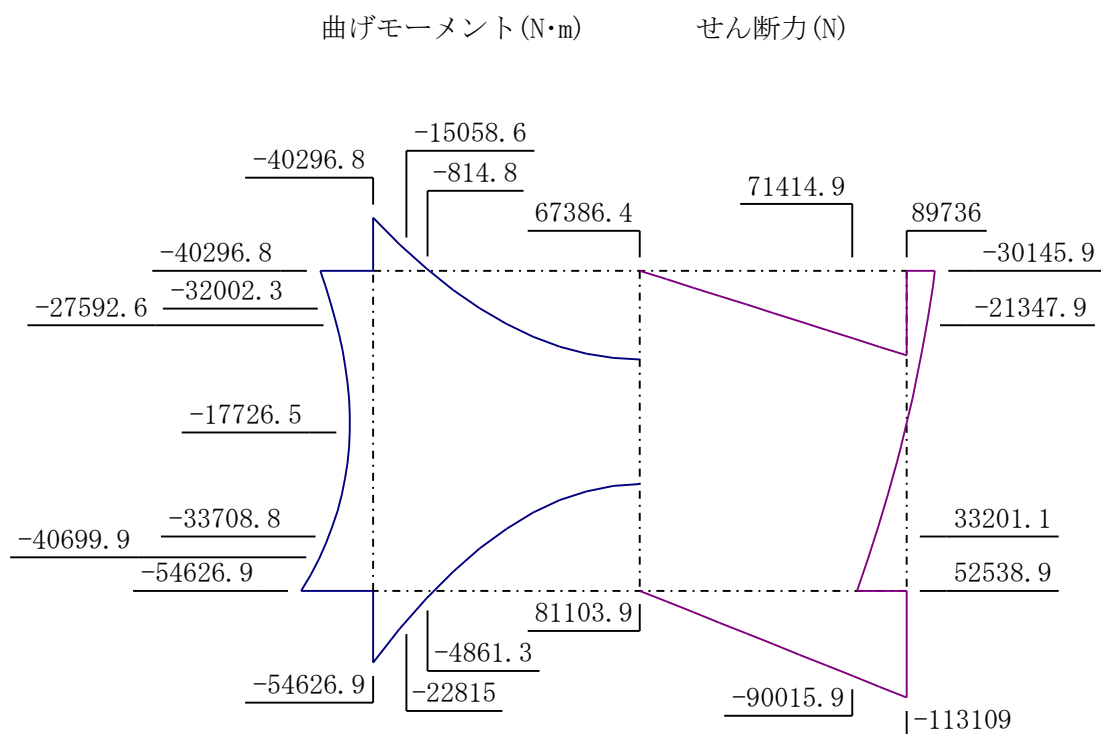
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	89.736	132.281	89.736
SCB	(kN/m)	-89.736	-132.281	-89.736
Mmax	(kN・m/m)	67.386	114.474	65.488
SAD	(kN/m)	113.109	155.654	113.109
SDA	(kN/m)	-113.109	-155.654	-113.109
Mmax	(kN・m/m)	81.104	118.041	79.205
SAB	(kN/m)	52.539	50.228	59.739
SBA	(kN/m)	-30.146	-32.457	-37.346
x	(m)	1.425	1.425	*****
		1.496	*****	1.496
Mmax	(kN・m/m)	-17.727	-35.136	*****
Mmax	(kN・m/m)	-17.636	*****	-14.358

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。

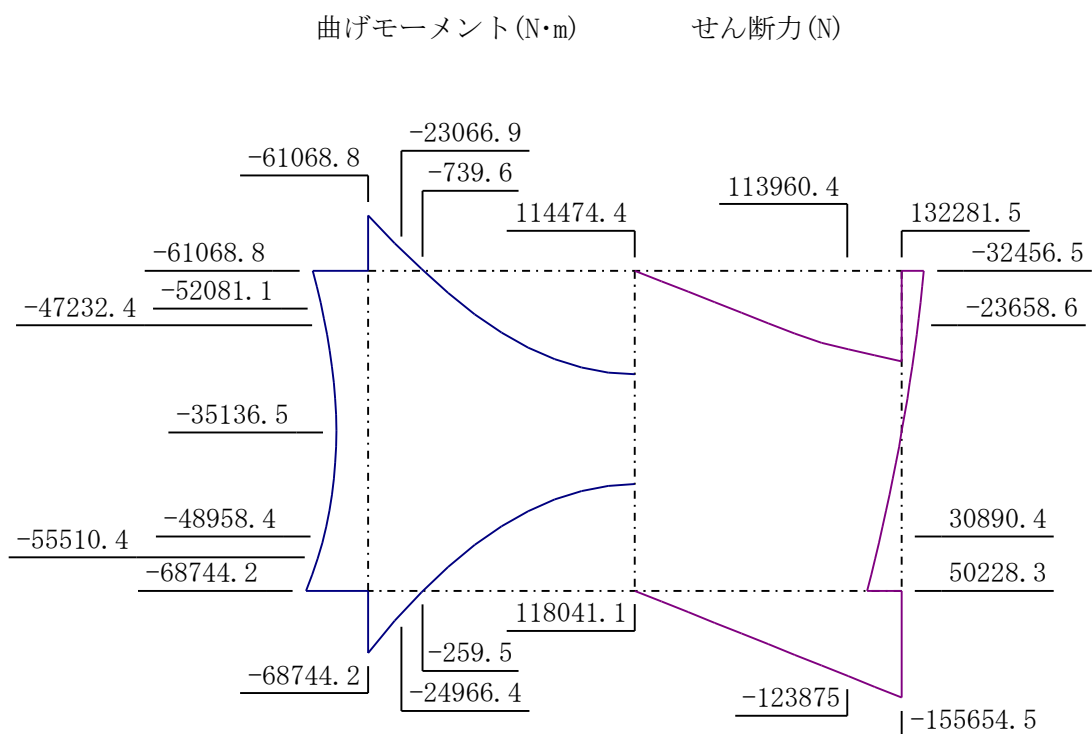
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

[/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	0.150	-40297	89736	30146
	2 ハチ始点	0.450	-15059	***	30146
	S2 τ 点	0.490	-815	71415	30146
	1 中 央	2.400	67386	0	30146
底版	9, S9 端 部	0.150	-54627	113109	52539
	10 ハチ始点	0.450	-22815	***	52539
	S10 τ 点	0.490	-4861	90016	52539
	11 中 央	2.400	81104	0	52539
側壁	4, S4 上 端部	2.690	-40297	-30146	89736
	5 上ハチ点	2.390	-32002	***	92171
	S5 上 τ点	2.390	-27593	-21348	93713
	6 中 間	1.425	-17727	*****	101544
		1.496	-17636	*****	100968
	S7 下 τ点	0.490	-33709	33201	109132
	7 下ハチ点	0.490	-40700	***	110674
	8, S8 下 端部	0.190	-54627	52539	113109



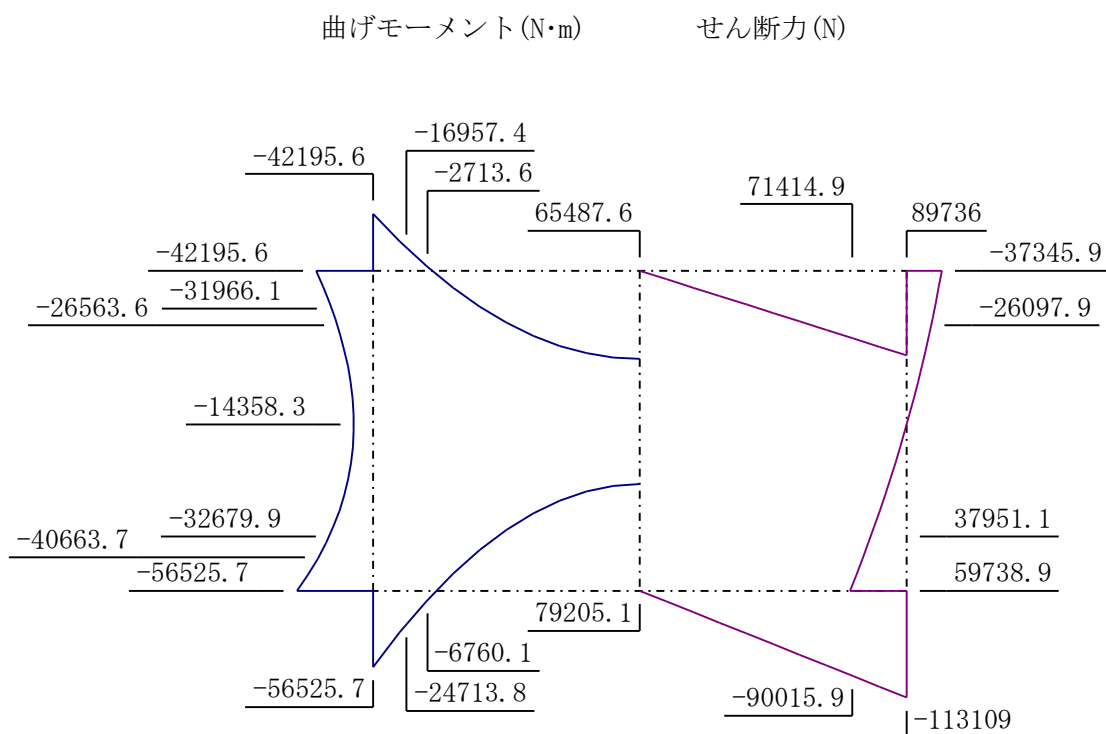
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	0.150	-61069	132282	32457
	2 ハチ始点	0.450	-23067	***	32457
	S2 τ 点	0.490	-740	113960	32457
	1 中 央	2.400	114474	0	32457
底版	9, S9 端 部	0.150	-68744	155655	50228
	10 ハチ始点	0.450	-24966	***	50228
	S10 τ 点	0.490	-260	123875	50228
	11 中 央	2.400	118041	0	50228
側壁	4, S4 上 端部	2.690	-61069	-32457	132282
	5 上ハチ点	2.390	-52081	***	134716
	S5 上 τ 点	2.390	-47232	-23659	136258
	6 中 間	1.425	-35137	0	144090
	S7 下 τ 点	0.490	-48958	30890	151678
	7 下ハチ点	0.490	-55510	***	153220
	8, S8 下 端部	0.190	-68744	50228	155655



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

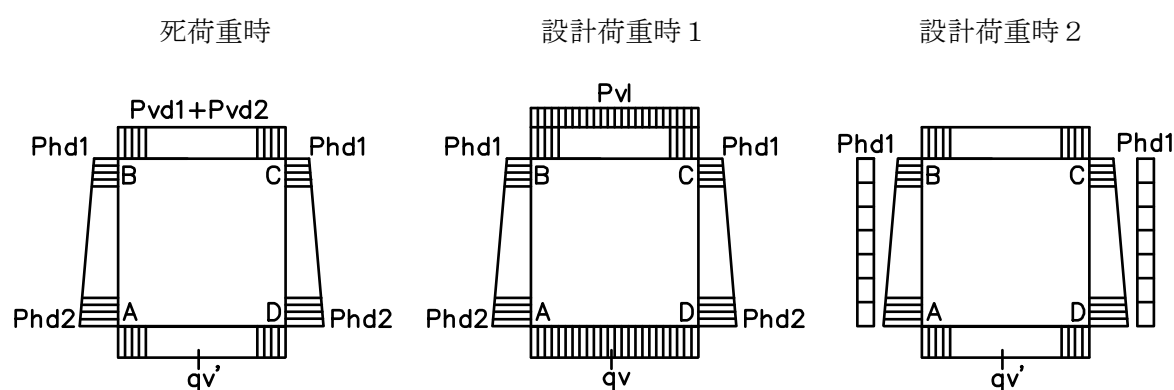
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.150	-42196	89736	37346
	2 ハチ始点	0.450	-16957	***	37346
	S2 τ 点	0.490	-2714	71415	37346
	1 中 央	2.400	65488	0	37346
底版	9, S9 端 部	0.150	-56526	113109	59739
	10 ハチ始点	0.450	-24714	***	59739
	S10 τ 点	0.490	-6760	90016	59739
	11 中 央	2.400	79205	0	59739
側壁	4, S4 上 端部	2.690	-42196	-37346	89736
	5 上ハチ点	2.390	-31966	***	92171
	S5 上 τ点	2.390	-26564	-26098	93713
	6 中 間	1.496	-14358	0	100968
	S7 下 τ点	0.490	-32680	37951	109132
	7 下ハチ点	0.490	-40664	***	110674
	8, S8 下 端部	0.190	-56526	59739	113109



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}	9.310	9.310	9.310
P_{vd2}	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	29.160	29.160	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	34.160
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	55.080	55.080	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	60.080
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	87.673	*****
$q_{v'}$	73.949	*****	73.949

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	1.2194	1.2194	1.2194
β	1.2194	1.2194	1.2194
N_1	3.2194	3.2194	3.2194
N_2	3.2194	3.2194	3.2194
CAD (kN・m/m)	141.982	168.332	141.982
CBC (kN・m/m)	123.283	149.634	123.283
CAB (kN・m/m)	30.905	30.905	34.361
CBA (kN・m/m)	27.322	27.322	30.778
θ_A	-48.434	-60.307	-46.877
θ_B	44.852	56.725	43.295
MAB (kN・m/m)	-82.922	-94.795	-84.820
MAD (kN・m/m)	82.922	94.795	84.820
MBA (kN・m/m)	68.591	80.465	70.490
MBC (kN・m/m)	-68.591	-80.465	-70.490

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。

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

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

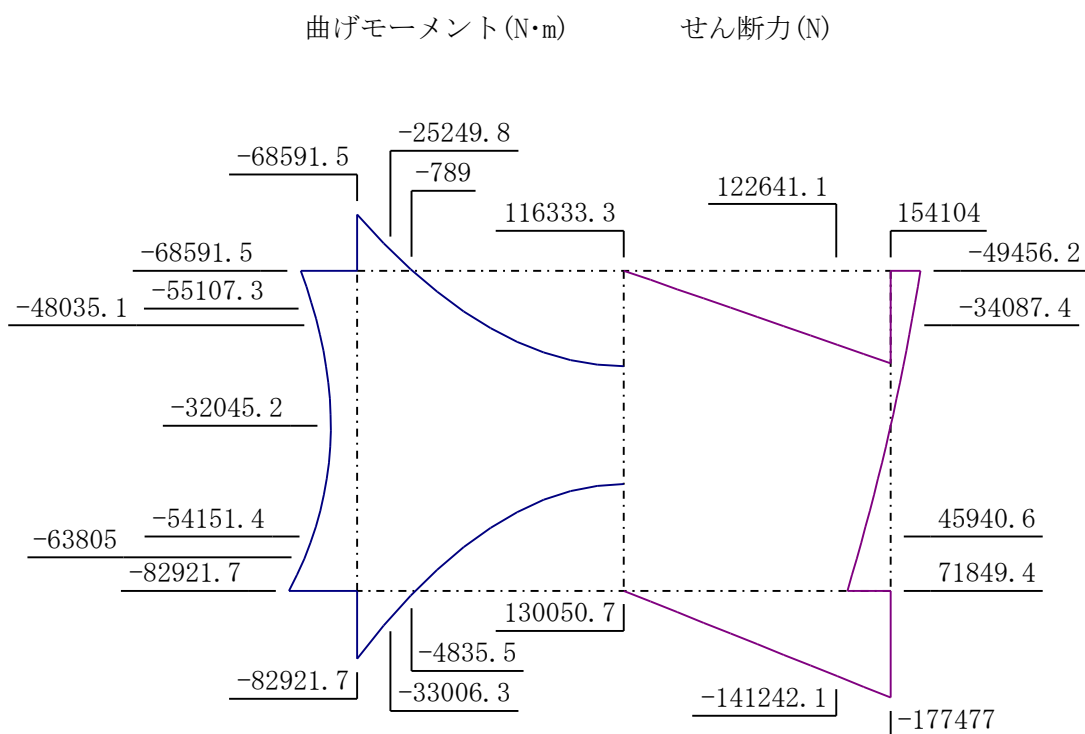
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	154.104	187.042	154.104
SCB (kN/m)	-154.104	-187.042	-154.104
Mmax (kN・m/m)	116.333	143.986	114.434
SAD (kN/m)	177.477	210.415	177.477
SDA (kN/m)	-177.477	-210.415	-177.477
Mmax (kN・m/m)	130.051	157.704	128.152
SAB (kN/m)	71.849	71.849	79.049
SBA (kN/m)	-49.456	-49.456	-56.656
x (m)	1.484	1.484	*****
	1.480	*****	1.480
Mmax (kN・m/m)	-32.045	-43.918	*****
Mmax (kN・m/m)	-32.046	*****	-28.764

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。

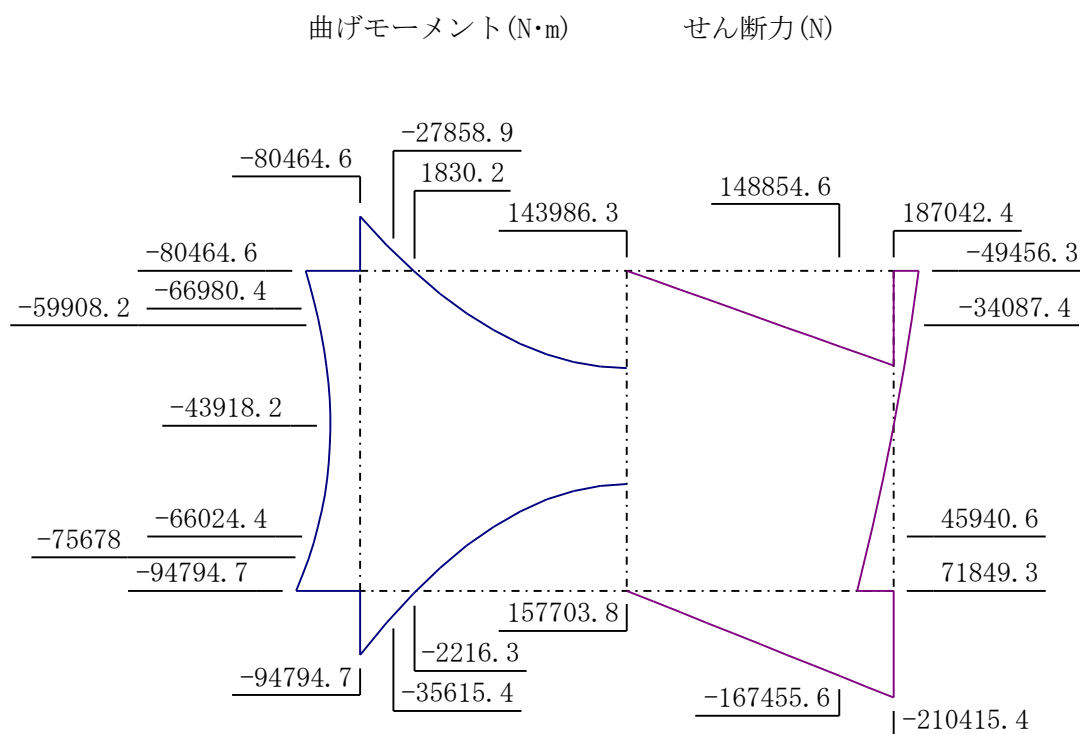
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	0.150	-68592	154104	49456
	2 ハッチ始点	0.450	-25250	***	49456
	S2 τ 点	0.490	-789	122641	49456
	1 中 央	2.400	116333	0	49456
底版	9, S9 端 部	0.150	-82922	177477	71849
	10 ハッチ始点	0.450	-33006	***	71849
	S10 τ 点	0.490	-4836	141242	71849
	11 中 央	2.400	130051	0	71849
側壁	4, S4 上 端部	2.690	-68592	-49456	154104
	5 上ハッチ点	2.390	-55107	***	156539
	S5 上 τ 点	2.390	-48035	-34087	158081
	6 中 間	1.484	-32045	*****	165433
		1.480	-32046	*****	165466
	S7 下 τ 点	0.490	-54151	45941	173500
	7 下ハッチ点	0.490	-63805	***	175042
	8, S8 下 端部	0.190	-82922	71849	177477



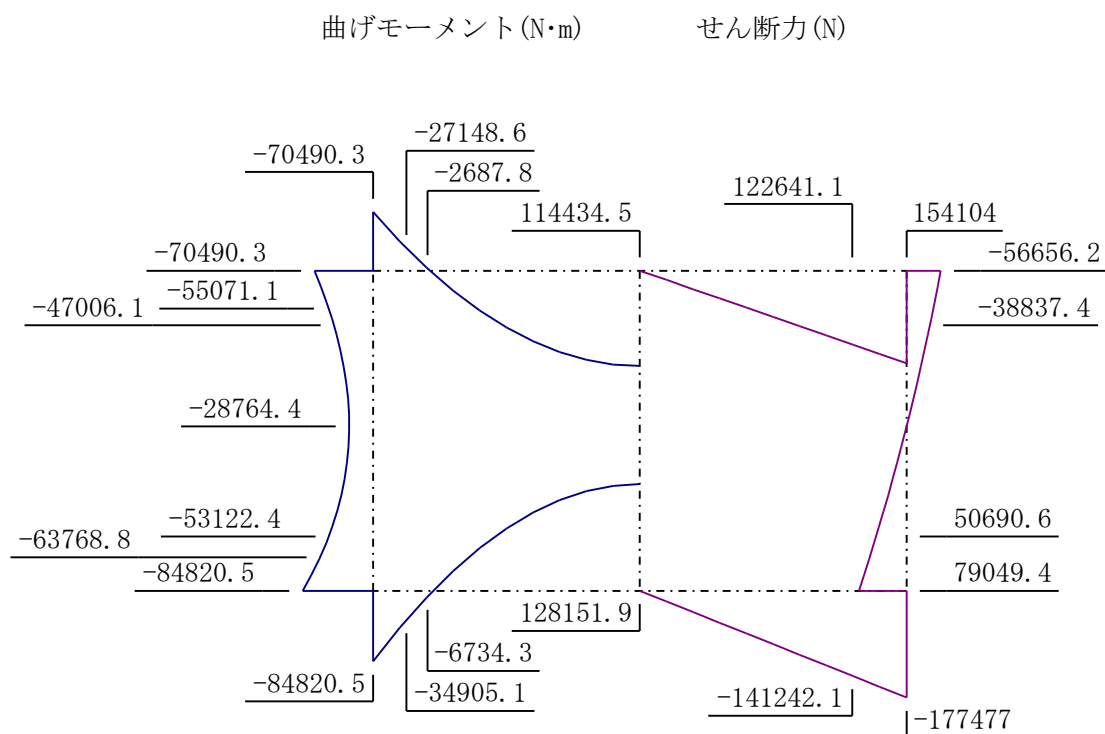
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	0.150	-80465	187042	49456
	2 ハチ始点	0.450	-27859	***	49456
	S2 τ 点	0.490	***	148855	***
	1 中 央	2.400	143986	0	49456
底版	9, S9 端 部	0.150	-94795	210415	71849
	10 ハチ始点	0.450	-35615	***	71849
	S10 τ 点	0.490	***	167456	***
	11 中 央	2.400	157704	0	71849
側壁	4, S4 上 端部	2.690	-80465	-49456	187042
	5 上ハチ点	2.390	-66980	***	189477
	S5 上 τ点	2.390	***	-34087	***
	6 中 間	1.484	-43918	0	198372
	S7 下 τ点	0.490	***	45941	***
	7 下ハチ点	0.490	-75678	***	207981
	8, S8 下 端部	0.190	-94795	71849	210415



(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	0.150	-70490	154104	56656
	2 ハチ始点	0.450	-27149	***	56656
	S2 τ 点	0.490	***	122641	***
	1 中 央	2.400	114435	0	56656
底版	9, S9 端 部	0.150	-84821	177477	79049
	10 ハチ始点	0.450	-34905	***	79049
	S10 τ 点	0.490	***	141242	***
	11 中 央	2.400	128152	0	79049
側壁	4, S4 上 端部	2.690	-70490	-56656	154104
	5 上ハチ点	2.390	-55071	***	156539
	S5 上 τ点	2.390	***	-38837	***
	6 中 間	1.480	-28764	0	165466
	S7 下 τ点	0.490	***	50691	*****
	7 下ハチ点	0.490	-63769	***	175042
	8, S8 下 端部	0.190	-84821	79049	177477



4 プレストレスの計算

4.1 荷重による曲げ応力度

$$\sigma_m = \pm M / Z = \pm 6 \times M / (b \times T^2) \times 1000$$

ここに、	σ_m : 曲げ応力度	(N/mm ²)
	M : 曲げモーメント	(kN・m)
	Z : 断面係数	(cm ³)
	B : 部材幅	(cm)
	T : 部材厚	(cm)

4.2 有効プレストレス

(1) 有効係数 η

$$\eta = \sigma_{pe} / \sigma_{pt}$$

$$\sigma_{pt} = P_t / A_p \times 1/100$$

$$\sigma_{pe} = \sigma_{pt} - \Delta\sigma_{pcs} - \Delta\sigma_{pr}$$

$$\Delta\sigma_{pcs} = [n \times \phi \times (\sigma_{cd} + \sigma_{cpt}) + E_p \times \varepsilon_{cs}] / [1 + n \times (\sigma_{cpt} / \sigma_{pt}) \times (1 + \phi / 2)]$$

$$\sigma_{cpt} = N_p \times P_t \times (1 / A_c + e_p^2 / I) \times 10$$

$$\Delta\sigma_{pr} = \gamma \times \sigma_{pt}$$

ここに、	σ_{pt} : 有効引張応力度	(N/mm ²)
	P_t : 緊張作業直後のPC鋼棒引張応力度	(kN)
	A_p : 1本当りのPC鋼棒断面積	(cm ²)
	$\Delta\sigma_{pcs}$: コンクリートの乾燥収縮及びクリープによるPC鋼棒の応力度の減少量	(N/mm ²)
	n : 弾性係数比 ($E_p / E_c = 6.45$)	
	E_p : PC鋼棒の弾性係数 (2.0×10^5 N/mm ²)	
	E_c : コンクリートの弾性係数 (3.1×10^4 N/mm ²)	
	ϕ : クリープ係数 (= 2.5)	
	σ_{cd} : 考えているPC鋼棒位置における永久荷重によるコンクリートの圧縮応力度	(N/mm ²)
	σ_{cpt} : 考えているPC鋼棒位置における緊張作業直後のプレストレス	(N/mm ²)
	ε_{cs} : コンクリートの乾燥収縮度 (= 200 μ)	
	σ_{pt} : 緊張作業直後のPC鋼棒の引張応力度	(N/mm ²)
	N_p : m当りPC鋼棒本数	(本)
	A_c : コンクリート断面積	(cm ²)
	e_p : PC鋼棒偏心率	(cm)
	I : 断面二次モーメント	(cm ⁴)
	$\Delta\sigma_{pr}$: PC鋼棒のリラクセーションによる引張応力度の減少量	(N/mm ²)
	γ : PC鋼棒の見掛けのリラクセーション (= 0.03)	

(2) 有効プレストレス σ_{ce}

$$\sigma_{ce} = N_p \times P_t \times \eta \times (1 / A_c \pm e_p / Z) \times 10 \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここに、	N_p	: m当り P C 鋼棒本数	(本)
	P_t	: 引張作業直後	(kN)
	η	: 有効係数	
	A_c	: コンクリート断面積	(cm^2)
	e_p	: P C 鋼棒偏心量	(cm)
	Z	: 断面係数	(cm^3)

4.3 合成応力度

$$\sigma_c = \sigma_m + \sigma_{ce} + N / A_c \times 10$$

ここに、	σ_c	: 合成応力度	(N/mm^2)
	σ_m	: 曲げ応力度	(N/mm^2)
	σ_{ce}	: 有効プレストレス	(N/mm^2)
	N	: 軸方向圧縮力	(kN)
	A_c	: コンクリート断面積	(cm^2)

4.4 引張鉄筋量の計算

(1) 曲げモーメント

引張鉄筋は次の荷重作用に対して、引張応力の作用する区間に配置する。

$$\text{荷重の組み合わせ (永久荷重 + 変動荷重)} \times 1.35$$

(2) 配置鉄筋量

配置鉄筋量は次の 1)、2) のうちいずれか大きい値以上とする。

1) の値

$$\begin{aligned} A_{s1} &= T_c / \sigma_{sa} \times 10 \\ &= b \times x \times | \sigma_{c1} | / (2 \times \sigma_{sa}) \\ \therefore x &= | \sigma_{c1} | / (\sigma_{c2} + | \sigma_{c1} |) \times T \end{aligned}$$

2) の値

$$A_{s2} = 0.005 \times b \times x$$

ここに、	A_{s1}	: 引張鉄筋断面積	(cm^2)
	A_{s2}	: 引張鉄筋断面積	(cm^2)
		引張応力の作用する コンクリート面積の 0.5%	
	T_c	: 断面に生じる引張力の合力	(kN)
	σ_{sa}	: 鉄筋の許容引張応力度	(N/mm^2)
	σ_{c1}	: 引張縁に生じる引張応力度	(N/mm^2)
	σ_{c2}	: 圧縮縁に生じる圧縮応力度	(N/mm^2)
	b	: 部材幅	(cm)
	x	: 引張縁から中立軸までの距離	(cm)
	T	: 部材厚	(cm)

4.5 斜引張応力度の計算

斜引張応力度は次式を用いて、断面図心位置における値を求める。

$$\sigma_i = 1/2 \times [\sigma_x - \sqrt{(\sigma_x^2 + 4 \times \tau^2)}]$$

$$\sigma_x = [P_e / A_c + N / A_c] \times 10$$

$$\tau = S \times G / (b \times I) \times 10$$

$$I = b \times T^3 / 12$$

$$G = b \times T^2 / 8$$

ここに、	σ_i	: 斜引張応力度	(N/mm ²)
	σ_x	: 部材軸方向圧縮応力度	(N/mm ²)
	τ	: せん断応力度	(N/mm ²)
	P_e	: m当り全有効引張力	(kN)
	S	: せん断力	(kN)
	G	: 断面一次モーメント	(cm ³)
	b	: 部材幅	(cm)
	I	: 断面二次モーメント	(cm ⁴)
	T	: 部材厚	(cm)

4.6 破壊安全度の検討

(1) 曲げモーメント

1) 安全係数

破壊に対する安全度の検討に使用する安全係数を次のように定める。

材料強度に関するもの	-----	1.0
荷重作用に関するもの (永久荷重作用)	-----	1.3 または 1.7
(変動荷重作用)	-----	2.5 または 1.7

2) 終局荷重作用時の曲げモーメント

終局荷重作用時の曲げモーメントは、次に示す荷重作用の大きい方とする。

$$M_d = 1.3 \times M_1 + 2.5 \times M_2 \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$M_d = 1.7 \times M_1 + 1.7 \times M_2 \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

ここに、	M_d	: 終局荷重作用時曲げモーメント
	M_1	: 永久荷重による曲げモーメント
	M_2	: 変動荷重による曲げモーメント (設計荷重時 - 死荷重時)

(2) 曲げ破壊安全度

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

ここに、	Mu	: 破壊抵抗曲げモーメント	(kN・m)
	Ap	: P C鋼棒断面積	(cm ²)
	As	: 鉄筋の断面積	(cm ²)
	σ pud	: P C鋼棒引張強度	(N/mm ²)
	σ syd	: 引張鉄筋の降伏点応力度	(N/mm ²)
	σ ck	: コンクリートの設計基準強度	(N/mm ²)
	d p	: 圧縮縁からP C鋼棒図心迄の距離	(cm)
	d s	: 圧縮縁から鉄筋図心迄の距離	(cm)
	b	: 部材幅	(cm)
	S f	: 曲げ破壊安全度	

終局つり合い鋼材比が配置される引張鋼材比より大であることを確認する。

$$\begin{aligned}
 P_{pb} &= 0.68 \times \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sp}) \\
 &\quad \times \sigma_{ck} / (0.93 \times \sigma_{pud}) + \\
 &\quad 0.68 \times \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s) \\
 &\quad \times \sigma_{ck} / \sigma_{syd} \\
 P_{pd} &= A_p / (b \times d_p) + A_s / (b \times d_s) \\
 &\quad \times \sigma_{syd} / (0.93 \times \sigma_{pud}) \times d_s / d_p < P_{pb}
 \end{aligned}$$

ここに、	Ppb	: 終局つり合い鋼材比	
	Ppd	: 引張鋼材比	
	ε cu	: コンクリートの終局ひずみ	(0.0035)
	ε sp	: P C鋼棒の終局ひずみ	(0.015)
	σ pud	: P C鋼棒の引張強さ	(N/mm ²)
	ε s	: 引張鉄筋の降伏ひずみ	(σ syd / E s)

5 P C 部材の検討

5.1 頂版

5.1.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント (cm ⁴)	中立軸 (cm)	断面係数 (cm ³)
端 部	100.00	48.00	4800.0	921600.00	24.00	38400.00
ハチ始点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
τ 点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
中 央	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67

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 21	6.00	3.464	290000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 21	6.00	3.464	290000	-2.50	外 側
τ 点	φ 21	6.00	3.464	290000	-2.50	外 側
中 央	φ 21	6.00	3.464	290000	2.50	内 側

5.1.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm ²)	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.74	-0.19	91.44	25.12	720.63	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.82	0.14	110.67	25.12	701.39	0.838	3
τ 点	837.18	4.82	0.00	108.69	25.12	703.38	0.840	1
中 央	837.18	4.82	-0.64	99.15	25.12	712.92	0.852	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.74	-0.19	91.44	25.12	720.63	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.82	0.14	110.67	25.12	701.39	0.838	3
τ 点	837.18	4.82	0.00	108.69	25.12	703.38	0.840	1
中 央	837.18	4.82	-0.64	99.15	25.12	712.92	0.852	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.74	-0.19	91.44	25.12	720.63	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.82	0.14	110.67	25.12	701.39	0.838	3
τ 点	837.18	4.82	0.00	108.68	25.12	703.38	0.840	2
中 央	837.18	4.82	-0.64	99.15	25.12	712.92	0.852	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.74	-0.19	91.44	25.12	720.63	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.82	0.14	110.67	25.12	701.39	0.838	3
τ 点	837.18	4.82	0.00	108.68	25.12	703.38	0.840	2
中 央	837.18	4.82	-0.64	99.15	25.12	712.92	0.852	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	1.79	0.10	2.15	4.03	3
ハチ始点	1.05	0.13	5.35	6.53	3
中 央	4.83	0.13	2.36	7.32	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.79	0.10	4.10	2.41	3
ハチ始点	-1.05	0.13	2.32	1.40	3
中 央	-4.83	0.13	5.44	0.73	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.10	0.10	2.15	4.34	3
ハチ始点	1.16	0.13	5.35	6.64	3
中 央	5.98	0.13	2.36	8.47	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.10	0.10	4.10	2.10	3
ハチ始点	-1.16	0.13	2.32	1.29	3
中 央	-5.98	0.13	5.44	-0.41	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)	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	-108.627	1.41	5.11	10.4	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-37.610	0.93	7.09	4.4	0.0	0.000	0.000	3
中 央	194.382	-2.46	10.61	7.2	88.1	5.508	3.578	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	— 6	D 0	— 0	7.602 cm ² /m	> A _{s1} or A _{s2}
内 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 cm ² /m	> A _{s1} or A _{s2}

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)	P _e (kN)	σ _{c'}	τ (N/mm ²)	σ _i	ケース
端 部	100.0	28800	49.456	187.042	1497.76	3.22	0.58	-0.103	3
τ 点	100.0	18050	49.456	148.855	1461.91	3.98	0.59	-0.085	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)	M _d (kN・m)	ケース
端 部	-68.591	-11.873	-118.852	-136.790	-136.790	3
ハチ始点	-25.250	-2.609	-39.347	-47.360	-47.360	3
中 央	116.333	27.653	220.366	244.777	244.777	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	20.784	7.602	26.5	44.5	0.069	0.009	481.89	3.5	3
ハチ始点	20.784	7.602	16.5	34.5	0.069	0.014	293.04	6.2	3
中 央	20.784	11.916	21.5	34.5	0.069	0.011	419.08	1.7	3
P _{pb} > P _{pd} S _f > 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	48.00	4800.0	921600.00	24.00	38400.00
ハチ始点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
τ 点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
中 央	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67

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	6.00	3.464	290000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 21	6.00	3.464	290000	-3.00	外 側
τ 点	φ 21	6.00	3.464	290000	-3.00	外 側
中 央	φ 21	6.00	3.464	290000	3.00	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	3.70	-0.18	90.95	25.12	721.12	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.92	0.22	113.21	25.12	698.86	0.835	3
τ 点	837.18	4.92	0.03	110.47	25.12	701.60	0.838	1
中 央	837.18	4.92	-0.85	97.31	25.12	714.75	0.854	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.70	-0.18	90.95	25.12	721.12	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.92	0.22	113.21	25.12	698.86	0.835	3
τ 点	837.18	4.92	0.03	110.47	25.12	701.60	0.838	1
中 央	837.18	4.92	-0.85	97.31	25.12	714.75	0.854	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.70	-0.18	90.95	25.12	721.12	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.92	0.22	113.21	25.12	698.86	0.835	3
τ 点	837.18	4.92	0.03	110.47	25.12	701.60	0.838	2
中 央	837.18	4.92	-0.85	97.31	25.12	714.75	0.854	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.70	-0.18	90.95	25.12	721.12	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.92	0.22	113.21	25.12	698.86	0.835	3
τ 点	837.18	4.92	0.03	110.47	25.12	701.60	0.838	2
中 央	837.18	4.92	-0.85	97.31	25.12	714.75	0.854	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	2.16	0.15	2.34	4.65	3
ハチ始点	1.37	0.19	5.63	7.19	3
中 央	5.40	0.19	2.06	7.65	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.16	0.15	3.90	1.89	3
ハチ始点	-1.37	0.19	2.01	0.83	3
中 央	-5.40	0.19	5.76	0.55	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.47	0.15	2.34	4.96	3
ハチ始点	1.48	0.19	5.63	7.30	3
中 央	6.55	0.19	2.06	8.80	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.47	0.15	3.90	1.58	3
ハチ始点	-1.48	0.19	2.01	0.72	3
中 央	-6.55	0.19	5.76	-0.60	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	-127.973	0.77	5.88	5.6	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-48.081	0.27	7.89	1.3	0.0	0.000	0.000	3
中 央	212.900	-2.83	11.16	7.7	108.8	6.798	3.844	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	— 6	D 0	— 0	7.602 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 cm ² /m	> As1 or As2

5.2.6 斜引張応力度

位 置	部材幅 (cm)	断面一次 モーメント (cm ³)	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	σ c' (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	σ i	ケース
端 部	100.0	28800	71.849	210.415	1498.78	3.27	0.66	-0.127	3
τ 点	100.0	18050	71.849	167.456	1458.21	4.03	0.66	-0.106	3
σ i > -1.00									CHECK OK

5.2.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位 置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端 部	-82.922	-11.873	-137.481	-161.151	-161.151	3
ハッチ始点	-33.006	-2.609	-49.431	-60.546	-60.546	3
中 央	130.051	27.653	238.199	268.096	268.096	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	20.784	7.602	26.0	44.5	0.069	0.009	473.57	2.9	3
ハッチ始点	20.784	7.602	16.0	34.5	0.069	0.014	284.72	4.7	3
中 央	20.784	11.916	22.0	34.5	0.069	0.011	427.40	1.6	3
Ppb > Ppd Sf > 1.0									CHECK OK

6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[/単位長]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-80.465	187.042	43.02	16.50	111.327	3
	上ハチ点	-66.980	189.477	35.35	11.50	88.770	3
側壁	中 間	-43.918	198.372	22.14	11.50	66.731	3
	下ハチ点	-75.678	207.981	36.39	11.50	99.596	3
	下端部	-94.795	210.415	45.05	16.50	129.513	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	111.327	18.59	22.09	40.00	9.819
	上ハチ点	88.770	16.60	20.10	30.00	12.352
側壁	中 間	66.731	14.39	17.89	30.00	5.486
	下ハチ点	99.596	17.58	21.08	30.00	14.344
	下端部	129.513	20.05	23.55	40.00	12.082
				$d + d' < T$	CHECK OK	

8 配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

8.1 コンクリート及び鉄筋

$$\sigma_c = N / \{ b \times x / 2 - n \times A_s / x \times (c + T / 2 - x) \}$$

$$\sigma_s = n \times \sigma_c / x \times (c + T / 2 - x)$$

ここに、
 N : 軸力 (kN)
 b : 部材幅 (cm)
 T : 部材厚 (cm)
 c : 部材中心軸と鉄筋間距離 (cm)
 A_s : 主鉄筋断面積 (cm²)
 x : 中心軸。次の3次元方程式より求める。 (cm)

$$x^3 - 3 \times (T / 2 - e) \times x^2 + 6 \times n \times A_s / b \times (e + c) \times x - 6 \times n \times A_s / b \times (c + T / 2) \times (e + c) = 0$$

 e : 偏心位置 (M / N) (cm)

配筋(製品当り)

頂版内側	頂版外側	底版内側	底版外側	側壁内側	側壁外側
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 19 - 6
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 A _s (cm ² /m)	x (cm)	実応力度 (N/mm ²)		
					σ_c	σ_s	$\sigma_{s'}$
頂版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
底版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
側壁	上端部	100.00	17.190	15.239	4.65	97.3	0.0
	上ハチ点	100.00	17.190	11.996	6.58	119.3	0.0
	中間	100.00	17.190	13.742	4.43	61.7	0.0
	下ハチ点	100.00	17.190	11.917	7.42	136.2	0.0
	下端部	100.00	17.190	15.049	5.47	116.9	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	113.960	71.415	148.855	122.641				
	M			1.830					
	N			49.456					
	最大			○					
底版 τ点	S	123.875	90.016	167.456	141.242				
	M			-2.216					
	N			71.849					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-23.659	-26.098	-34.087	-38.837				
	M				-47.006				
	N				158.081				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	30.890	37.951	45.941	50.691				
	M				-53.122				
	N				173.500				
	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	38.0	3.5	34.5	1.374	D16-6	11.916	0.345	1.045
底版 τ 点	38.0	3.5	34.5	1.374	D13-6	7.602	0.220	0.920
側壁上 τ 点	30.0	3.5	26.5	1.400	D19-6	17.190	0.649	1.289
側壁下 τ 点	30.0	3.5	26.5	1.400	D19-6	17.190	0.649	1.289

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	1.830	1481.7	49.456	0.380	0.02407	0.03	126.621	2.000
底版 τ 点	-2.216	1458.2	71.849	0.380	0.02407	-0.03	53.171	2.000
側壁上 τ 点	-47.006	0.0	158.081	0.300	0.01500	0.00	7.904	1.168
側壁下 τ 点	-53.122	0.0	173.500	0.300	0.01500	0.00	8.675	1.163

照査位置	τ_a	補正係数			補正 τ_a
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 τ 点	0.270	1.374	1.045	2.000	0.776
底版 τ 点	0.270	1.374	0.920	2.000	0.683
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.289	1.168	0.569
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.289	1.163	0.567

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	148.855	34.5	0.431	0.776
底版 τ 点	167.456	34.5	0.485	0.683
側壁上 τ 点	38.837	26.5	0.147	0.569
側壁下 τ 点	50.691	26.5	0.191	0.567

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上