

受付 No.

台帳 No. KL405003

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

プ レ キ ャ ス ト

P C ボ ッ ク ス カ ル バ ー ト

設 計 計 算 書

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

○内空寸法： 内 幅 (B) 2000 mm
内 高 (H) 1800 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) 2000 × (H) 1800 × (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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

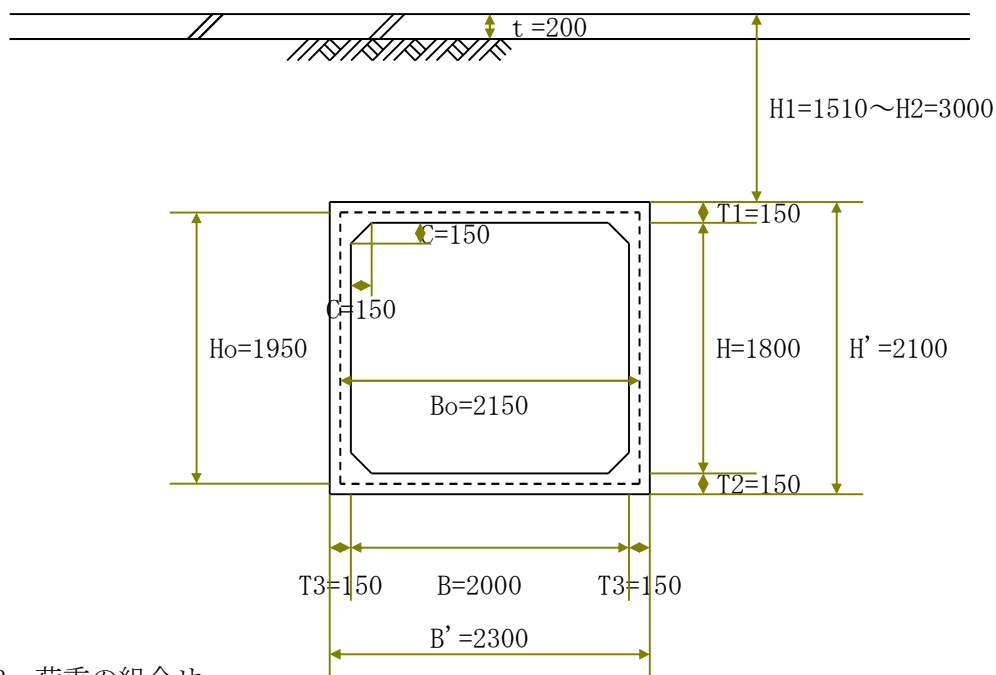
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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	$\phi 21$	$\phi 19$	*****	(mm)
断面積	346.40	283.50	*****	(mm ²)
設計引張力	290000	240000	*****	(N)

1.11 標準断面図



1.12 荷重の組合せ



[荷重 CASE]

CASE 1, 3, 5, 7 は、荷重がカルバート上載の場合

CASE 2, 4, 6, 8 は、荷重がカルバート側載の場合

また

CASE 1, 2, 5, 6 は、土被り H1 の場合

CASE 3, 4, 7, 8 は、土被り H2 の場合

また

CASE 1, 2, 3, 4 は、地下水の影響が無い場合

CASE 5, 6, 7, 8 は、地下水の影響が有る場合

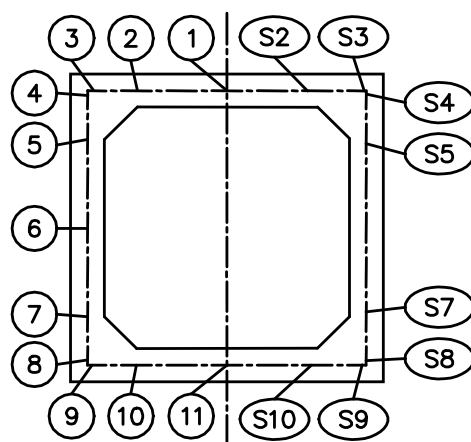
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

せん断力



1) 断面検討用曲げモーメント



2) せん断力に対する照査



b) について

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

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

3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

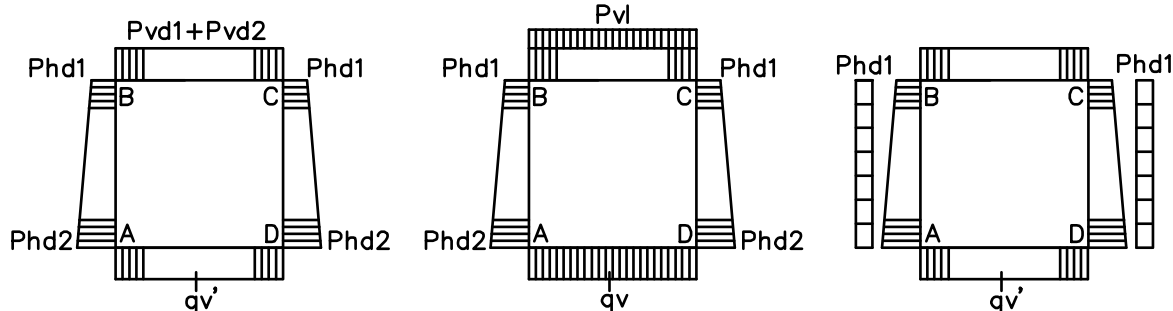
3.1.1 設計荷重

- | | | |
|-----------|--|--------------|
| (1) 頂版自重 | $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$ | |
| (2) 鉛直土圧 | $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - t_b) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times t_b \}$ | |
| (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 m |
| | $v = b + 2 \times H1$ | = 3.520 m |
| | $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta$ | = 117.000 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}	3. 675	3. 675	3. 675
P _{vd2}	28. 080	28. 080	28. 080
Phd1 = Phd1	14. 715	14. 715	*****
Phd1 = Phd1+ P _q	*****	*****	19. 715
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3+ P _q	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5+ P _q	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	32. 265	32. 265	*****
Phd2 = Phd2+ P _q	*****	*****	37. 265
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
P _{v1}	0. 000	26. 426	0. 000
q _v	*****	65. 360	*****
q _v '	38. 934	*****	38. 934

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

3.1.2 構造解析

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

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \text{荷 重 項} \quad CAD &= q_v \times B_o^2 / 12 \\
 CBC &= \{(P_{vd1} + P_{vd2} + P_{v1}) \times B_o^2\} / 12 \\
 CAB &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60 \\
 CBA &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60
 \end{aligned}$$

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、 $P_{v1} = 0$

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

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

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
α	0.9070	0.9070	0.9070
β	0.9070	0.9070	0.9070
N1	2.9070	2.9070	2.9070
N2	2.9070	2.9070	2.9070
CAD (kN・m/m)	14.998	25.177	14.998
CBC (kN・m/m)	12.232	22.412	12.232
CAB (kN・m/m)	8.000	8.000	9.584
CBA (kN・m/m)	6.887	6.887	8.472
θA	-3.448	-8.786	-2.617
θB	3.025	8.363	2.194
MAB (kN・m/m)	-11.871	-17.209	-12.624
MAD (kN・m/m)	11.871	17.209	12.624
MBA (kN・m/m)	9.489	14.827	10.242
MBC (kN・m/m)	-9.489	-14.827	-10.242

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)	34.137	62.544	34.137
SCB	(kN/m)	-34.137	-62.544	-34.137
Mmax	(kN・m/m)	8.860	18.791	8.106
SAD	(kN/m)	41.854	70.262	41.854
SDA	(kN/m)	-41.854	-70.262	-41.854
Mmax	(kN・m/m)	10.626	20.557	9.873
SAB	(kN/m)	26.976	26.976	31.851
SBA	(kN/m)	-18.829	-18.830	-23.704
x	(m)	0.966	0.966	*****
		0.968	*****	0.968
Mmax	(kN・m/m)	0.486	-4.852	*****
Mmax	(kN・m/m)	0.486	*****	2.109

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

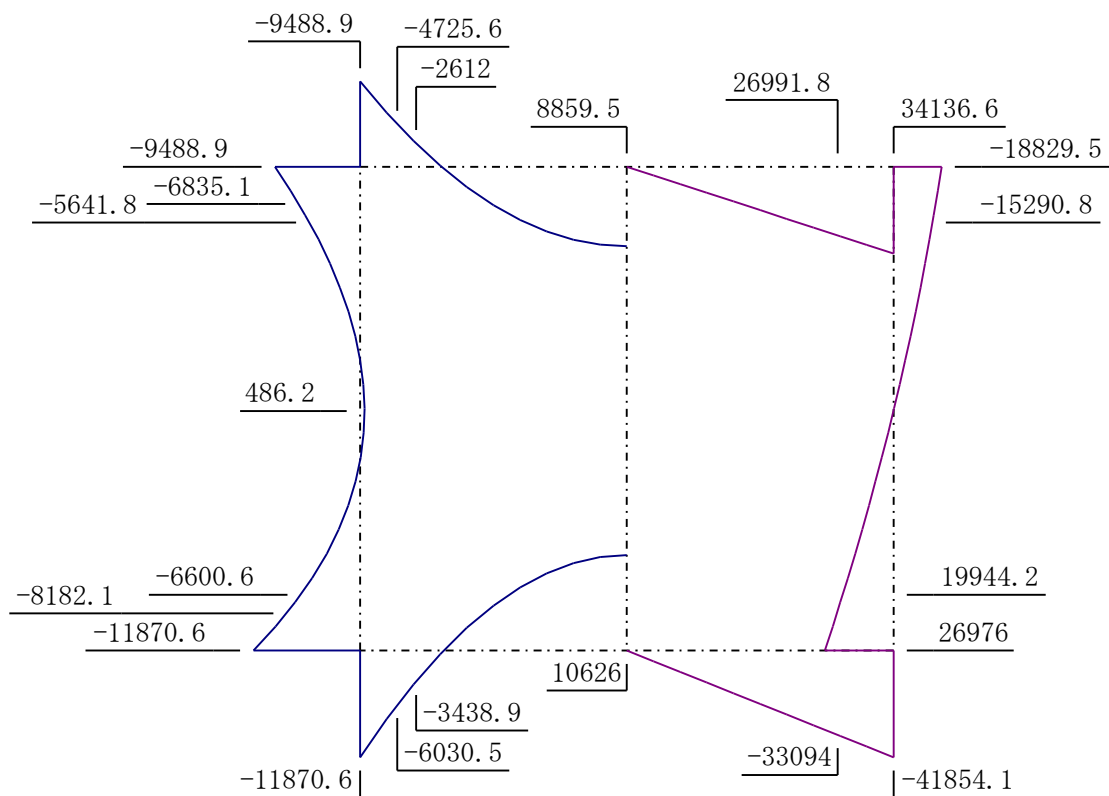
注 2) 底版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $q_v = q_v'$ とする。

(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	0.075	-9489	34137	18830
	2 ハッチ始点	0.225	-4726	***	18830
	S2 τ 点	0.225	-2612	26992	18830
	1 中 央	1.075	8860	0	18830
底板	9, S9 端 部	0.075	-11871	41854	26976
	10 ハッチ始点	0.225	-6031	***	26976
	S10 τ 点	0.225	-3439	33094	26976
	11 中 央	1.075	10626	0	26976
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-9489	-18830	34137
	5 上ハッチ点	1.725	-6835	***	34730
	S5 上 τ 点	1.725	-5642	-15291	35027
	6 中 間	0.966	486	*****	38031
		0.968	486	*****	38023
	S7 下 τ 点	0.225	-6601	19944	40964
	7 下ハッチ点	0.225	-8182	***	41261
	8, S8 下 端部	0.075	-11871	26976	41854

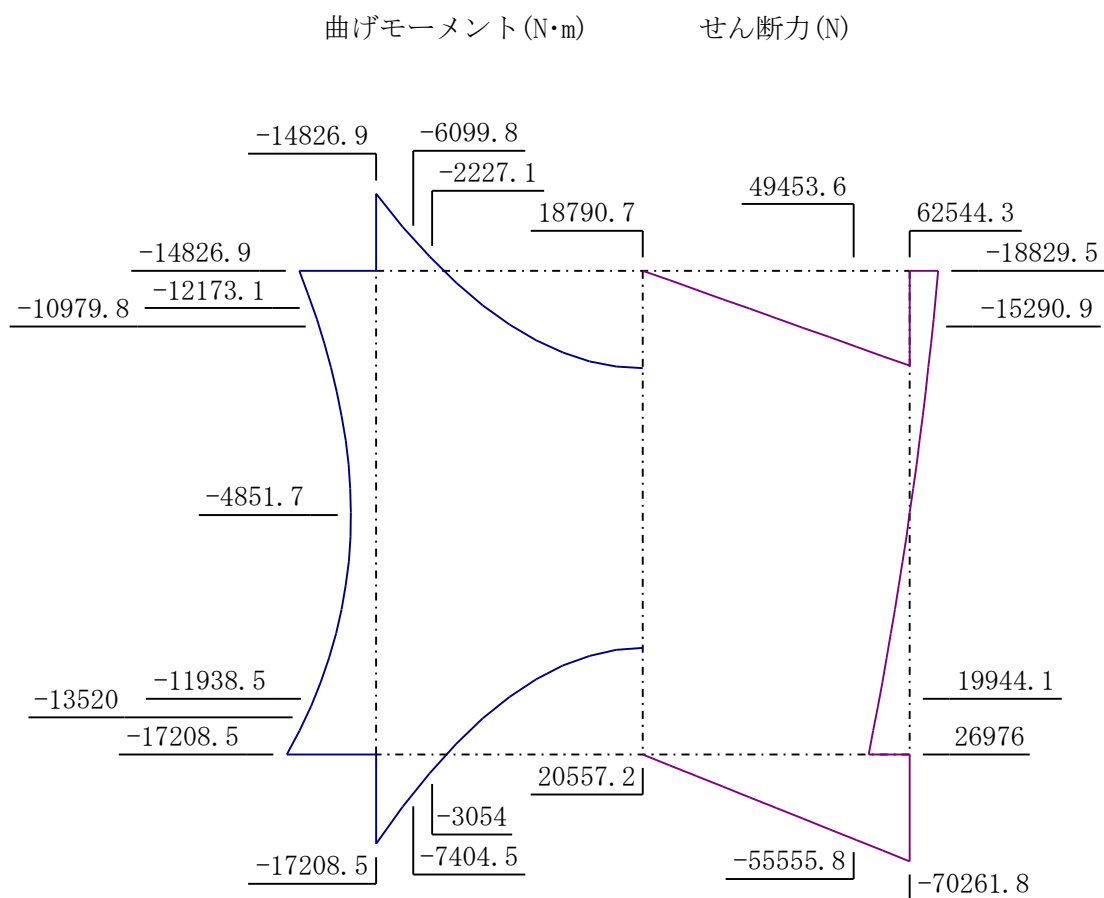
曲げモーメント (N・m)

せん断力 (N)



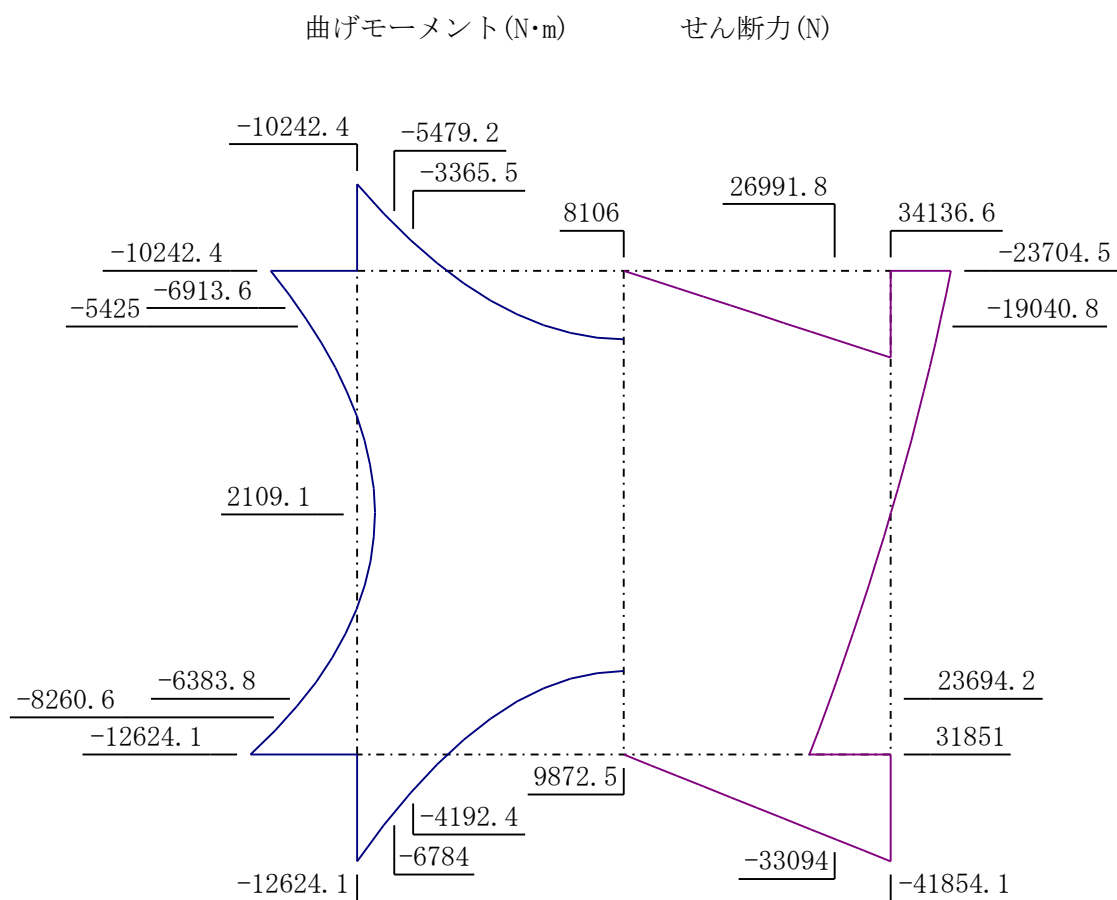
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	0.075	-14827	62544	18830
	2 ハチ始点	0.225	-6100	***	18830
	S2 τ 点	0.225	-2227	49454	18830
	1 中 央	1.075	18791	0	18830
底版	9, S9 端 部	0.075	-17209	70262	26976
	10 ハチ始点	0.225	-7405	***	26976
	S10 τ 点	0.225	-3054	55556	26976
	11 中 央	1.075	20557	0	26976
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-14827	-18830	62544
	5 上ハチ点	1.725	-12173	***	63138
	S5 上 τ 点	1.725	-10980	-15291	63435
	6 中 間	0.966	-4852	0	66439
	S7 下 τ 点	0.225	-11939	19944	69371
	7 下ハチ点	0.225	-13520	***	69668
	8, S8 下 端部	0.075	-17209	26976	70262



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

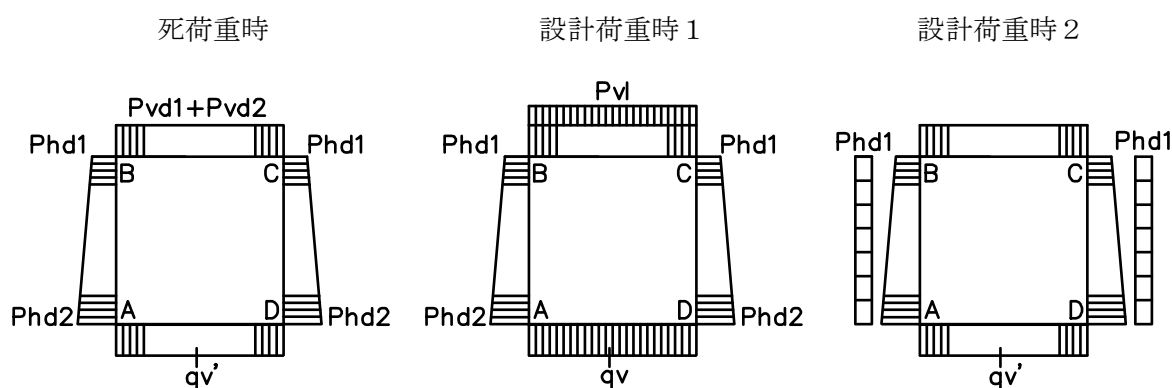
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.075	-10242	34137	23705
	2 ハチ始点	0.225	-5479	***	23705
	S2 τ 点	0.225	-3366	26992	23705
	1 中 央	1.075	8106	0	23705
底版	9, S9 端 部	0.075	-12624	41854	31851
	10 ハチ始点	0.225	-6784	***	31851
	S10 τ 点	0.225	-4192	33094	31851
	11 中 央	1.075	9873	0	31851
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-10242	-23705	34137
	5 上ハチ点	1.725	-6914	***	34730
	S5 上 τ点	1.725	-5425	-19041	35027
	6 中 間	0.968	2109	0	38023
	S7 下 τ点	0.225	-6384	23694	40964
	7 下ハチ点	0.225	-8261	***	41261
	8, S8 下 端部	0.075	-12624	31851	41854



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}	3.675	3.675	3.675
P_{vd2}	54.900	54.900	54.900
$P_{hd1} = P_{hd1}$	28.125	28.125	*****
$P_{hd1} = P_{hd1} + P_q$	*****	*****	33.125
$P_{hd3} = P_{hd3}$	*****	*****	*****
$P_{hd3} = P_{hd3} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5}$	*****	*****	*****
$P_{hd5} = P_{hd5} + P_q$	*****	*****	*****
$P_{hd2} = P_{hd2}$	45.675	45.675	*****
$P_{hd2} = P_{hd2} + P_q$	*****	*****	50.675
$P_{hd4} = P_{hd4}$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	13.724	0.000
q_v	*****	79.478	*****
$q_{v'}$	65.754	*****	65.754

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	0.9070	0.9070	0.9070
β	0.9070	0.9070	0.9070
N1	2.9070	2.9070	2.9070
N2	2.9070	2.9070	2.9070
CAD (kN・m/m)	25.329	30.616	25.329
CBC (kN・m/m)	22.564	27.850	22.564
CAB (kN・m/m)	12.249	12.249	13.833
CBA (kN・m/m)	11.137	11.137	12.721
θ_A	-6.637	-9.410	-5.806
θ_B	6.214	8.986	5.383
MAB (kN・m/m)	-19.309	-22.081	-20.063
MAD (kN・m/m)	19.309	22.081	20.063
MBA (kN・m/m)	16.927	19.700	17.681
MBC (kN・m/m)	-16.927	-19.700	-17.681

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。

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

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

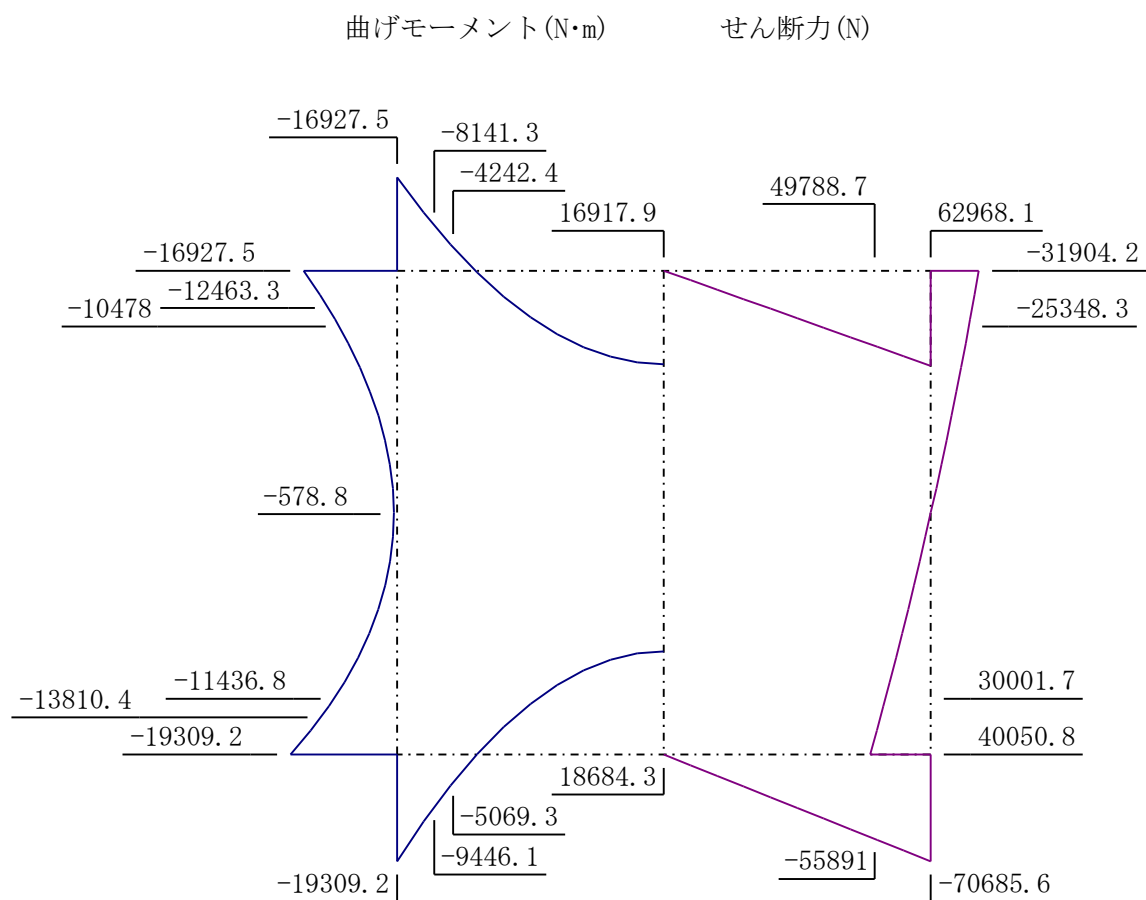
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	62.968	77.722	62.968
SCB (kN/m)	-62.968	-77.722	-62.968
Mmax (kN・m/m)	16.918	22.076	16.164
SAD (kN/m)	70.686	85.439	70.686
SDA (kN/m)	-70.686	-85.439	-70.686
Mmax (kN・m/m)	18.684	23.842	17.931
SAB (kN/m)	40.051	40.051	44.926
SBA (kN/m)	-31.904	-31.904	-36.779
x (m)	0.969	0.969	*****
	0.970	*****	0.970
Mmax (kN・m/m)	-0.579	-3.351	*****
Mmax (kN・m/m)	-0.579	*****	1.044

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。

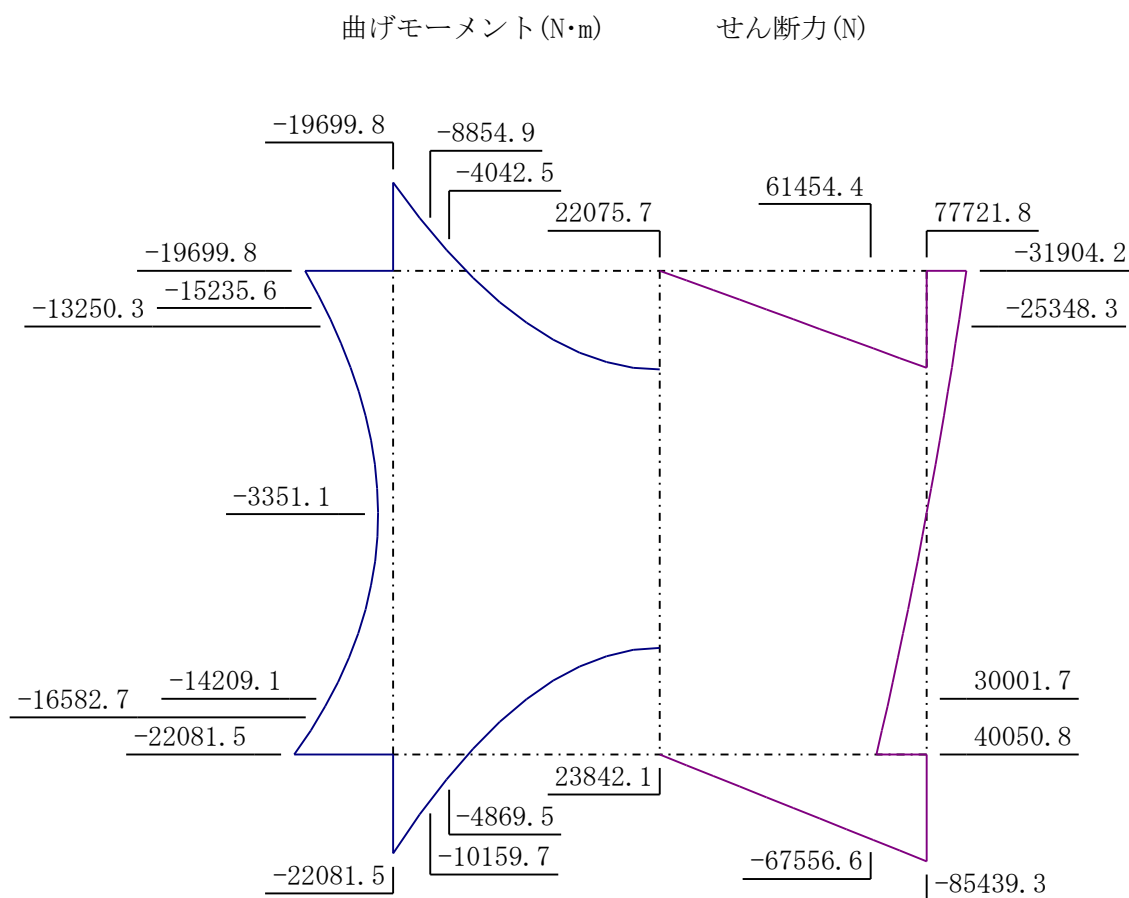
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	0.075	-16928	62968	31904
	2 ハッチ始点	0.225	-8141	***	31904
	S2 τ 点	0.225	-4242	49789	31904
	1 中 央	1.075	16918	0	31904
底板	9, S9 端 部	0.075	-19309	70686	40051
	10 ハッチ始点	0.225	-9446	***	40051
	S10 τ 点	0.225	-5069	55891	40051
	11 中 央	1.075	18684	0	40051
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-16928	-31904	62968
	5 上ハッチ点	1.725	-12463	***	63562
	S5 上 τ 点	1.725	-10478	-25348	63859
	6 中 間	0.969	-579	*****	66851
		0.970	-579	*****	66847
	S7 下 τ 点	0.225	-11437	30002	69795
	7 下ハッチ点	0.225	-13810	***	70092
	8, S8 下 端部	0.075	-19309	40051	70686



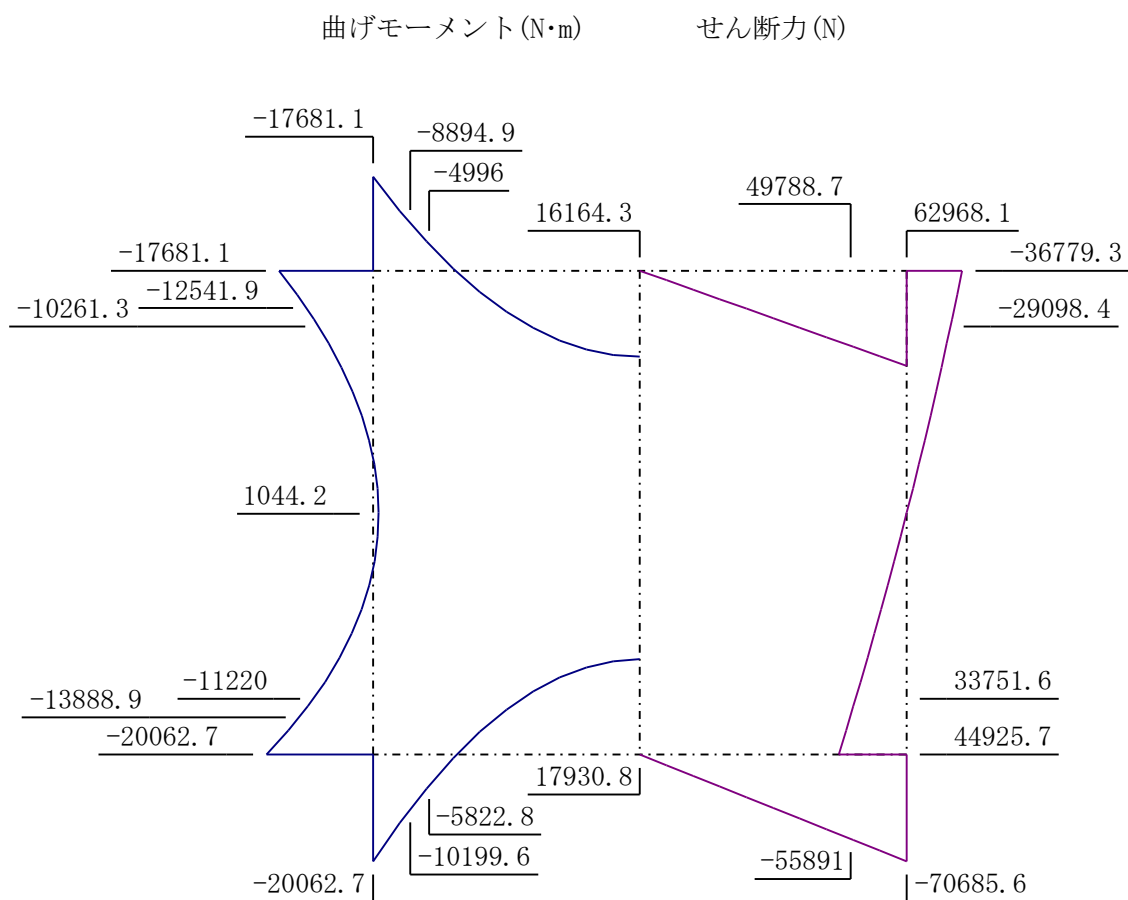
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	0.075	-19700	77722	31904
	2 ハチ始点	0.225	-8855	***	31904
	S2 τ 点	0.225	***	61454	***
	1 中 央	1.075	22076	0	31904
底板	9, S9 端 部	0.075	-22082	85439	40051
	10 ハチ始点	0.225	-10160	***	40051
	S10 τ 点	0.225	***	67557	***
	11 中 央	1.075	23842	0	40051
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-19700	-31904	77722
	5 上ハチ点	1.725	-15236	***	78315
	S5 上 τ 点	1.725	***	-25348	***
	6 中 間	0.969	-3351	0	81604
	S7 下 τ 点	0.225	***	30002	***
	7 下ハチ点	0.225	-16583	***	84846
	8, S8 下 端部	0.075	-22082	40051	85439



(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	0.075	-17681	62968	36779
	2 ハチ始点	0.225	-8895	***	36779
	S2 τ 点	0.225	***	49789	***
	1 中 央	1.075	16164	0	36779
底版	9, S9 端 部	0.075	-20063	70686	44926
	10 ハチ始点	0.225	-10200	***	44926
	S10 τ 点	0.225	***	55891	***
	11 中 央	1.075	17931	0	44926
側壁	4, S4 上 端部	1.875	-17681	-36779	62968
	5 上ハチ点	1.725	-12542	***	63562
	S5 上 τ 点	1.725	***	-29098	***
	6 中 間	0.970	1044	0	66847
	S7 下 τ 点	0.225	***	33752	*****
	7 下ハチ点	0.225	-13889	***	70092
	8, S8 下 端部	0.075	-20063	44926	70686



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	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
ハチ始点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
τ 点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
中 央	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00

5.1.2 使用 P C 鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 21	3.00	3.464	290000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 21	3.00	3.464	290000	-0.50	外 側
τ 点	φ 21	3.00	3.464	290000	-0.50	外 側
中 央	φ 21	3.00	3.464	290000	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	837.18	4.87	-0.51	101.79	25.12	710.28	0.848	3
ハチ始点	837.18	5.88	0.14	124.45	25.12	687.62	0.821	3
τ 点	837.18	5.88	0.08	123.43	25.12	688.63	0.823	3
中 央	837.18	5.88	-0.30	117.93	25.12	694.14	0.829	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.87	-0.51	101.79	25.12	710.28	0.848	3
ハチ始点	837.18	5.88	0.14	124.45	25.12	687.62	0.821	3
τ 点	837.18	5.88	0.08	123.43	25.12	688.63	0.823	3
中 央	837.18	5.88	-0.30	117.93	25.12	694.14	0.829	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	837.18	4.87	-0.51	101.79	25.12	710.28	0.848	3
ハチ始点	837.18	5.88	0.14	124.45	25.12	687.62	0.821	4
τ 点	837.18	5.88	0.08	123.43	25.12	688.63	0.823	4
中 央	837.18	5.88	-0.30	117.93	25.12	694.14	0.829	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	837.18	4.87	-0.51	101.79	25.12	710.28	0.848	3
ハチ始点	837.18	5.88	0.14	124.45	25.12	687.62	0.821	4
τ 点	837.18	5.88	0.08	123.43	25.12	688.63	0.823	4
中 央	837.18	5.88	-0.30	117.93	25.12	694.14	0.829	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	2.54	0.16	1.48	4.17	3
ハチ始点	2.17	0.21	5.72	8.10	3
中 央	4.51	0.21	3.85	8.57	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.54	0.16	5.90	3.53	3
ハチ始点	-2.17	0.21	3.81	1.85	3
中 央	-4.51	0.21	5.77	1.47	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.95	0.16	1.48	4.59	3
ハチ始点	2.37	0.25	5.72	8.33	4
中 央	5.89	0.21	3.85	9.95	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.95	0.16	5.90	3.11	3
ハチ始点	-2.37	0.25	3.81	1.68	4
中 央	-5.89	0.21	5.77	0.10	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	-26.595	2.13	5.68	5.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-12.008	0.94	9.25	1.4	0.0	0.000	0.000	4
中 央	29.802	-1.89	12.08	2.0	19.2	1.198	1.014	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 12	D 0	— 0	4.280 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	5000	31.904	77.722	738.12	3.85	0.58	-0.086	3
τ 点	100.0	2813	31.904	61.454	715.63	4.98	0.61	-0.075	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	-16.927	-2.772	-28.937	-33.490	-33.490	3
ハッチ始点	-8.141	-0.754	-12.468	-15.121	-15.121	4
中 央	16.918	5.158	34.888	37.529	37.529	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	10.392	4.280	12.0	16.5	0.069	0.010	105.91	3.2	3
ハッチ始点	10.392	4.280	7.0	11.5	0.069	0.016	57.99	3.8	4
中 央	10.392	5.941	8.0	11.5	0.069	0.015	71.73	1.9	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	20.00	2000.0	66666.67	10.00	6666.67
ハチ始点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
τ 点	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00
中 央	100.00	15.00	1500.0	28125.00	7.50	3750.00

5.2.2 使用P C鋼棒

位 置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm ²)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端 部	φ 19	3.00	2.835	240000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 19	3.00	2.835	240000	-0.50	外 側
τ 点	φ 19	3.00	2.835	240000	-0.50	外 側
中 央	φ 19	3.00	2.835	240000	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	846.56	4.03	-0.58	89.50	25.40	731.66	0.864	3
ハチ始点	846.56	4.86	0.17	111.83	25.40	709.33	0.838	3
τ 点	846.56	4.86	0.09	110.67	25.40	710.49	0.839	3
中 央	846.56	4.86	-0.33	104.39	25.40	716.78	0.847	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	4.03	-0.58	89.50	25.40	731.66	0.864	3
ハチ始点	846.56	4.86	0.17	111.83	25.40	709.33	0.838	3
τ 点	846.56	4.86	0.09	110.67	25.40	710.49	0.839	3
中 央	846.56	4.86	-0.33	104.39	25.40	716.78	0.847	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	4.03	-0.58	89.50	25.40	731.66	0.864	3
ハチ始点	846.56	4.86	0.17	111.83	25.40	709.33	0.838	4
τ 点	846.56	4.86	0.09	110.67	25.40	710.49	0.839	4
中 央	846.56	4.86	-0.33	104.39	25.40	716.78	0.847	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	4.03	-0.58	89.50	25.40	731.66	0.864	3
ハチ始点	846.56	4.86	0.17	111.83	25.40	709.33	0.838	4
τ 点	846.56	4.86	0.09	110.67	25.40	710.49	0.839	4
中 央	846.56	4.86	-0.33	104.39	25.40	716.78	0.847	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	2.90	0.20	1.24	4.34	3
ハチ始点	2.52	0.27	4.83	7.61	3
中 央	4.98	0.27	3.25	8.50	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.90	0.20	4.98	2.28	3
ハチ始点	-2.52	0.27	3.22	0.97	3
中 央	-4.98	0.27	4.88	0.16	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.31	0.20	1.24	4.76	3
ハチ始点	2.72	0.30	4.83	7.85	4
中 央	6.36	0.27	3.25	9.88	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.31	0.20	4.98	1.87	3
ハチ始点	-2.72	0.30	3.22	0.80	4
中 央	-6.36	0.27	4.88	-1.21	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	-29.810	0.78	5.99	2.3	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-13.769	-0.05	8.90	0.1	0.0	0.001	0.042	4
中 央	32.187	-3.35	12.19	3.2	54.0	3.376	1.615	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 10	— 12	D 0	— 0	4.280 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 13	— 12	D 0	— 0	7.602 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	5000	40.051	85.439	622.28	3.31	0.64	-0.120	3
τ 点	100.0	2813	40.051	67.557	604.27	4.30	0.68	-0.104	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	-19.309	-2.772	-32.033	-37.539	-37.539	3
ハッチ始点	-9.446	-0.754	-14.164	-17.339	-17.339	4
中 央	18.684	5.158	37.184	40.532	40.532	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	8.505	4.280	12.0	16.5	0.069	0.008	92.58	2.5	3
ハッチ始点	8.505	4.280	7.0	11.5	0.069	0.014	52.21	3.0	4
中 央	8.505	7.602	8.0	11.5	0.069	0.013	69.79	1.7	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	-19.700	77.722	25.35	6.50	24.752	3
	上ハチ点	-15.236	78.315	19.45	4.00	18.368	3
側壁	中 間	-4.852	66.439	7.30	4.00	7.509	1
	下ハチ点	-16.583	84.846	19.54	4.00	19.977	3
	下端部	-22.081	85.439	25.84	6.50	27.635	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	24.752	8.77	12.27	20.00	5.770
	上ハチ点	18.368	7.55	11.05	15.00	6.710
側壁	中 間	7.509	4.83	8.33	15.00	0.364
	下ハチ点	19.977	7.87	11.37	15.00	7.386
	下端部	27.635	9.26	12.76	20.00	6.600
				$d + d' < T$	CHECK OK	

8 配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

8.1 コンクリート及び鉄筋

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

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

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

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

 e : 偏心位置 (M / N) (cm)

配筋(製品当り)

頂版内側	頂版外側	底版内側	底版外側	側壁内側	側壁外側
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 6
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 13 - 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	9.759	7.054	4.96	99.6	0.0
	上ハチ点	100.00	9.759	5.478	6.93	114.3	0.0
	中間	100.00	9.759	7.533	2.22	17.5	0.0
	下ハチ点	100.00	9.759	5.473	7.54	124.6	0.0
	下端部	100.00	9.759	7.024	5.56	112.5	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	49.454	26.992	61.454	49.789				
	M			-4.043					
	N			31.904					
	最大			○					
底版 τ点	S	55.556	33.094	67.557	55.891				
	M			-4.870					
	N			40.051					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-15.291	-19.041	-25.348	-29.098				
	M				-10.261				
	N				63.859				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	19.944	23.694	30.002	33.752				
	M				-11.220				
	N				69.795				
	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 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(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 鋼棒の偏心率＜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	15.0	3.5	11.5	1.400	D10-6	4.280	0.372	1.072
底版 τ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D10-6	4.280	0.372	1.072
側壁上 τ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D16-3 D13-3	9.759	0.849	1.409
側壁下 τ 点	15.0	3.5	11.5	1.400	D16-3 D13-3	9.759	0.849	1.409

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m ²)	Z (m ⁴)	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版 τ 点	-4.043	715.6	31.904	0.150	0.00375	-0.01	18.688	2.000
底版 τ 点	-4.870	604.3	40.051	0.150	0.00375	-0.01	16.109	2.000
側壁上 τ 点	-10.261	0.0	63.859	0.150	0.00375	0.00	1.596	1.156
側壁下 τ 点	-11.220	0.0	69.795	0.150	0.00375	0.00	1.745	1.156

照査位置	τ_a	補正係数			補正 τ_a
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 τ 点	0.270	1.400	1.072	2.000	0.810
底版 τ 点	0.270	1.400	1.072	2.000	0.810
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.409	1.156	0.615
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.409	1.156	0.615

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	61.454	11.5	0.534	0.810
底版 τ 点	67.557	11.5	0.587	0.810
側壁上 τ 点	29.098	11.5	0.253	0.615
側壁下 τ 点	33.752	11.5	0.293	0.615

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以 上