

台帳 No. KL424003

○内空寸法：

内 幅 (B)	3000 mm
内 高 (H)	2000 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) 2000 × (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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

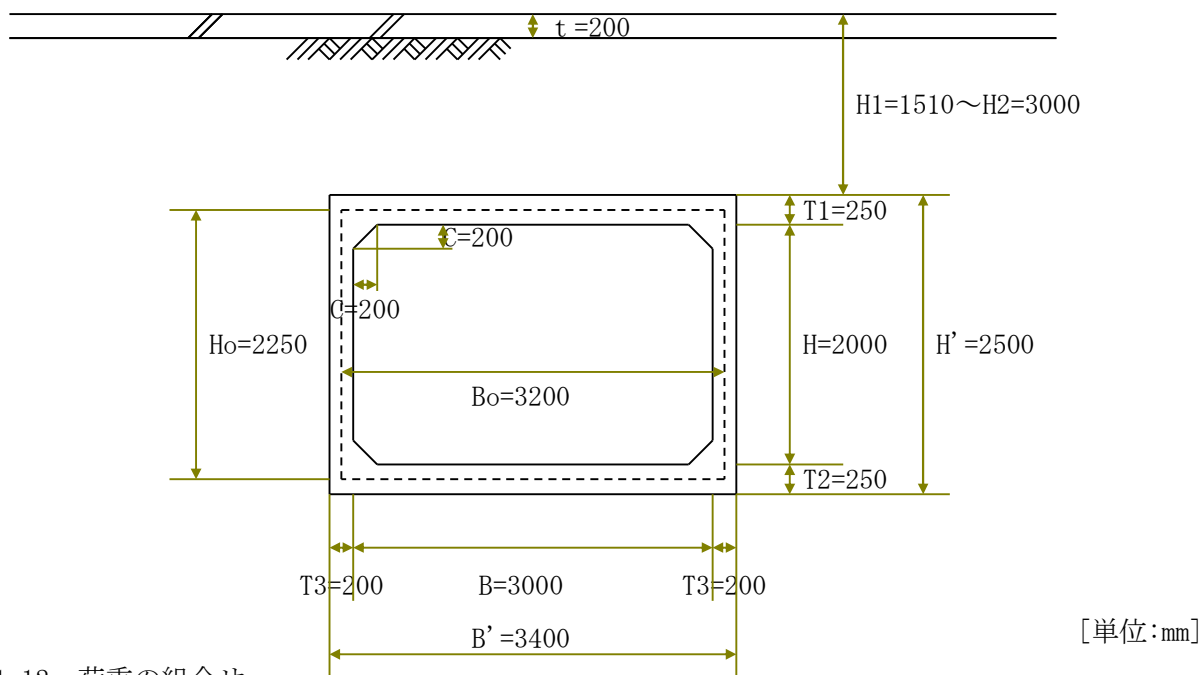
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

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

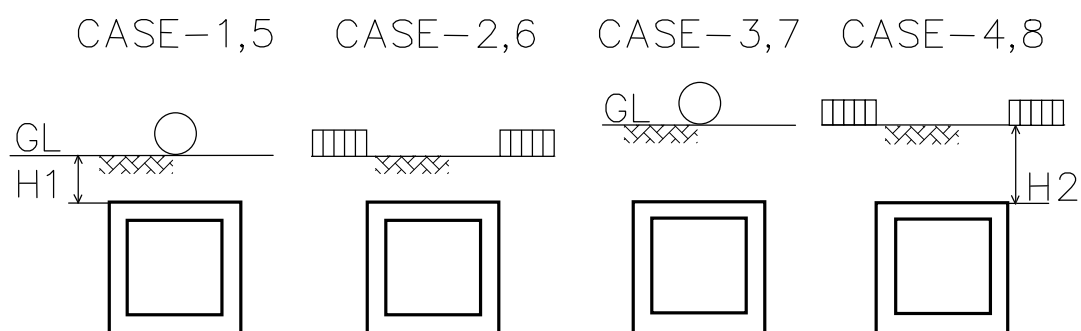
(3) 使用 P C 鋼棒

	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

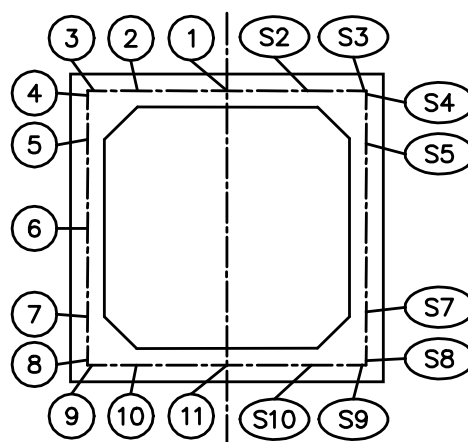
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

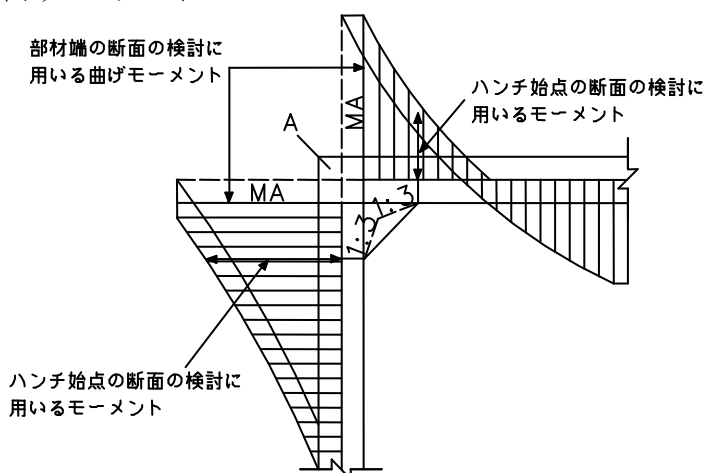
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

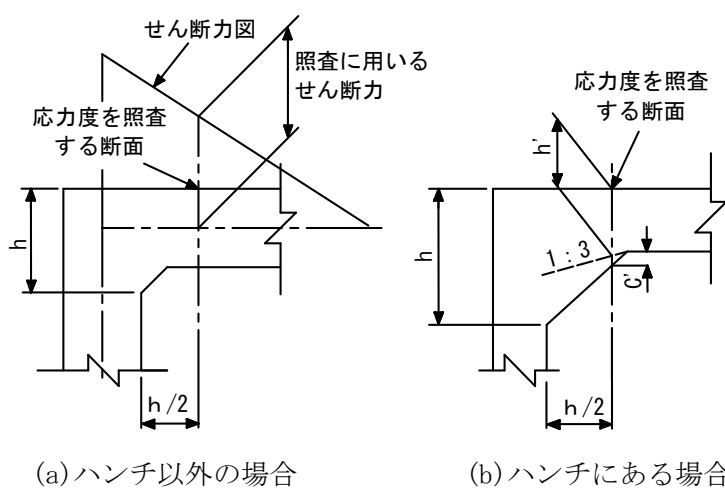
せん断力



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)

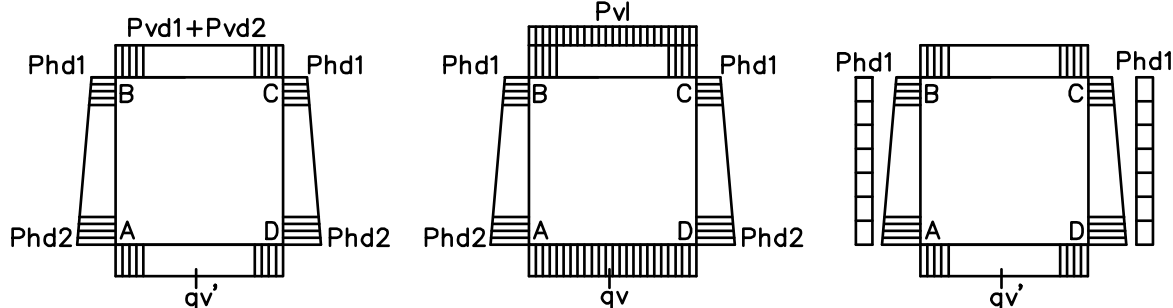
3.1.1 設計荷重

- | | | |
|----------|--|------------------------|
| (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 | $輪分布幅 \quad u = a + 2 \times H1$ | $= 3.220 \text{ m}$ |
| | $v = b + 2 \times H1$ | $= 3.520 \text{ m}$ |
| | $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta$ | $= 117.000 \text{ kN}$ |
| | $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$ | |
| (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}	6.125	6.125	6.125
P _{vd2}	28.080	28.080	28.080
Phd1 = Phd1	15.165	15.165	*****
Phd1 = Phd1 + P _q	*****	*****	20.165
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + P _q	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + P _q	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	35.415	35.415	*****
Phd2 = Phd2 + P _q	*****	*****	40.415
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
P _{v1}	0.000	26.426	0.000
q _v	*****	68.134	*****
q _v '	41.708	*****	41.708

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	1.3733	1.3733	1.3733
β	1.3733	1.3733	1.3733
N1	3.3733	3.3733	3.3733
N2	3.3733	3.3733	3.3733
CAD (kN・m/m)	35.591	58.141	35.591
CBC (kN・m/m)	29.188	51.738	29.188
CAB (kN・m/m)	11.524	11.524	13.633
CBA (kN・m/m)	9.815	9.815	11.924
θ_A	-9.689	-19.190	-8.800
θ_B	8.615	18.117	7.727
MAB (kN・m/m)	-22.286	-31.787	-23.506
MAD (kN・m/m)	22.286	31.787	23.506
MBA (kN・m/m)	17.357	26.858	18.578
MBC (kN・m/m)	-17.357	-26.858	-18.578

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。

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

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

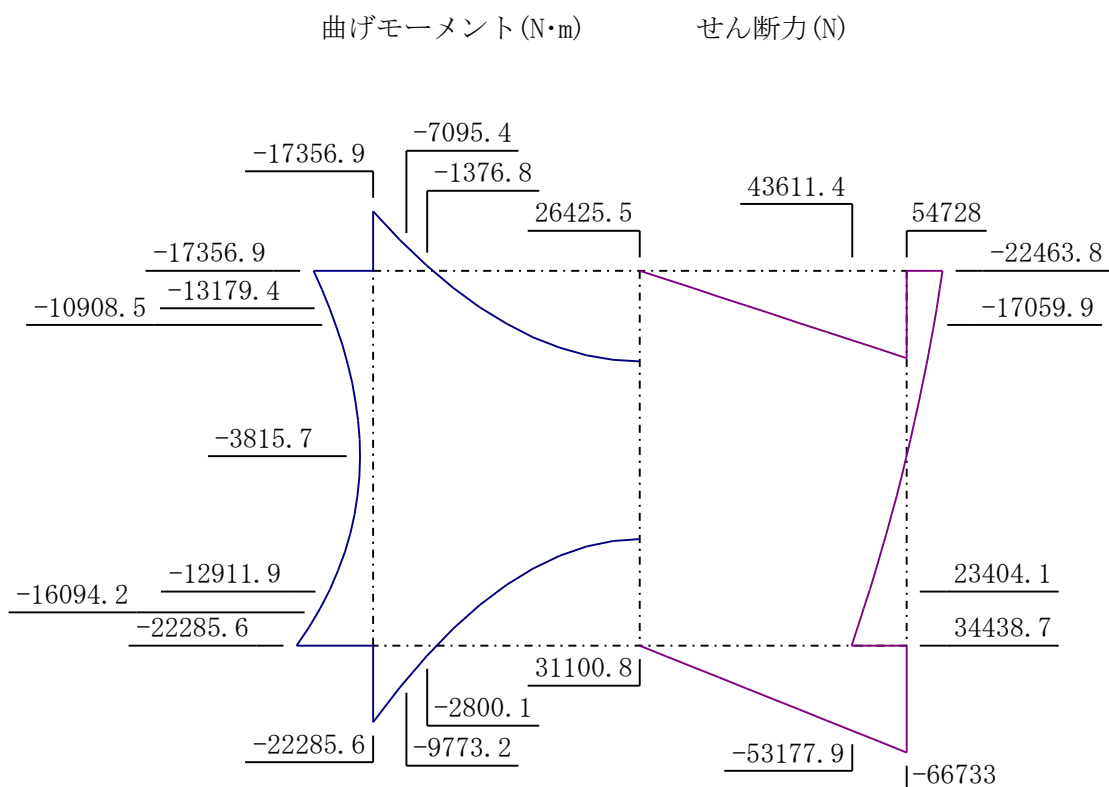
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	54.728	97.009	54.728
SCB	(kN/m)	-54.728	-97.009	-54.728
Mmax	(kN・m/m)	26.425	50.749	25.205
SAD	(kN/m)	66.733	109.014	66.733
SDA	(kN/m)	-66.733	-109.014	-66.733
Mmax	(kN・m/m)	31.101	55.424	29.880
SAB	(kN/m)	34.439	34.439	40.064
SBA	(kN/m)	-22.464	-22.464	-28.089
x	(m)	1.137	1.137	*****
		1.135	*****	1.135
Mmax	(kN・m/m)	-3.816	-13.317	*****
Mmax	(kN・m/m)	-3.816	*****	-1.873

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。

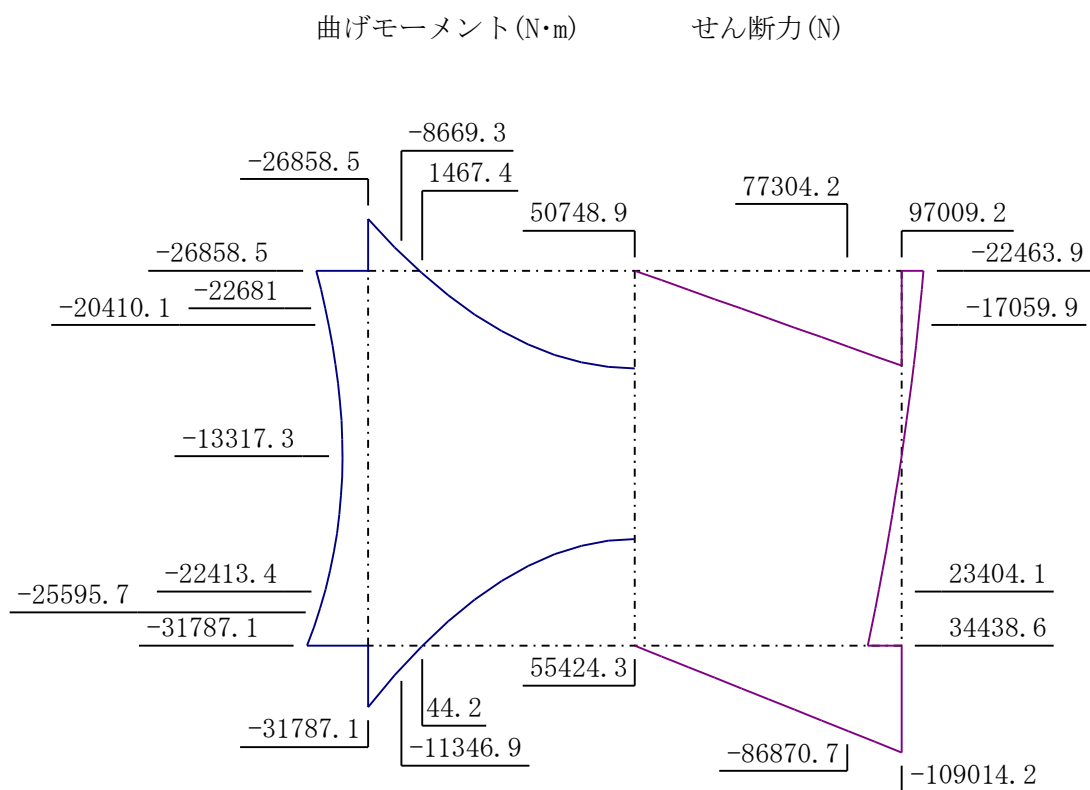
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	[/単位長] 軸 力 N (N)
部材	照査点				
頂版	3, S3 端 部	0.100	-17357	54728	22464
	2 ハッチ始点	0.300	-7095	***	22464
	S2 τ 点	0.325	-1377	43611	22464
	1 中 央	1.600	26426	0	22464
底版	9, S9 端 部	0.100	-22286	66733	34439
	10 ハッチ始点	0.300	-9773	***	34439
	S10 τ 点	0.325	-2800	53178	34439
	11 中 央	1.600	31101	0	34439
側壁	4, S4 上 端部	2.125	-17357	-22464	54728
	5 上ハッチ点	1.925	-13179	***	55795
	S5 上 τ 点	1.925	-10909	-17060	56462
	6 中 間	1.137	-3816	*****	60667
		1.135	-3816	*****	60677
	S7 下 τ 点	0.325	-12912	23404	64999
	7 下ハッチ点	0.325	-16094	***	65666
	8, S8 下 端部	0.125	-22286	34439	66733



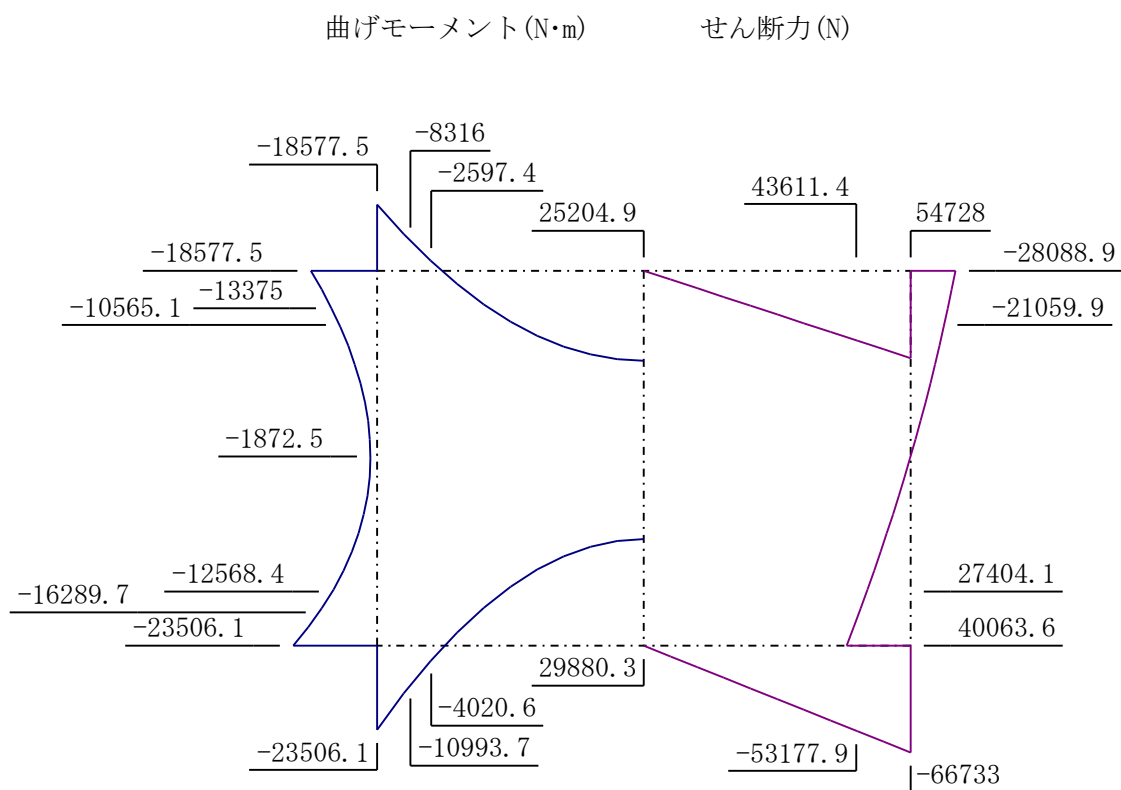
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	-26859	97009	22464
	2 ハチ始点	0.300	-8669	***	22464
	S2 τ 点	0.325	1467	77304	22464
	1 中 央	1.600	50749	0	22464
底版	9, S9 端 部	0.100	-31787	109014	34439
	10 ハチ始点	0.300	-11347	***	34439
	S10 τ 点	0.325	44	86871	34439
	11 中 央	1.600	55424	0	34439
側壁	4, S4 上 端部	2.125	-26859	-22464	97009
	5 上ハチ点	1.925	-22681	***	98076
	S5 上 τ 点	1.925	-20410	-17060	98743
	6 中 間	1.137	-13317	0	102948
	S7 下 τ 点	0.325	-22413	23404	107280
	7 下ハチ点	0.325	-25596	***	107947
	8, S8 下 端部	0.125	-31787	34439	109014



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

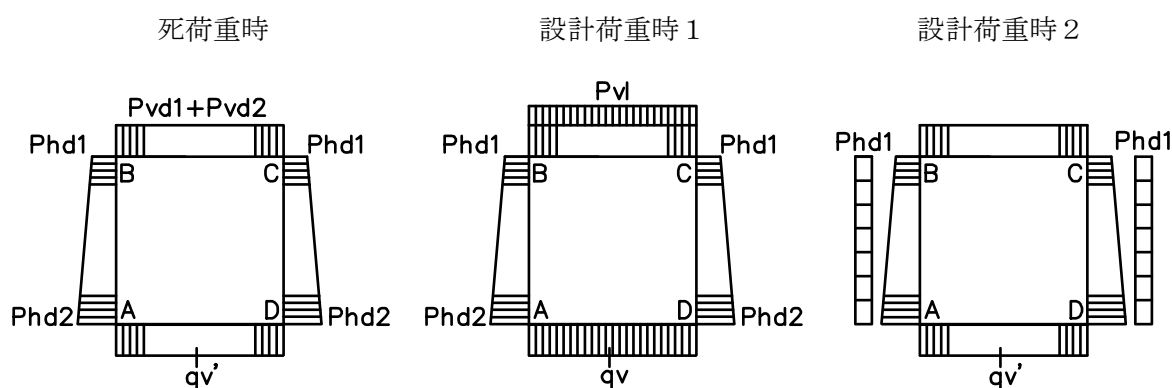
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.100	-18578	54728	28089
	2 ハチ始点	0.300	-8316	***	28089
	S2 τ 点	0.325	-2597	43611	28089
	1 中 央	1.600	25205	0	28089
底板	9, S9 端 部	0.100	-23506	66733	40064
	10 ハチ始点	0.300	-10994	***	40064
	S10 τ 点	0.325	-4021	53178	40064
	11 中 央	1.600	29880	0	40064
側壁	4, S4 上 端部	2.125	-18578	-28089	54728
	5 上ハチ点	1.925	-13375	***	55795
	S5 上 τ点	1.925	-10565	-21060	56462
	6 中 間	1.135	-1873	0	60677
	S7 下 τ点	0.325	-12568	27404	64999
	7 下ハチ点	0.325	-16290	***	65666
	8, S8 下 端部	0.125	-23506	40064	66733



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
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	48.825	48.825	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	53.825
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	82.252	*****
$q_{v'}$	68.528	*****	68.528

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	1.3733	1.3733	1.3733
β	1.3733	1.3733	1.3733
N_1	3.3733	3.3733	3.3733
N_2	3.3733	3.3733	3.3733
CAD (kN・m/m)	58.477	70.189	58.477
CBC (kN・m/m)	52.075	63.786	52.075
CAB (kN・m/m)	17.181	17.181	19.290
CBA (kN・m/m)	15.472	15.472	17.582
θ_A	-16.948	-21.883	-16.059
θ_B	15.875	20.810	14.986
MAB (kN・m/m)	-35.203	-40.137	-36.423
MAD (kN・m/m)	35.203	40.137	36.423
MBA (kN・m/m)	30.274	35.209	31.494
MBC (kN・m/m)	-30.274	-35.209	-31.494

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。

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

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

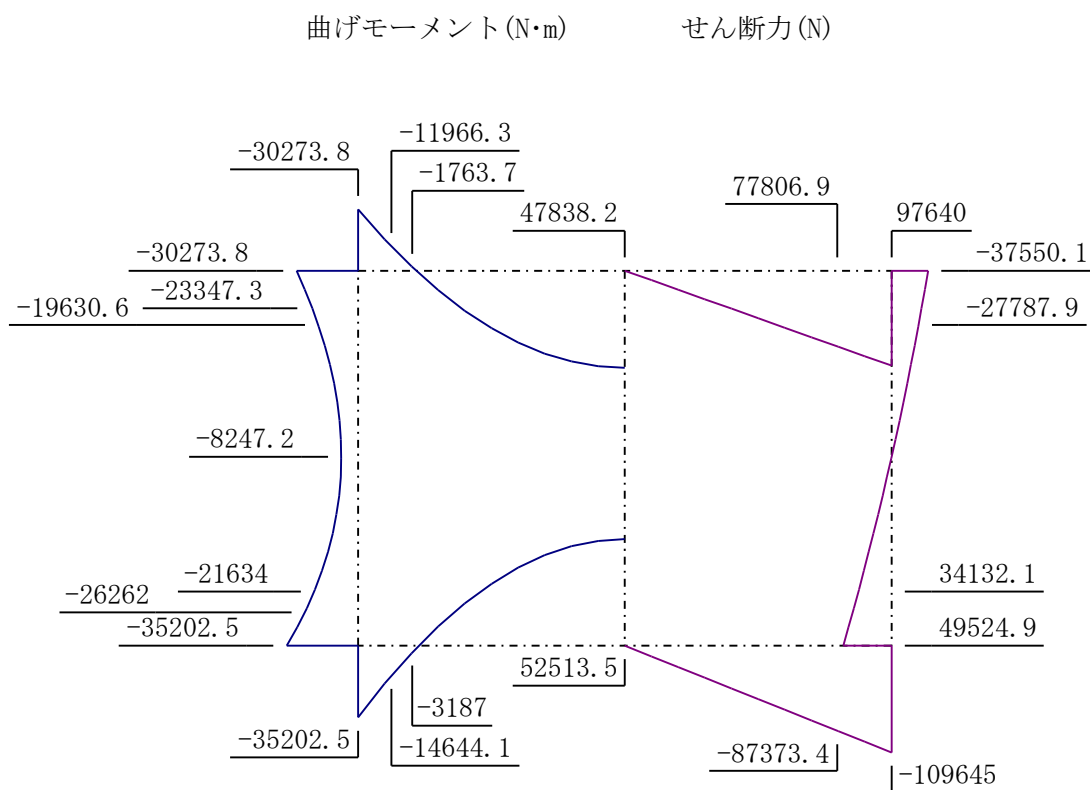
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	97.640	119.599	97.640
SCB (kN/m)	-97.640	-119.599	-97.640
Mmax (kN・m/m)	47.838	60.471	46.618
SAD (kN/m)	109.645	131.604	109.645
SDA (kN/m)	-109.645	-131.604	-109.645
Mmax (kN・m/m)	52.514	65.146	51.293
SAB (kN/m)	49.525	49.525	55.150
SBA (kN/m)	-37.550	-37.550	-43.175
x (m)	1.133	1.133	*****
	1.132	*****	1.132
Mmax (kN・m/m)	-8.247	-13.182	*****
Mmax (kN・m/m)	-8.247	*****	-6.304

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。

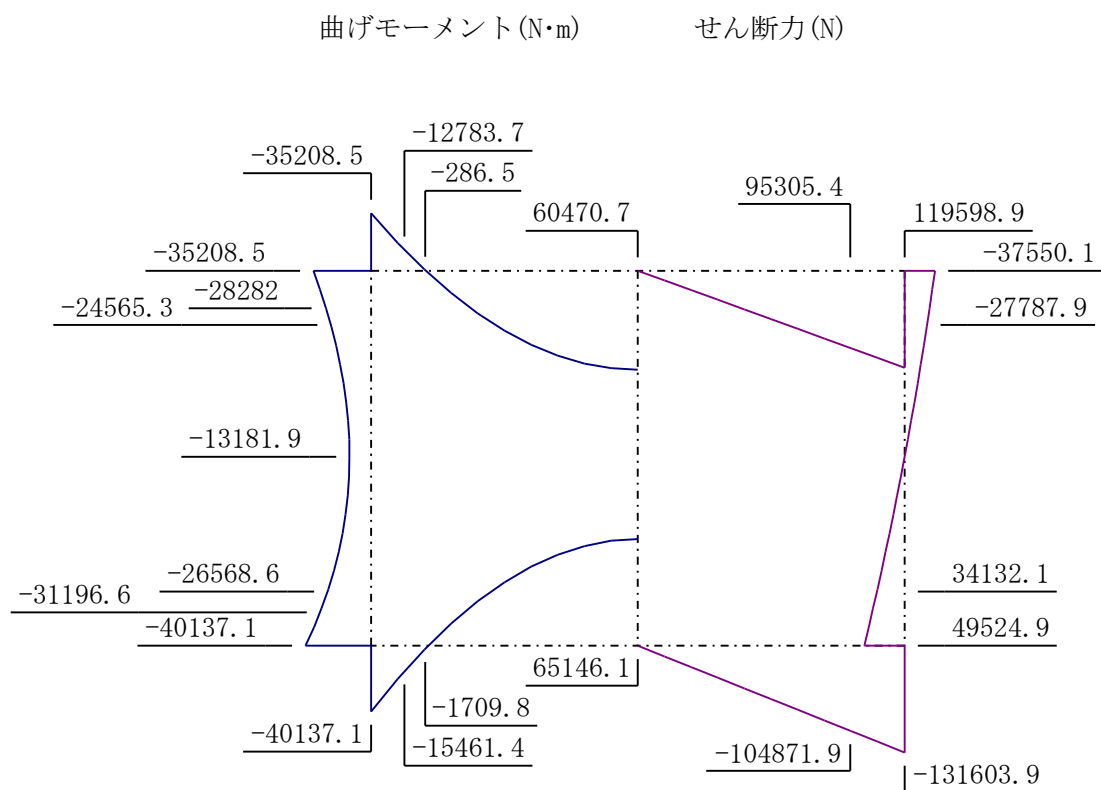
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

					[/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	-30274	97640	37550	
	2 ハチ始点	0.300	-11966	***	37550	
	S2 τ 点	0.325	-1764	77807	37550	
	1 中 央	1.600	47838	0	37550	
底版	9, S9 端 部	0.100	-35203	109645	49525	
	10 ハチ始点	0.300	-14644	***	49525	
	S10 τ 点	0.325	-3187	87373	49525	
	11 中 央	1.600	52514	0	49525	
側壁	4, S4 上 端部	2.125	-30274	-37550	97640	
	5 上ハチ点	1.925	-23347	***	98707	
	S5 上 τ点	1.925	-19631	-27788	99374	
	6 中 間	1.133	-8247	*****	103600	
		1.132	-8247	*****	103605	
	S7 下 τ点	0.325	-21634	34132	107911	
	7 下ハチ点	0.325	-26262	***	108578	
	8, S8 下 端部	0.125	-35203	49525	109645	



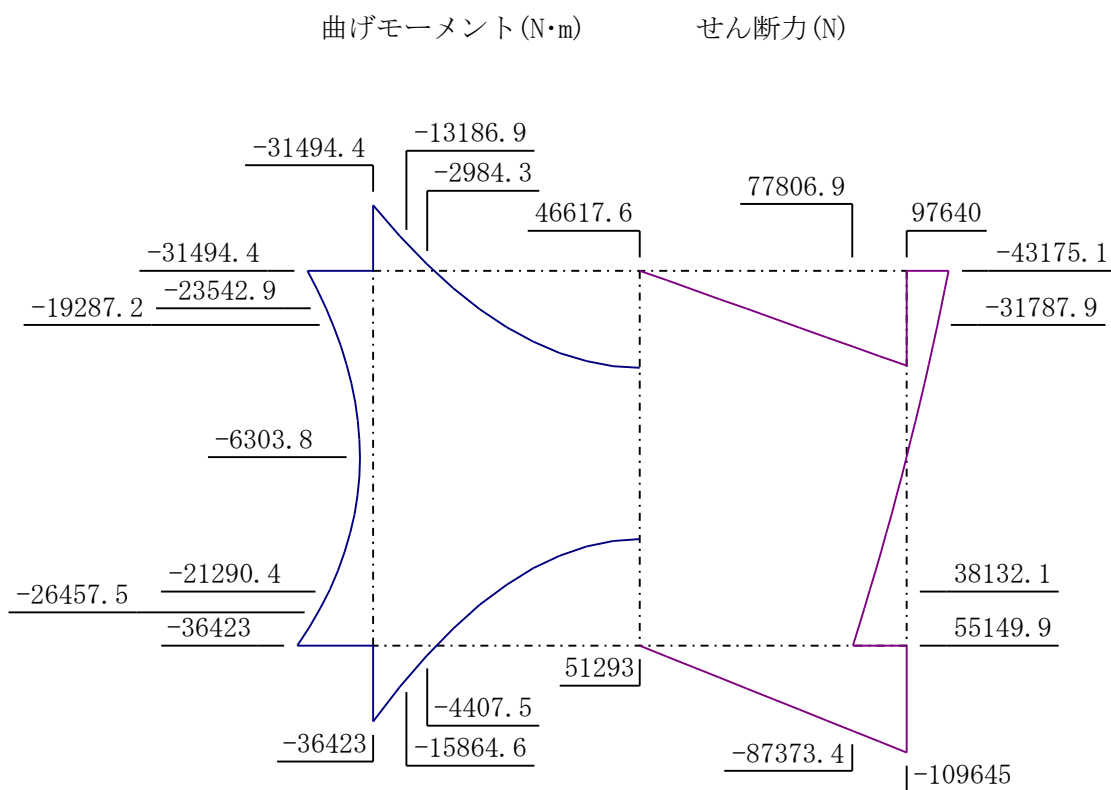
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

		[/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	-35209	119599	37550
	2 ハッチ始点	0.300	-12784	***	37550
	S2 τ 点	0.325	***	95305	***
	1 中 央	1.600	60471	0	37550
底版	9, S9 端 部	0.100	-40137	131604	49525
	10 ハッチ始点	0.300	-15461	***	49525
	S10 τ 点	0.325	***	104872	***
	11 中 央	1.600	65146	0	49525
側壁	4, S4 上 端部	2.125	-35209	-37550	119599
	5 上ハッチ点	1.925	-28282	***	120666
	S5 上 τ 点	1.925	***	-27788	***
	6 中 間	1.133	-13182	0	125559
	S7 下 τ 点	0.325	***	34132	***
	7 下ハッチ点	0.325	-31197	***	130537
	8, S8 下 端部	0.125	-40137	49525	131604



(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	-31494	97640	43175
	2 ハッチ始点	0.300	-13187	***	43175
	S2 τ 点	0.325	***	77807	***
	1 中 央	1.600	46618	0	43175
底版	9, S9 端 部	0.100	-36423	109645	55150
	10 ハッチ始点	0.300	-15865	***	55150
	S10 τ 点	0.325	***	87373	***
	11 中 央	1.600	51293	0	55150
側壁	4, S4 上 端部	2.125	-31494	-43175	97640
	5 上ハッチ点	1.925	-23543	***	98707
	S5 上 τ 点	1.925	***	-31788	***
	6 中 間	1.132	-6304	0	103605
	S7 下 τ 点	0.325	***	38132	*****
	7 下ハッチ点	0.325	-26458	***	108578
	8, S8 下 端部	0.125	-36423	55150	109645



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 23	2.50	4.155	350000	1.33	外 側
ハチ始点	φ 23	2.50	4.155	350000	-2.00	外 側
τ 点	φ 23	2.50	4.155	350000	-2.00	外 側
中 央	φ 23	2.50	4.155	350000	2.00	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	842.36	2.82	-0.15	79.20	25.27	737.88	0.876	3
ハチ始点	842.36	3.77	0.18	97.42	25.27	719.66	0.854	3
τ 点	842.36	3.77	0.03	95.05	25.27	722.04	0.857	3
中 央	842.36	3.77	-0.73	83.51	25.27	733.58	0.871	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	2.82	-0.15	79.20	25.27	737.88	0.876	3
ハチ始点	842.36	3.77	0.18	97.42	25.27	719.66	0.854	3
τ 点	842.36	3.77	0.03	95.05	25.27	722.04	0.857	3
中 央	842.36	3.77	-0.73	83.51	25.27	733.58	0.871	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	842.36	2.82	-0.15	79.20	25.27	737.88	0.876	3
ハチ始点	842.36	3.77	0.18	97.42	25.27	719.66	0.854	4
τ 点	842.36	3.77	0.03	95.05	25.27	722.04	0.857	4
中 央	842.36	3.77	-0.73	83.51	25.27	733.58	0.871	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	842.36	2.82	-0.15	79.20	25.27	737.88	0.876	3
ハチ始点	842.36	3.77	0.18	97.42	25.27	719.66	0.854	4
τ 点	842.36	3.77	0.03	95.05	25.27	722.04	0.857	4
中 央	842.36	3.77	-0.73	83.51	25.27	733.58	0.871	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	1.81	0.12	1.81	3.74	3
ハチ始点	1.15	0.15	4.43	5.72	3
中 央	4.59	0.15	1.58	6.33	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.81	0.12	3.03	1.34	3
ハチ始点	-1.15	0.15	1.55	0.56	3
中 央	-4.59	0.15	4.51	0.07	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.11	0.12	1.81	4.03	3
ハチ始点	1.27	0.17	4.43	5.86	4
中 央	5.81	0.15	1.58	7.54	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.11	0.12	3.03	1.04	3
ハチ始点	-1.27	0.17	1.55	0.46	4
中 央	-5.81	0.15	4.51	-1.14	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	-47.531	0.35	4.81	2.1	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-17.802	0.08	6.37	0.3	0.0	0.000	0.000	4
中 央	81.635	-3.12	9.62	6.1	95.6	5.978	3.062	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)	σ c' (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	σ i	ケース
端 部	100.0	12535	37.550	119.599	766.47	2.54	0.57	-0.121	3
τ 点	100.0	7813	37.550	95.305	750.01	3.15	0.57	-0.101	3
σ i > -1.00								CHECK OK	

5.1.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位 置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ケース
端 部	-30.274	-4.935	-51.693	-59.854	-59.854	3
ハチ始点	-11.966	-1.221	-18.608	-22.418	-22.418	4
中 央	47.838	12.633	93.771	102.800	102.800	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	10.387	6.335	17.2	28.2	0.069	0.007	180.38	3.0	3
ハチ始点	10.387	6.335	10.5	21.5	0.069	0.011	112.47	5.0	4
中 央	10.387	6.335	14.5	21.5	0.069	0.008	145.74	1.4	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	1.33	外 側
ハチ始点	φ 26	2.50	5.309	450000	-2.00	外 側
τ 点	φ 26	2.50	5.309	450000	-2.00	外 側
中 央	φ 26	2.50	5.309	450000	2.00	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	3.63	-0.18	90.06	25.43	732.13	0.864	3
ハチ始点	847.62	4.85	0.22	112.45	25.43	709.74	0.837	3
τ 点	847.62	4.85	0.05	109.83	25.43	712.36	0.840	3
中 央	847.62	4.85	-0.81	97.09	25.43	725.10	0.855	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.63	-0.18	90.06	25.43	732.13	0.864	3
ハチ始点	847.62	4.85	0.22	112.45	25.43	709.74	0.837	3
τ 点	847.62	4.85	0.05	109.83	25.43	712.36	0.840	3
中 央	847.62	4.85	-0.81	97.09	25.43	725.10	0.855	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	847.62	3.63	-0.18	90.06	25.43	732.13	0.864	3
ハチ始点	847.62	4.85	0.22	112.45	25.43	709.74	0.837	4
τ 点	847.62	4.85	0.05	109.83	25.43	712.36	0.840	4
中 央	847.62	4.85	-0.81	97.09	25.43	725.10	0.855	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	847.62	3.63	-0.18	90.06	25.43	732.13	0.864	3
ハチ始点	847.62	4.85	0.22	112.45	25.43	709.74	0.837	4
τ 点	847.62	4.85	0.05	109.83	25.43	712.36	0.840	4
中 央	847.62	4.85	-0.81	97.09	25.43	725.10	0.855	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	2.11	0.16	2.29	4.56	3
ハチ始点	1.41	0.20	5.58	7.18	3
中 央	5.04	0.20	2.00	7.24	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.11	0.16	3.84	1.89	3
ハチ始点	-1.41	0.20	1.96	0.75	3
中 央	-5.04	0.20	5.70	0.85	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.40	0.16	2.29	4.85	3
ハチ始点	1.52	0.22	5.58	7.32	4
中 央	6.25	0.20	2.00	8.45	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.40	0.16	3.84	1.60	3
ハチ始点	-1.52	0.22	1.96	0.66	4
中 央	-6.25	0.20	5.70	-0.36	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	-54.185	0.81	5.75	3.9	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-21.417	0.20	7.93	0.6	0.0	0.000	0.000	4
中 央	87.947	-2.48	10.71	4.7	58.2	3.637	2.348	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)	$\sigma c'$	τ (N/mm ²)	σi	ケース
端 部	100.0	12535	49.525	131.604	971.72	3.22	0.62	-0.116	3
τ 点	100.0	7813	49.525	104.872	945.47	3.98	0.63	-0.097	3
$\sigma i > -1.00$ 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	-35.203	-4.935	-58.100	-68.233	-68.233	3
ハッチ始点	-14.644	-1.220	-22.089	-26.970	-26.970	4
中 央	52.514	12.633	99.849	110.748	110.748	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	17.2	28.2	0.069	0.009	210.84	3.1	3
ハッチ始点	13.272	6.335	10.5	21.5	0.069	0.014	127.53	4.7	4
中 央	13.272	6.335	14.5	21.5	0.069	0.010	170.04	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	-35.209	119.599	29.44	9.83	46.969	3
	上ハチ点	-28.282	120.666	23.44	6.50	36.125	3
側壁	中 間	-13.317	102.948	12.94	6.50	20.009	1
	下ハチ点	-31.197	130.537	23.90	6.50	39.681	3
	下端部	-40.137	131.604	30.50	9.83	53.078	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	46.969	12.08	15.58	26.67	6.859
	上ハチ点	36.125	10.59	14.09	20.00	8.320
側壁	中 間	20.009	7.88	11.38	20.00	2.060
	下ハチ点	39.681	11.10	14.60	20.00	9.368
	下端部	53.078	12.84	16.34	26.67	8.084
$d + d' < T$					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	9.889	4.78	96.3	0.0
	上ハチ点	100.00	12.128	7.726	6.72	114.4	0.0
	中間	100.00	12.128	9.239	3.23	38.1	0.0
	下ハチ点	100.00	12.128	7.692	7.40	127.2	0.0
	下端部	100.00	12.128	9.799	5.44	111.4	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			-0.286					
	N			37.550					
	最大			○					
底版 τ点	S	86.871	53.178	104.872	87.373				
	M			-1.710					
	N			49.525					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-17.060	-21.060	-27.788	-31.788				
	M				-19.287				
	N				99.374				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	23.404	27.404	34.132	38.132				
	M				-21.290				
	N				107.911				
	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 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	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.735	1.341
側壁下 τ 点	20.0	3.5	16.5	1.400	D19-2.5 D16-2.5	12.128	0.735	1.341

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	-0.286	750.0	37.550	0.250	0.01042	-0.02	17.825	2.000
底版 τ 点	-1.710	945.5	49.525	0.250	0.01042	-0.02	22.563	2.000
側壁上 τ 点	-19.287	0.0	99.374	0.200	0.00667	0.00	3.314	1.172
側壁下 τ 点	-21.290	0.0	107.911	0.200	0.00667	0.00	3.599	1.169

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	1.341	1.172	0.594
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.341	1.169	0.593

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	104.872	21.5	0.488	0.752
側壁上 τ 点	31.788	16.5	0.193	0.594
側壁下 τ 点	38.132	16.5	0.231	0.593

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以 上