

受付 No.

台帳 No. KS403002

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

プレキャスト

PCボックスカルバート

設計計算書

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

○内空寸法： 内 幅 (B) 5000 mm
内 高 (H) 2000 mm
長 さ (L) 1000 mm

○設計条件： 荷 重 T' 荷重 (横断)

土被り H1= 0.500 m
H2= 1.500 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) 5000 × (H) 2000 × (L) 1000 [mm]
土被り	: H1 = 0.500 ~ H2 = 1.500 [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)

: $\beta = 1.0$

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

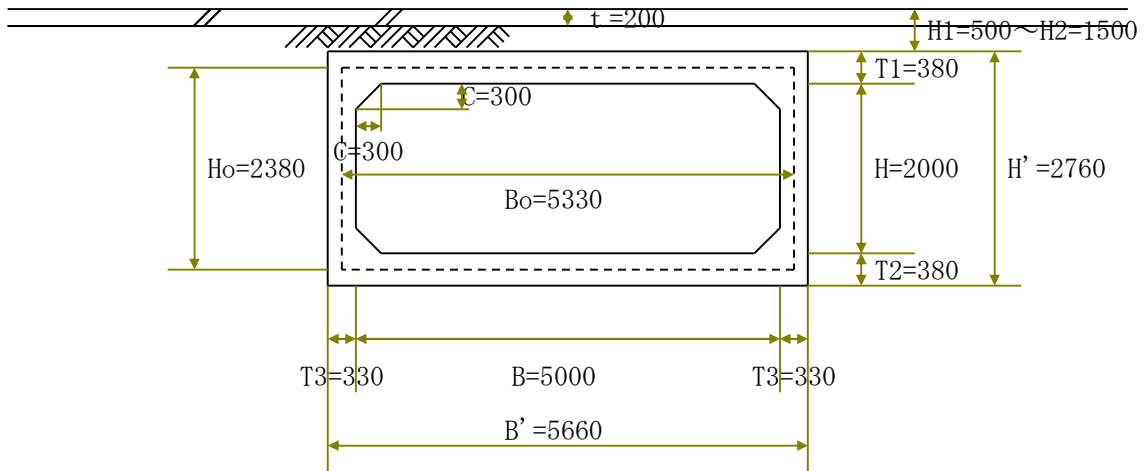
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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

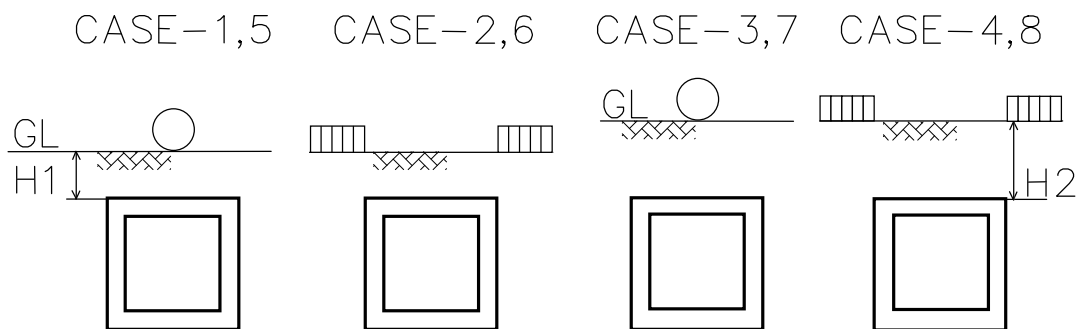
	頂版	底版	側壁	
径	$\phi 19$	$\phi 19$	*****	(mm)
断面積	283.50	283.50	*****	(mm ²)
設計引張力	240000	240000	*****	(N)

1.11 標準断面図



[単位:mm]

1.12 荷重の組合せ



[荷重 CASE]

CASE 1, 3, 5, 7 は、荷重がカルバート上載の場合

CASE 2, 4, 6, 8 は、荷重がカルバート側載の場合

また

CASE 1, 2, 5, 6 は、土被り H₁ の場合CASE 3, 4, 7, 8 は、土被り H₂ の場合

また

CASE 1, 2, 3, 4 は、地下水の影響が無い場合

CASE 5, 6, 7, 8 は、地下水の影響が有る場合

■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

せん断力



1) 断面検討用曲げモーメント



2) せん断力に対する照査



b) について

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

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

3 断面力の算定 (CASE-1, 2)

3.1.1 設計荷重

- (1) 頂版自重 $P_{vd1} = \gamma_c \times T1$
- (2) 鉛直土圧 $P_{vd2} = \alpha \times \{ \gamma_s \times (H1 - t - tb) + \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb \}$
- (3) 水平土圧 $P_{hd1} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2) \}$
 $P_{hd2} = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H1 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重 輪分布幅 $u = a + 2 \times H1 = 1.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H1 = 1.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 130.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値 死荷重時 設計荷重時 1 設計荷重 2

(kN/m²) CASE-1 CASE-2

(kN/m²) (kN/m²)

Pvd1	9.310	9.310	9.310
Pvd2	9.900	9.900	9.900
Phd1 = Phd1	6.660	6.660	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	11.660
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	28.080	28.080	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	33.080
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	78.788	0.000
qv	*****	44.996	*****
qv'	27.258	*****	27.258

注) qv' は、 $P_{v1} = 0$ とした場合の底版反力

3.1.2 構造解析

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

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \text{荷重項} \quad CAD &= q_v \times B_o^2 / 12 \\
 CBC &= \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{v1} \times u \\
 &\quad \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o) \\
 CAB &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60 \\
 CBA &= (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60
 \end{aligned}$$

注1) 死荷重時、設計荷重時2のCADは、 $q_v = q_v'$

注2) 死荷重時、設計荷重時2のCBCは、 $P_{v1} = 0$

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

$$\begin{aligned}
 (3) \quad \text{たわみ角} \quad \theta_A &= \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1) \\
 \theta_B &= \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)
 \end{aligned}$$

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
α	0.6818	0.6818	0.6818
β	0.6818	0.6818	0.6818
N1	2.6818	2.6818	2.6818
N2	2.6818	2.6818	2.6818
CAD (kN・m/m)	64.530	106.524	64.530
CBC (kN・m/m)	45.478	107.405	45.478
CAB (kN・m/m)	9.210	9.210	11.570
CBA (kN・m/m)	7.188	7.188	9.548
θ_A	-30.143	-58.332	-28.740
θ_B	25.517	59.120	24.114
MAB (kN・m/m)	-43.979	-66.754	-44.935
MAD (kN・m/m)	43.979	66.754	44.935
MBA (kN・m/m)	28.080	67.096	29.037
MBC (kN・m/m)	-28.080	-67.096	-29.037

3.1.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

$$M_{max} = (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^2 / 8 + P_{v1} \times u \times (B_o / 2 - u / 4) / 2 + M_{BC}$$

(2) 底 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

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

(3) 側 壁

1) せん断力

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

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

2) 曲げモーメント

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

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

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

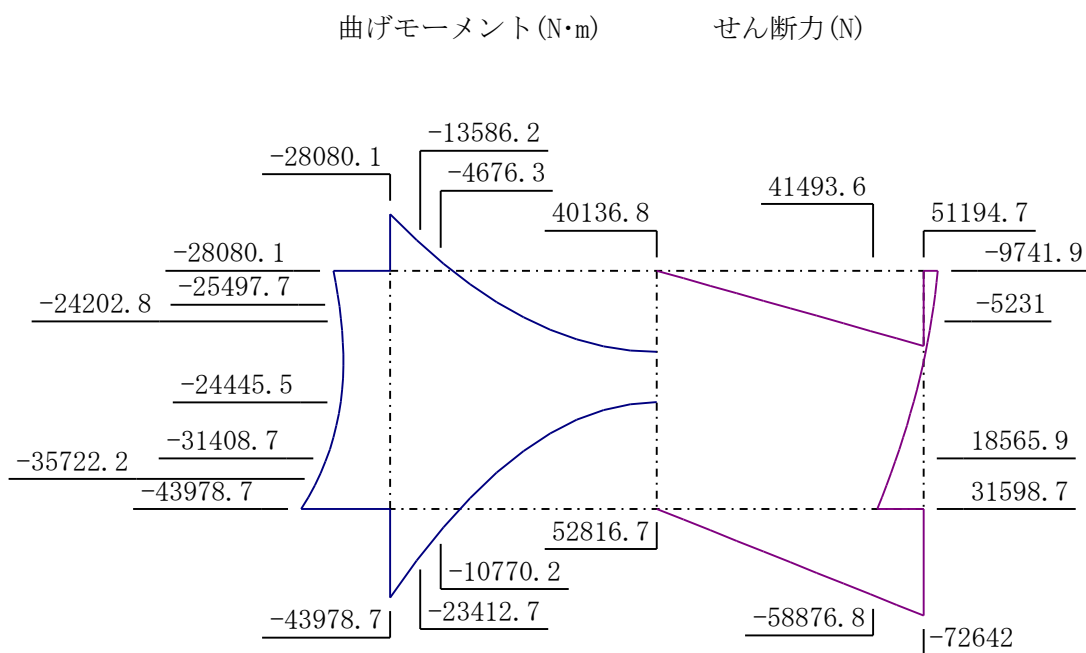
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	51.195	98.467	51.195
SCB	(kN/m)	-51.195	-98.467	-51.195
Mmax	(kN・m/m)	40.137	112.921	39.180
SAD	(kN/m)	72.642	119.915	72.642
SDA	(kN/m)	-72.642	-119.915	-72.642
Mmax	(kN・m/m)	52.817	93.033	51.860
SAB	(kN/m)	31.599	24.775	37.549
SBA	(kN/m)	-9.742	-16.566	-15.692
x	(m)	1.064	1.064	*****
		1.403	*****	1.403
Mmax	(kN・m/m)	-24.445	-54.481	*****
Mmax	(kN・m/m)	-23.140	*****	-20.670

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。

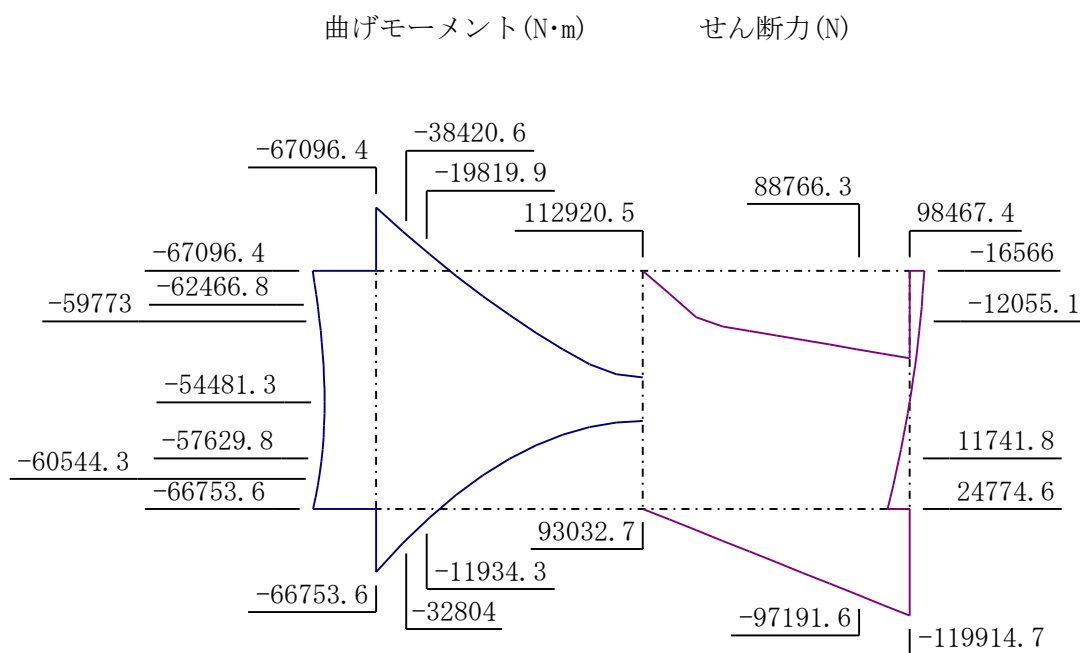
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	0.165	-28080	51195	9742
	2 ハッチ始点	0.465	-13586	***	9742
	S2 τ 点	0.505	-4676	41494	9742
	1 中 央	2.665	40137	0	9742
底版	9, S9 端 部	0.165	-43979	72642	31599
	10 ハッチ始点	0.465	-23413	***	31599
	S10 τ 点	0.505	-10770	58877	31599
	11 中 央	2.665	52817	0	31599
側壁	4, S4 上 端部	2.190	-28080	-9742	51195
	5 上ハッチ点	1.890	-25498	***	53898
	S5 上 τ 点	1.875	-24203	-5231	55745
	6 中 間	1.064	-24446	*****	63054
		1.403	-23140	*****	59999
	S7 下 τ 点	0.505	-31409	18566	68091
	7 下ハッチ点	0.490	-35722	***	69939
	8, S8 下 端部	0.190	-43979	31599	72642



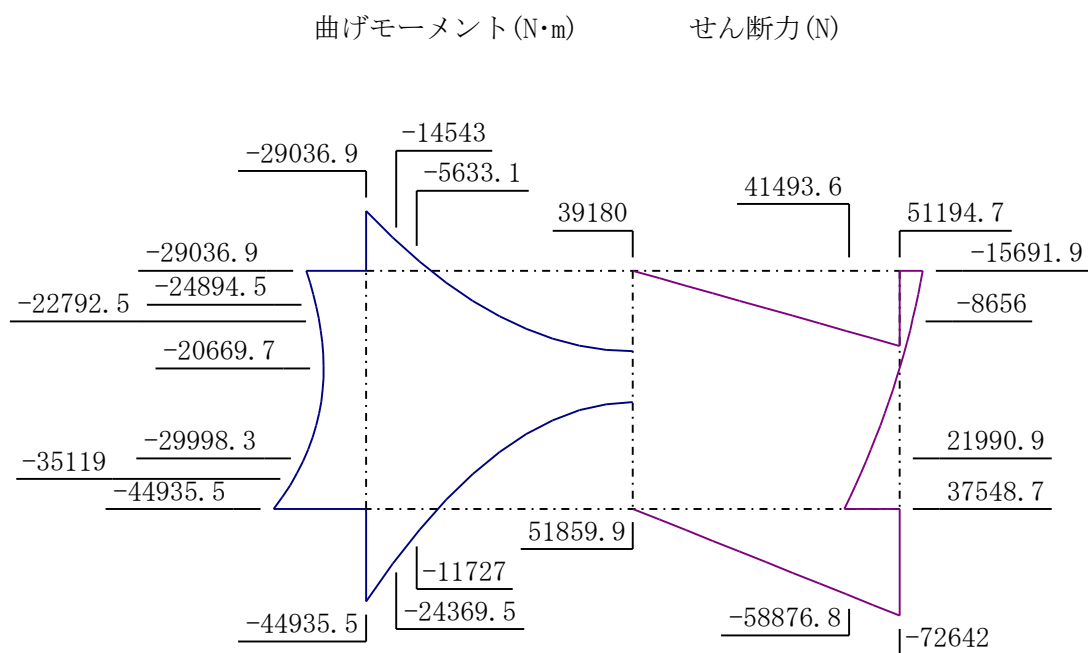
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

[/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	0.165	-67096	98467	16566
	2 ハチ始点	0.465	-38421	***	16566
	S2 τ 点	0.505	-19820	88766	16566
	1 中 央	2.665	112921	0	16566
底版	9, S9 端 部	0.165	-66754	119915	24775
	10 ハチ始点	0.465	-32804	***	24775
	S10 τ 点	0.505	-11934	97192	24775
	11 中 央	2.665	93033	0	24775
側壁	4, S4 上 端部	2.190	-67096	-16566	98467
	5 上ハチ点	1.890	-62467	***	101171
	S5 上 τ 点	1.875	-59773	-12055	103018
	6 中 間	1.064	-54481	0	110327
	S7 下 τ 点	0.505	-57630	11742	115364
	7 下ハチ点	0.490	-60544	***	117211
	8, S8 下 端部	0.190	-66754	24775	119915



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

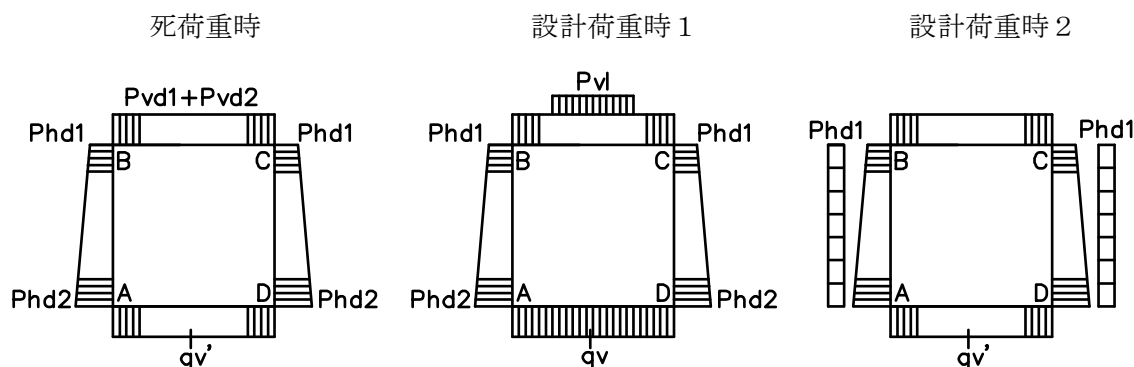
					[/単位長]	
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)	
頂版	3, S3 端 部	0.165	-29037	51195	15692	
	2 ハチ始点	0.465	-14543	***	15692	
	S2 τ 点	0.505	-5633	41494	15692	
	1 中 央	2.665	39180	0	15692	
底版	9, S9 端 部	0.165	-44936	72642	37549	
	10 ハチ始点	0.465	-24370	***	37549	
	S10 τ 点	0.505	-11727	58877	37549	
	11 中 央	2.665	51860	0	37549	
側壁	4, S4 上 端部	2.190	-29037	-15692	51195	
	5 上ハチ点	1.890	-24895	***	53898	
	S5 上 τ点	1.875	-22793	-8656	55745	
	6 中 間	1.403	-20670	0	59999	
	S7 下 τ点	0.505	-29998	21991	68091	
	7 下ハチ点	0.490	-35119	***	69939	
	8, S8 下 端部	0.190	-44936	37549	72642	



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 $Phd1 = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2) \}$
 $Phd2 = Ka \times \{ \gamma_a \times t + \gamma_b \times tb + \gamma_s \times (H2 - t - tb + T1/2 + Ho) \}$
- (4) 載荷重 $P_q = Ka \times Q$
- (5) 活荷重
 輪分布幅 $u = a + 2 \times H2 = 3.200 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H2 = 3.500 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 117.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (6) 底版反力 $q_v = P_{vd1} + P_{vd2} + \{ P_{v1} \times u + \gamma_c \times (2 \times T3 \times Ho + 2 \times C^2) \} / B_o$



設計荷重値	死荷重時 (kN/m ²)	設計荷重時 1 CASE-3 (kN/m ²)	設計荷重時 2 CASE-4 (kN/m ²)
P_{vd1}	9.310	9.310	9.310
P_{vd2}	27.900	27.900	27.900
$Phd1 = Phd1$	15.660	15.660	*****
$Phd1 = Phd1 + P_q$	*****	*****	20.660
$Phd3 = Phd3$	*****	*****	*****
$Phd3 = Phd3 + P_q$	*****	*****	*****
$Phd5 = Phd5$	*****	*****	*****
$Phd5 = Phd5 + P_q$	*****	*****	*****
$Phd2 = Phd2$	37.080	37.080	*****
$Phd2 = Phd2 + P_q$	*****	*****	42.080
$Phd4 = Phd4$	*****	*****	*****
P_{v1}	0.000	26.591	0.000
q_v	*****	61.222	*****
$q_{v'}$	45.258	*****	45.258

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

$$\begin{aligned}\alpha &= (H_o \times T_1^3) / (B_o \times T_3^3) \\ \beta &= (H_o \times T_2^3) / (B_o \times T_3^3) \\ N_1 &= 2 + \alpha \\ N_2 &= 2 + \beta\end{aligned}$$

(2) 荷重項

$$\begin{aligned}CAD &= q_v \times B_o^2 / 12 \\ CBC &= \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{vl} \times u \\ &\quad \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o) \\ CAB &= (H_o^2) \times (2 \times Phd1 + 3 \times Phd2) / 60 \\ CBA &= (H_o^2) \times (2 \times Phd2 + 3 \times Phd1) / 60\end{aligned}$$

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) $Phd1 \sim Phd5$ は、水平荷重（設計荷重参照）

(3) たわみ角

$$\begin{aligned}\theta_A &= \{N_1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N_1 \times N_2 - 1) \\ \theta_B &= \{N_2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N_1 \times N_2 - 1)\end{aligned}$$

(4) 端モーメント

$$\begin{aligned}MAB &= 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB \\ MAD &= \beta \times \theta_A + CAD \\ MBA &= 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA \\ MBC &= \alpha \times \theta_B - CBA\end{aligned}$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
α	0.6818	0.6818	0.6818
β	0.6818	0.6818	0.6818
N1	2.6818	2.6818	2.6818
N2	2.6818	2.6818	2.6818
CAD (kN・m/m)	107.144	144.938	107.144
CBC (kN・m/m)	88.091	137.972	88.091
CAB (kN・m/m)	13.459	13.459	15.819
CBA (kN・m/m)	11.436	11.436	13.797
θ_A	-52.955	-77.379	-51.551
θ_B	48.329	76.036	46.926
MAB (kN・m/m)	-71.039	-92.181	-71.996
MAD (kN・m/m)	71.039	92.181	71.996
MBA (kN・m/m)	55.140	86.130	56.097
MBC (kN・m/m)	-55.140	-86.130	-56.097

3.2.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

$$M_{max} = (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^2 / 8 + P_{v1} \times u \times (B_o / 2 - u / 4) / 2 + M_{BC}$$

(2) 底 版

1) せん断力

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

2) 曲げモーメント

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

(3) 側 壁

1) せん断力

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

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

2) 曲げモーメント

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

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

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

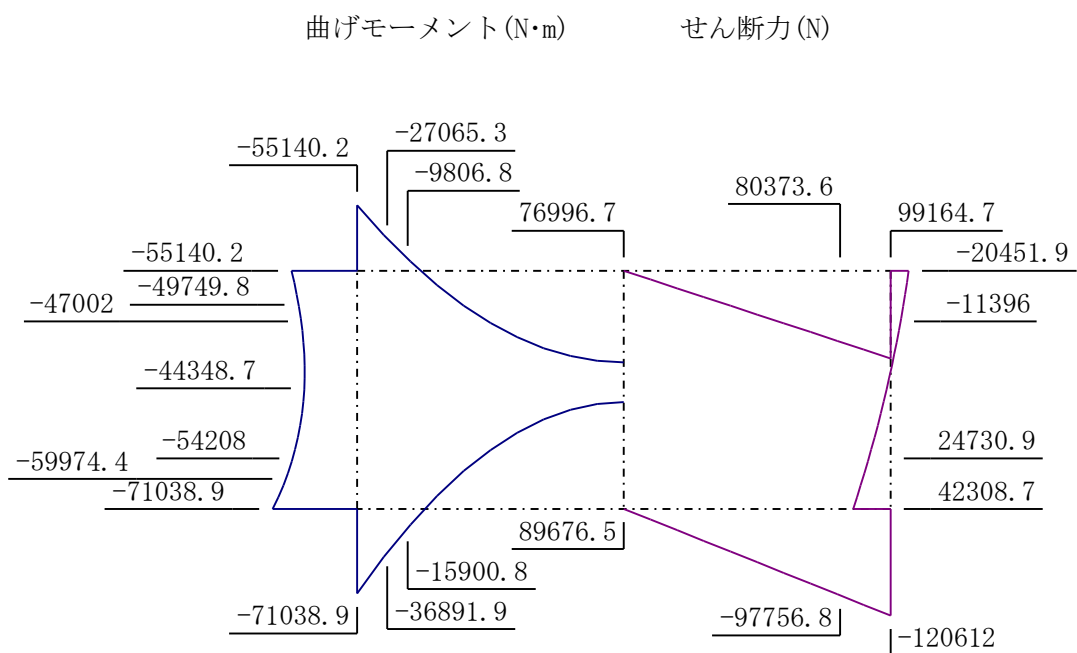
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	99.165	141.710	99.165
SCB (kN/m)	-99.165	-141.710	-99.165
Mmax (kN・m/m)	76.997	125.354	76.040
SAD (kN/m)	120.612	163.157	120.612
SDA (kN/m)	-120.612	-163.157	-120.612
Mmax (kN・m/m)	89.677	125.226	88.720
SAB (kN/m)	42.309	38.171	48.259
SBA (kN/m)	-20.452	-24.590	-26.402
x (m)	1.206	1.206	*****
	1.338	*****	1.338
Mmax (kN・m/m)	-44.349	-70.481	*****
Mmax (kN・m/m)	-44.028	*****	-41.499

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。

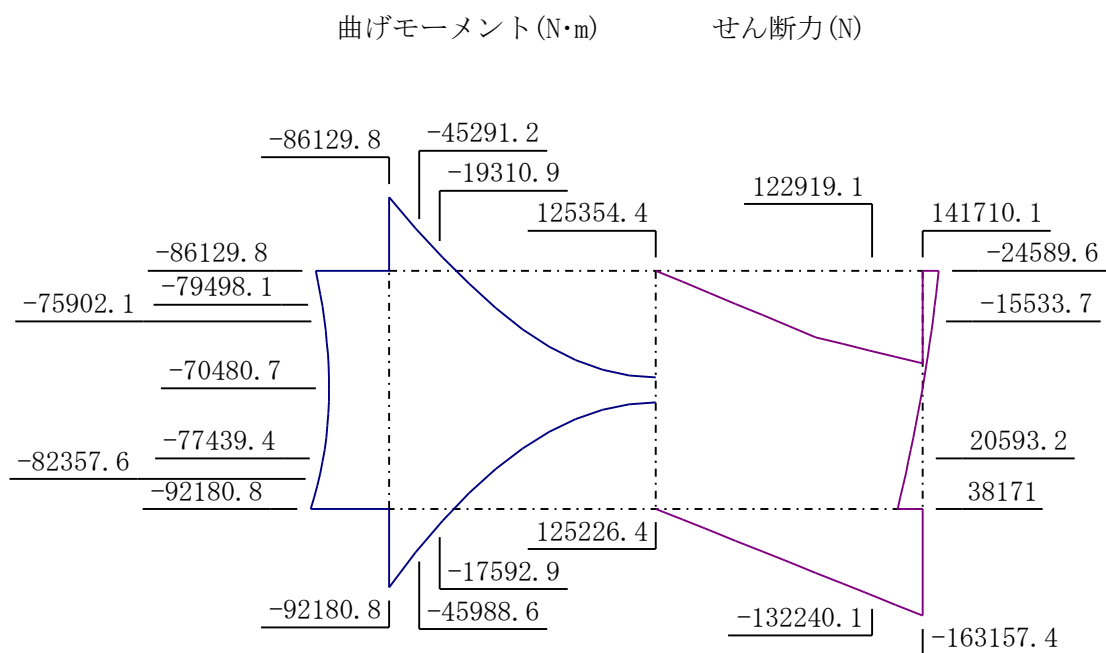
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	0.165	-55140	99165	20452
	2 ハッチ始点	0.465	-27065	***	20452
	S2 τ 点	0.505	-9807	80374	20452
	1 中 央	2.665	76997	0	20452
底版	9, S9 端 部	0.165	-71039	120612	42309
	10 ハッチ始点	0.465	-36892	***	42309
	S10 τ 点	0.505	-15901	97757	42309
	11 中 央	2.665	89677	0	42309
側壁	4, S4 上 端部	2.190	-55140	-20452	99165
	5 上ハッチ点	1.890	-49750	***	101868
	S5 上 τ 点	1.875	-47002	-11396	103715
	6 中 間	1.206	-44349	*****	109744
		1.338	-44028	*****	108555
	S7 下 τ 点	0.505	-54208	24731	116061
	7 下ハッチ点	0.490	-59974	***	117909
	8, S8 下 端部	0.190	-71039	42309	120612



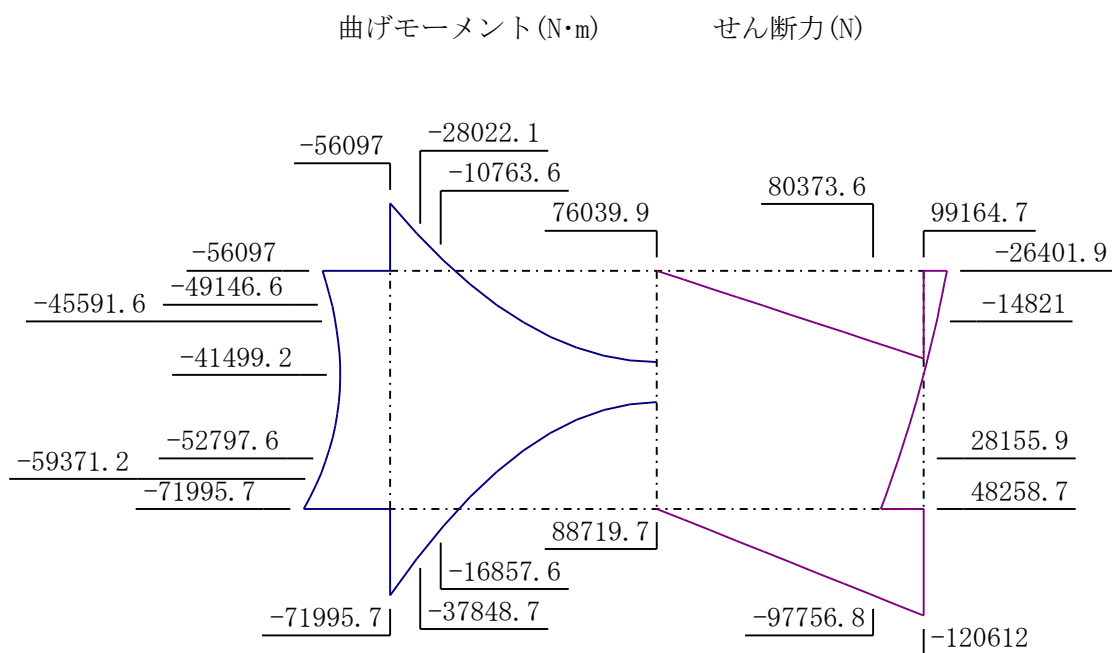
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	0.165	-86130	141710	24590
	2 ハチ始点	0.465	-45291	***	24590
	S2 τ 点	0.505	***	122919	***
	1 中 央	2.665	125354	0	24590
底版	9, S9 端 部	0.165	-92181	163157	38171
	10 ハチ始点	0.465	-45989	***	38171
	S10 τ 点	0.505	***	132240	***
	11 中 央	2.665	125226	0	38171
側壁	4, S4 上 端部	2.190	-86130	-24590	141710
	5 上ハチ点	1.890	-79498	***	144414
	S5 上 τ点	1.875	***	-15534	***
	6 中 間	1.206	-70481	0	152290
	S7 下 τ点	0.505	***	20593	***
	7 下ハチ点	0.490	-82358	***	160454
	8, S8 下 端部	0.190	-92181	38171	163157



(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	0.165	-56097	99165	26402
	2 ハッチ始点	0.465	-28022	***	26402
	S2 τ 点	0.505	***	80374	***
	1 中 央	2.665	76040	0	26402
底板	9, S9 端 部	0.165	-71996	120612	48259
	10 ハッチ始点	0.465	-37849	***	48259
	S10 τ 点	0.505	***	97757	***
	11 中 央	2.665	88720	0	48259
側壁	4, S4 上 端部	2.190	-56097	-26402	99165
	5 上ハッチ点	1.890	-49147	***	101868
	S5 上 τ 点	1.875	***	-14821	***
	6 中 間	1.338	-41499	0	108555
	S7 下 τ 点	0.505	***	28156	*****
	7 下ハッチ点	0.490	-59371	***	117909
	8, S8 下 端部	0.190	-71996	48259	120612



4 プレストレスの計算

4.1 荷重による曲げ応力度

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

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

4.2 有効プレストレス

(1) 有効係数 η

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

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

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

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

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

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

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

(2) 有効プレストレス σ_{ce}

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

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

4.3 合成応力度

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

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

4.4 引張鉄筋量の計算

(1) 曲げモーメント

引張鉄筋は次の荷重作用に対して、引張応力の作用する区間に配置する。

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

(2) 配置鉄筋量

配置鉄筋量は次の 1)、2) のうちいずれか大きい値以上とする。

1) の値

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

2) の値

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

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

4.5 斜引張応力度の計算

斜引張応力度は次式を用いて、断面図心位置における値を求める。

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

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

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

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

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

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

4.6 破壊安全度の検討

(1) 曲げモーメント

1) 安全係数

破壊に対する安全度の検討に使用する安全係数を次のように定める。

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

2) 終局荷重作用時の曲げモーメント

終局荷重作用時の曲げモーメントは、次に示す荷重作用の大きい方とする。

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

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

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

(2) 曲げ破壊安全度

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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	48.00	4800.0	921600.00	24.00	38400.00
ハチ始点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
τ 点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
中 央	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67

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 19	6.00	2.835	240000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 19	6.00	2.835	240000	-3.00	外 側
τ 点	φ 19	6.00	2.835	240000	-3.00	外 側
中 央	φ 19	6.00	2.835	240000	3.00	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	846.56	3.06	-0.12	83.10	25.40	738.06	0.872	3
ハチ始点	846.56	4.07	0.18	101.47	25.40	719.69	0.850	3
τ 点	846.56	4.07	0.06	99.76	25.40	721.40	0.852	3
中 央	846.56	4.07	-0.51	91.18	25.40	729.99	0.862	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.06	-0.12	83.10	25.40	738.06	0.872	3
ハチ始点	846.56	4.07	0.18	101.47	25.40	719.69	0.850	3
τ 点	846.56	4.07	0.06	99.76	25.40	721.40	0.852	3
中 央	846.56	4.07	-0.51	91.18	25.40	729.99	0.862	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.06	-0.12	83.10	25.40	738.06	0.872	3
ハチ始点	846.56	4.07	0.18	101.47	25.40	719.69	0.850	3
τ 点	846.56	4.07	0.03	99.25	25.40	721.91	0.853	1
中 央	846.56	4.07	-0.51	91.18	25.40	729.99	0.862	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.06	-0.12	83.10	25.40	738.06	0.872	3
ハチ始点	846.56	4.07	0.18	101.47	25.40	719.69	0.850	3
τ 点	846.56	4.07	0.03	99.25	25.40	721.91	0.853	1
中 央	846.56	4.07	-0.51	91.18	25.40	729.99	0.862	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	1.44	0.04	1.96	3.44	3
ハチ始点	1.12	0.05	4.75	5.93	3
中 央	3.20	0.05	1.72	4.97	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.44	0.04	3.27	1.88	3
ハチ始点	-1.12	0.05	1.70	0.62	3
中 央	-3.20	0.05	4.82	1.67	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.24	0.05	1.96	4.26	3
ハチ始点	1.88	0.06	4.75	6.69	3
中 央	5.21	0.06	1.72	6.99	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.24	0.05	3.27	1.08	3
ハチ始点	-1.88	0.06	1.70	-0.12	3
中 央	-5.21	0.06	4.82	-0.33	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	-116.275	0.31	5.06	2.8	0.0	0.000	0.000	3
ハチ始点	-61.143	-0.76	7.38	3.5	13.4	0.838	1.770	3
中 央	169.228	-2.13	8.84	7.4	78.5	4.907	3.688	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 0	— 0	7.602 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 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	28800	24.590	141.710	1255.45	2.67	0.44	-0.072	3
τ 点	100.0	18050	24.590	122.919	1227.11	3.29	0.49	-0.070	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	-55.140	-30.990	-149.156	-146.421	-149.156	3
ハチ始点	-27.065	-18.226	-80.750	-76.995	-80.750	3
中 央	40.137	72.784	234.137	191.965	234.137	1

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	17.010	7.602	26.0	44.5	0.069	0.007	414.21	2.8	3
ハチ始点	17.010	7.602	16.0	34.5	0.069	0.012	255.58	3.2	3
中 央	17.010	11.916	22.0	34.5	0.069	0.009	380.13	1.6	1
$Ppb > Ppd$						$Sf > 1.0$	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	48.00	4800.0	921600.00	24.00	38400.00
ハチ始点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
τ 点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
中 央	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67

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 19	6.00	2.835	240000	2.00	外 側
ハチ始点	φ 19	6.00	2.835	240000	-3.00	外 側
τ 点	φ 19	6.00	2.835	240000	-3.00	外 側
中 央	φ 19	6.00	2.835	240000	3.00	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	846.56	3.06	-0.15	82.57	25.40	738.59	0.872	3
ハチ始点	846.56	4.07	0.24	102.44	25.40	718.72	0.849	3
τ 点	846.56	4.07	0.10	100.36	25.40	720.80	0.851	3
中 央	846.56	4.07	-0.59	89.92	25.40	731.24	0.864	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.06	-0.15	82.57	25.40	738.59	0.872	3
ハチ始点	846.56	4.07	0.24	102.44	25.40	718.72	0.849	3
τ 点	846.56	4.07	0.10	100.36	25.40	720.80	0.851	3
中 央	846.56	4.07	-0.59	89.92	25.40	731.24	0.864	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	846.56	3.06	-0.15	82.57	25.40	738.59	0.872	3
ハチ始点	846.56	4.07	0.24	102.44	25.40	718.72	0.849	3
τ 点	846.56	4.07	0.10	100.37	25.40	720.80	0.851	3
中 央	846.56	4.07	-0.59	89.92	25.40	731.24	0.864	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	846.56	3.06	-0.15	82.57	25.40	738.59	0.872	3
ハチ始点	846.56	4.07	0.24	102.44	25.40	718.72	0.849	3
τ 点	846.56	4.07	0.10	100.37	25.40	720.80	0.851	3
中 央	846.56	4.07	-0.59	89.92	25.40	731.24	0.864	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	1.85	0.09	1.96	3.90	3
ハチ始点	1.53	0.11	4.74	6.39	3
中 央	3.73	0.11	1.72	5.56	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.85	0.09	3.27	1.51	3
ハチ始点	-1.53	0.11	1.69	0.27	3
中 央	-3.73	0.11	4.82	1.21	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	2.40	0.08	1.96	4.44	3
ハチ始点	1.91	0.10	4.74	6.75	3
中 央	5.20	0.10	1.72	7.03	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.40	0.08	3.27	0.95	3
ハチ始点	-1.91	0.10	1.69	-0.12	3
中 央	-5.20	0.10	4.82	-0.28	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	
端 部	-124.444	0.14	5.31	1.2	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-62.085	-0.75	7.46	3.5	13.1	0.816	1.738	3
中 央	169.056	-2.07	8.88	7.2	74.0	4.626	3.584	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 0	— 0	7.602 cm ² /m	> As1 or As2
内 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 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	28800	38.171	163.157	1256.34	2.70	0.51	-0.093	3
τ 点	100.0	18050	38.171	132.240	1226.07	3.33	0.52	-0.080	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	-71.039	-21.142	-145.205	-156.707	-156.707	3
ハッチ始点	-36.892	-9.097	-70.701	-78.181	-78.181	3
中 央	89.677	35.550	205.454	212.885	212.885	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	17.010	7.602	26.0	44.5	0.069	0.007	414.21	2.6	3
ハッチ始点	17.010	7.602	16.0	34.5	0.069	0.012	255.58	3.3	3
中 央	17.010	11.916	22.0	34.5	0.069	0.009	380.13	1.8	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	-86.130	141.710	60.78	18.00	111.638	3
	上ハチ点	-79.498	144.413	55.05	13.00	98.272	3
側壁	中 間	-70.481	152.290	46.28	13.00	90.278	3
	下ハチ点	-82.358	160.454	51.33	13.00	103.217	3
	下端部	-92.181	163.157	56.50	18.00	121.549	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	111.638	18.62	22.12	43.00	10.914
	上ハチ点	98.272	17.47	20.97	33.00	14.871
側壁	中 間	90.278	16.74	20.24	33.00	12.326
	下ハチ点	103.217	17.90	21.40	33.00	15.145
	下端部	121.549	19.42	22.92	43.00	11.423
$d + d' < T$					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 0 - 0

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 A _s (cm ² /m)	x (cm)	実応力度 (N/mm ²)		
					σ_c	σ_s	$\sigma_{s'}$
頂版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
底版	端部	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	ハチ始点	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	中央	*****	*****	*****	*****	*****	*****
側壁	上端部	100.00	17.190	14.995	4.32	105.8	0.0
	上ハチ点	100.00	17.190	12.010	6.42	140.2	0.0
	中間	100.00	17.190	12.411	5.74	118.5	0.0
	下ハチ点	100.00	17.190	12.162	6.67	142.6	0.0
	下端部	100.00	17.190	15.247	4.63	110.5	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	88.766	41.494	122.919	80.374				
	M			-19.311					
	N			24.590					
	最大			○					
底版 τ点	S	97.192	58.877	132.240	97.757				
	M			-17.593					
	N			38.171					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-12.055	-8.656	-15.534	-14.821				
	M			-75.902					
	N			146.261					
	最大			○					
側壁下 τ点	S	11.742	21.991	20.593	28.156				
	M				-52.798				
	N				116.061				
	最大				○				

ここに、S：せん断力(kN)、M：モーメント(kN・m)、N：軸力(kN)を示す。

9.2 セン断応力度の検討

コンクリートのせん断応力度は、平均せん断応力度として算出する。

$$\tau = \frac{S}{b \cdot d} \times 10 < C_e \cdot C_{pt} \cdot C_N \cdot \tau_a$$

ここに、 S : セン断力 (kN)
d : 有効高さ (cm)
b : 部材幅 (cm)

各せん断応力度照査位置の許容せん断応力度は、以下の補正係数を乗じて求める。

① 部材断面の有効高 d の影響

次表に示す部材断面の有効高さに関する補正係数(Ce)をτaに乘じる。

有効高さ (m)	0.3 以下	1.0	3.0	5.0	10.0 以上
補正係数(Ce)	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

② 軸方向引張鉄筋比の影響

次表に示す軸方向引張鉄筋比に関する補正係数(Cpt)をτaに乘じる。

鉄筋比は中立軸よりも引張側にある軸方向鉄筋の断面積の総和をbdで除して求める。

引張鉄筋比 (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0 以上
補正係数(Cpt)	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

③ 軸方向圧縮力の影響

軸方向圧縮力が大きな部材の場合、次式により計算される軸方向圧縮力による補正係数(CN)を τ_a に乘じる。

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

ここに、CN：軸方向力による補正係数

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

M：断面に作用する曲げモーメント(kN・m)

N：断面に作用する軸方向圧縮力(kN)

Pe：P C 鋼棒に作用するm当りの全有効引張力(kN)

Z：図心軸に関する断面係数(m³)

Ac：部材断面積(m²)

ep：P C 鋼棒の偏心量<引張縁側+／圧縮縁側->(m)

照査位置	T (cm)	d' (cm)	d (cm)	Ce	引張鉄筋		Pt (%)	Cpt
					径-本数	As (cm ²)		
頂版 τ 点	38.0	3.5	34.5	1.374	D13-6	7.602	0.220	0.920
底版 τ 点	38.0	3.5	34.5	1.374	D13-6	7.602	0.220	0.920
側壁上 τ 点	33.0	3.5	29.5	1.400	D19-6	17.190	0.583	1.250
側壁下 τ 点	33.0	3.5	29.5	1.400	D19-6	17.190	0.583	1.250

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	-19.311	1227.1	24.590	0.380	0.02407	-0.03	42.472	2.000
底版 τ 点	-17.593	1226.1	38.171	0.380	0.02407	-0.03	43.299	2.000
側壁上 τ 点	-75.902	0.0	146.261	0.330	0.01815	0.00	8.044	1.106
側壁下 τ 点	-52.798	0.0	116.061	0.330	0.01815	0.00	6.383	1.121

照査位置	τ_a	補正係数			補正 τ_a
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 τ 点	0.270	1.374	0.920	2.000	0.683
底版 τ 点	0.270	1.374	0.920	2.000	0.683
側壁上 τ 点	0.270	1.400	1.250	1.106	0.523
側壁下 τ 点	0.270	1.400	1.250	1.121	0.530

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	122.919	34.5	0.356	0.683
底版 τ 点	132.240	34.5	0.383	0.683
側壁上 τ 点	15.534	29.5	0.053	0.523
側壁下 τ 点	28.156	29.5	0.095	0.530

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上