

台帳 No. KL421003

土被り H1= 1.510 m
 H2= 3.000 m

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) 2800 × (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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

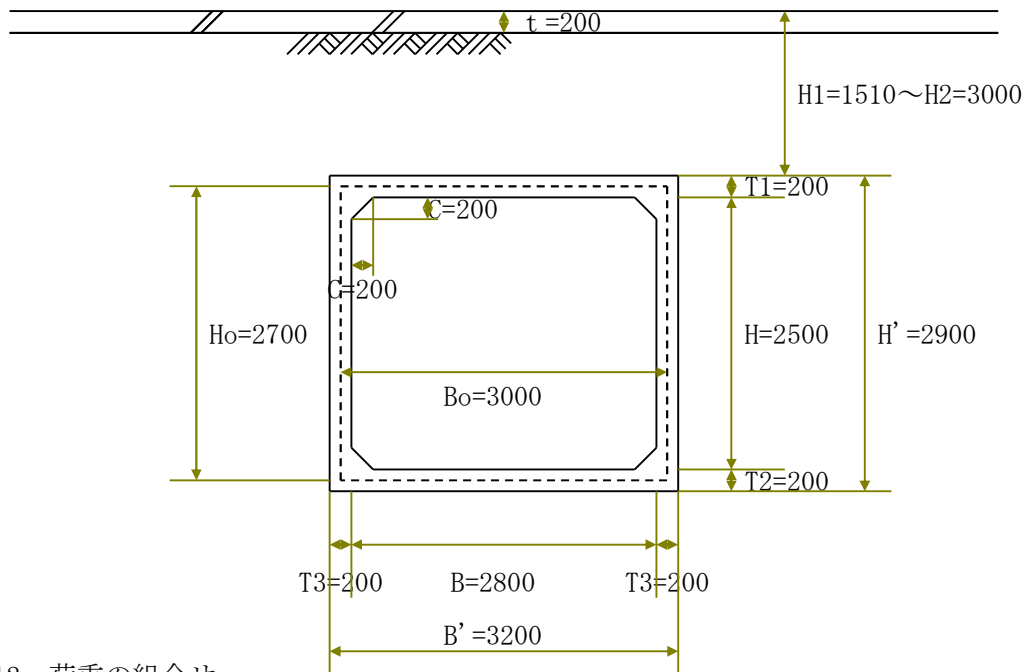
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

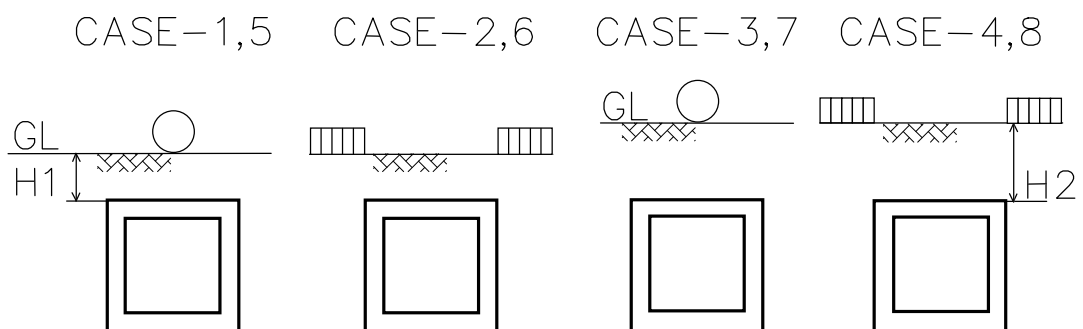
(3) 使用 P C 鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 23$	$\phi 26$	*****	(mm)
断面積	415.50	530.90	*****	(mm ²)
設計引張力	350000	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

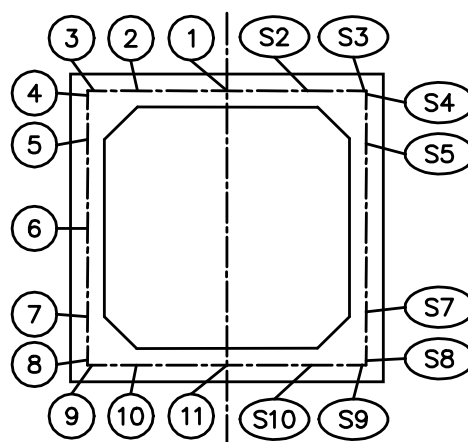
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

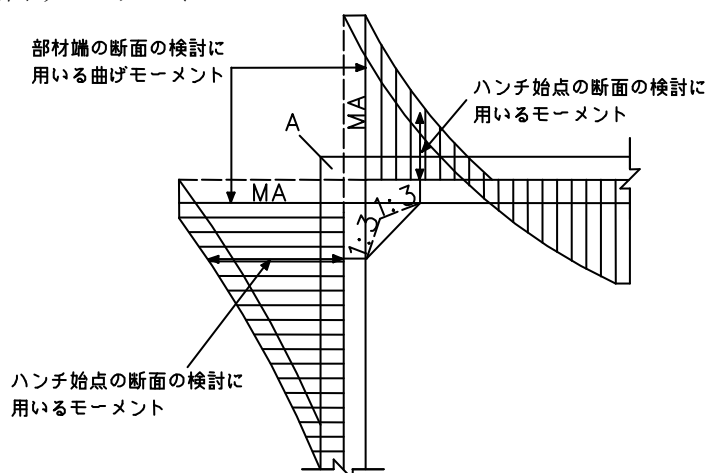
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

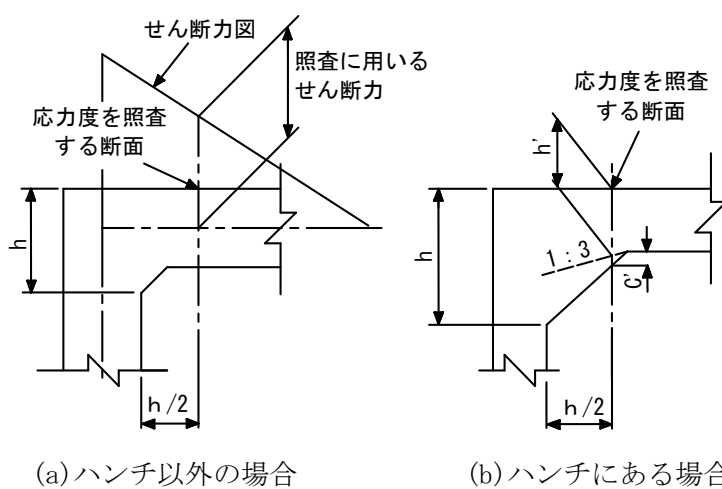
せん断力



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UNCHにある場合の部材断面の高さは、ハUNCH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)

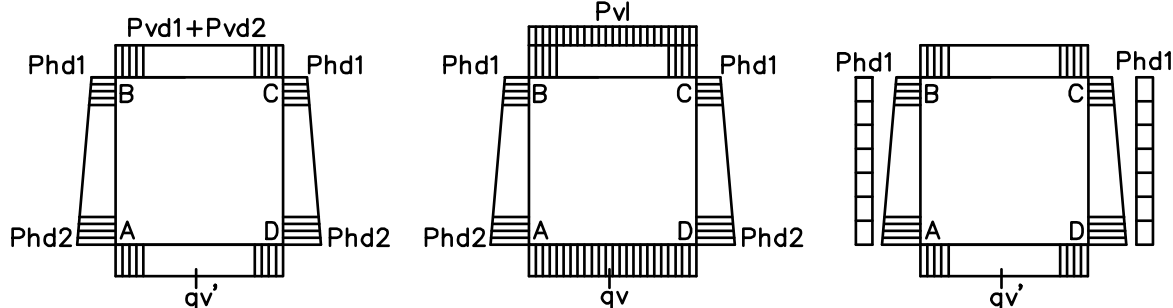
3.1.1 設計荷重

- | | | |
|-----------|--|------------------------|
| (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 | $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1} + \gamma_c \times (2 \times T3 \times H_o + 2 \times C^2) / B_o$ | |

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重時 2



設計荷重値

死荷重時

設計荷重時 1

設計荷重 2

	(kN/m ²)	CASE-1 (kN/m ²)	CASE-2 (kN/m ²)
P _{vd1}	4.900	4.900	4.900
P _{vd2}	28.080	28.080	28.080
Phd1 = Phd1	14.940	14.940	*****
Phd1 = Phd1 + P _q	*****	*****	19.940
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + P _q	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + P _q	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	39.240	39.240	*****
Phd2 = Phd2 + P _q	*****	*****	44.240
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
P _{v1}	0.000	26.426	0.000
q _v	*****	68.879	*****
q _v '	42.453	*****	42.453

注) $q_{v'}$ は、 $P_{v1} = 0$ とした場合の底版反力

3.1.2 構造解析

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \text{ラーメン係数} \quad \alpha &= (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 \beta &= (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3) \\
 N_1 &= 2 + \alpha \\
 N_2 &= 2 + \beta
 \end{aligned}$$

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

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）

$$\begin{aligned}
 (3) \quad \text{た わ み 角} \quad \theta_A &= \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1) \\
 \theta_B &= \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)
 \end{aligned}$$

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
α	0.9000	0.9000	0.9000
β	0.9000	0.9000	0.9000
N1	2.9000	2.9000	2.9000
N2	2.9000	2.9000	2.9000
CAD (kN・m/m)	31.840	51.659	31.840
CBC (kN・m/m)	24.735	44.554	24.735
CAB (kN・m/m)	17.933	17.933	20.971
CBA (kN・m/m)	14.981	14.981	18.018
θ_A	-6.759	-17.190	-5.160
θ_B	5.694	16.125	4.095
MAB (kN・m/m)	-25.757	-36.188	-27.196
MAD (kN・m/m)	25.757	36.188	27.196
MBA (kN・m/m)	19.610	30.041	21.049
MBC (kN・m/m)	-19.610	-30.041	-21.049

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。

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

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

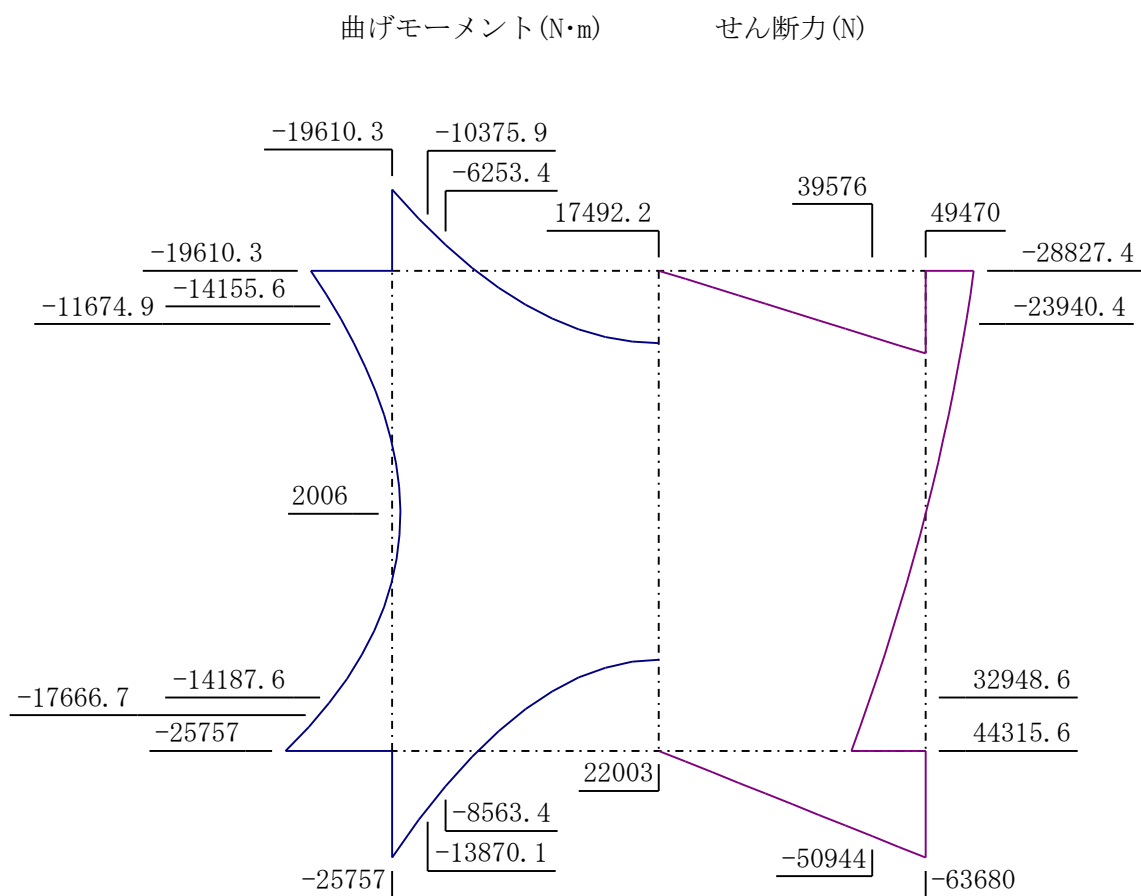
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	49.470	89.109	49.470
SCB	(kN/m)	-49.470	-89.109	-49.470
Mmax	(kN・m/m)	17.492	36.790	16.053
SAD	(kN/m)	63.680	103.319	63.680
SDA	(kN/m)	-63.680	-103.319	-63.680
Mmax	(kN・m/m)	22.003	41.301	20.564
SAB	(kN/m)	44.316	44.316	51.066
SBA	(kN/m)	-28.827	-28.827	-35.577
x	(m)	1.333	1.333	*****
		1.336	*****	1.336
Mmax	(kN・m/m)	2.006	-8.425	*****
Mmax	(kN・m/m)	2.006	*****	5.123

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。

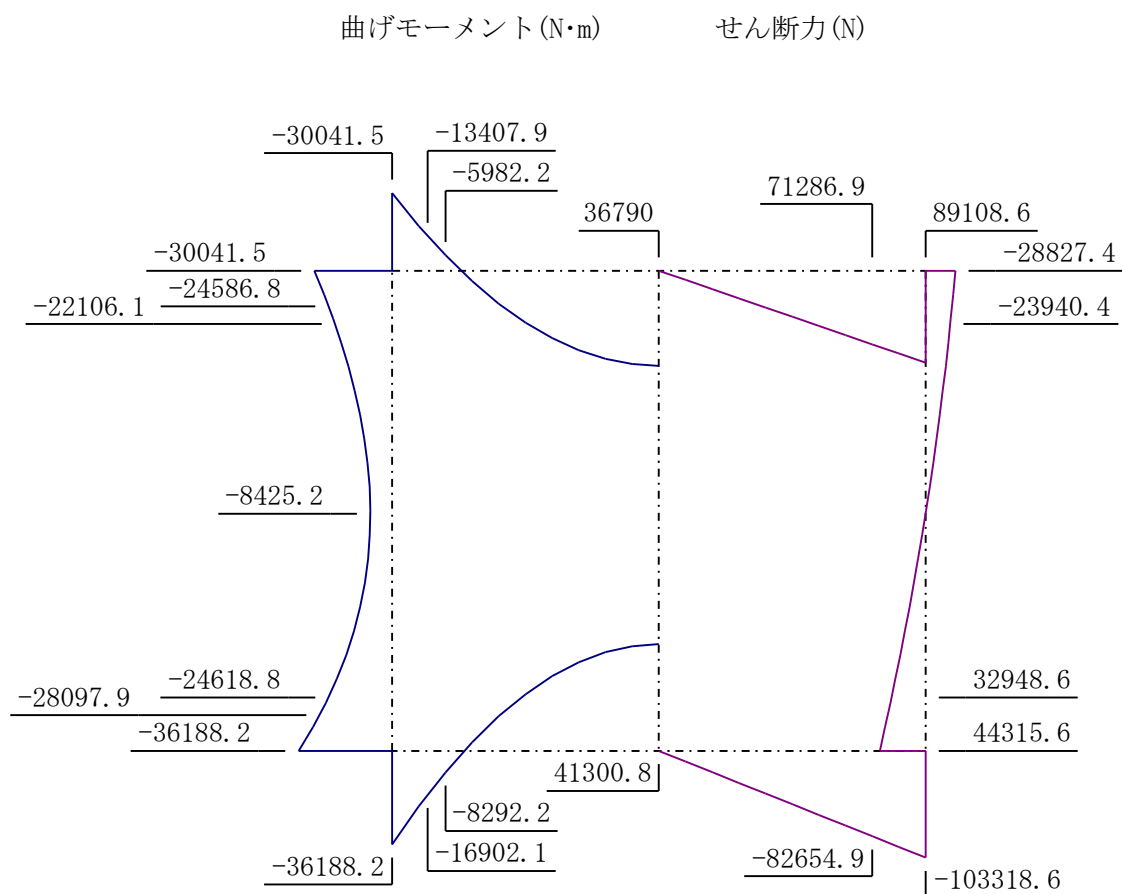
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	-19610	49470	28827
	2 ハッチ始点	0.300	-10376	***	28827
	S2 τ 点	0.300	-6253	39576	28827
	1 中 央	1.500	17492	0	28827
底板	9, S9 端 部	0.100	-25757	63680	44316
	10 ハッチ始点	0.300	-13870	***	44316
	S10 τ 点	0.300	-8563	50944	44316
	11 中 央	1.500	22003	0	44316
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-19610	-28827	49470
	5 上ハッチ点	2.400	-14156	***	50523
	S5 上 τ 点	2.400	-11675	-23940	51049
	6 中 間	1.333	2006	*****	56665
		1.336	2006	*****	56649
	S7 下 τ 点	0.300	-14188	32949	62101
	7 下ハッチ点	0.300	-17667	***	62627
	8, S8 下 端部	0.100	-25757	44316	63680



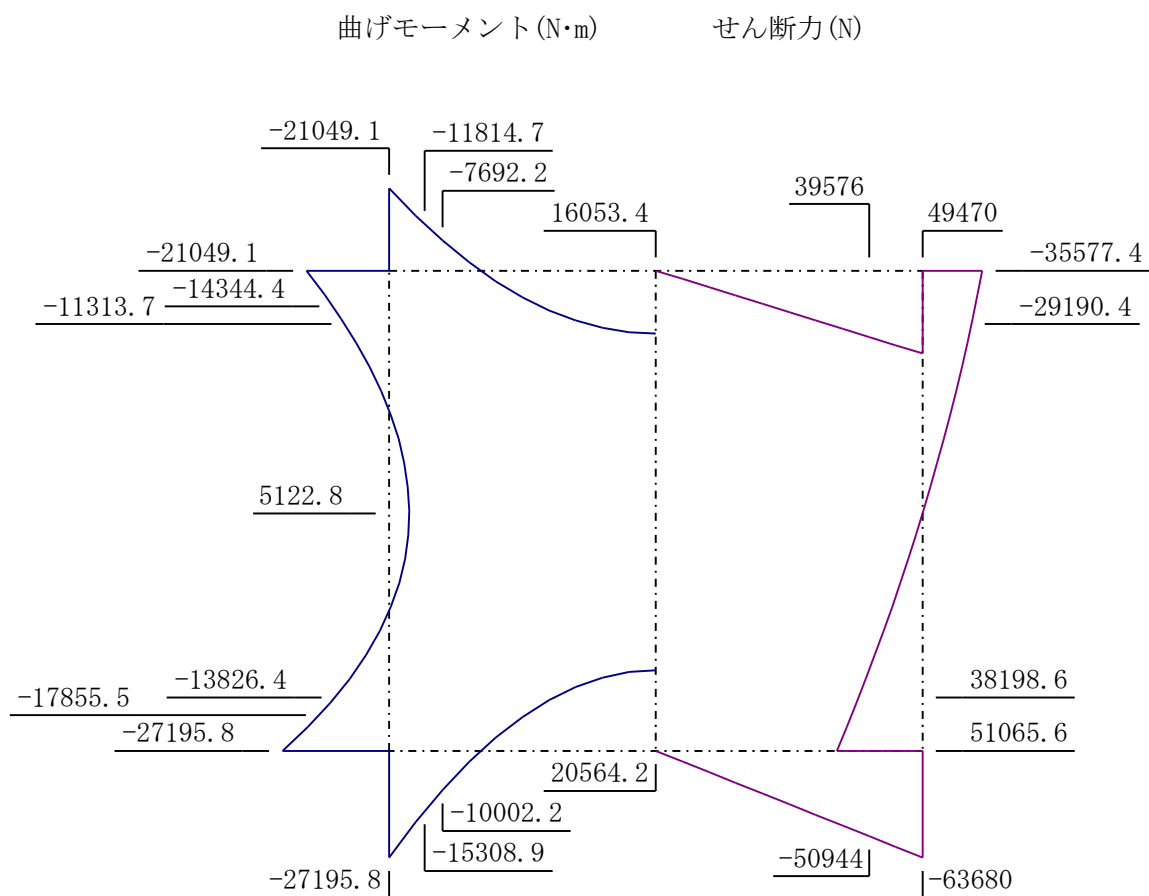
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	-30042	89109	28827
	2 ハチ始点	0.300	-13408	***	28827
	S2 τ 点	0.300	-5982	71287	28827
	1 中 央	1.500	36790	0	28827
底版	9, S9 端 部	0.100	-36188	103319	44316
	10 ハチ始点	0.300	-16902	***	44316
	S10 τ 点	0.300	-8292	82655	44316
	11 中 央	1.500	41301	0	44316
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-30042	-28827	89109
	5 上ハチ点	2.400	-24587	***	90161
	S5 上 τ 点	2.400	-22106	-23940	90688
	6 中 間	1.333	-8425	0	96303
	S7 下 τ 点	0.300	-24619	32949	101740
	7 下ハチ点	0.300	-28098	***	102266
	8, S8 下 端部	0.100	-36188	44316	103319



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

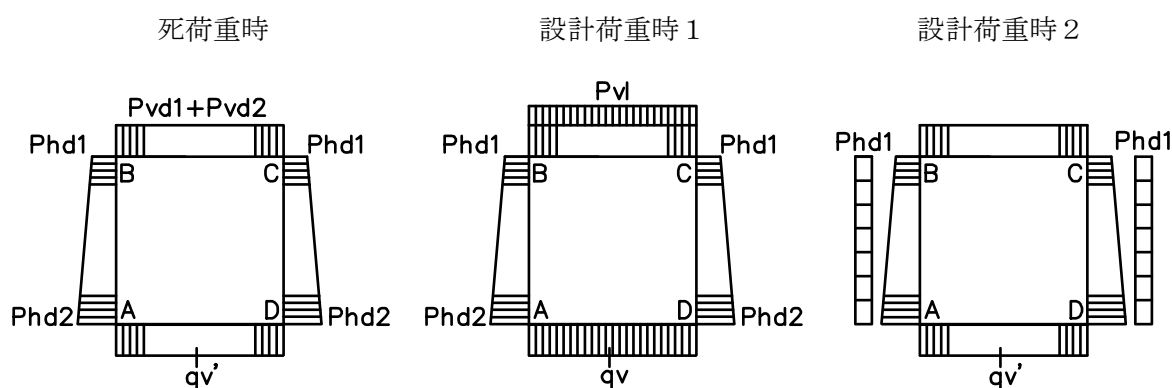
					[/単位長]
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-21049	49470	35577
	2 ハチ始点	0.300	-11815	***	35577
	S2 τ 点	0.300	-7692	39576	35577
	1 中 央	1.500	16053	0	35577
底版	9, S9 端 部	0.100	-27196	63680	51066
	10 ハチ始点	0.300	-15309	***	51066
	S10 τ 点	0.300	-10002	50944	51066
	11 中 央	1.500	20564	0	51066
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-21049	-35577	49470
	5 上ハチ点	2.400	-14344	***	50523
	S5 上 τ 点	2.400	-11314	-29190	51049
	6 中 間	1.336	5123	0	56649
	S7 下 τ 点	0.300	-13826	38199	62101
	7 下ハチ点	0.300	-17856	***	62627
	8, S8 下 端部	0.100	-27196	51066	63680



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}	4.900	4.900	4.900
P_{vd2}	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.350	28.350	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.350
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	52.650	52.650	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	57.650
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	82.998	*****
$q_{v'}$	69.273	*****	69.273

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	0.9000	0.9000	0.9000
β	0.9000	0.9000	0.9000
N_1	2.9000	2.9000	2.9000
N_2	2.9000	2.9000	2.9000
CAD (kN・m/m)	51.955	62.248	51.955
CBC (kN・m/m)	44.850	55.143	44.850
CAB (kN・m/m)	26.080	26.080	29.117
CBA (kN・m/m)	23.128	23.128	26.165
θ_A	-13.058	-18.476	-11.459
θ_B	11.993	17.411	10.395
MAB (kN・m/m)	-40.203	-45.620	-41.642
MAD (kN・m/m)	40.203	45.620	41.642
MBA (kN・m/m)	34.056	39.474	35.495
MBC (kN・m/m)	-34.056	-39.474	-35.495

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。

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

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

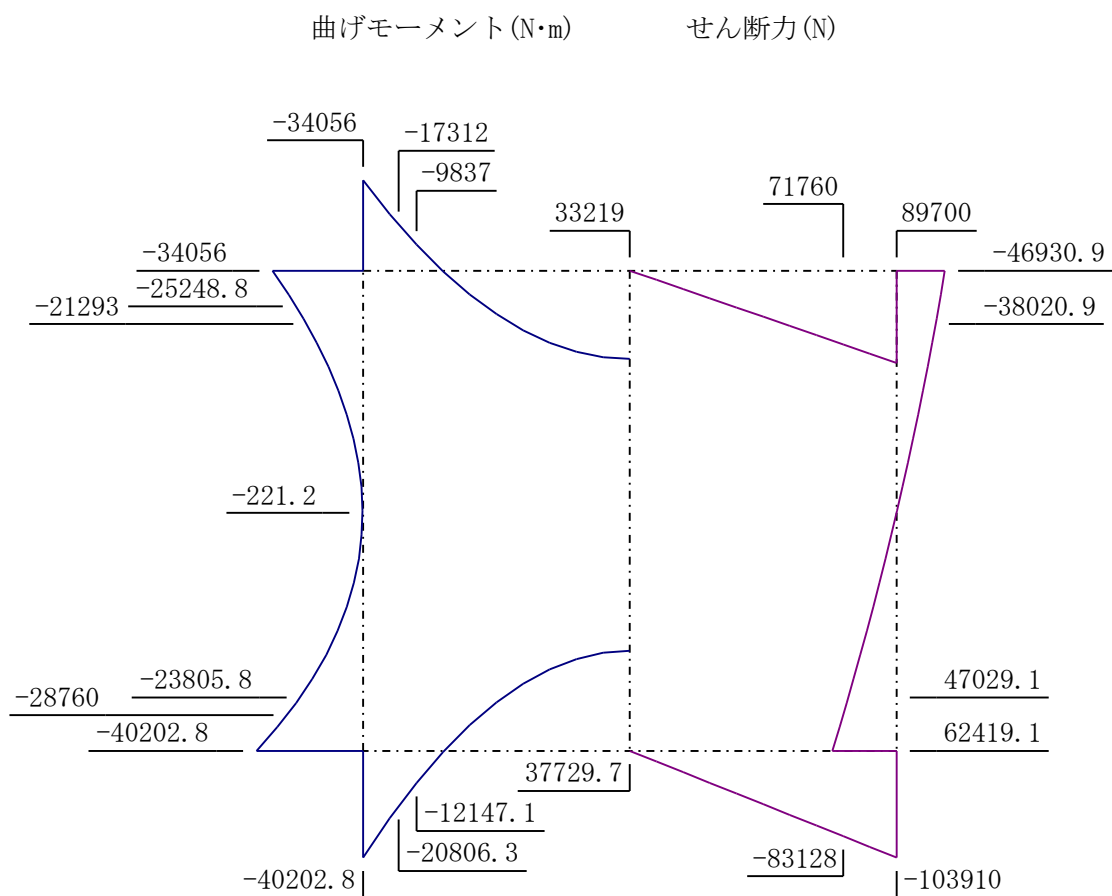
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	89.700	110.287	89.700
SCB (kN/m)	-89.700	-110.287	-89.700
Mmax (kN・m/m)	33.219	43.241	31.780
SAD (kN/m)	103.910	124.497	103.910
SDA (kN/m)	-103.910	-124.497	-103.910
Mmax (kN・m/m)	37.730	47.752	36.291
SAB (kN/m)	62.419	62.419	69.169
SBA (kN/m)	-46.931	-46.931	-53.681
x (m)	1.339	1.339	*****
	1.340	*****	1.340
Mmax (kN・m/m)	-0.221	-5.639	*****
Mmax (kN・m/m)	-0.221	*****	2.896

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。

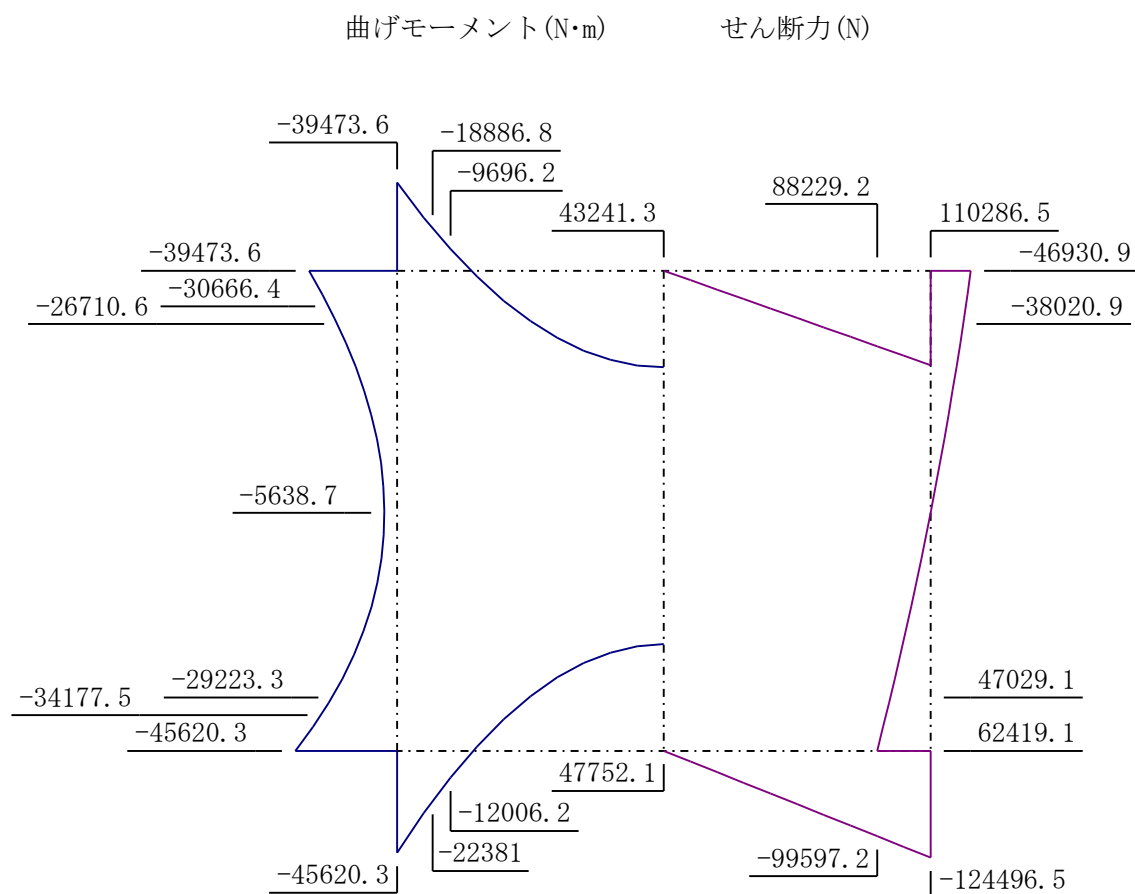
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	-34056	89700	46931
	2 ハッチ始点	0.300	-17312	***	46931
	S2 τ 点	0.300	-9837	71760	46931
	1 中 央	1.500	33219	0	46931
底板	9, S9 端 部	0.100	-40203	103910	62419
	10 ハッチ始点	0.300	-20806	***	62419
	S10 τ 点	0.300	-12147	83128	62419
	11 中 央	1.500	37730	0	62419
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-34056	-46931	89700
	5 上ハッチ点	2.400	-25249	***	90753
	S5 上 τ 点	2.400	-21293	-38021	91279
	6 中 間	1.339	-221	*****	96863
		1.340	-221	*****	96858
	S7 下 τ 点	0.300	-23806	47029	102331
	7 下ハッチ点	0.300	-28760	***	102857
	8, S8 下 端部	0.100	-40203	62419	103910



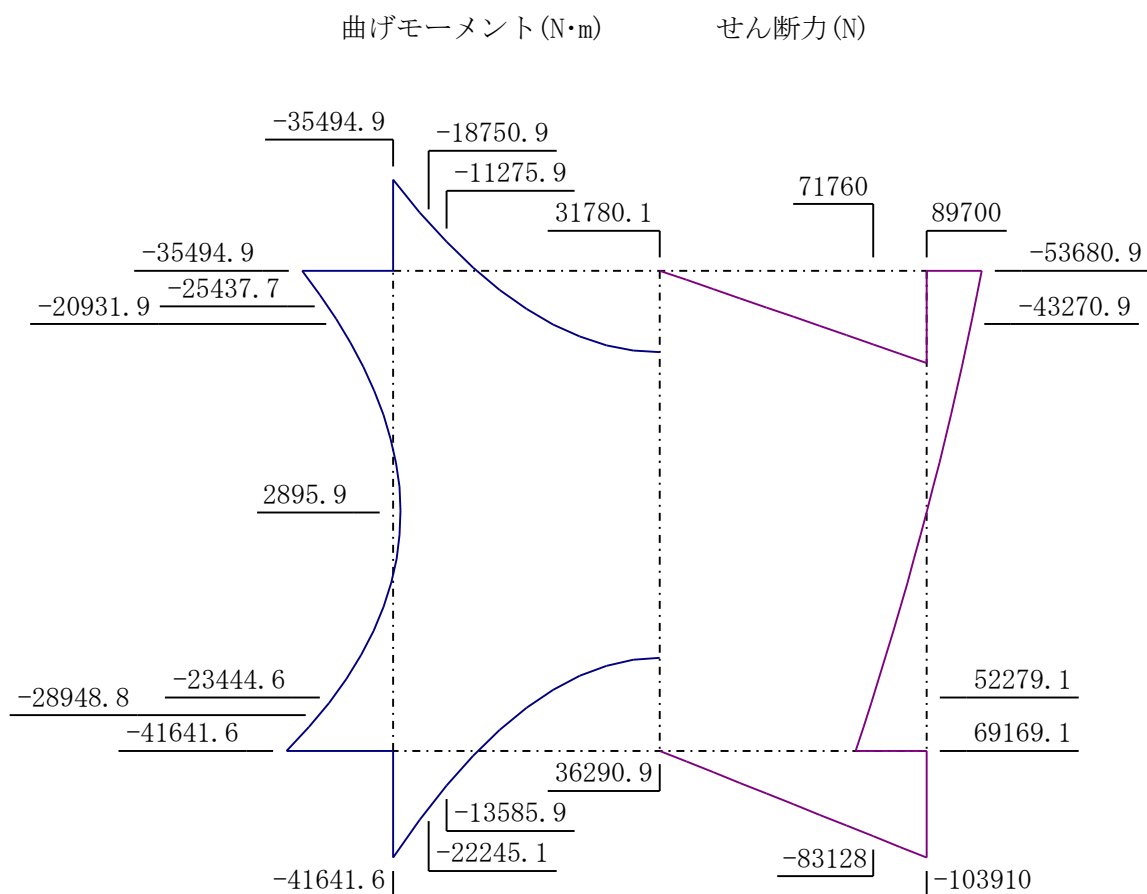
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

		[/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	-39474	110287	46931
	2 ハッチ始点	0.300	-18887	***	46931
	S2 τ 点	0.300	***	88229	***
	1 中 央	1.500	43241	0	46931
底板	9, S9 端 部	0.100	-45620	124497	62419
	10 ハッチ始点	0.300	-22381	***	62419
	S10 τ 点	0.300	***	99597	***
	11 中 央	1.500	47752	0	62419
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-39474	-46931	110287
	5 上ハッチ点	2.400	-30666	***	111339
	S5 上 τ 点	2.400	***	-38021	***
	6 中 間	1.339	-5639	0	117449
	S7 下 τ 点	0.300	***	47029	***
	7 下ハッチ点	0.300	-34178	***	123444
	8, S8 下 端部	0.100	-45620	62419	124497



(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	-35495	89700	53681
	2 ハッチ始点	0.300	-18751	***	53681
	S2 τ 点	0.300	***	71760	***
	1 中 央	1.500	31780	0	53681
底板	9, S9 端 部	0.100	-41642	103910	69169
	10 ハッチ始点	0.300	-22245	***	69169
	S10 τ 点	0.300	***	83128	***
	11 中 央	1.500	36291	0	69169
側壁	4, S4 上 端部	2.600	-35495	-53681	89700
	5 上ハッチ点	2.400	-25438	***	90753
	S5 上 τ 点	2.400	***	-43271	***
	6 中 間	1.340	2896	0	96858
	S7 下 τ 点	0.300	***	52279	*****
	7 下ハッチ点	0.300	-28949	***	102857
	8, S8 下 端部	0.100	-41642	69169	103910



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	26.67	2666.7	158024.69	13.33	11851.85
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

5.1.2 使用 P C 鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 23	3.00	4.155	350000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 23	3.00	4.155	350000	-0.50	外 側
τ 点	φ 23	3.00	4.155	350000	-0.50	外 側
中 央	φ 23	3.00	4.155	350000	0.50	内 側

5.1.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm ²)	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.47	-0.61	94.95	25.27	722.14	0.857	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.13	116.76	25.27	700.32	0.831	3
τ 点	842.36	5.29	0.07	115.94	25.27	701.15	0.832	3
中 央	842.36	5.29	-0.25	111.16	25.27	705.93	0.838	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.47	-0.61	94.95	25.27	722.14	0.857	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.13	116.76	25.27	700.32	0.831	3
τ 点	842.36	5.29	0.07	115.94	25.27	701.15	0.832	3
中 央	842.36	5.29	-0.25	111.16	25.27	705.93	0.838	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	4.47	-0.61	94.95	25.27	722.14	0.857	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.13	116.76	25.27	700.32	0.831	3
τ 点	842.36	5.29	0.07	115.93	25.27	701.15	0.832	4
中 央	842.36	5.29	-0.25	111.16	25.27	705.93	0.838	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	4.47	-0.61	94.95	25.27	722.14	0.857	3
ハチ始点	842.36	5.29	0.13	116.76	25.27	700.32	0.831	3
τ 点	842.36	5.29	0.07	115.93	25.27	701.15	0.832	4
中 央	842.36	5.29	-0.25	111.16	25.27	705.93	0.838	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	2.87	0.18	1.22	4.27	3
ハチ始点	2.60	0.23	5.02	7.85	3
中 央	4.98	0.23	3.74	8.96	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.87	0.18	5.53	2.83	3
ハチ始点	-2.60	0.23	3.71	1.35	3
中 央	-4.98	0.23	5.06	0.31	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.33	0.18	1.22	4.73	3
ハチ始点	2.83	0.23	5.02	8.09	3
中 央	6.49	0.23	3.74	10.46	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.33	0.18	5.53	2.37	3
ハチ始点	-2.83	0.23	3.71	1.11	3
中 央	-6.49	0.23	5.06	-1.19	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	-53.289	1.27	5.96	4.7	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-25.497	0.20	9.16	0.4	0.0	0.000	0.000	3
中 央	58.376	-3.38	12.81	4.2	70.5	4.409	2.087	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 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	8889	46.931	110.287	900.14	3.55	0.62	-0.105	3
τ 点	100.0	5000	46.931	88.229	873.99	4.60	0.66	-0.093	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	-34.056	-5.418	-57.817	-67.105	-67.105	3
ハッチ始点	-17.312	-1.575	-26.443	-32.108	-32.108	3
中 央	33.219	10.022	68.240	73.510	73.510	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	12.465	5.941	16.2	23.2	0.069	0.009	180.58	2.7	3
ハッチ始点	12.465	5.941	9.5	16.5	0.069	0.015	102.36	3.2	3
中 央	12.465	5.941	10.5	16.5	0.069	0.013	112.34	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	26.67	2666.7	158024.69	13.33	11851.85
ハチ始点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
τ 点	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
中 央	100.00	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67

5.2.2 使用P C鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 26	3.00	5.309	450000	2.83	外 側
ハチ始点	φ 26	3.00	5.309	450000	-0.50	外 側
τ 点	φ 26	3.00	5.309	450000	-0.50	外 側
中 央	φ 26	3.00	5.309	450000	0.50	内 側

5.2.3 有効係数

計算項／ 位 置	σ pt	σ cpt	σ cd	△ σ pcs (N/mm ²)	△ σ pr	σ pe	有効係数	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	5.75	-0.72	110.24	25.43	711.95	0.840	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.16	136.33	25.43	685.86	0.809	3
τ 点	847.62	6.80	0.09	135.39	25.43	686.80	0.810	3
中 央	847.62	6.80	-0.28	129.98	25.43	692.20	0.817	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	5.75	-0.72	110.24	25.43	711.95	0.840	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.16	136.33	25.43	685.86	0.809	3
τ 点	847.62	6.80	0.09	135.39	25.43	686.80	0.810	3
中 央	847.62	6.80	-0.28	129.98	25.43	692.20	0.817	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	5.75	-0.72	110.24	25.43	711.95	0.840	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.16	136.33	25.43	685.86	0.809	3
τ 点	847.62	6.80	0.09	135.39	25.43	686.80	0.810	4
中 央	847.62	6.80	-0.28	129.98	25.43	692.20	0.817	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	5.75	-0.72	110.24	25.43	711.95	0.840	3
ハチ始点	847.62	6.80	0.16	136.33	25.43	685.86	0.809	3
τ 点	847.62	6.80	0.09	135.39	25.43	686.80	0.810	4
中 央	847.62	6.80	-0.28	129.98	25.43	692.20	0.817	3

5.2.4 合成応力度

位 置	曲げ応力度 σ_m (N/mm ²)	N/A _c (N/mm ²)	有効プレストレス σ_{ce} (N/mm ²)	合成応力度 σ_c (N/mm ²)	ケース
(1) 死荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.39	0.23	1.54	5.17	3
ハチ始点	3.12	0.31	6.28	9.71	3
中 央	5.66	0.31	4.69	10.66	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.39	0.23	6.96	3.81	3
ハチ始点	-3.12	0.31	4.64	1.83	3
中 央	-5.66	0.31	6.34	0.99	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.85	0.23	1.54	5.62	3
ハチ始点	3.36	0.31	6.28	9.95	3
中 央	7.16	0.31	4.69	12.16	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.85	0.23	6.96	3.35	3
ハチ始点	-3.36	0.31	4.64	1.60	3
中 央	-7.16	0.31	6.34	-0.51	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	-61.587	2.08	7.05	6.1	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-30.214	0.53	11.23	0.9	0.0	0.000	0.000	3
中 央	64.465	-2.91	14.78	3.3	47.9	2.991	1.645	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 6	D 10	— 6	5.941 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	8889	62.419	124.496	1133.93	4.49	0.70	-0.107	3
τ 点	100.0	5000	62.419	99.597	1093.86	5.78	0.75	-0.095	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	-40.203	-5.417	-65.807	-77.555	-77.555	3
ハッチ始点	-20.806	-1.575	-30.985	-38.048	-38.048	3
中 央	37.730	10.022	74.105	81.179	81.179	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	15.927	5.941	16.2	23.2	0.069	0.011	212.16	2.7	3
ハッチ始点	15.927	5.941	9.5	16.5	0.069	0.018	115.45	3.0	3
中 央	15.927	5.941	10.5	16.5	0.069	0.017	128.21	1.6	3
Ppb > Ppd Sf > 1.0						CHECK OK			

6 断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

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

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

但し、軸力は

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

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

[/単位長]

部材	点	M (kN・m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN・m)	CASE M
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
頂版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	端 部	*****	*****	*****	*****	*****	**
底版	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	**
	中 央	*****	*****	*****	*****	*****	**
	上端部	-39.474	110.287	35.79	9.83	50.319	3
	上ハチ点	-30.666	111.339	27.54	6.50	37.903	3
側壁	中 間	-8.425	96.303	8.75	6.50	14.685	1
	下ハチ点	-34.178	123.444	27.69	6.50	42.201	3
	下端部	-45.620	124.496	36.64	9.83	57.863	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	50.319	12.50	16.00	26.67	8.521
	上ハチ点	37.903	10.85	14.35	20.00	9.734
側壁	中 間	14.685	6.75	10.25	20.00	0.123
	下ハチ点	42.201	11.45	14.95	20.00	10.999
	下端部	57.863	13.40	16.90	26.67	10.087
$d + d' < T$					CHECK OK	

8 配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

8.1 コンクリート及び鉄筋

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

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

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

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

 e : 偏心位置 (M / N) (cm)

配筋(製品当り)

頂版内側	頂版外側	底版内側	底版外側	側壁内側	側壁外側
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 19 - 6
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 6

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	14.553	10.058	5.05	98.7	0.0
	上ハチ点	100.00	14.553	7.939	6.89	111.5	0.0
	中間	100.00	14.553	11.449	2.02	13.4	0.0
	下ハチ点	100.00	14.553	7.931	7.68	124.5	0.0
	下端部	100.00	14.553	10.010	5.83	115.0	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	71.287	39.576	88.229	71.760				
	M			-9.696					
	N			46.931					
	最大			○					
底版 τ点	S	82.655	50.944	99.597	83.128				
	M			-12.006					
	N			62.419					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-23.940	-29.190	-38.021	-43.271				
	M				-20.932				
	N				91.279				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	32.949	38.199	47.029	52.279				
	M				-23.445				
	N				102.331				
	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(C_e)をτ_a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(C _e)	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(C_{pt})をτ_a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 b d 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(C _{pt})	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 τa に乘じる。

$$CN = 1 + Mo/M \quad Mo = \{(Pe+N) \cdot Z/Ac + Pe \cdot ep\} \quad \text{ただし } 1 \leq CN \leq 2$$

ここに、CN：軸方向力による補正係数

Mo：有効プレストレス力及び軸方向力によりコンクリートの応力度が引張縁で0となる曲げモーメント(kN・m)

M：断面に作用する曲げモーメント(kN・m)

N：断面に作用する軸方向圧縮力(kN)

Pe：P C 鋼棒に作用するm当りの全有効引張力(kN)

Z：図心軸に関する断面係数(m³)

Ac：部材断面積(m²)

ep：P C 鋼棒の偏心量<引張縁側+／圧縮縁側－>(m)

照査位置	T (cm)	d' (cm)	d (cm)	Ce	引張鉄筋		Pt (%)	Cpt
					径-本数	As (cm ²)		
頂版 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D13-3 D10-3	5.941	0.360	1.060
底版 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D13-3 D10-3	5.941	0.360	1.060
側壁上 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-3 D16-3	14.553	0.882	1.429
側壁下 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-3 D16-3	14.553	0.882	1.429

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	-9.696	874.0	46.931	0.200	0.00667	-0.01	30.713	2.000
底版 τ 点	-12.006	1093.9	62.419	0.200	0.00667	-0.01	38.563	2.000
側壁上 τ 点	-20.932	0.0	91.279	0.200	0.00667	0.00	3.044	1.145
側壁下 τ 点	-23.445	0.0	102.331	0.200	0.00667	0.00	3.413	1.146

照査位置	τa	補正係数			補正 τa
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 τ 点	0.270	1.400	1.060	2.000	0.801
底版 τ 点	0.270	1.400	1.060	2.000	0.801
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.429	1.145	0.619
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.429	1.146	0.619

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 τa (N/mm ²)
頂版 τ 点	88.229	16.5	0.535	0.801
底版 τ 点	99.597	16.5	0.604	0.801
側壁上 τ 点	43.271	16.5	0.262	0.619
側壁下 τ 点	52.279	16.5	0.317	0.619

$\tau < \tau a$ CHECK OK

以 上