

受付 No.

台帳 No. KL428003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 3500 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) 3500 × (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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

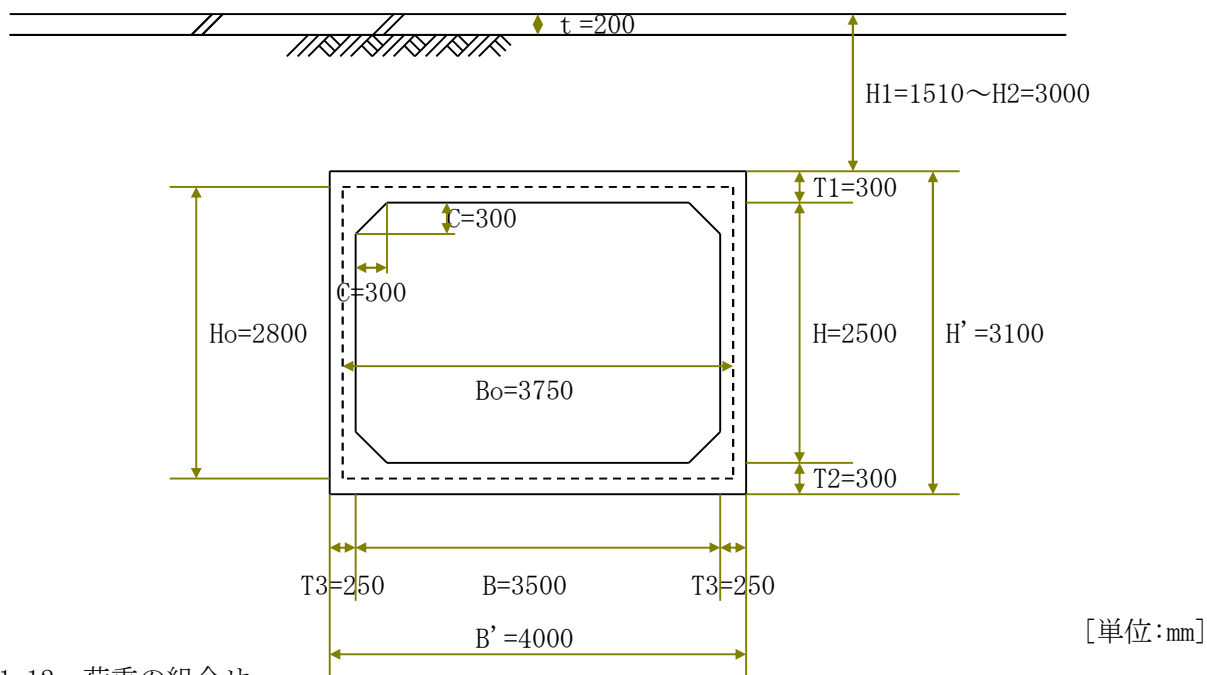
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

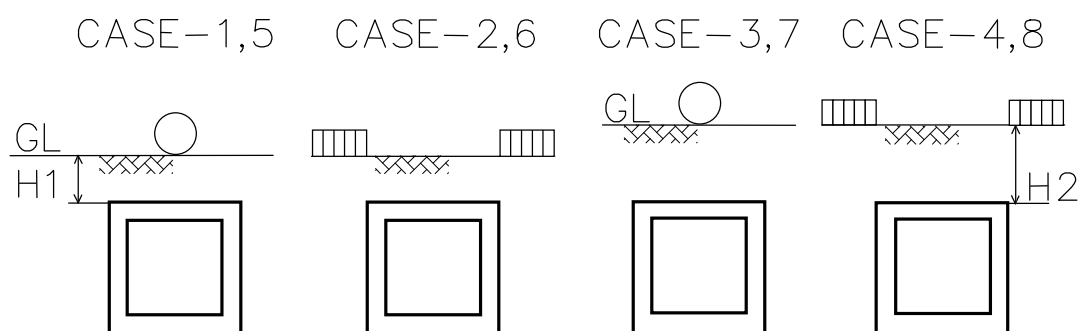
(3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	φ 26	φ 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

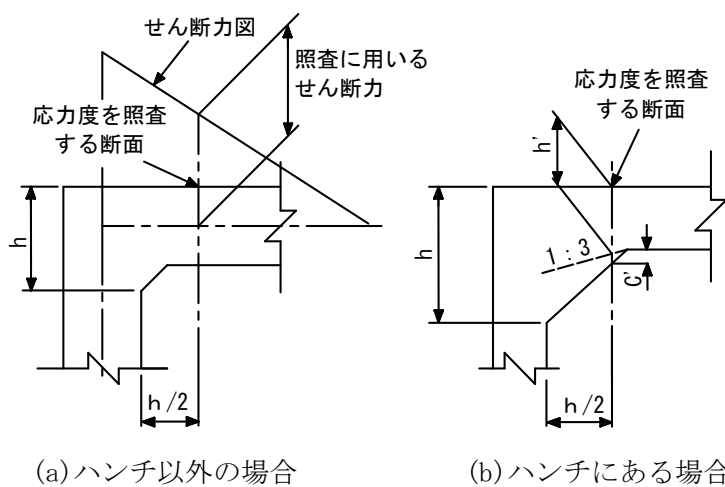
せん断力



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 $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (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}	7.350	7.350	7.350
P_{vd2}	28.080	28.080	28.080
$P_{hd1} = P_{hd1}$	15.390	15.390	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	20.390
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	40.590	40.590	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	45.590
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	26.426	0.000
q_v	*****	68.444	*****
$q_{v'}$	45.753	*****	45.753

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	1.2902	1.2902	1.2902
β	1.2902	1.2902	1.2902
N1	3.2902	3.2902	3.2902
N2	3.2902	3.2902	3.2902
CAD (kN・m/m)	53.616	80.207	53.616
CBC (kN・m/m)	41.520	71.603	41.520
CAB (kN・m/m)	19.933	19.933	23.200
CBA (kN・m/m)	16.640	16.640	19.907
θ_A	-13.811	-25.777	-12.385
θ_B	11.759	24.539	10.333
MAB (kN・m/m)	-35.797	-46.949	-37.637
MAD (kN・m/m)	35.797	46.949	37.637
MBA (kN・m/m)	26.347	39.942	28.188
MBC (kN・m/m)	-26.347	-39.942	-28.188

3.1.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

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

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。

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

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

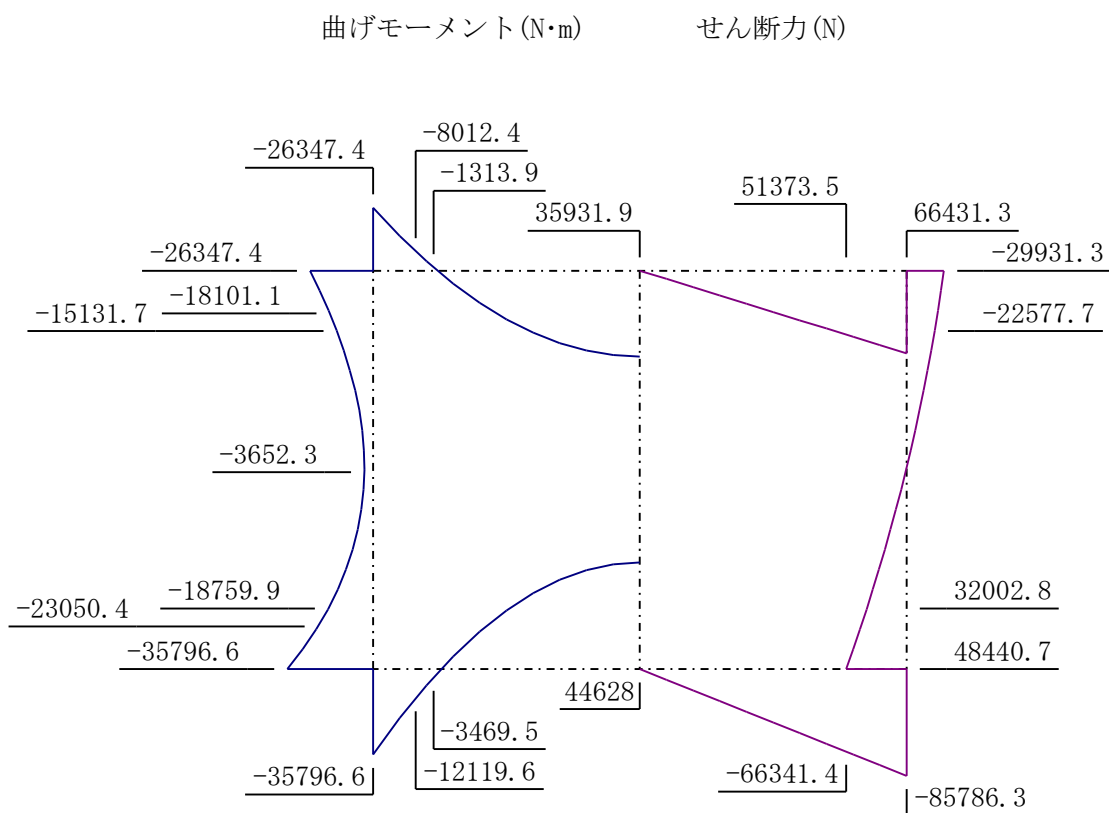
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	66.431	108.977	66.431
SCB	(kN/m)	-66.431	-108.977	-66.431
Mmax	(kN・m/m)	35.932	67.861	34.092
SAD	(kN/m)	85.786	128.332	85.786
SDA	(kN/m)	-85.786	-128.332	-85.786
Mmax	(kN・m/m)	44.628	73.362	42.788
SAB	(kN/m)	48.441	47.568	55.441
SBA	(kN/m)	-29.931	-30.804	-36.931
x	(m)	1.384	1.384	*****
		1.413	*****	1.413
Mmax	(kN・m/m)	-3.652	-16.011	*****
Mmax	(kN・m/m)	-3.639	*****	-0.579

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。

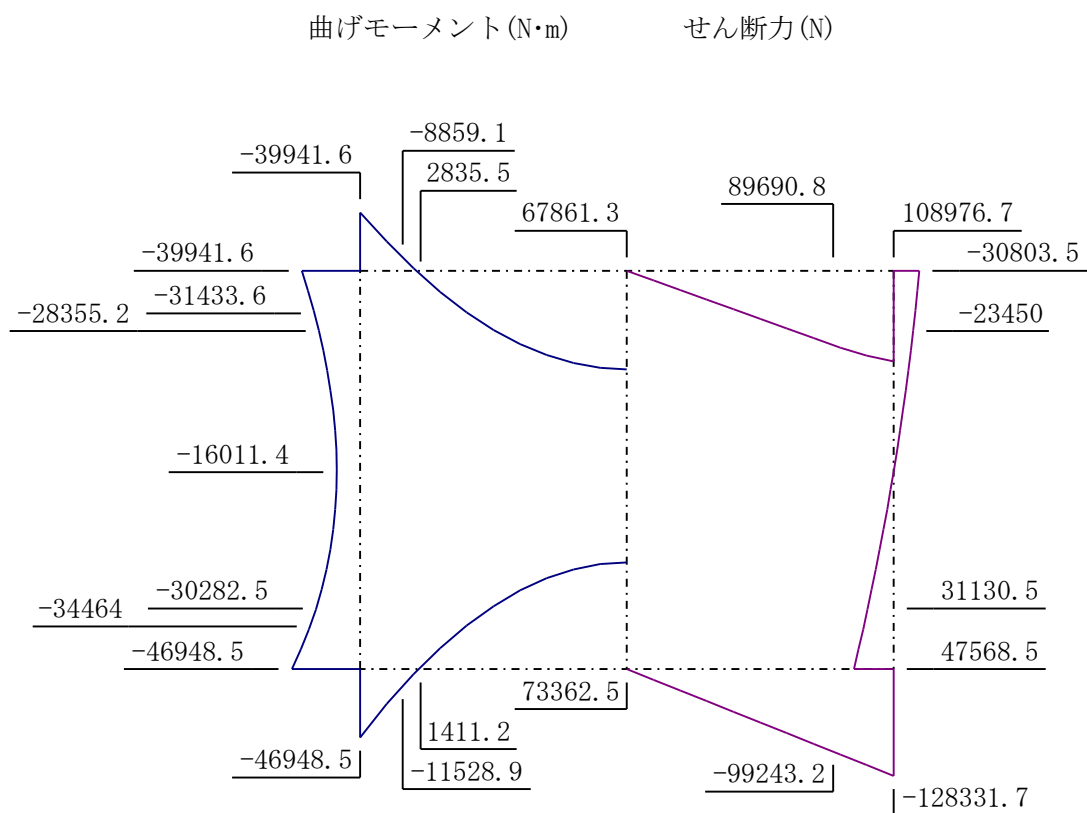
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	0.125	-26347	66431	29931
	2 ハッチ始点	0.425	-8012	***	29931
	S2 τ 点	0.425	-1314	51374	29931
	1 中 央	1.875	35932	0	29931
底版	9, S9 端 部	0.125	-35797	85786	48441
	10 ハッチ始点	0.425	-12120	***	48441
	S10 τ 点	0.425	-3470	66341	48441
	11 中 央	1.875	44628	0	48441
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-26347	-29931	66431
	5 上ハッチ点	2.350	-18101	***	68505
	S5 上 τ 点	2.375	-15132	-22578	69369
	6 中 間	1.384	-3652	*****	76219
		1.413	-3639	*****	76019
	S7 下 τ 点	0.425	-18760	32003	82848
	7 下ハッチ点	0.450	-23050	***	83713
	8, S8 下 端部	0.150	-35797	48441	85786



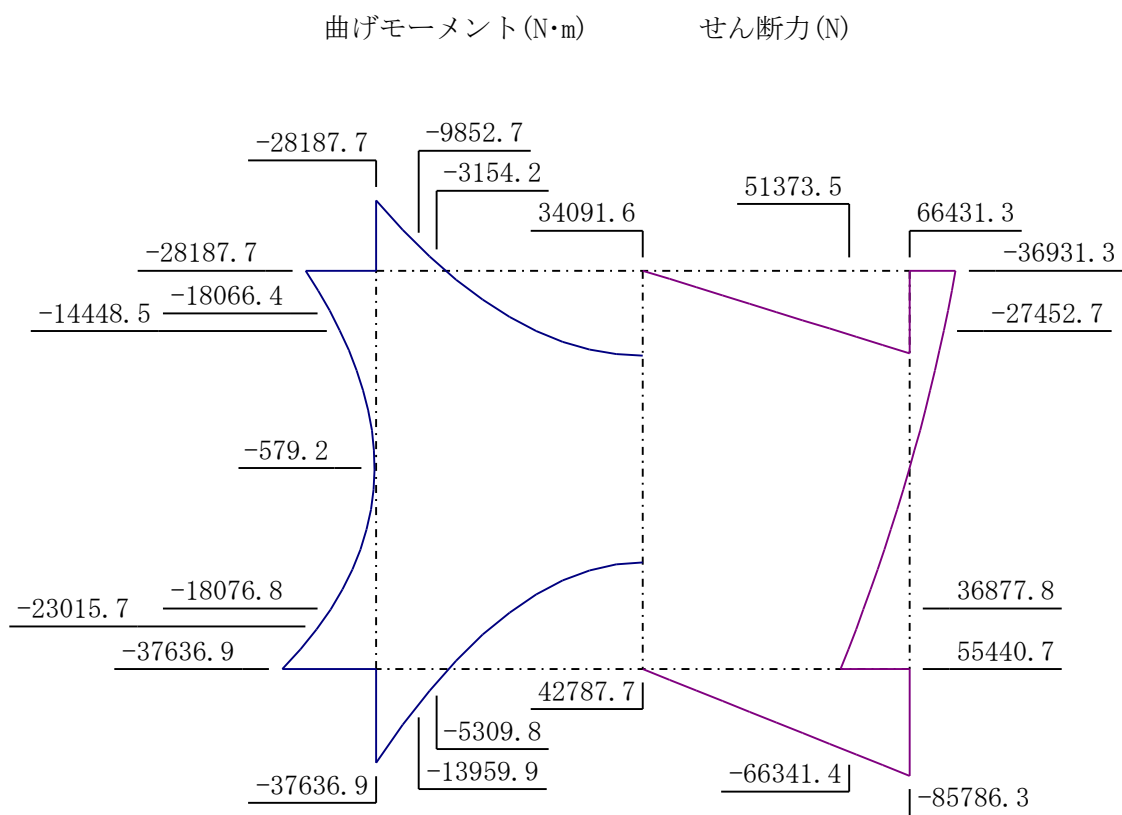
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	0.125	-39942	108977	30804
	2 ハチ始点	0.425	-8859	***	30804
	S2 τ 点	0.425	2836	89691	30804
	1 中 央	1.875	67861	0	30804
底版	9, S9 端 部	0.125	-46949	128332	47569
	10 ハチ始点	0.425	-11529	***	47569
	S10 τ 点	0.425	1411	99243	47569
	11 中 央	1.875	73363	0	47569
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-39942	-30804	108977
	5 上ハチ点	2.350	-31434	***	111051
	S5 上 τ 点	2.375	-28355	-23450	111915
	6 中 間	1.384	-16011	0	118765
	S7 下 τ 点	0.425	-30283	31131	125394
	7 下ハチ点	0.450	-34464	***	126258
	8, S8 下 端部	0.150	-46949	47569	128332



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

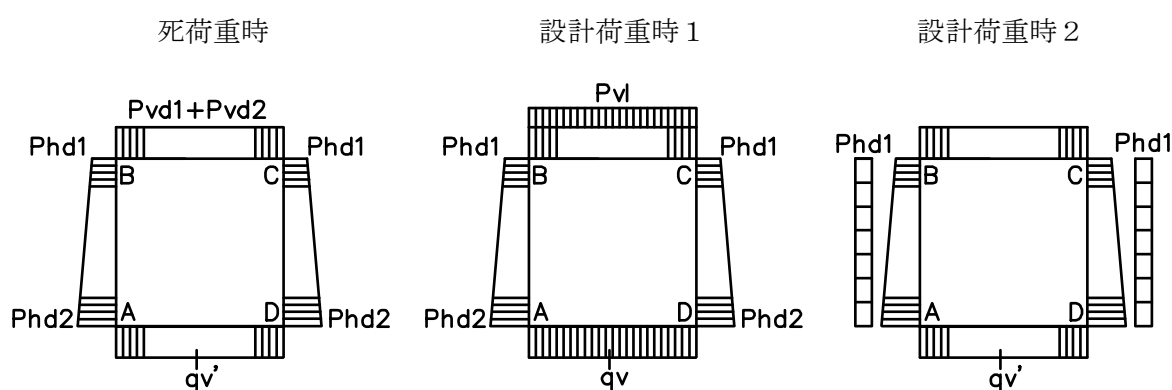
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.125	-28188	66431	36931
	2 ハチ始点	0.425	-9853	***	36931
	S2 τ 点	0.425	-3154	51374	36931
	1 中 央	1.875	34092	0	36931
底板	9, S9 端 部	0.125	-37637	85786	55441
	10 ハチ始点	0.425	-13960	***	55441
	S10 τ 点	0.425	-5310	66341	55441
	11 中 央	1.875	42788	0	55441
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-28188	-36931	66431
	5 上ハチ点	2.350	-18066	***	68505
	S5 上 τ点	2.375	-14449	-27453	69369
	6 中 間	1.413	-579	0	76019
	S7 下 τ点	0.425	-18077	36878	82848
	7 下ハチ点	0.450	-23016	***	83713
	8, S8 下 端部	0.150	-37637	55441	85786



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



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}	7.350	7.350	7.350
P_{vd2}	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.800	28.800	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.800
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	54.000	54.000	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	59.000
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	86.297	*****
$q_{v'}$	72.573	*****	72.573

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	1.2902	1.2902	1.2902
β	1.2902	1.2902	1.2902
N_1	3.2902	3.2902	3.2902
N_2	3.2902	3.2902	3.2902
CAD (kN・m/m)	85.046	101.129	85.046
CBC (kN・m/m)	72.949	89.032	72.949
CAB (kN・m/m)	28.694	28.694	31.961
CBA (kN・m/m)	25.402	25.402	28.668
θ_A	-23.709	-30.732	-22.283
θ_B	21.657	28.680	20.231
MAB (kN・m/m)	-54.456	-61.478	-56.296
MAD (kN・m/m)	54.456	61.478	56.296
MBA (kN・m/m)	45.007	52.029	46.847
MBC (kN・m/m)	-45.007	-52.029	-46.847

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。

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

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

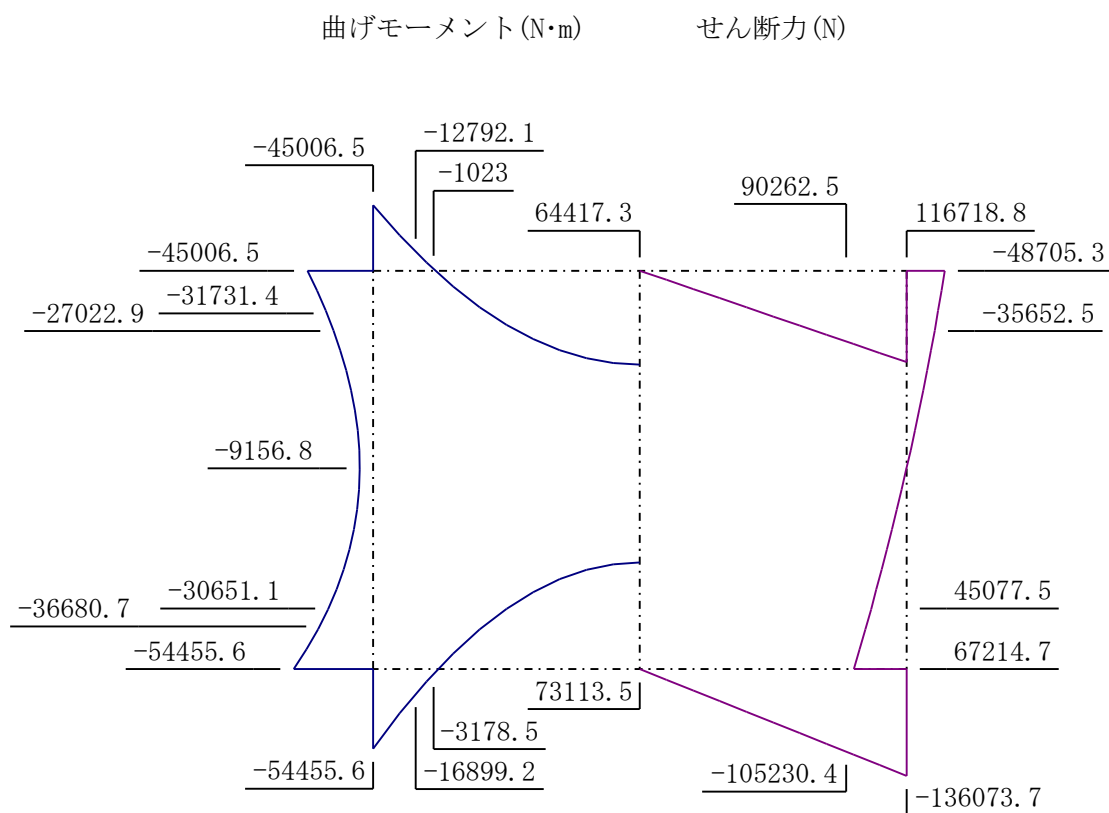
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	116.719	142.452	116.719
SCB (kN/m)	-116.719	-142.452	-116.719
Mmax (kN・m/m)	64.417	81.520	62.577
SAD (kN/m)	136.074	161.807	136.074
SDA (kN/m)	-136.074	-161.807	-136.074
Mmax (kN・m/m)	73.114	90.216	71.273
SAB (kN/m)	67.215	67.215	74.215
SBA (kN/m)	-48.705	-48.705	-55.705
x (m)	1.411	1.411	*****
	1.409	*****	1.409
Mmax (kN・m/m)	-9.157	-16.179	*****
Mmax (kN・m/m)	-9.157	*****	-6.097

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。

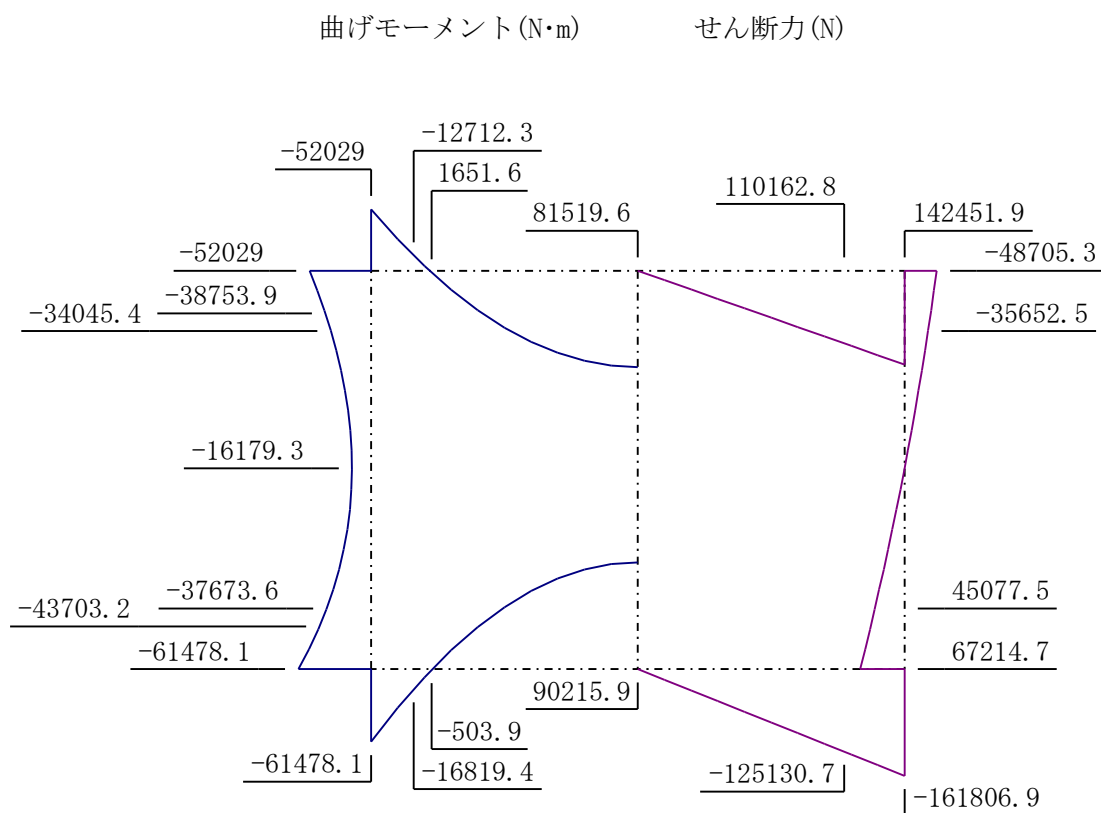
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	0.125	-45007	116719	48705
	2 ハッチ始点	0.425	-12792	***	48705
	S2 τ 点	0.425	-1023	90263	48705
	1 中 央	1.875	64417	0	48705
底版	9, S9 端 部	0.125	-54456	136074	67215
	10 ハッチ始点	0.425	-16899	***	67215
	S10 τ 点	0.425	-3179	105230	67215
	11 中 央	1.875	73114	0	67215
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-45007	-48705	116719
	5 上ハッチ点	2.350	-31731	***	118793
	S5 上 τ 点	2.375	-27023	-35653	119657
	6 中 間	1.411	-9157	*****	126320
		1.409	-9157	*****	126334
	S7 下 τ 点	0.425	-30651	45078	133136
	7 下ハッチ点	0.450	-36681	***	134000
	8, S8 下 端部	0.150	-54456	67215	136074



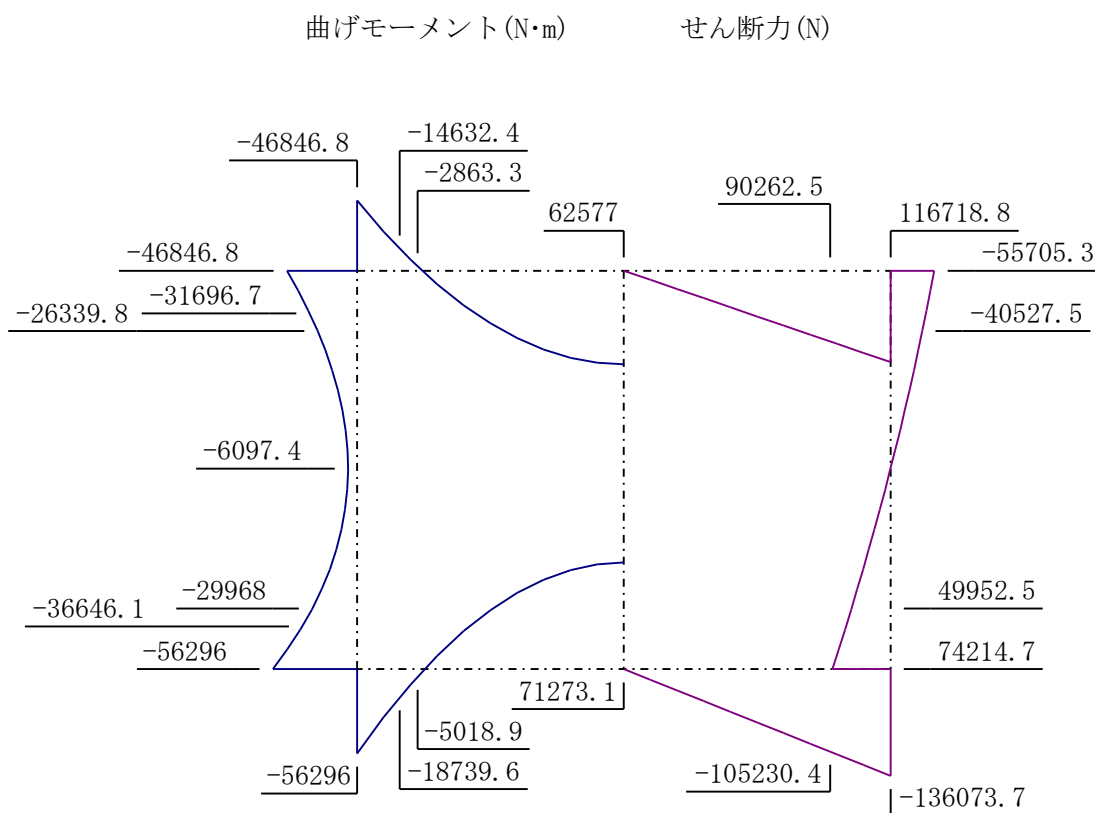
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

		[/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	0.125	-52029	142452	48705
	2 ハッチ始点	0.425	-12712	***	48705
	S2 τ 点	0.425	***	110163	***
	1 中 央	1.875	81520	0	48705
底板	9, S9 端 部	0.125	-61478	161807	67215
	10 ハッチ始点	0.425	-16819	***	67215
	S10 τ 点	0.425	***	125131	***
	11 中 央	1.875	90216	0	67215
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-52029	-48705	142452
	5 上ハッチ点	2.350	-38754	***	144526
	S5 上 τ 点	2.375	***	-35653	***
	6 中 間	1.411	-16179	0	152053
	S7 下 τ 点	0.425	***	45078	***
	7 下ハッチ点	0.450	-43703	***	159733
	8, S8 下 端部	0.150	-61478	67215	161807



(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	0.125	-46847	116719	55705
	2 ハッチ始点	0.425	-14632	***	55705
	S2 τ 点	0.425	***	90263	***
	1 中 央	1.875	62577	0	55705
底版	9, S9 端 部	0.125	-56296	136074	74215
	10 ハッチ始点	0.425	-18740	***	74215
	S10 τ 点	0.425	***	105230	***
	11 中 央	1.875	71273	0	74215
側壁	4, S4 上 端部	2.650	-46847	-55705	116719
	5 上ハッチ点	2.350	-31697	***	118793
	S5 上 τ 点	2.375	***	-40528	***
	6 中 間	1.409	-6097	0	126334
	S7 下 τ 点	0.425	***	49953	*****
	7 下ハッチ点	0.450	-36646	***	134000
	8, S8 下 端部	0.150	-56296	74215	136074



4 プレストレスの計算

4.1 荷重による曲げ応力度

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

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

4.2 有効プレストレス

(1) 有効係数 η

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

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

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

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

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

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

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

(2) 有効プレストレス σ_{ce}

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

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

4.3 合成応力度

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

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

4.4 引張鉄筋量の計算

(1) 曲げモーメント

引張鉄筋は次の荷重作用に対して、引張応力の作用する区間に配置する。

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

(2) 配置鉄筋量

配置鉄筋量は次の 1)、2) のうちいずれか大きい値以上とする。

1) の値

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

2) の値

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

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

4.5 斜引張応力度の計算

斜引張応力度は次式を用いて、断面図心位置における値を求める。

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

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

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

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

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

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

4.6 破壊安全度の検討

(1) 曲げモーメント

1) 安全係数

破壊に対する安全度の検討に使用する安全係数を次のように定める。

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

2) 終局荷重作用時の曲げモーメント

終局荷重作用時の曲げモーメントは、次に示す荷重作用の大きい方とする。

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

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

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

(2) 曲げ破壊安全度

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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

終局つり合い鋼材比が配置される引張鋼材比より大であることを確認する。

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

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

5 P C 部材の検討

5.1 頂版

5.1.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント (cm ⁴)	中立軸 (cm)	断面係数 (cm ³)
端 部	100.00	40.00	4000.0	533333.33	20.00	26666.67
ハチ始点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
τ 点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
中 央	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00

5.1.2 使用 P C 鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 26	2.50	5.309	450000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	2.50	内 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	2.94	-0.21	80.05	25.43	742.14	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.14	100.80	25.43	721.39	0.851	3
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.44	25.43	723.75	0.854	1
中 央	847.62	4.06	-0.72	87.87	25.43	734.32	0.866	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	2.94	-0.21	80.05	25.43	742.14	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.14	100.80	25.43	721.39	0.851	3
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.44	25.43	723.75	0.854	1
中 央	847.62	4.06	-0.72	87.87	25.43	734.32	0.866	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	2.94	-0.21	80.05	25.43	742.14	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.14	100.80	25.43	721.39	0.851	4
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.44	25.43	723.75	0.854	2
中 央	847.62	4.06	-0.72	87.87	25.43	734.32	0.866	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	2.94	-0.21	80.05	25.43	742.14	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.14	100.80	25.43	721.39	0.851	4
τ 点	847.62	4.06	-0.01	98.44	25.43	723.75	0.854	2
中 央	847.62	4.06	-0.72	87.87	25.43	734.32	0.866	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	1.69	0.12	1.54	3.35	3
ハチ始点	0.85	0.16	4.79	5.80	3
中 央	4.29	0.16	1.62	6.08	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.69	0.12	3.39	1.82	3
ハチ始点	-0.85	0.16	1.60	0.91	3
中 央	-4.29	0.16	4.87	0.74	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	1.95	0.12	1.54	3.61	3
ハチ始点	0.98	0.19	4.79	5.95	4
中 央	5.43	0.16	1.62	7.22	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.95	0.12	3.39	1.56	3
ハチ始点	-0.98	0.19	1.60	0.81	4
中 央	-5.43	0.16	4.87	-0.40	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	-70.239	0.92	4.34	7.0	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-19.754	0.53	6.35	2.3	0.0	0.000	0.000	4
中 央	110.051	-2.24	9.18	5.9	66.1	4.134	2.947	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	6.335 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	20000	48.705	142.452	985.00	2.58	0.53	-0.106	3
τ 点	100.0	11250	48.705	110.163	960.59	3.36	0.55	-0.088	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	-45.007	-7.023	-76.065	-88.449	-88.449	3
ハッチ始点	-12.792	-1.840	-21.230	-24.875	-24.875	4
中 央	64.417	17.102	126.498	138.583	138.583	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	6.335	22.5	36.5	0.069	0.007	283.09	3.2	3
ハッチ始点	13.272	6.335	12.5	26.5	0.069	0.012	158.13	6.4	4
中 央	13.272	6.335	17.5	26.5	0.069	0.009	211.27	1.5	3
$Ppb > Ppd$ $Sf > 1.0$ CHECK OK									

5.2 底版

5.2.1 断面諸元

位 置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント (cm ⁴)	中立軸 (cm)	断面係数 (cm ³)
端 部	100.00	40.00	4000.0	533333.33	20.00	26666.67
ハチ始点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
τ 点	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00
中 央	100.00	30.00	3000.0	225000.00	15.00	15000.00

5.2.2 使用P C鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 26	2.50	5.309	450000	2.50	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-2.50	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	-2.50	外 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	2.50	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	2.94	-0.26	79.37	25.43	742.82	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.19	101.49	25.43	720.70	0.850	3
τ 点	847.62	4.06	0.04	99.24	25.43	722.95	0.853	1
中 央	847.62	4.06	-0.81	86.41	25.43	735.78	0.868	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	2.94	-0.26	79.37	25.43	742.82	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.19	101.49	25.43	720.70	0.850	3
τ 点	847.62	4.06	0.04	99.24	25.43	722.95	0.853	1
中 央	847.62	4.06	-0.81	86.41	25.43	735.78	0.868	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	2.94	-0.26	79.37	25.43	742.82	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.19	101.49	25.43	720.70	0.850	4
τ 点	847.62	4.06	0.04	99.24	25.43	722.95	0.853	2
中 央	847.62	4.06	-0.81	86.41	25.43	735.78	0.868	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	2.94	-0.26	79.37	25.43	742.82	0.876	3
ハチ始点	847.62	4.06	0.19	101.49	25.43	720.70	0.850	4
τ 点	847.62	4.06	0.04	99.24	25.43	722.95	0.853	2
中 央	847.62	4.06	-0.81	86.41	25.43	735.78	0.868	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	2.04	0.17	1.54	3.75	3
ハチ始点	1.13	0.22	4.78	6.13	3
中 央	4.87	0.22	1.63	6.73	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.04	0.17	3.39	1.52	3
ハチ始点	-1.13	0.22	1.59	0.69	3
中 央	-4.87	0.22	4.88	0.23	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.31	0.17	1.54	4.01	3
ハチ始点	1.25	0.25	4.78	6.28	4
中 央	6.01	0.22	1.63	7.87	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.31	0.17	3.39	1.25	3
ハチ始点	-1.25	0.25	1.59	0.59	4
中 央	-6.01	0.22	4.88	-0.91	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	-82.995	0.50	4.88	3.7	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-25.298	0.24	6.80	1.0	0.0	0.000	0.000	4
中 央	121.791	-2.93	10.05	6.8	99.5	6.216	3.390	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	6.335 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 5	D 13	— 5	8.133 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	20000	67.215	161.807	985.91	2.63	0.61	-0.133	3
τ 点	100.0	11250	67.215	125.131	959.53	3.42	0.63	-0.111	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	-54.456	-7.023	-88.349	-104.513	-104.513	3
ハッチ始点	-16.899	-1.840	-26.570	-31.857	-31.857	4
中 央	73.114	17.102	137.804	153.367	153.367	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	6.335	22.5	36.5	0.069	0.007	283.09	2.7	3
ハッチ始点	13.272	6.335	12.5	26.5	0.069	0.012	158.13	5.0	4
中 央	13.272	8.133	17.5	26.5	0.069	0.009	224.99	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	-52.029	142.452	36.52	14.00	71.972	3
	上ハチ点	-38.754	144.526	26.81	9.00	51.761	3
側壁	中 間	-16.011	118.765	13.48	9.00	26.700	1
	下ハチ点	-43.703	159.733	27.36	9.00	58.079	3
	下端部	-61.478	161.807	37.99	14.00	84.131	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	71.972	14.95	18.45	35.00	7.091
	上ハチ点	51.761	12.68	16.18	25.00	8.229
側壁	中 間	26.700	9.10	12.60	25.00	1.174
	下ハチ点	58.079	13.43	16.93	25.00	9.521
	下端部	84.131	16.16	19.66	35.00	8.737
$d + d' < T$					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 - 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	12.338	4.26	99.2	0.0
	上ハチ点	100.00	12.128	9.471	5.96	113.5	0.0
	中間	100.00	12.128	12.236	2.51	28.4	0.0
	下ハチ点	100.00	12.128	9.422	6.72	129.1	0.0
	下端部	100.00	12.128	12.194	5.03	119.4	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	89.691	51.373	110.163	90.263				
	M			1.652					
	N			48.705					
	最大			○					
底版 τ点	S	99.243	66.341	125.131	105.230				
	M			-0.504					
	N			67.215					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-23.450	-27.453	-35.653	-40.528				
	M				-26.340				
	N				119.657				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	31.131	36.878	45.078	49.953				
	M				-29.968				
	N				133.136				
	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	30.0	3.5	26.5	1.400	D13-5	6.335	0.239	0.939
底版 τ 点	30.0	3.5	26.5	1.400	D13-5	6.335	0.239	0.939
側壁上 τ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.543	1.226
側壁下 τ 点	25.8	3.5	22.3	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.543	1.226

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	1.652	974.6	48.705	0.300	0.01500	0.03	70.657	2.000
底版 τ 点	-0.504	959.5	67.215	0.300	0.01500	-0.03	32.146	2.000
側壁上 τ 点	-26.340	0.0	119.657	0.258	0.01108	0.00	5.139	1.195
側壁下 τ 点	-29.968	0.0	133.136	0.258	0.01108	0.00	5.718	1.191

照査位置	τ_a	補正係数			補正 τ_a
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 τ 点	0.270	1.400	0.939	2.000	0.710
底版 τ 点	0.270	1.400	0.939	2.000	0.710
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.226	1.195	0.554
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.226	1.191	0.552

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	110.163	26.5	0.416	0.710
底版 τ 点	125.131	26.5	0.472	0.710
側壁上 τ 点	40.528	22.3	0.181	0.554
側壁下 τ 点	49.952	22.3	0.224	0.552

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上