

受付 No.

台帳 No. PM406000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

C Y - S Y S T E M (P C)

パワーボックスカルバート

設 計 計 算 書

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

○内空寸法： 内 幅 (B) 3000 mm
内 高 (H) 1500 mm
長 さ (L) 1500 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1 = 0.200 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) 3000 × (H) 1500 × (L) 1500 [mm]
土被り	: H1 = 0.200 ~ 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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

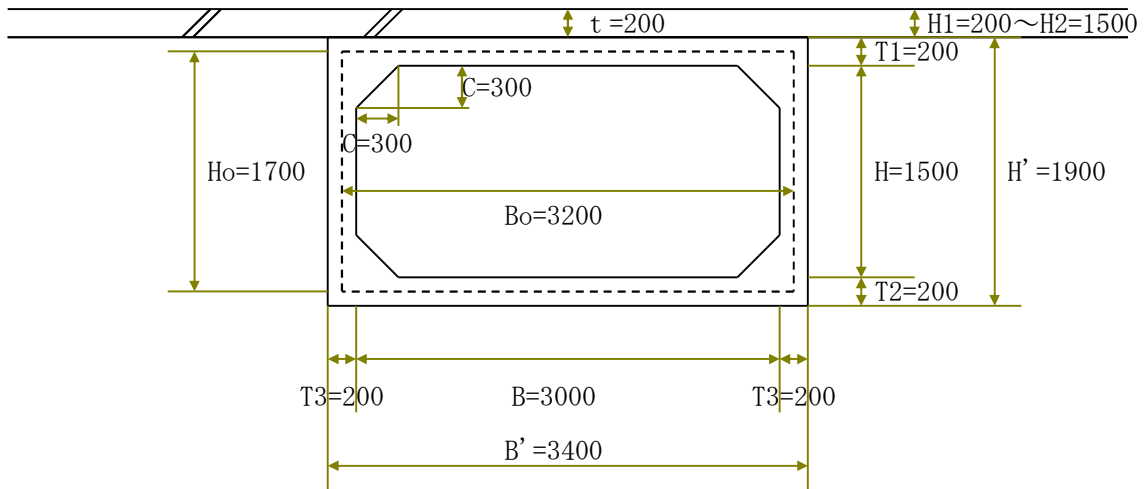
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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

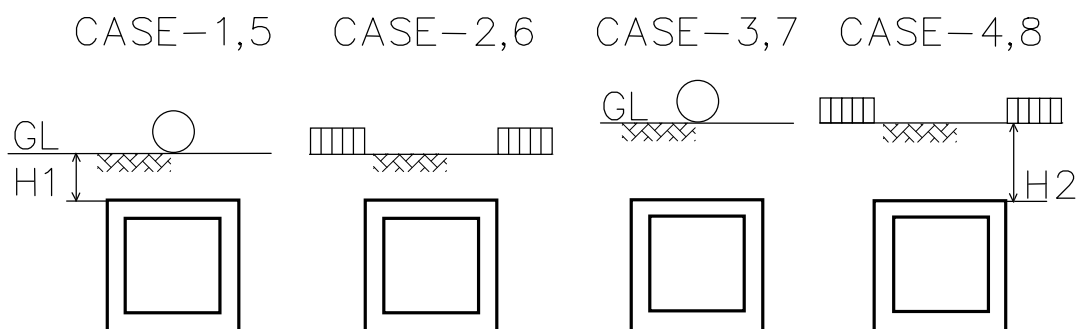
	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 21$	$\phi 21$	*****	(mm)
断面積	346.40	346.40	*****	(mm ²)
設計引張力	290000	290000	*****	(N)

1.11 標準断面図



[単位:mm]

1.12 荷重の組合せ



[荷重 CASE]

CASE 1, 3, 5, 7 は、荷重がカルバート上載の場合

CASE 2, 4, 6, 8 は、荷重がカルバート側載の場合

また

CASE 1, 2, 5, 6 は、土被り H1 の場合

CASE 3, 4, 7, 8 は、土被り H2 の場合

また

CASE 1, 2, 3, 4 は、地下水の影響が無い場合

CASE 5, 6, 7, 8 は、地下水の影響が有る場合

■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

せん断力



1) 断面検討用曲げモーメント



2) せん断力に対する照査



b) について

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

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

3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重 $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧 $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - t_b) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b \}$
- (3) 水平土圧 $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b + \gamma_s \times (H1 - t - t_b + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b + \gamma_s \times (H1 - t - t_b + T1/2 + H_o) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = K_a \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅 $u = a + 2 \times H1 = 0.600 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H1 = 0.900 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) \} / B_o$



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

P_{vd1}	4.900	4.900	4.900
P_{vd2}	4.500	4.500	4.500
$P_{hd1} = P_{hd1}$	3.150	3.150	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	8.150
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	18.450	18.450	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	23.450
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	141.818	0.000
q_v	*****	42.575	*****
$q_{v'}$	15.984	*****	15.984

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	0.5313	0.5313	0.5313
β	0.5313	0.5313	0.5313
N1	2.5313	2.5313	2.5313
N2	2.5313	2.5313	2.5313
CAD (kN・m/m)	13.640	36.331	13.640
CBC (kN・m/m)	8.021	41.659	8.021
CAB (kN・m/m)	2.969	2.969	4.174
CBA (kN・m/m)	2.233	2.233	3.437
θ_A	-6.066	-22.909	-5.279
θ_B	4.683	24.626	3.897
MAB (kN・m/m)	-10.418	-24.161	-10.835
MAD (kN・m/m)	10.418	24.161	10.835
MBA (kN・m/m)	5.533	28.576	5.951
MBC (kN・m/m)	-5.533	-28.576	-5.951

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。

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

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

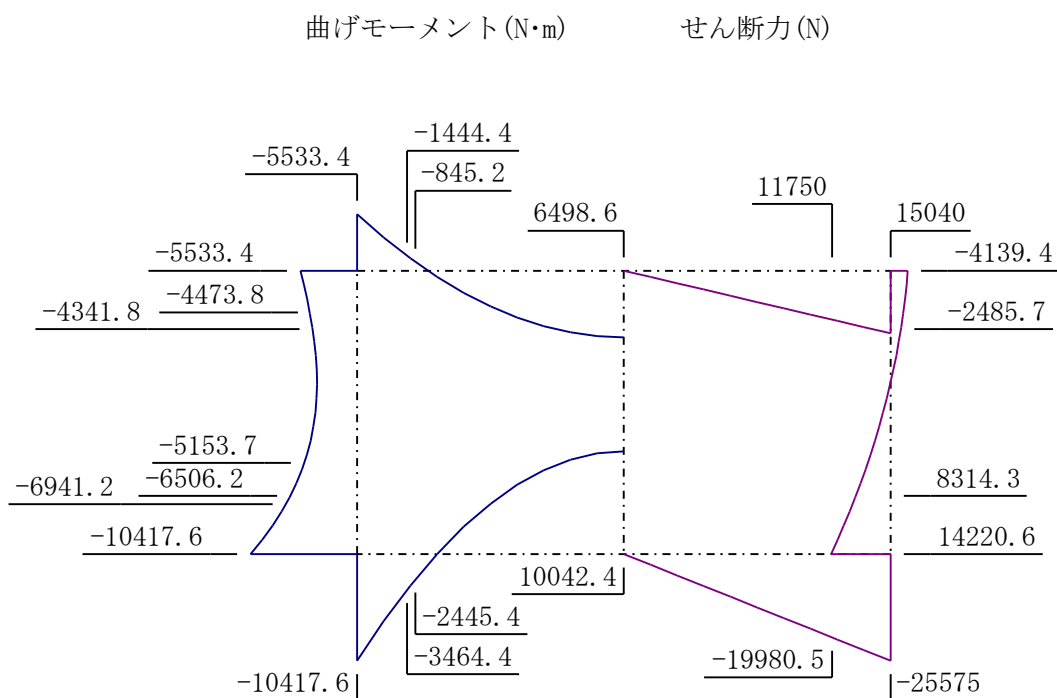
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	15.040	57.585	15.040
SCB	(kN/m)	-15.040	-57.585	-15.040
Mmax	(kN・m/m)	6.499	45.147	6.081
SAD	(kN/m)	25.575	68.120	25.575
SDA	(kN/m)	-25.575	-68.120	-25.575
Mmax	(kN・m/m)	10.042	30.336	9.625
SAB	(kN/m)	14.221	8.750	18.471
SBA	(kN/m)	-4.139	-9.610	-8.389
x	(m)	0.547	0.547	*****
		0.967	*****	0.967
Mmax	(kN・m/m)	-5.154	-21.889	*****
Mmax	(kN・m/m)	-3.936	*****	-2.582

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。

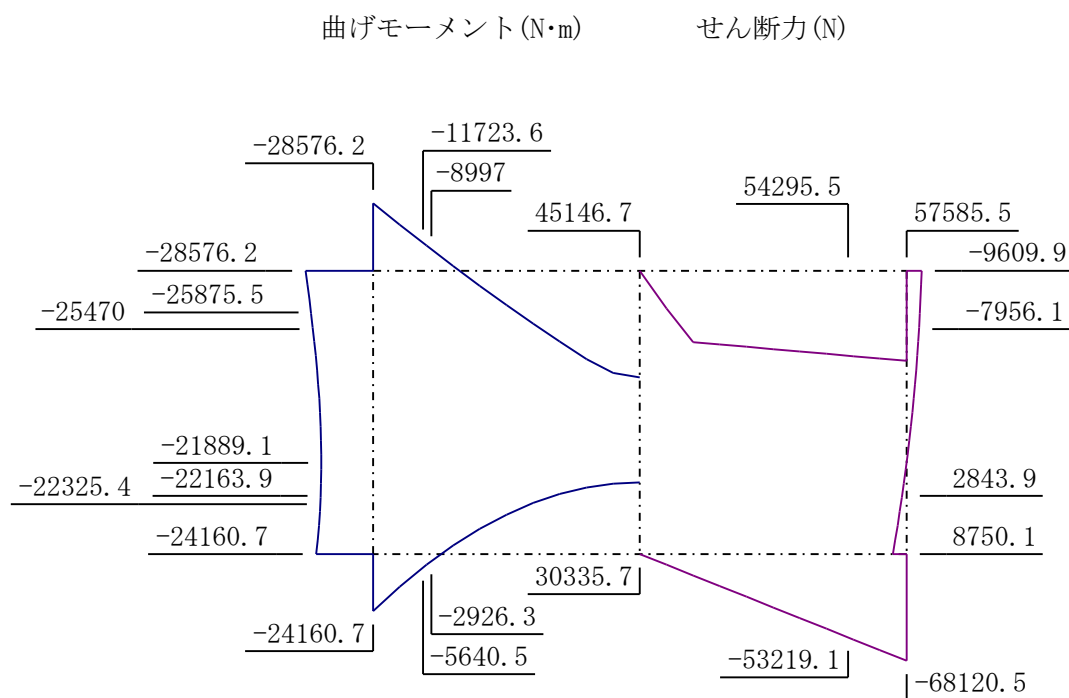
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

[/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	-5533	15040	4139
	2 ハチ始点	0.400	-1444	***	4139
	S2 τ 点	0.350	-845	11750	4139
	1 中 央	1.600	6499	0	4139
底版	9, S9 端 部	0.100	-10418	25575	14221
	10 ハチ始点	0.400	-3464	***	14221
	S10 τ 点	0.350	-2445	19981	14221
	11 中 央	1.600	10042	0	14221
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-5533	-4139	15040
	5 上ハチ点	1.300	-4474	***	16899
	S5 上 τ点	1.350	-4342	-2486	17209
	6 中 間	0.547	-5154	*****	22185
		0.967	-3936	*****	19582
	S7 下 τ点	0.350	-6506	8314	23406
	7 下ハチ点	0.400	-6941	***	23716
	8, S8 下 端部	0.100	-10418	14221	25575



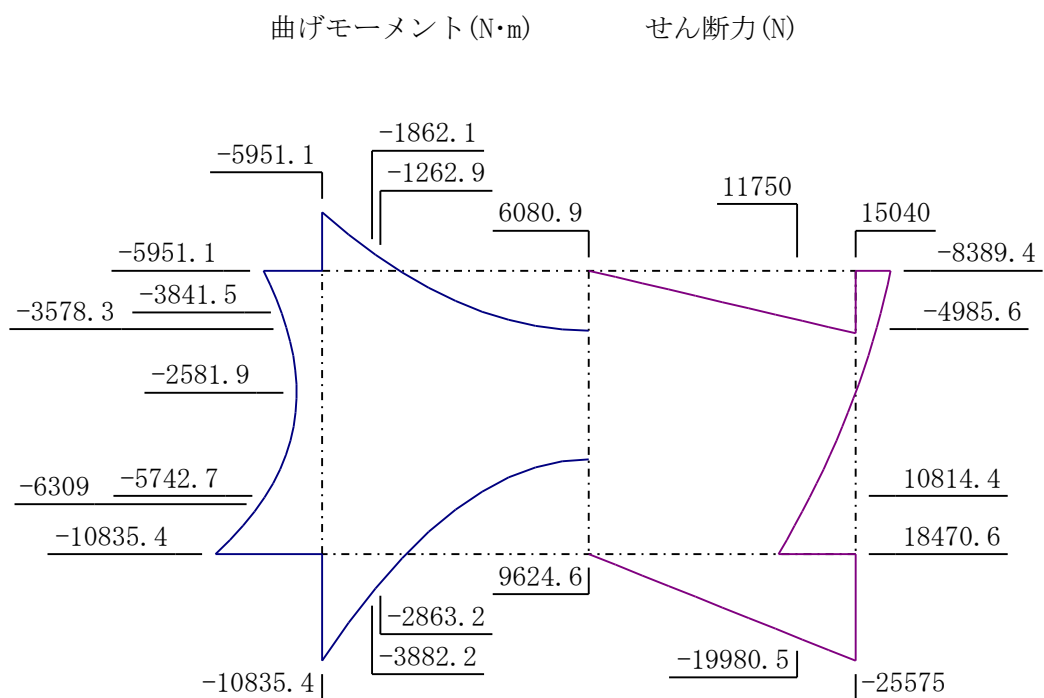
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	-28576	57586	9610
	2 ハチ始点	0.400	-11724	***	9610
	S2 τ 点	0.350	-8997	54296	9610
	1 中 央	1.600	45147	0	9610
底版	9, S9 端 部	0.100	-24161	68121	8750
	10 ハチ始点	0.400	-5641	***	8750
	S10 τ 点	0.350	-2926	53219	8750
	11 中 央	1.600	30336	0	8750
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-28576	-9610	57586
	5 上ハチ点	1.300	-25876	***	59445
	S5 上 τ 点	1.350	-25470	-7956	59754
	6 中 間	0.547	-21889	0	64731
	S7 下 τ 点	0.350	-22164	2844	65952
	7 下ハチ点	0.400	-22325	***	66261
	8, S8 下 端部	0.100	-24161	8750	68121



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

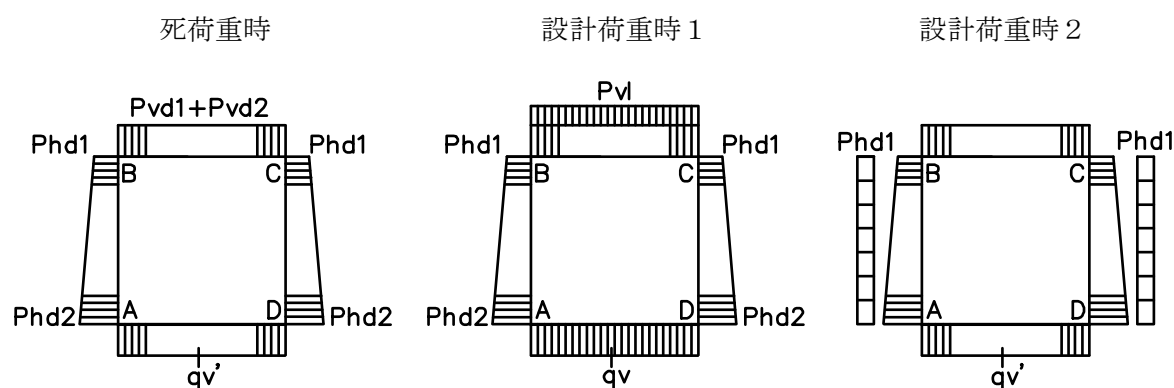
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-5951	15040	8389
	2 ハチ始点	0.400	-1862	***	8389
	S2 τ 点	0.350	-1263	11750	8389
	1 中 央	1.600	6081	0	8389
底版	9, S9 端 部	0.100	-10835	25575	18471
	10 ハチ始点	0.400	-3882	***	18471
	S10 τ 点	0.350	-2863	19981	18471
	11 中 央	1.600	9625	0	18471
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-5951	-8389	15040
	5 上ハチ点	1.300	-3842	***	16899
	S5 上 τ 点	1.350	-3578	-4986	17209
	6 中 間	0.967	-2582	0	19582
	S7 下 τ 点	0.350	-5743	10814	23406
	7 下ハチ点	0.400	-6309	***	23716
	8, S8 下 端部	0.100	-10835	18471	25575



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 $u = a + 2 \times H2 = 3.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H2 = 3.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) / Bo$



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2

(kN/m²)CASE-3
(kN/m²)CASE-4
(kN/m²)

P_{vd1}	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
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	30.150	30.150	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	35.150
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	26.591	0.000
q_v	*****	65.975	*****
$q_{v'}$	39.384	*****	39.384

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	0.5313	0.5313	0.5313
β	0.5313	0.5313	0.5313
N_1	2.5313	2.5313	2.5313
N_2	2.5313	2.5313	2.5313
CAD (kN・m/m)	33.608	56.299	33.608
CBC (kN・m/m)	27.989	50.680	27.989
CAB (kN・m/m)	5.787	5.787	6.991
CBA (kN・m/m)	5.050	5.050	6.254
θ_A	-17.266	-32.084	-16.479
θ_B	15.883	30.702	15.097
MAB (kN・m/m)	-24.436	-39.254	-24.853
MAD (kN・m/m)	24.436	39.254	24.853
MBA (kN・m/m)	19.551	34.370	19.969
MBC (kN・m/m)	-19.551	-34.370	-19.969

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)	52.480	95.025	52.480
SCB (kN/m)	-52.480	-95.025	-52.480
Mmax (kN・m/m)	22.433	41.651	22.015
SAD (kN/m)	63.015	105.560	63.015
SDA (kN/m)	-63.015	-105.560	-63.015
Mmax (kN・m/m)	25.977	45.194	25.559
SAB (kN/m)	24.166	24.166	28.416
SBA (kN/m)	-14.084	-14.084	-18.334
x (m)	0.931	0.931	*****
	0.916	*****	0.916
Mmax (kN・m/m)	-13.793	-28.612	*****
Mmax (kN・m/m)	-13.796	*****	-12.418

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

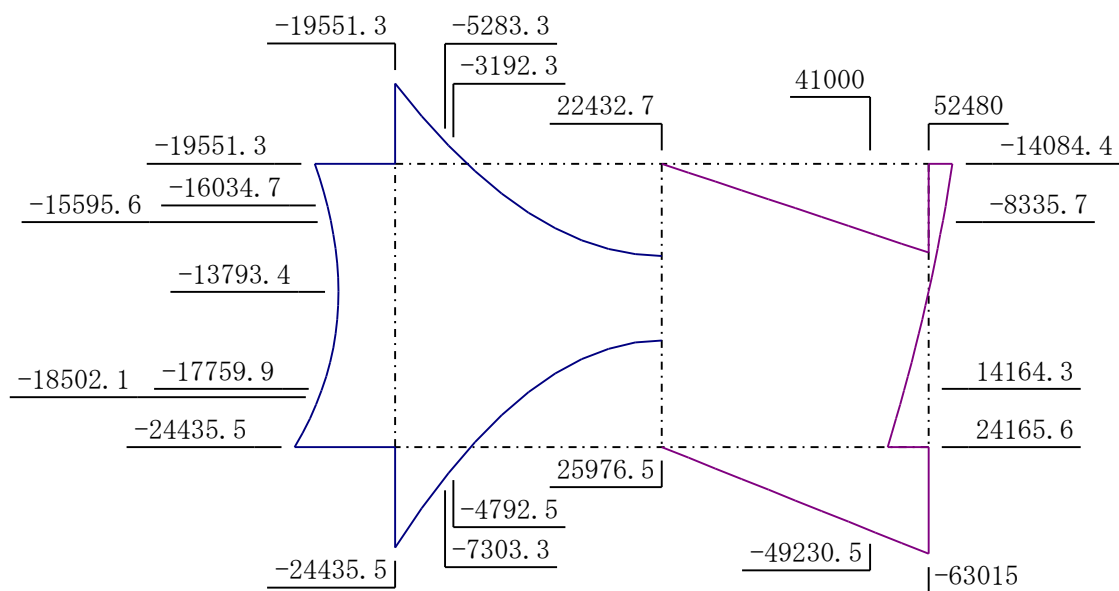
注 2) 底版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $q_v = q_v'$ とする。

(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	-19551	52480	14084
	2 ハチ始点	0.400	-5283	***	14084
	S2 τ 点	0.350	-3192	41000	14084
	1 中 央	1.600	22433	0	14084
底版	9, S9 端 部	0.100	-24436	63015	24166
	10 ハチ始点	0.400	-7303	***	24166
	S10 τ 点	0.350	-4793	49231	24166
	11 中 央	1.600	25977	0	24166
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-19551	-14084	52480
	5 上ハチ点	1.300	-16035	***	54339
	S5 上 τ 点	1.350	-15596	-8336	54649
	6 中 間	0.931	-13793	*****	57246
		0.916	-13796	*****	57339
	S7 下 τ 点	0.350	-17760	14164	60846
	7 下ハチ点	0.400	-18502	***	61156
	8, S8 下 端部	0.100	-24436	24166	63015

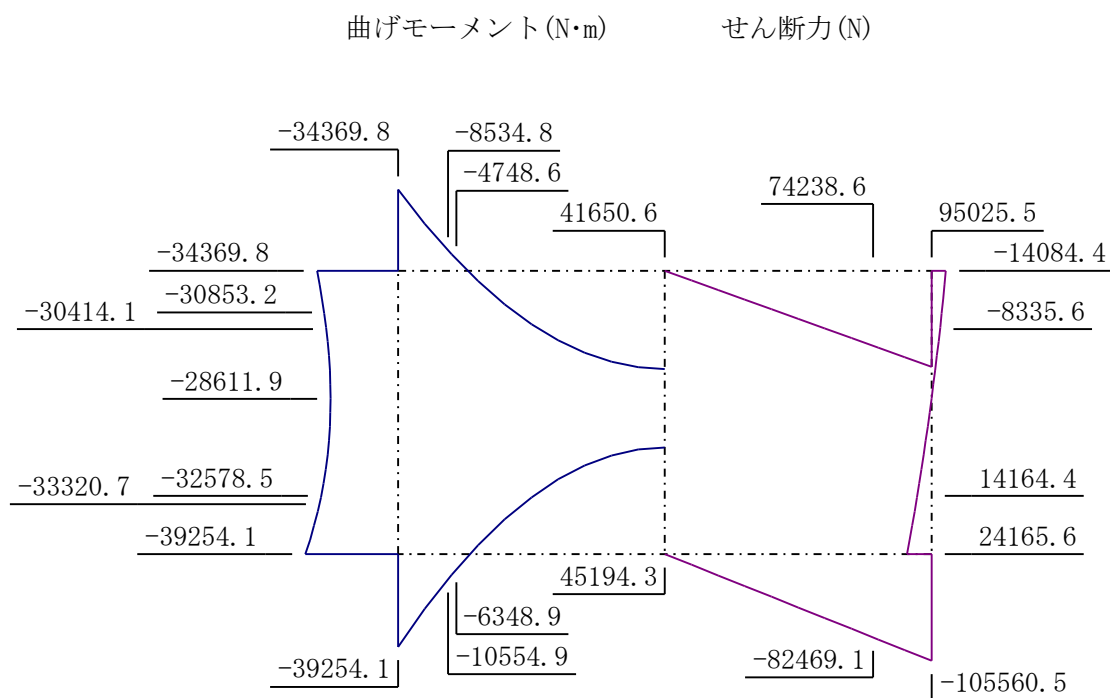
曲げモーメント (N・m)

せん断力 (N)



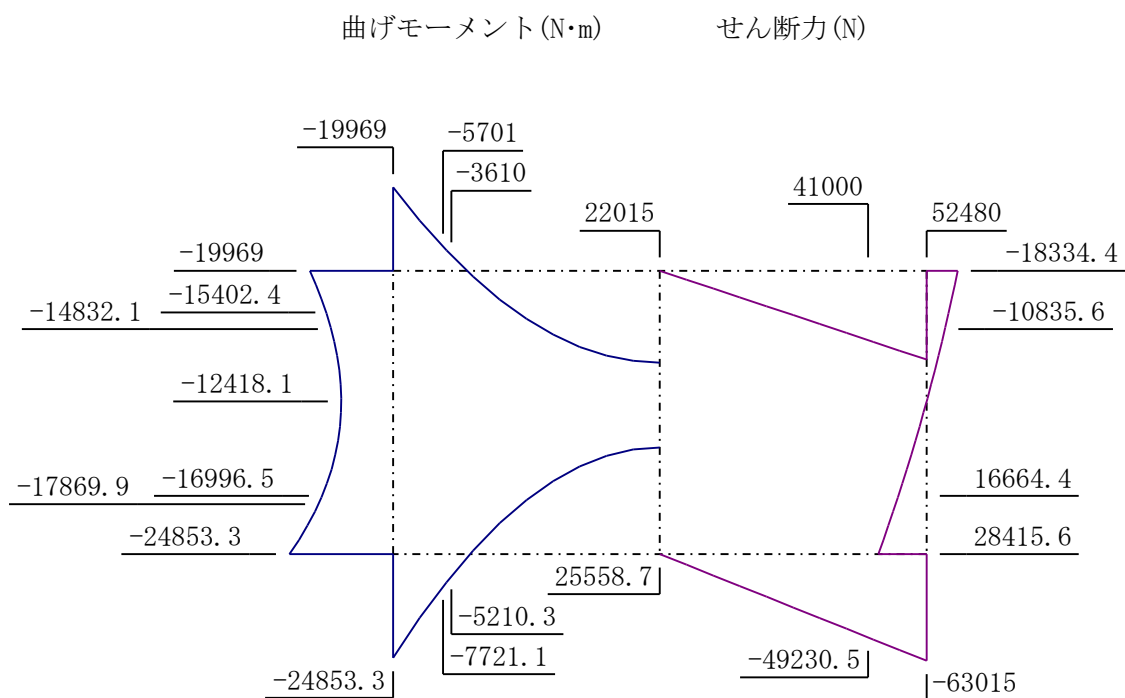
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	-34370	95026	14084
	2 ハチ始点	0.400	-8535	***	14084
	S2 τ 点	0.350	***	74239	***
	1 中 央	1.600	41651	0	14084
底版	9, S9 端 部	0.100	-39254	105561	24166
	10 ハチ始点	0.400	-10555	***	24166
	S10 τ 点	0.350	***	82469	***
	11 中 央	1.600	45194	0	24166
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-34370	-14084	95026
	5 上ハチ点	1.300	-30853	***	96885
	S5 上 τ点	1.350	***	-8336	***
	6 中 間	0.931	-28612	0	99791
	S7 下 τ点	0.350	***	14164	***
	7 下ハチ点	0.400	-33321	***	103701
	8, S8 下 端部	0.100	-39254	24166	105561



(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	-19969	52480	18334
	2 ハッチ始点	0.400	-5701	***	18334
	S2 τ 点	0.350	***	41000	***
	1 中 央	1.600	22015	0	18334
底版	9, S9 端 部	0.100	-24853	63015	28416
	10 ハッチ始点	0.400	-7721	***	28416
	S10 τ 点	0.350	***	49231	***
	11 中 央	1.600	25559	0	28416
側壁	4, S4 上 端部	1.600	-19969	-18334	52480
	5 上ハッチ点	1.300	-15402	***	54339
	S5 上 τ 点	1.350	***	-10836	***
	6 中 間	0.916	-12418	0	57339
	S7 下 τ 点	0.350	***	16664	*****
	7 下ハッチ点	0.400	-17870	***	61156
	8, S8 下 端部	0.100	-24853	28416	63015



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	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	21.67	2166.7	85152.61	10.83	7860.24
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 21	3.33	3.464	290000	4.00	外 側
ハチ始点	φ 21	3.33	3.464	290000	-1.00	外 側
τ 点	φ 21	3.33	3.464	290000	-1.00	外 側
中 央	φ 21	3.33	3.464	290000	1.00	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	3.91	-0.35	91.27	25.12	720.80	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.98	0.08	111.91	25.12	700.15	0.836	3
τ 点	837.18	4.58	0.04	106.00	25.12	706.07	0.843	3
中 央	837.18	4.98	-0.34	105.74	25.12	706.33	0.844	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.91	-0.35	91.27	25.12	720.80	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.98	0.08	111.91	25.12	700.15	0.836	3
τ 点	837.18	4.58	0.04	106.00	25.12	706.07	0.843	3
中 央	837.18	4.98	-0.34	105.74	25.12	706.33	0.844	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.91	-0.35	91.27	25.12	720.80	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.98	0.02	111.06	25.12	701.01	0.837	1
τ 点	837.18	4.58	0.01	105.58	25.12	706.48	0.844	1
中 央	837.18	4.98	-0.10	109.29	25.12	702.78	0.839	1
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.91	-0.35	91.27	25.12	720.80	0.861	3
ハチ始点	837.18	4.98	0.02	111.06	25.12	701.01	0.837	1
τ 点	837.18	4.58	0.01	105.58	25.12	706.48	0.844	1
中 央	837.18	4.98	-0.10	109.29	25.12	702.78	0.839	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	1.30	0.05	0.55	1.91	3
ハチ始点	0.79	0.07	5.25	6.12	3
中 央	3.36	0.07	2.85	6.29	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.30	0.05	4.99	3.74	3
ハチ始点	-0.79	0.07	2.83	2.11	3
中 央	-3.36	0.07	5.30	2.01	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.29	0.05	0.55	2.89	3
ハチ始点	1.76	0.05	5.26	7.07	1
中 央	6.77	0.05	2.84	9.66	1
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.29	0.05	4.99	2.75	3
ハチ始点	-1.76	0.05	2.83	1.12	1
中 央	-6.77	0.05	5.27	-1.45	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	-46.399	1.96	3.71	10.4	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-15.827	0.52	7.70	1.3	0.0	0.000	0.000	1
中 央	60.948	-3.80	12.05	4.8	91.2	5.702	2.399	1

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	—	D 0	—	0	8.447 cm ² /m > As1 or As2
内 側	D 13	—	D 0	—	0	8.447 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	11250	14.084	95.025	832.29	2.82	0.48	-0.078	3
τ 点	100.0	5868	14.084	74.239	815.28	3.83	0.51	-0.068	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	-5.533	-23.043	-64.800	-48.580	-64.800	1
ハッチ始点	-1.444	-10.279	-27.576	-19.930	-27.576	1
中 央	6.499	38.648	105.068	76.749	105.068	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	11.547	8.447	19.0	26.5	0.069	0.007	222.83	3.4	1
ハッチ始点	11.547	8.447	9.0	16.5	0.069	0.015	105.45	3.8	1
中 央	11.547	8.447	11.0	16.5	0.069	0.012	123.95	1.2	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	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	21.67	2166.7	85152.61	10.83	7860.24
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	3.33	3.464	290000	4.00	外 側
ハチ始点	φ 21	3.33	3.464	290000	-1.00	外 側
τ 点	φ 21	3.33	3.464	290000	-1.00	外 側
中 央	φ 21	3.33	3.464	290000	1.00	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	3.91	-0.43	89.95	25.12	722.11	0.863	3
ハチ始点	837.18	4.98	0.11	112.36	25.12	699.70	0.836	3
τ 点	837.18	4.58	0.06	106.27	25.12	705.79	0.843	3
中 央	837.18	4.98	-0.39	104.95	25.12	707.11	0.845	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.91	-0.43	89.95	25.12	722.11	0.863	3
ハチ始点	837.18	4.98	0.11	112.36	25.12	699.70	0.836	3
τ 点	837.18	4.58	0.06	106.27	25.12	705.79	0.843	3
中 央	837.18	4.98	-0.39	104.95	25.12	707.11	0.845	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	3.91	-0.43	89.95	25.12	722.11	0.863	3
ハチ始点	837.18	4.98	0.11	112.36	25.12	699.70	0.836	3
τ 点	837.18	4.58	0.06	106.27	25.12	705.80	0.843	3
中 央	837.18	4.98	-0.39	104.95	25.12	707.12	0.845	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	3.91	-0.43	89.95	25.12	722.11	0.863	3
ハチ始点	837.18	4.98	0.11	112.36	25.12	699.70	0.836	3
τ 点	837.18	4.58	0.06	106.27	25.12	705.80	0.843	3
中 央	837.18	4.98	-0.39	104.95	25.12	707.12	0.845	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	1.63	0.08	0.56	2.27	3
ハチ始点	1.10	0.12	5.25	6.47	3
中 央	3.90	0.12	2.86	6.88	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.63	0.08	5.00	3.45	3
ハチ始点	-1.10	0.12	2.83	1.85	3
中 央	-3.90	0.12	5.31	1.53	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.62	0.08	0.56	3.25	3
ハチ始点	1.58	0.12	5.25	6.96	3
中 央	6.78	0.12	2.86	9.76	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.62	0.08	5.00	2.47	3
ハチ始点	-1.58	0.12	2.83	1.37	3
中 央	-6.78	0.12	5.31	-1.35	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	-52.993	1.58	4.20	8.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-14.249	0.85	7.55	2.0	0.0	0.000	0.000	3
中 央	61.012	-3.68	12.17	4.6	85.5	5.343	2.322	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	— 10	D 0	— 0	8.447 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 10	D 0	— 0	8.447 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	11250	24.166	105.561	833.80	2.86	0.53	-0.094	3
τ 点	100.0	5868	24.166	82.469	814.96	3.87	0.57	-0.082	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	-24.436	-14.819	-68.813	-66.732	-68.813	3
ハッチ始点	-7.303	-3.252	-17.623	-17.943	-17.943	3
中 央	25.977	19.218	81.814	76.830	81.814	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	11.547	8.447	19.0	26.5	0.069	0.007	222.83	3.2	3
ハッチ始点	11.547	8.447	9.0	16.5	0.069	0.015	105.45	5.9	3
中 央	11.547	8.447	11.0	16.5	0.069	0.012	123.95	1.5	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	-34.370	95.025	36.17	11.50	45.298	3
	上ハチ点	-30.853	96.885	31.85	6.50	37.151	3
側壁	中 間	-28.612	99.791	28.67	6.50	35.098	3
	下ハチ点	-33.321	103.701	32.13	6.50	40.061	3
	下端部	-39.254	105.561	37.19	11.50	51.394	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	45.298	11.86	15.36	30.00	5.957
	上ハチ点	37.151	10.74	14.24	20.00	10.285
側壁	中 間	35.098	10.44	13.94	20.00	9.146
	下ハチ点	40.061	11.15	14.65	20.00	11.224
	下端部	51.394	12.63	16.13	30.00	6.985
				$d + d' < T$	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 16 - 10
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 A _s (cm ² /m)	x (cm)	実応力度 (N/mm ²)		
					σ_c	σ_s	$\sigma_{s'}$
頂版	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
底版	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
側壁	上端部	100.00	13.240	10.909	3.63	77.9	0.0
	上ハチ点	100.00	13.240	7.503	7.07	127.3	0.0
	中 間	100.00	13.240	7.638	6.59	114.6	0.0
	下ハチ点	100.00	13.240	7.492	7.64	137.8	0.0
	下端部	100.00	13.240	10.836	4.14	89.9	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	54.295	11.750	74.239	41.000				
	M			-4.749					
	N			14.084					
	最大			○					
底版 τ点	S	53.219	19.980	82.469	49.230				
	M			-6.349					
	N			24.166					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-7.956	-4.986	-8.336	-10.836				
	M				-14.832				
	N				54.649				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	2.844	10.814	14.164	16.664				
	M				-16.997				
	N				60.846				
	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	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-6.7	8.447	0.465	1.165
底版 τ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D13-6.7	8.447	0.465	1.165
側壁上 τ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D16-6.7	13.240	0.729	1.337
側壁下 τ 点	21.7	3.5	18.2	1.400	D16-6.7	13.240	0.729	1.337

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	-4.749	815.3	14.084	0.217	0.00786	-0.01	21.888	2.000
底版 τ 点	-6.349	815.0	24.166	0.217	0.00786	-0.01	22.246	2.000
側壁上 τ 点	-14.832	0.0	54.649	0.217	0.00786	0.00	1.979	1.133
側壁下 τ 点	-16.996	0.0	60.846	0.217	0.00786	0.00	2.204	1.130

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	1.165	2.000	0.881
底版 τ 点	0.270	1.400	1.165	2.000	0.881
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.337	1.133	0.573
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.337	1.130	0.571

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	74.239	18.2	0.409	0.881
底版 τ 点	82.469	18.2	0.454	0.881
側壁上 τ 点	10.836	18.2	0.060	0.573
側壁下 τ 点	16.664	18.2	0.092	0.571

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上