

受付 No.

台帳 No. KL425003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 3000 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) 3000 × (H) 2500 × (L) 2000 [mm]
土被り	: H1 = 1.510 ~ H2 = 3.000 [m]
道路舗装厚	: t = 0.200 [m]
路盤厚	: t _b = 0.000 [m]

1.2 単位容積重量

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

1.3 土圧係数 (水 平)

: $K_a = 0.500$

(鉛 直)

: $\alpha = 1.000$

1.4 活荷重 (上 載)

: T' 荷重 横断通行

(輪接地幅 a = 0.20m b = 0.50m)

(側 載)

: $Q = 10.0$ [kN/m²]

1.5 衝撃係数

: $i = 0.300$

1.6 鉄筋かぶり

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

1.7 断面力低減係数 (土被り H1)

: $\beta = 0.9$

(土被り H2)

: $\beta = 0.9$

1.8 許容応力度

1.8.1 鉄筋

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

1.8.2 コンクリート

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

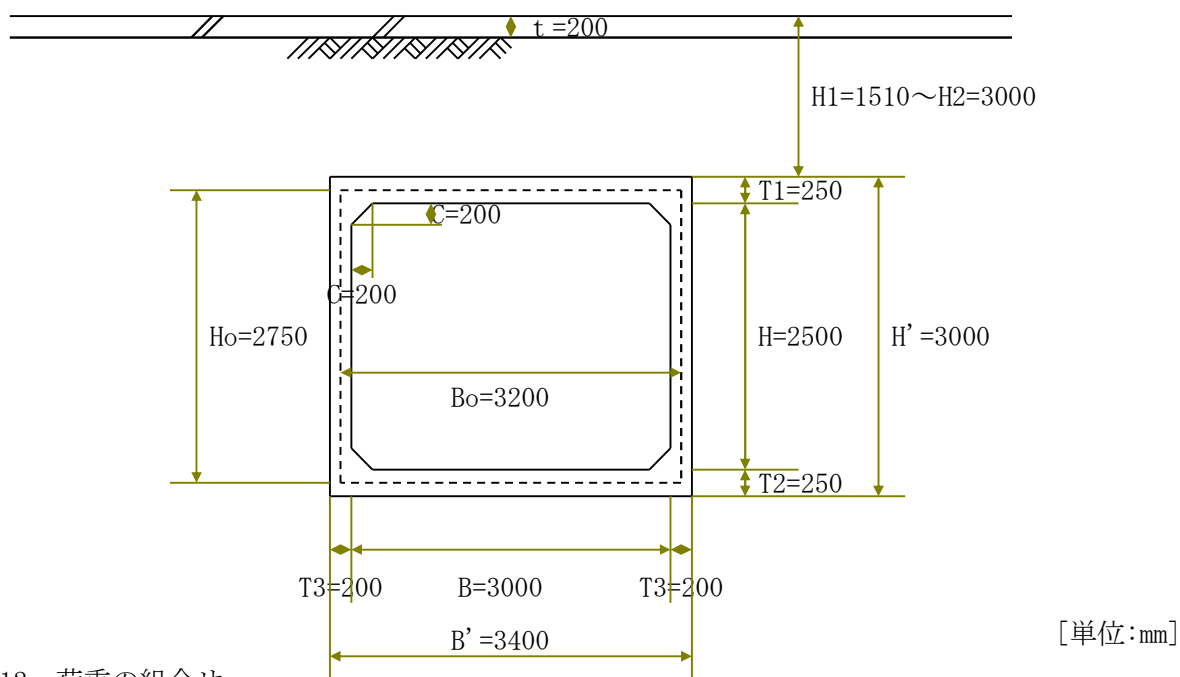
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

(3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 26$	$\phi 26$	*****	(mm)
断面積	530.90	530.90	*****	(mm ²)
設計引張力	450000	450000	*****	(N)

1.11 標準断面図



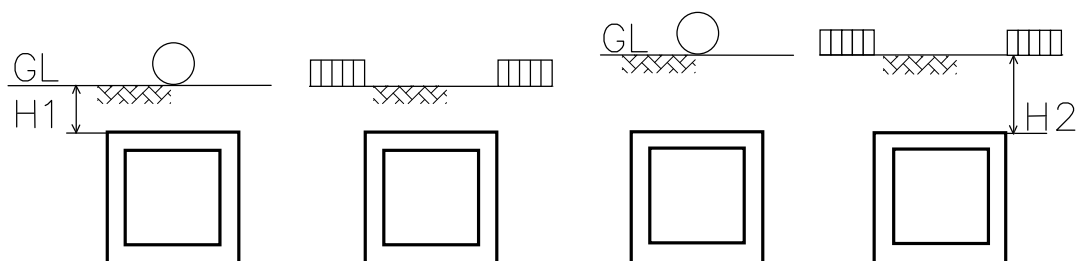
1.12 荷重の組合せ

CASE-1,5

CASE-2,6

CASE-3,7

CASE-4,8



[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

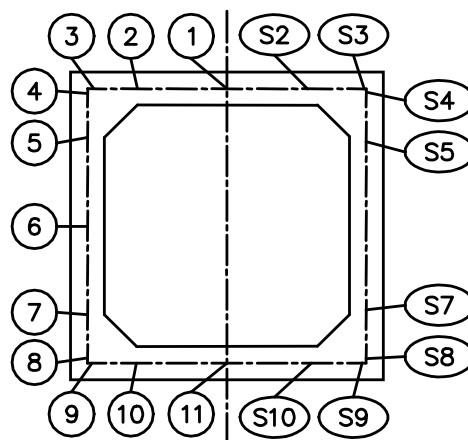
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

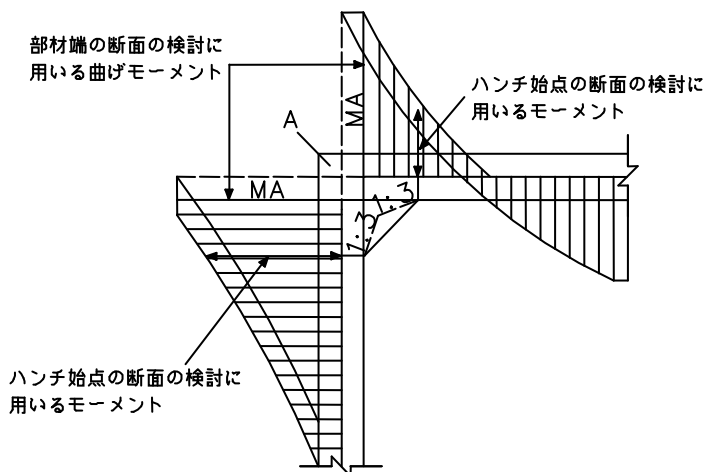
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

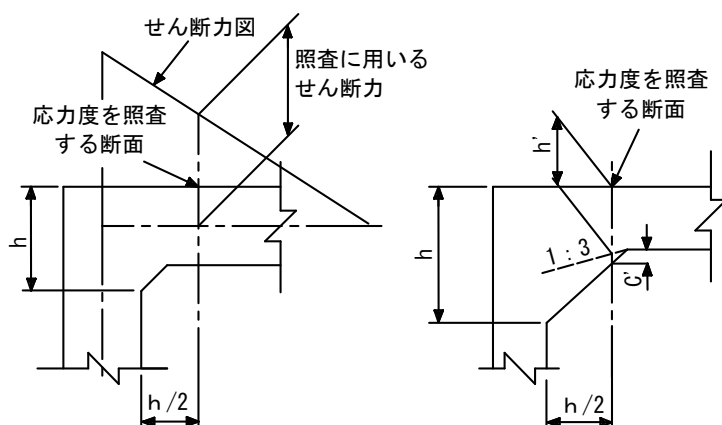
せん断力



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) ハッチ以外の場合

(b) ハッチにある場合

b) について

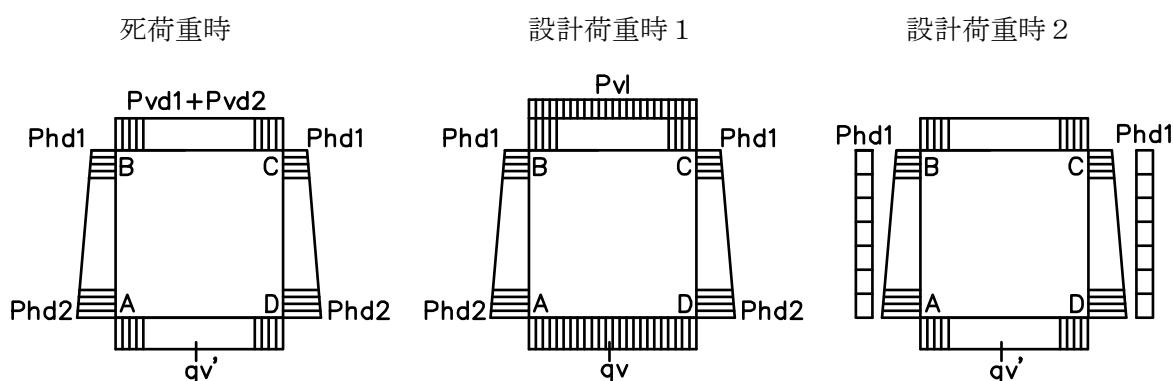
ハッチにある場合の部材断面の高さは、ハッチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

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 $u = a + 2 \times H1 = 3.220 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H1 = 3.520 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) / B_o$



設計荷重値 死荷重時 設計荷重時 1 設計荷重時 2

(kN/m²) CASE-1 CASE-2

(kN/m²) (kN/m²)

Pvd1	6.125	6.125	6.125
Pvd2	28.080	28.080	28.080
Phd1 = Phd1	15.165	15.165	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	20.165
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	39.915	39.915	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	44.915
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	26.426	0.000
qv	*****	69.665	*****
qv'	43.239	*****	43.239

注) qv'は、Pv1 = 0 とした場合の底版反力

3.1.2 構造解析

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \text{ラーメン係数} \quad \alpha &= (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 \beta &= (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 N1 &= 2 + \alpha \\
 N2 &= 2 + \beta
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \text{荷 重 項} \quad CAD &= q_v \times B_o^2 / 12 \\
 CBC &= \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{vl}) \times B_o^2\} / 12 \\
 CAB &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60 \\
 CBA &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60
 \end{aligned}$$

注1) 死荷重時、設計荷重時2のCADは、 $q_v = q_v'$

注2) 死荷重時、設計荷重時2のCBCは、 $P_{vl} = 0$

注3) $P_{hd1} \sim P_{hd5}$ は、水平荷重（設計荷重参照）

$$\begin{aligned}
 (3) \quad \text{た わ み 角} \quad \theta A &= \{N1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N1 \times N2 - 1) \\
 \theta B &= \{N2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N1 \times N2 - 1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (4) \quad \text{端モーメント} \quad MAB &= 2 \times \theta A + \theta B - CAB \\
 MAD &= \beta \times \theta A + CAD \\
 MBA &= 2 \times \theta B + \theta A + CBA \\
 MBC &= \alpha \times \theta B - CBC
 \end{aligned}$$

$$MAB + MAD = 0 \quad MBA + MBC = 0$$

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
α	1.6785	1.6785	1.6785
β	1.6785	1.6785	1.6785
N1	3.6785	3.6785	3.6785
N2	3.6785	3.6785	3.6785
CAD (kN・m/m)	36.898	59.448	36.898
CBC (kN・m/m)	29.188	51.738	29.188
CAB (kN・m/m)	18.916	18.916	22.067
CBA (kN・m/m)	15.796	15.796	18.947
θA	-6.347	-14.766	-5.171
θB	5.366	13.785	4.190
MAB (kN・m/m)	-26.244	-34.663	-28.219
MAD (kN・m/m)	26.244	34.663	28.219
MBA (kN・m/m)	20.181	28.600	22.156
MBC (kN・m/m)	-20.181	-28.600	-22.156

3.1.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

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

(2) 底 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

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

(3) 側 壁

1) せん断力

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

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

2) 曲げモーメント

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

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

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

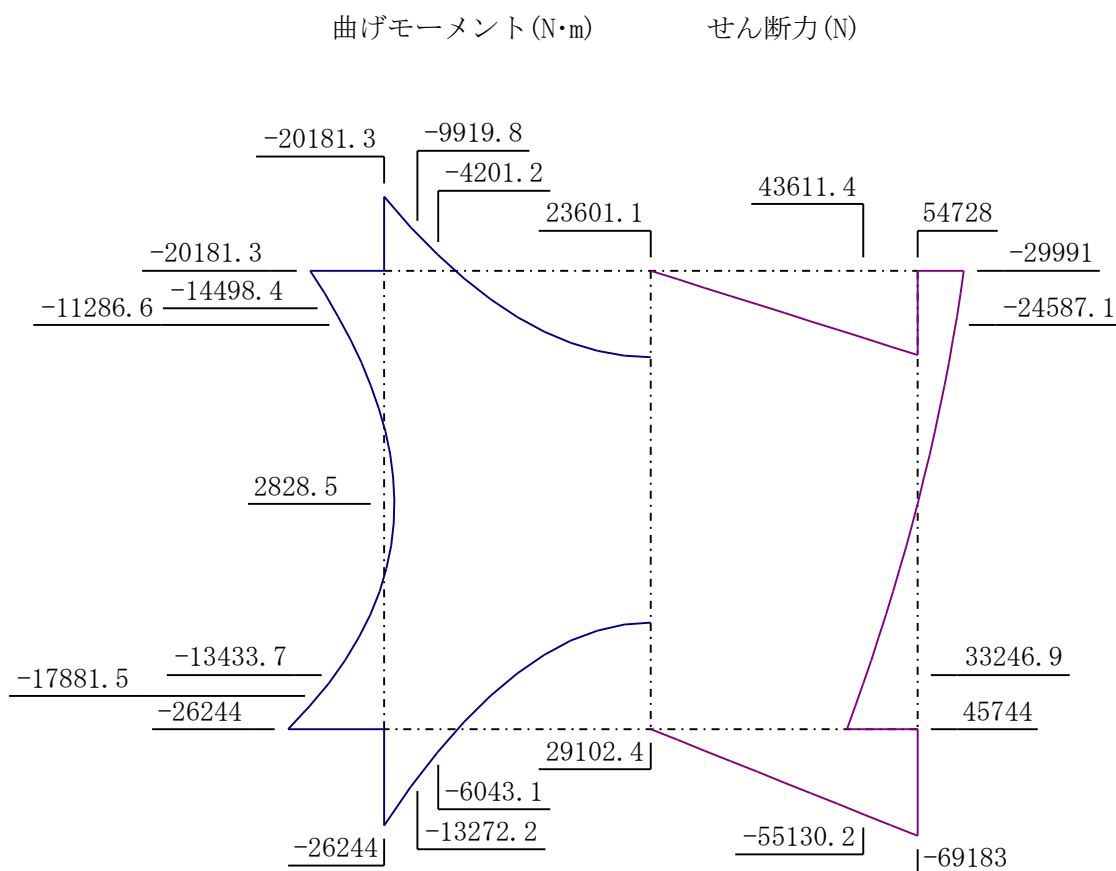
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	54.728	97.009	54.728
SCB	(kN/m)	-54.728	-97.009	-54.728
Mmax	(kN・m/m)	23.601	49.007	21.627
SAD	(kN/m)	69.183	111.464	69.183
SDA	(kN/m)	-69.183	-111.464	-69.183
Mmax	(kN・m/m)	29.102	54.508	27.128
SAB	(kN/m)	45.744	45.744	52.619
SBA	(kN/m)	-29.991	-29.991	-36.866
x	(m)	1.352	1.352	*****
		1.356	*****	1.356
Mmax	(kN・m/m)	2.829	-5.590	*****
Mmax	(kN・m/m)	2.828	*****	5.579

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。

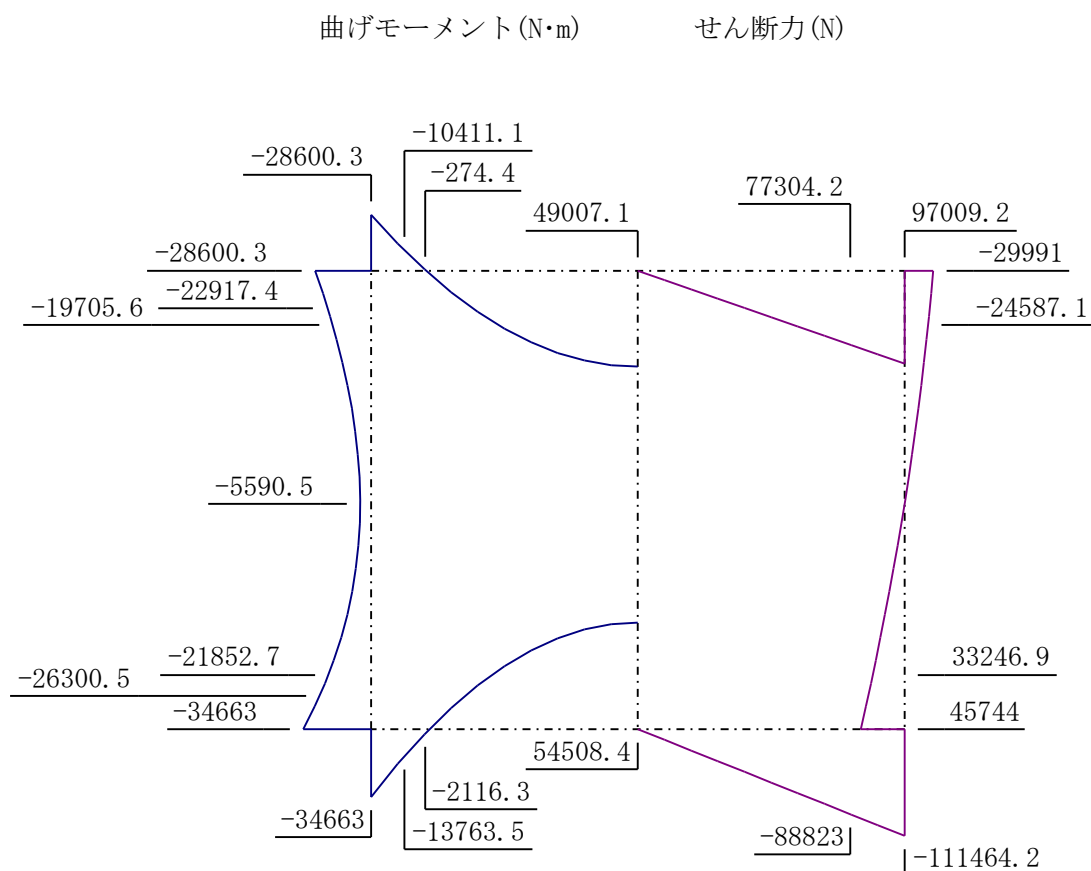
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	0.100	-20181	54728	29991
	2 ハッチ始点	0.300	-9920	***	29991
	S2 τ 点	0.325	-4201	43611	29991
	1 中 央	1.600	23601	0	29991
底板	9, S9 端 部	0.100	-26244	69183	45744
	10 ハッチ始点	0.300	-13272	***	45744
	S10 τ 点	0.325	-6043	55130	45744
	11 中 央	1.600	29102	0	45744
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-20181	-29991	54728
	5 上ハッチ点	2.425	-14498	***	55779
	S5 上 τ 点	2.425	-11287	-24587	56436
	6 中 間	1.352	2829	*****	62076
		1.356	2828	*****	62055
	S7 下 τ 点	0.325	-13434	33247	67475
	7 下ハッチ点	0.325	-17882	***	68132
	8, S8 下 端部	0.125	-26244	45744	69183



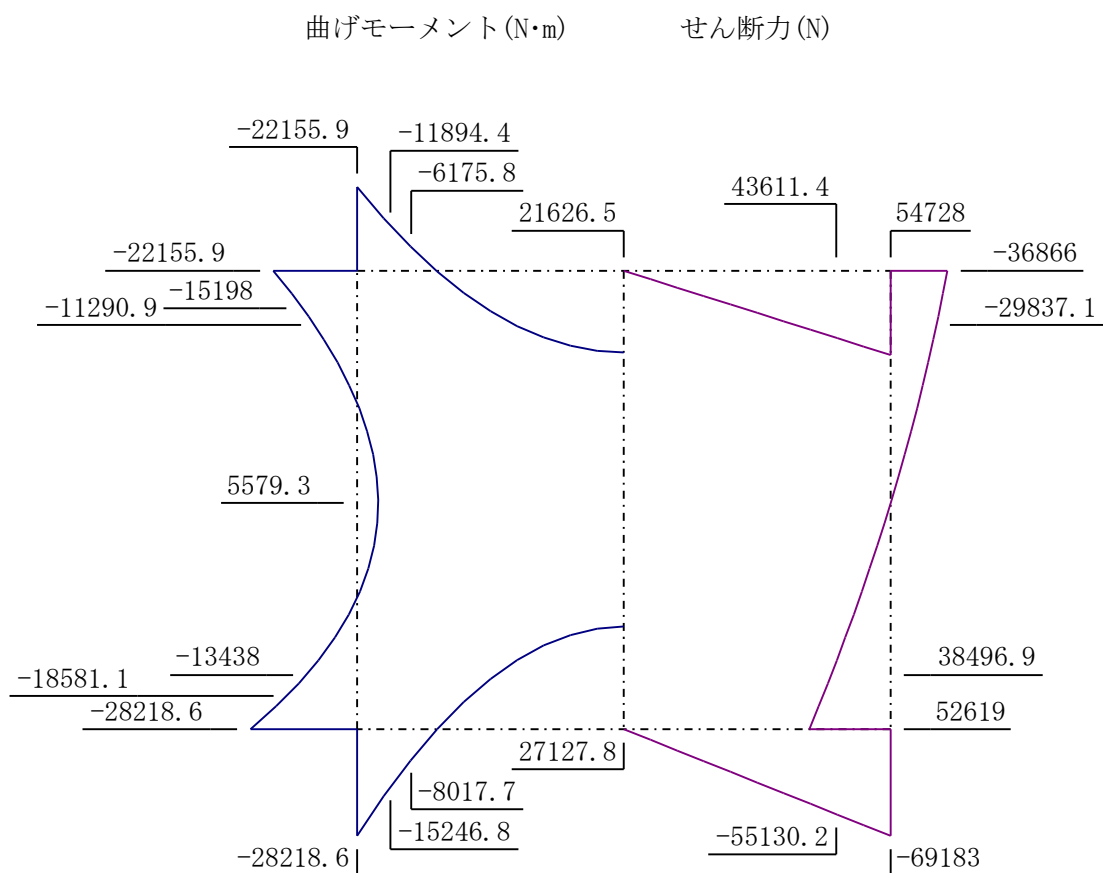
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	-28600	97009	29991
	2 ハチ始点	0.300	-10411	***	29991
	S2 τ 点	0.325	-274	77304	29991
	1 中 央	1.600	49007	0	29991
底版	9, S9 端 部	0.100	-34663	111464	45744
	10 ハチ始点	0.300	-13764	***	45744
	S10 τ 点	0.325	-2116	88823	45744
	11 中 央	1.600	54508	0	45744
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-28600	-29991	97009
	5 上ハチ点	2.425	-22917	***	98061
	S5 上 τ点	2.425	-19706	-24587	98718
	6 中 間	1.352	-5591	0	104358
	S7 下 τ点	0.325	-21853	33247	109756
	7 下ハチ点	0.325	-26301	***	110413
	8, S8 下 端部	0.125	-34663	45744	111464



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

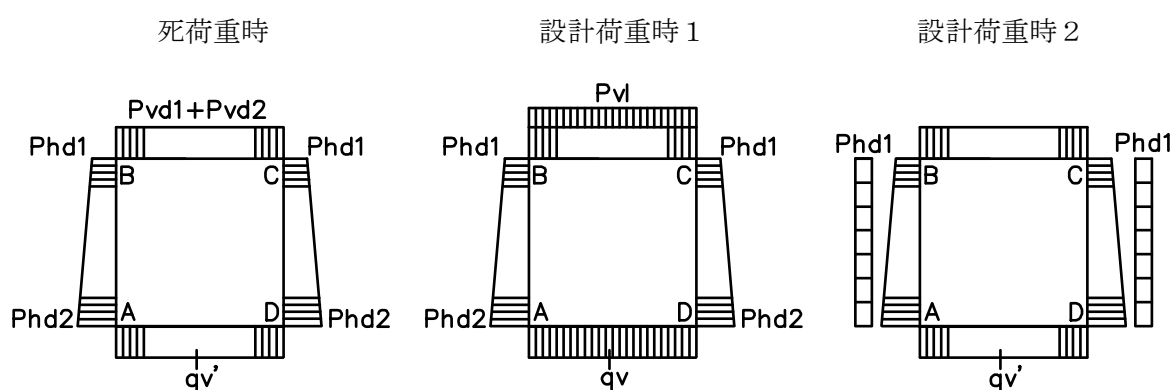
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-22156	54728	36866
	2 ハチ始点	0.300	-11894	***	36866
	S2 τ 点	0.325	-6176	43611	36866
	1 中 央	1.600	21627	0	36866
底板	9, S9 端 部	0.100	-28219	69183	52619
	10 ハチ始点	0.300	-15247	***	52619
	S10 τ 点	0.325	-8018	55130	52619
	11 中 央	1.600	27128	0	52619
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-22156	-36866	54728
	5 上ハチ点	2.425	-15198	***	55779
	S5 上 τ 点	2.425	-11291	-29837	56436
	6 中 間	1.356	5579	0	62055
	S7 下 τ 点	0.325	-13438	38497	67475
	7 下ハチ点	0.325	-18581	***	68132
	8, S8 下 端部	0.125	-28219	52619	69183



3. 断面力の算定 (CASE-3, 4)

3.2.1 設計荷重

- (1) 頂版自重 $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧 $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H2 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧 $P_{hd1} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = K_a \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = K_a \times Q$
- (5) 活荷重
 輪分布幅 $u = a + 2 \times H2 = 6.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H2 = 6.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (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}	6.125	6.125	6.125
P_{vd2}	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.575	28.575	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.575
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	53.325	53.325	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	58.325
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	83.784	*****
$q_{v'}$	70.059	*****	70.059

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	1.6785	1.6785	1.6785
β	1.6785	1.6785	1.6785
N1	3.6785	3.6785	3.6785
N2	3.6785	3.6785	3.6785
CAD (kN・m/m)	59.784	71.495	59.784
CBC (kN・m/m)	52.075	63.786	52.075
CAB (kN・m/m)	27.367	27.367	30.518
CBA (kN・m/m)	24.247	24.247	27.398
θ_A	-11.737	-16.109	-10.560
θ_B	10.756	15.128	9.579
MAB (kN・m/m)	-40.084	-44.457	-42.059
MAD (kN・m/m)	40.084	44.457	42.059
MBA (kN・m/m)	34.022	38.394	35.996
MBC (kN・m/m)	-34.022	-38.394	-35.996

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。

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

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

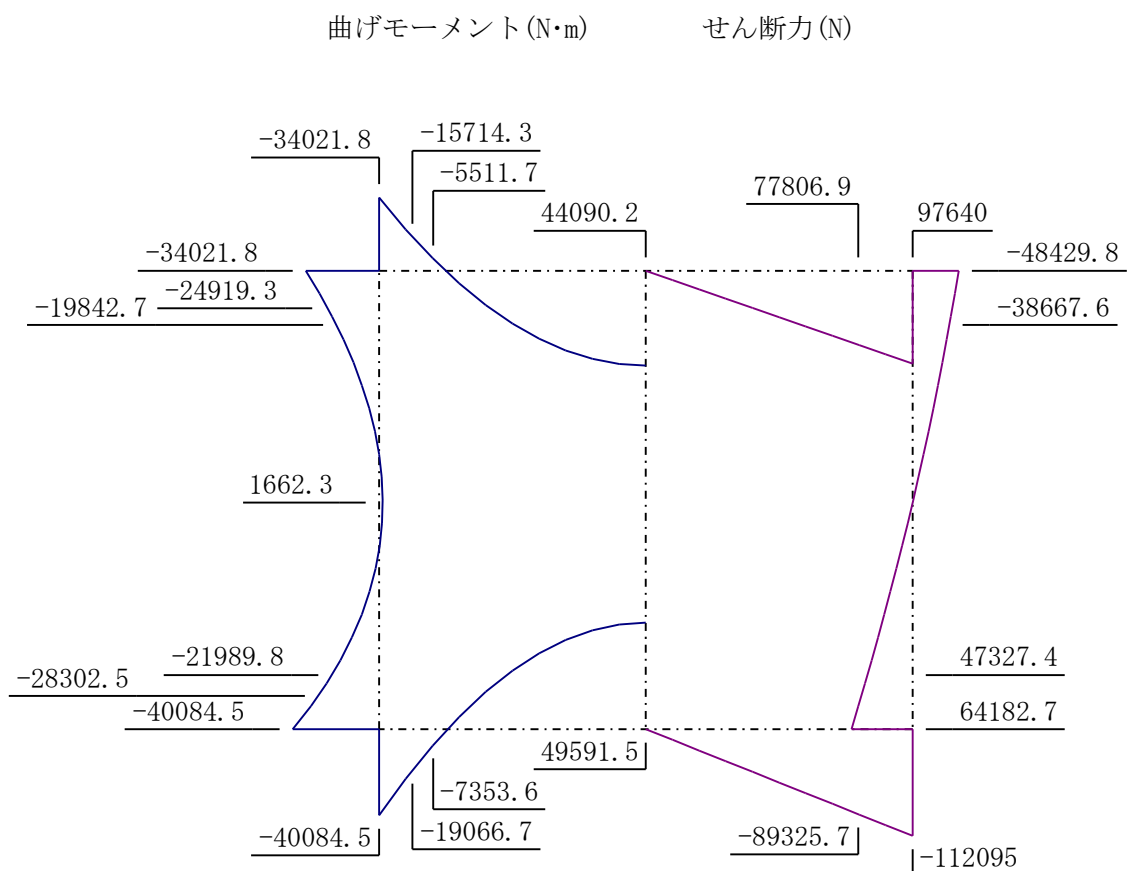
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	97.640	119.599	97.640
SCB (kN/m)	-97.640	-119.599	-97.640
Mmax (kN・m/m)	44.090	57.285	42.116
SAD (kN/m)	112.095	134.054	112.095
SDA (kN/m)	-112.095	-134.054	-112.095
Mmax (kN・m/m)	49.592	62.786	47.617
SAB (kN/m)	64.183	64.183	71.058
SBA (kN/m)	-48.430	-48.430	-55.305
x (m)	1.360	1.360	*****
	1.361	*****	1.361
Mmax (kN・m/m)	1.662	-2.710	*****
Mmax (kN・m/m)	1.662	*****	4.414

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。

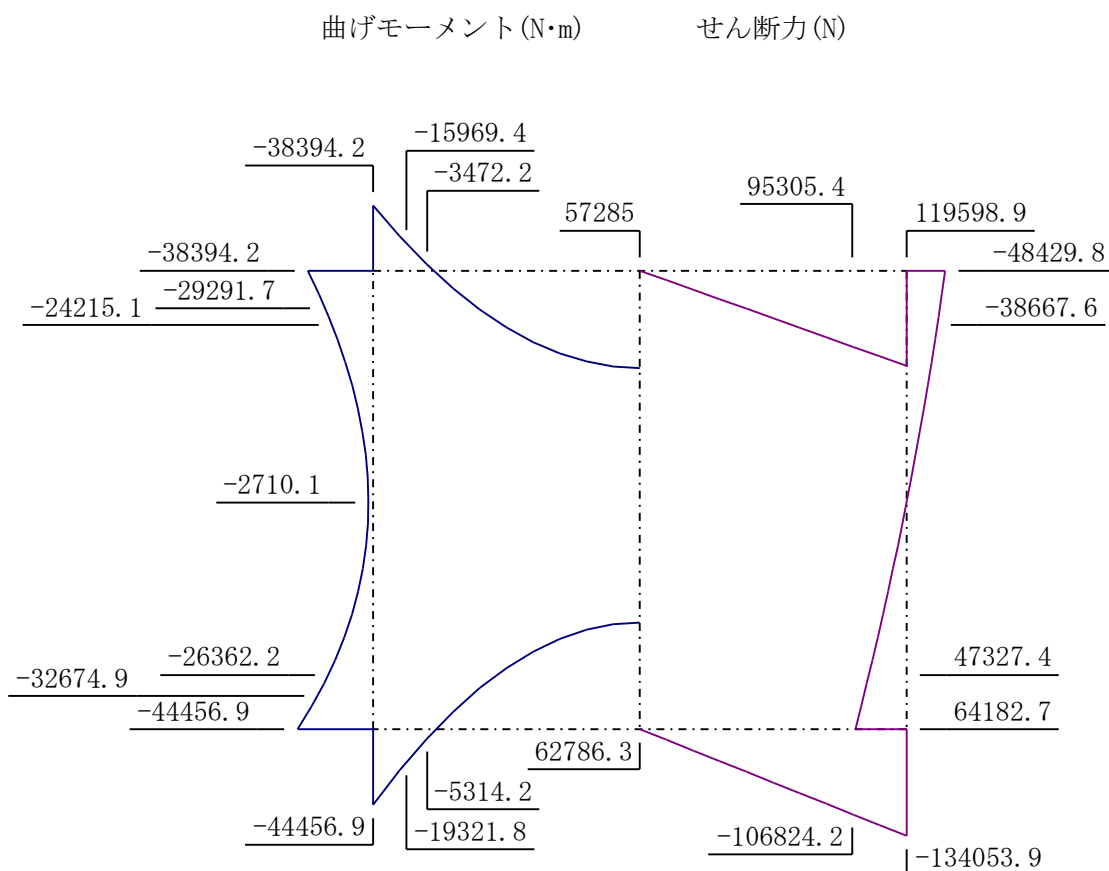
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	-34022	97640	48430
	2 ハッチ始点	0.300	-15714	***	48430
	S2 τ 点	0.325	-5512	77807	48430
	1 中 央	1.600	44090	0	48430
底板	9, S9 端 部	0.100	-40085	112095	64183
	10 ハッチ始点	0.300	-19067	***	64183
	S10 τ 点	0.325	-7354	89326	64183
	11 中 央	1.600	49592	0	64183
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-34022	-48430	97640
	5 上ハッチ点	2.425	-24919	***	98691
	S5 上 τ 点	2.425	-19843	-38668	99348
	6 中 間	1.360	1662	*****	104946
		1.361	1662	*****	104941
	S7 下 τ 点	0.325	-21990	47327	110387
	7 下ハッチ点	0.325	-28303	***	111044
	8, S8 下 端部	0.125	-40085	64183	112095



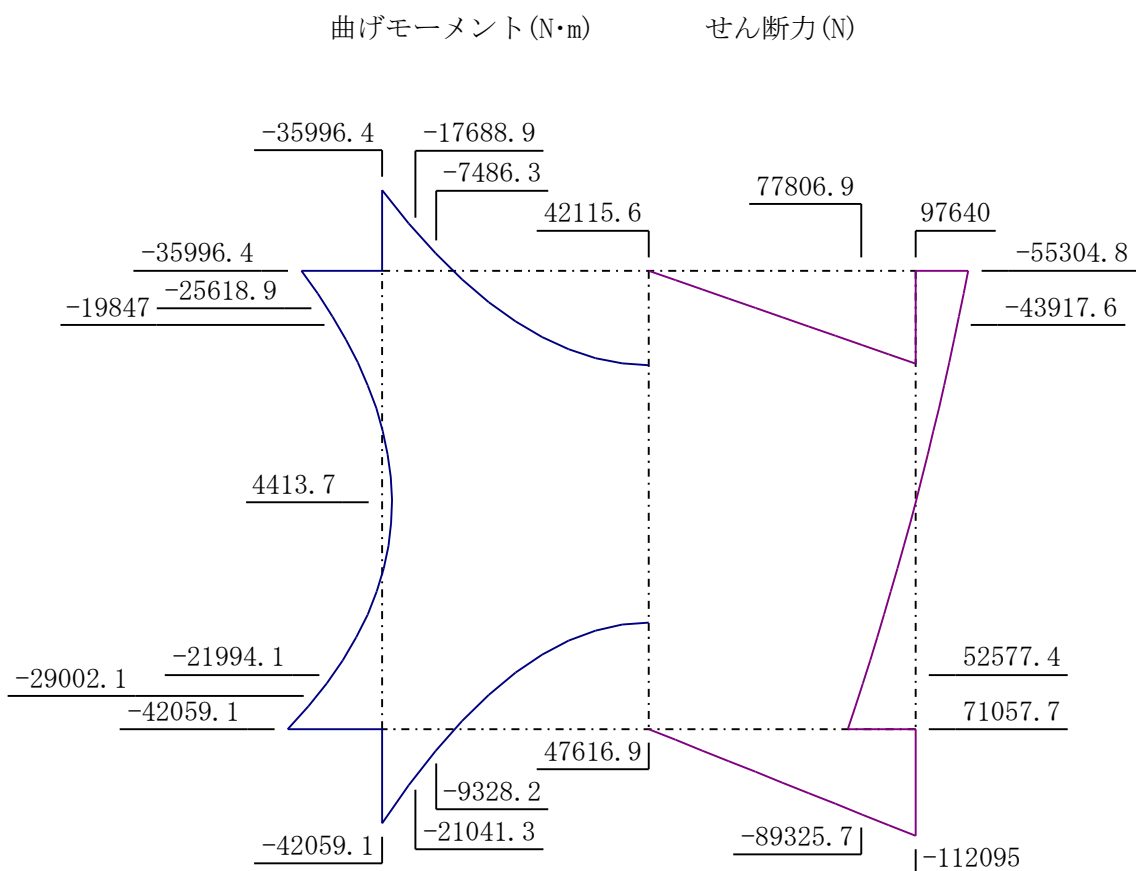
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	-38394	119599	48430
	2 ハチ始点	0.300	-15969	***	48430
	S2 τ 点	0.325	***	95305	***
	1 中 央	1.600	57285	0	48430
底板	9, S9 端 部	0.100	-44457	134054	64183
	10 ハチ始点	0.300	-19322	***	64183
	S10 τ 点	0.325	***	106824	***
	11 中 央	1.600	62786	0	64183
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-38394	-48430	119599
	5 上ハチ点	2.425	-29292	***	120650
	S5 上 τ点	2.425	***	-38668	***
	6 中 間	1.360	-2710	0	126905
	S7 下 τ点	0.325	***	47327	***
	7 下ハチ点	0.325	-32675	***	133003
	8, S8 下 端部	0.125	-44457	64183	134054



(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	-35996	97640	55305
	2 ハッチ始点	0.300	-17689	***	55305
	S2 τ 点	0.325	***	77807	***
	1 中 央	1.600	42116	0	55305
底版	9, S9 端 部	0.100	-42059	112095	71058
	10 ハッチ始点	0.300	-21041	***	71058
	S10 τ 点	0.325	***	89326	***
	11 中 央	1.600	47617	0	71058
側壁	4, S4 上 端部	2.625	-35996	-55305	97640
	5 上ハッチ点	2.425	-25619	***	98691
	S5 上 τ 点	2.425	***	-43918	***
	6 中 間	1.361	4414	0	104941
	S7 下 τ 点	0.325	***	52577	*****
	7 下ハッチ点	0.325	-29002	***	111044
	8, S8 下 端部	0.125	-42059	71058	112095



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	31.67	3166.7	264621.91	15.83	16712.96
ハチ始点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
τ 点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
中 央	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67

5.1.2 使用 P C 鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 26	2.50	5.309	450000	2.33	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-1.00	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	-1.00	外 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	3.78	-0.30	90.34	25.43	731.85	0.863	3
ハチ始点	847.62	4.59	0.12	107.48	25.43	714.71	0.843	3
τ 点	847.62	4.59	0.04	106.31	25.43	715.88	0.845	3
中 央	847.62	4.59	-0.34	100.61	25.43	721.58	0.851	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.78	-0.30	90.34	25.43	731.85	0.863	3
ハチ始点	847.62	4.59	0.12	107.48	25.43	714.71	0.843	3
τ 点	847.62	4.59	0.04	106.31	25.43	715.88	0.845	3
中 央	847.62	4.59	-0.34	100.61	25.43	721.58	0.851	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	3.78	-0.30	90.34	25.43	731.85	0.863	3
ハチ始点	847.62	4.59	0.12	107.48	25.43	714.71	0.843	4
τ 点	847.62	4.59	0.04	106.31	25.43	715.88	0.845	4
中 央	847.62	4.59	-0.34	100.61	25.43	721.58	0.851	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.78	-0.30	90.34	25.43	731.85	0.863	3
ハチ始点	847.62	4.59	0.12	107.48	25.43	714.71	0.843	4
τ 点	847.62	4.59	0.04	106.31	25.43	715.88	0.845	4
中 央	847.62	4.59	-0.34	100.61	25.43	721.58	0.851	3

5.1.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 σ_m (N/mm ²)	N/Ac (N/mm ²)	有効プレストレス σ_{ce} (N/mm ²)	合成応力度 σ_c (N/mm ²)	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.04	0.15	1.71	3.90	3
ハチ始点	1.51	0.19	4.71	6.41	3
中 央	4.23	0.19	2.91	7.34	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.04	0.15	4.42	2.54	3
ハチ始点	-1.51	0.19	2.88	1.57	3
中 央	-4.23	0.19	4.75	0.71	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.30	0.15	1.71	4.16	3
ハチ始点	1.70	0.22	4.71	6.62	4
中 央	5.50	0.19	2.91	8.60	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.30	0.15	4.42	2.28	3
ハチ始点	-1.70	0.22	2.88	1.41	4
中 央	-5.50	0.19	4.75	-0.56	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	-51.832	1.53	5.02	7.4	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-23.880	0.89	7.30	2.7	0.0	0.000	0.000	4
中 央	77.335	-2.41	10.60	4.6	55.9	3.495	2.318	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	12535	48.430	119.599	971.35	3.22	0.57	-0.097	3
τ 点	100.0	7813	48.430	95.305	950.15	3.99	0.57	-0.080	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	-34.022	-4.372	-55.159	-65.270	-65.270	3
ハッチ始点	-15.714	-1.975	-25.365	-30.071	-30.071	4
中 央	44.090	13.195	90.304	97.384	97.384	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	18.2	28.2	0.069	0.008	221.47	3.4	3
ハッチ始点	13.272	6.335	11.5	21.5	0.069	0.013	138.16	4.6	4
中 央	13.272	6.335	13.5	21.5	0.069	0.011	159.41	1.6	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	31.67	3166.7	264621.91	15.83	16712.96
ハチ始点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
τ 点	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67
中 央	100.00	25.00	2500.0	130208.33	12.50	10416.67

5.2.2 使用P C鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 26	2.50	5.309	450000	2.33	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-1.00	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	-1.00	外 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	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	847.62	3.78	-0.35	89.53	25.43	732.66	0.864	3
ハチ始点	847.62	4.59	0.15	107.86	25.43	714.33	0.843	3
τ 点	847.62	4.59	0.06	106.52	25.43	715.67	0.844	3
中 央	847.62	4.59	-0.38	99.98	25.43	722.21	0.852	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.78	-0.35	89.53	25.43	732.66	0.864	3
ハチ始点	847.62	4.59	0.15	107.86	25.43	714.33	0.843	3
τ 点	847.62	4.59	0.06	106.52	25.43	715.67	0.844	3
中 央	847.62	4.59	-0.38	99.98	25.43	722.21	0.852	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	3.78	-0.35	89.53	25.43	732.66	0.864	3
ハチ始点	847.62	4.59	0.15	107.86	25.43	714.32	0.843	4
τ 点	847.62	4.59	0.06	106.52	25.43	715.67	0.844	4
中 央	847.62	4.59	-0.38	99.98	25.43	722.21	0.852	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.78	-0.35	89.53	25.43	732.66	0.864	3
ハチ始点	847.62	4.59	0.15	107.86	25.43	714.32	0.843	4
τ 点	847.62	4.59	0.06	106.52	25.43	715.67	0.844	4
中 央	847.62	4.59	-0.38	99.98	25.43	722.21	0.852	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	2.40	0.20	1.71	4.31	3
ハチ始点	1.83	0.26	4.70	6.79	3
中 央	4.76	0.26	2.91	7.93	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.40	0.20	4.43	2.23	3
ハチ始点	-1.83	0.26	2.88	1.31	3
中 央	-4.76	0.26	4.75	0.25	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.66	0.20	1.71	4.58	3
ハチ始点	2.02	0.28	4.70	7.01	4
中 央	6.03	0.26	2.91	9.20	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.66	0.20	4.43	1.97	3
ハチ始点	-2.02	0.28	2.88	1.15	4
中 央	-6.03	0.26	4.75	-1.02	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	-60.017	1.11	5.58	5.3	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-28.406	0.54	7.81	1.6	0.0	0.000	0.000	4
中 央	84.762	-3.04	11.40	5.3	79.8	4.989	2.629	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

5.2.6 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	12535	64.183	134.054	972.42	3.27	0.63	-0.119	3
τ 点	100.0	7813	64.183	106.824	949.87	4.06	0.64	-0.099	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	-40.084	-4.372	-63.041	-75.577	-75.577	3
ハッチ始点	-19.067	-1.975	-29.723	-35.770	-35.770	4
中 央	49.592	13.195	97.456	106.737	106.737	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	18.2	28.2	0.069	0.008	221.47	2.9	3
ハッチ始点	13.272	6.335	11.5	21.5	0.069	0.013	138.16	3.9	4
中 央	13.272	6.335	13.5	21.5	0.069	0.011	159.41	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	-38.394	119.599	32.10	9.83	50.155	3
	上ハチ点	-29.292	120.650	24.28	6.50	37.134	3
側壁	中 間	5.579	62.055	8.99	6.50	9.613	2
	下ハチ点	-32.675	133.003	24.57	6.50	41.320	3
	下端部	-44.457	134.054	33.16	9.83	57.639	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	50.155	12.48	15.98	26.67	7.886
	上ハチ点	37.134	10.74	14.24	20.00	8.792
側壁	中 間	9.613	5.46	8.96	20.00	0.071
	下ハチ点	41.320	11.33	14.83	20.00	9.986
	下端部	57.639	13.38	16.88	26.67	9.416
				$d + d' < T$	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 10 - 10	D 19 - 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	14.325	10.246	4.96	93.8	0.0
	上ハチ点	100.00	14.325	8.093	6.65	103.6	0.0
	中間	100.00	3.567	8.511	1.65	23.3	0.0
	下ハチ点	100.00	14.325	8.074	7.41	116.0	0.0
	下端部	100.00	14.325	10.170	5.73	109.9	0.0
$\sigma_c < \sigma_{ca}$ $\sigma_s < \sigma_{sa}$					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	77.304	43.611	95.305	77.807				
	M			-3.472					
	N			48.430					
	最大			○					
底版 τ点	S	88.823	55.130	106.824	89.326				
	M			-5.314					
	N			64.183					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-24.587	-29.837	-38.668	-43.918				
	M				-19.847				
	N				99.348				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	33.247	38.497	47.327	52.577				
	M				-21.994				
	N				110.387				
	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	25.0	3.5	21.5	1.400	D13-5	6.335	0.295	0.995
底版 τ 点	25.0	3.5	21.5	1.400	D13-5	6.335	0.295	0.995
側壁上 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-5	14.325	0.868	1.421
側壁下 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-5	14.325	0.868	1.421

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	-3.472	950.2	48.430	0.250	0.01042	-0.01	32.121	2.000
底版 τ 点	-5.314	949.9	64.183	0.250	0.01042	-0.01	32.768	2.000
側壁上 τ 点	-19.847	0.0	99.348	0.200	0.00667	0.00	3.313	1.167
側壁下 τ 点	-21.994	0.0	110.387	0.200	0.00667	0.00	3.681	1.167

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	0.995	2.000	0.752
底版 τ 点	0.270	1.400	0.995	2.000	0.752
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.421	1.167	0.627
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.421	1.167	0.627

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	95.305	21.5	0.443	0.752
底版 τ 点	106.824	21.5	0.497	0.752
側壁上 τ 点	43.918	16.5	0.266	0.627
側壁下 τ 点	52.577	16.5	0.319	0.627

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上