

受付 No.

台帳 No. PS407000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

C Y - S Y S T E M (P C)

パ ワ ー ボ ッ ク ス カ ル バ ー ト

設 計 計 算 書

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

○内空寸法： 内 幅 (B) 5500 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 = 0.200 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) 5500 × (H) 2000 × (L) 1000 [mm]
土被り	: H1 = 0.200 ~ 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)	40 mm	40 mm	40 mm
: (外側)	40 mm	40 mm	40 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 : $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

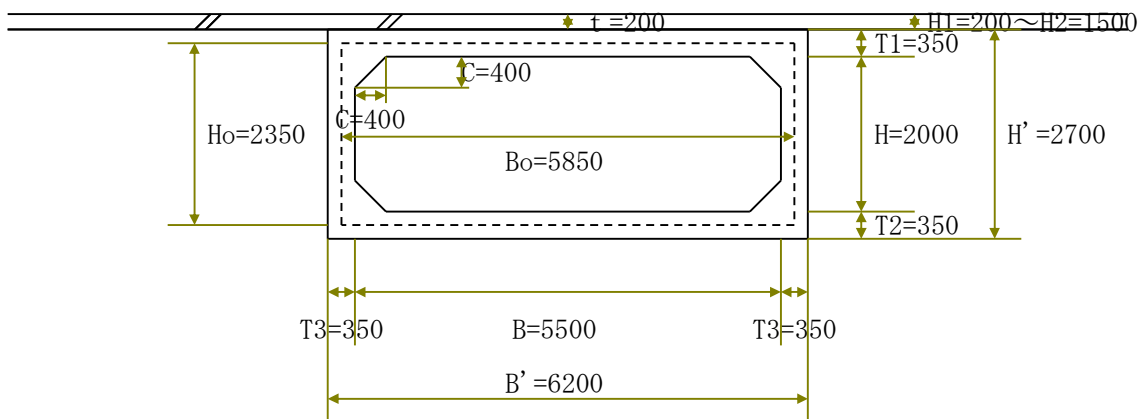
1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (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	$\phi 32$	$\phi 32$	*****	(mm)
断面積	804.20	804.20	*****	(mm ²)
設計引張力	690000	690000	*****	(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

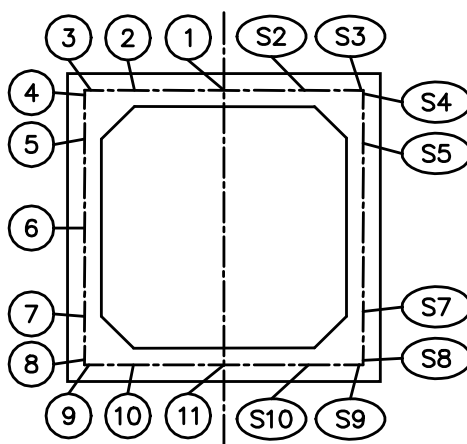
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

2 断面力計算

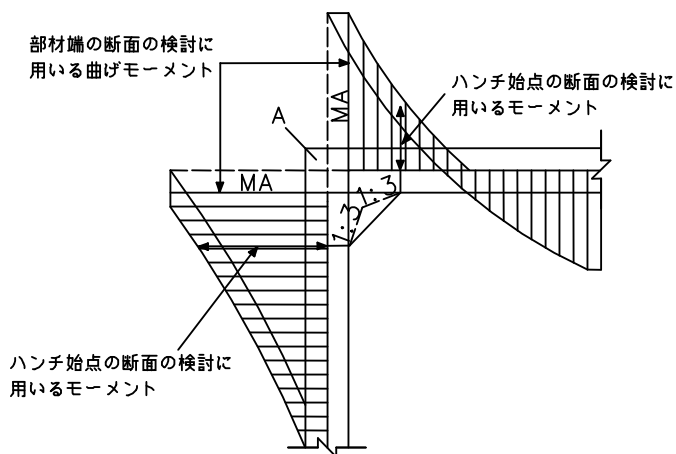
ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

曲げモーメント

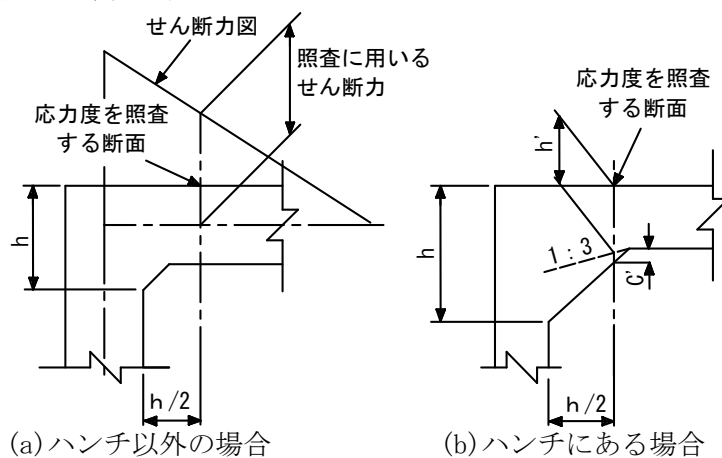
せん断力



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

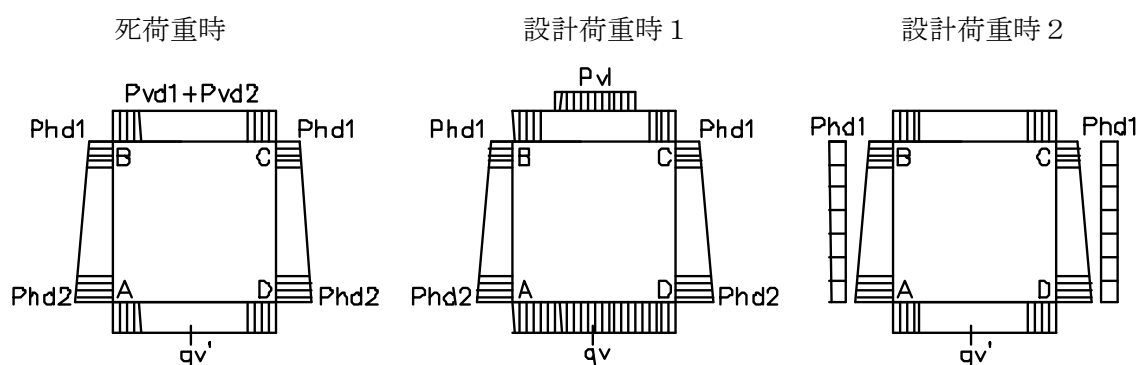
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

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 $u = a + 2 \times H1 = 0.600 \text{ m}$
 $v = b + 2 \times H1 = 0.900 \text{ m}$
 $P1 = 0.4 \times T \times (1 + i) \times \beta = 130.000 \text{ kN}$
 $P_{v1} = 2 \times P1 / 2.75 / u$
- (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 (kN/m ²)	設計荷重時 1 CASE-1 (kN/m ²)	設計荷重 2 CASE-2 (kN/m ²)
-------	------------------------------	---	--

Pvd1	8.575	8.575	8.575
Pvd2	4.500	4.500	4.500
Phd1 = Phd1	3.825	3.825	*****
Phd1 = Phd1 + Pq	*****	*****	8.825
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + Pq	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + Pq	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	24.975	24.975	*****
Phd2 = Phd2 + Pq	*****	*****	29.975
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
Pv1	0.000	157.576	0.000
qv	*****	37.466	*****
qv'	21.304	*****	21.304

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

3.1.2 構造解析

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

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

注1) 死荷重時、設計荷重時2のCADは、 $q_v = q_v'$

注2) 死荷重時、設計荷重時2のCBCは、 $P_{vl} = 0$

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

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

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

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
α	0.4017	0.4017	0.4017
β	0.4017	0.4017	0.4017
N1	2.4017	2.4017	2.4017
N2	2.4017	2.4017	2.4017
CAD (kN・m/m)	60.758	106.849	60.758
CBC (kN・m/m)	37.288	106.182	37.288
CAB (kN・m/m)	7.600	7.600	9.901
CBA (kN・m/m)	5.654	5.654	7.955
θ_A	-33.409	-71.074	-31.768
θ_B	27.082	71.450	25.441
MAB (kN・m/m)	-47.337	-78.298	-47.996
MAD (kN・m/m)	47.337	78.298	47.996
MBA (kN・m/m)	26.409	77.480	27.069
MBC (kN・m/m)	-26.409	-77.480	-27.069

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。

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

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

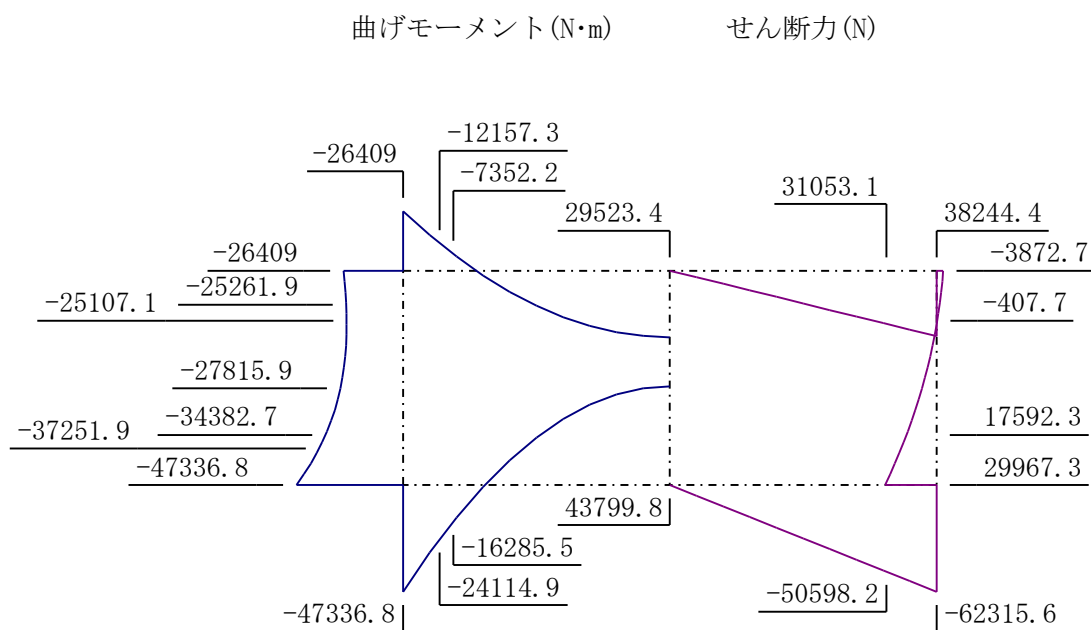
計 算 値		死荷重時	設計荷重時 1 CASE-1	設計荷重時 2 CASE-2
SBC	(kN/m)	38.244	85.517	38.244
SCB	(kN/m)	-38.244	-85.517	-38.244
Mmax	(kN・m/m)	29.523	109.634	28.864
SAD	(kN/m)	62.316	109.588	62.316
SDA	(kN/m)	-62.316	-109.588	-62.316
Mmax	(kN・m/m)	43.800	81.975	43.140
SAB	(kN/m)	29.967	21.410	35.842
SBA	(kN/m)	-3.873	-12.430	-9.748
x	(m)	1.060	1.060	*****
		1.562	*****	1.562
Mmax	(kN・m/m)	-27.816	-67.848	*****
Mmax	(kN・m/m)	-25.279	*****	-22.861

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。

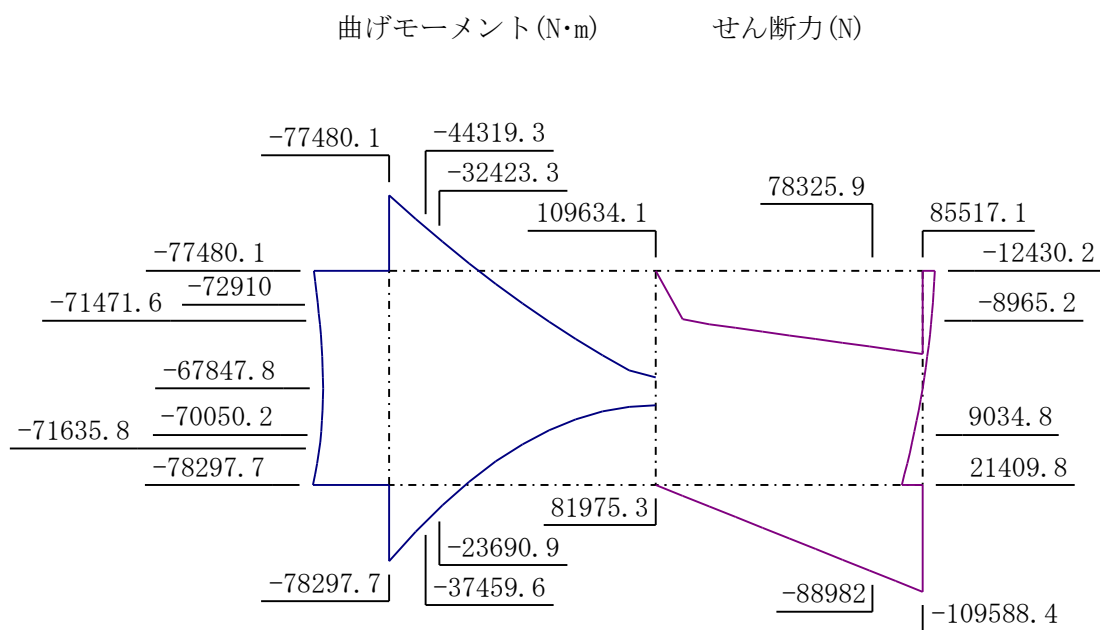
(1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

		[/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	0.175	-26409	38244	3873
	2 ハチ始点	0.575	-12157	***	3873
	S2 τ 点	0.550	-7352	31053	3873
	1 中 央	2.925	29523	0	3873
底板	9, S9 端 部	0.175	-47337	62316	29967
	10 ハチ始点	0.575	-24115	***	29967
	S10 τ 点	0.550	-16285	50598	29967
	11 中 央	2.925	43800	0	29967
側壁	4, S4 上 端部	2.175	-26409	-3873	38244
	5 上ハチ点	1.775	-25262	***	42342
	S5 上 τ 点	1.800	-25107	-408	43878
	6 中 間	1.060	-27816	*****	51458
		1.562	-25279	*****	46316
	S7 下 τ 点	0.550	-34383	17592	56682
	7 下ハチ点	0.575	-37252	***	58218
	8, S8 下 端部	0.175	-47337	29967	62316



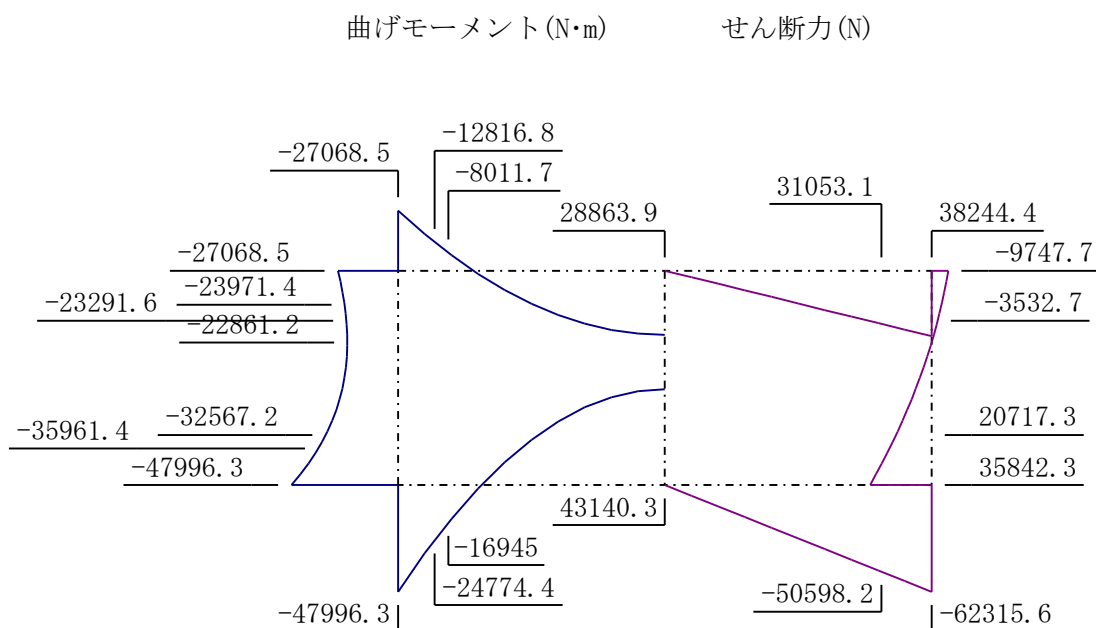
(1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

					[/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	0.175	-77480	85517	12430
	2 ハチ始点	0.575	-44319	***	12430
	S2 τ 点	0.550	-32423	78326	12430
	1 中 央	2.925	109634	0	12430
底板	9, S9 端 部	0.175	-78298	109588	21410
	10 ハチ始点	0.575	-37460	***	21410
	S10 τ 点	0.550	-23691	88982	21410
	11 中 央	2.925	81975	0	21410
側壁	4, S4 上 端部	2.175	-77480	-12430	85517
	5 上ハチ点	1.775	-72910	***	89614
	S5 上 τ点	1.800	-71472	-8965	91151
	6 中 間	1.060	-67848	0	98731
	S7 下 τ点	0.550	-70050	9035	103955
	7 下ハチ点	0.575	-71636	***	105491
	8, S8 下 端部	0.175	-78298	21410	109588



(1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

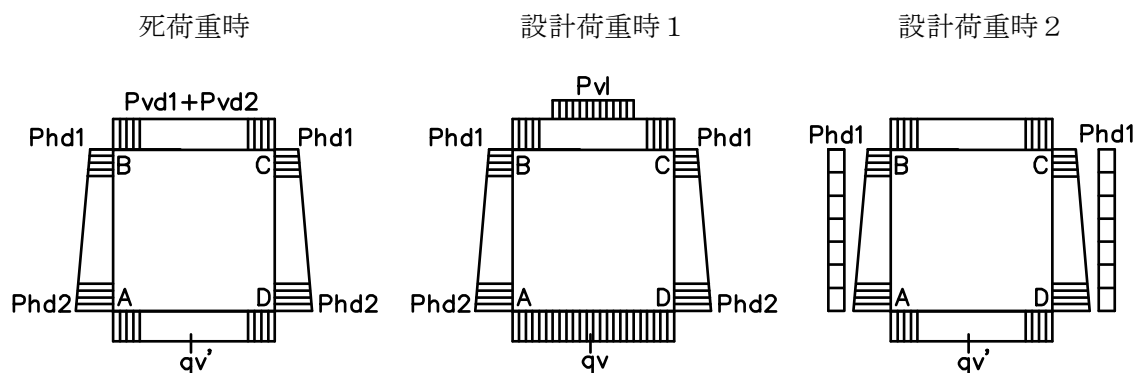
[/単位長]					
部材	照査点	距 離 x (m)	曲げモーメント M (N・m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3 端 部	0.175	-27069	38244	9748
	2 ハチ始点	0.575	-12817	***	9748
	S2 τ 点	0.550	-8012	31053	9748
	1 中 央	2.925	28864	0	9748
底板	9, S9 端 部	0.175	-47996	62316	35842
	10 ハチ始点	0.575	-24774	***	35842
	S10 τ 点	0.550	-16945	50598	35842
	11 中 央	2.925	43140	0	35842
側壁	4, S4 上 端部	2.175	-27069	-9748	38244
	5 上ハチ点	1.775	-23971	***	42342
	S5 上 τ点	1.800	-23292	-3533	43878
	6 中 間	1.562	-22861	0	46316
	S7 下 τ点	0.550	-32567	20717	56682
	7 下ハチ点	0.575	-35961	***	58218
	8, S8 下 端部	0.175	-47996	35842	62316



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}	8.575	8.575	8.575
P _{vd2}	27.900	27.900	27.900
Phd1 = Phd1	15.525	15.525	*****
Phd1 = Phd1 + P _q	*****	*****	20.525
Phd3 = Phd3	*****	*****	*****
Phd3 = Phd3 + P _q	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5	*****	*****	*****
Phd5 = Phd5 + P _q	*****	*****	*****
Phd2 = Phd2	36.675	36.675	*****
Phd2 = Phd2 + P _q	*****	*****	41.675
Phd4 = Phd4	*****	*****	*****
P _{v1}	0.000	26.591	0.000
q _v	*****	59.250	*****
q _{v'}	44.704	*****	44.704

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

$$CAD = q_v \times B_o^2 / 12$$

$$CBC = \{2 \times (P_{vd1} + P_{vd2}) \times B_o^3 + P_{vl} \times u \times (3 \times B_o^2 - u^2)\} / (24 \times B_o)$$

$$CAB = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd1} + 3 \times P_{hd2}) / 60$$

$$CBA = (H_o^2) \times (2 \times P_{hd2} + 3 \times P_{hd1}) / 60$$

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)

(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

$$MAB = 2 \times \theta_A + \theta_B - CAB$$

$$MAD = \beta \times \theta_A + CAD$$

$$MBA = 2 \times \theta_B + \theta_A + CBA$$

$$MBC = \alpha \times \theta_B - CBA$$

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

計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
α	0.4017	0.4017	0.4017
β	0.4017	0.4017	0.4017
N1	2.4017	2.4017	2.4017
N2	2.4017	2.4017	2.4017
CAD (kN・m/m)	127.492	168.973	127.492
CBC (kN・m/m)	104.022	160.039	104.022
CAB (kN・m/m)	12.985	12.985	15.286
CBA (kN・m/m)	11.038	11.038	13.339
θ_A	-77.177	109.819	-75.535
θ_B	70.850	107.765	69.208
MAB (kN・m/m)	-96.489	124.858	-97.148
MAD (kN・m/m)	96.489	124.858	97.148
MBA (kN・m/m)	75.561	116.749	76.221
MBC (kN・m/m)	-75.561	116.749	-76.221

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。

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

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

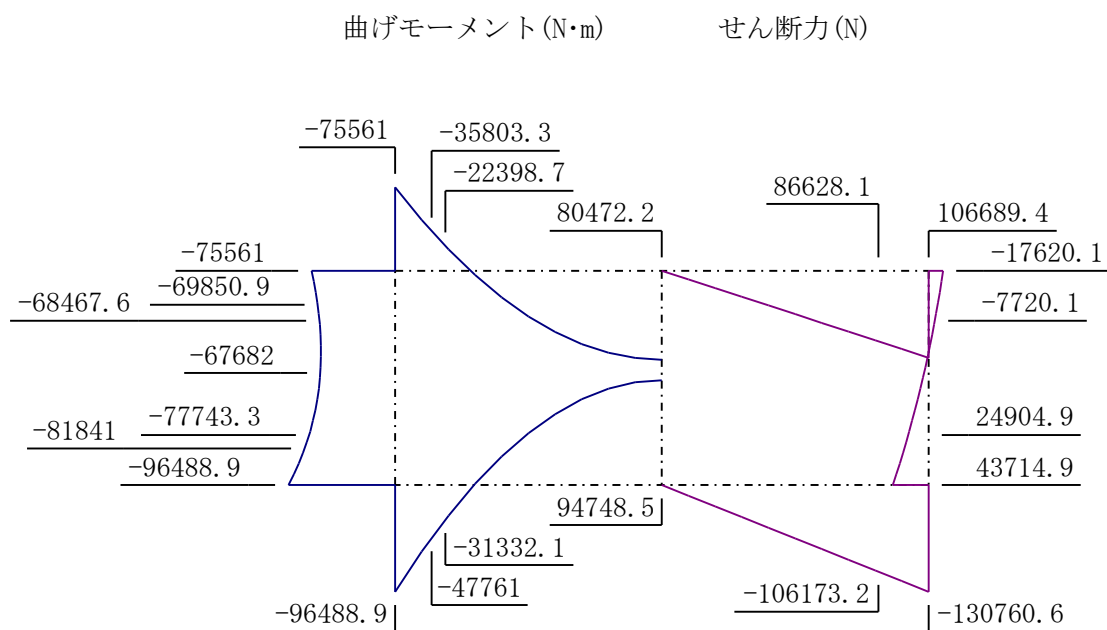
計 算 値	死荷重時	設計荷重時 1 CASE-3	設計荷重時 2 CASE-4
SBC (kN/m)	106.689	149.235	106.689
SCB (kN/m)	-106.689	-149.235	-106.689
Mmax (kN・m/m)	80.472	129.694	79.813
SAD (kN/m)	130.761	173.306	130.761
SDA (kN/m)	-130.761	-173.306	-130.761
Mmax (kN・m/m)	94.749	128.602	94.089
SAB (kN/m)	43.715	38.260	49.590
SBA (kN/m)	-17.620	-23.075	-23.495
x (m)	1.228	1.228	*****
	1.402	*****	1.402
Mmax (kN・m/m)	-67.682	-102.749	*****
Mmax (kN・m/m)	-67.111	*****	-64.448

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。

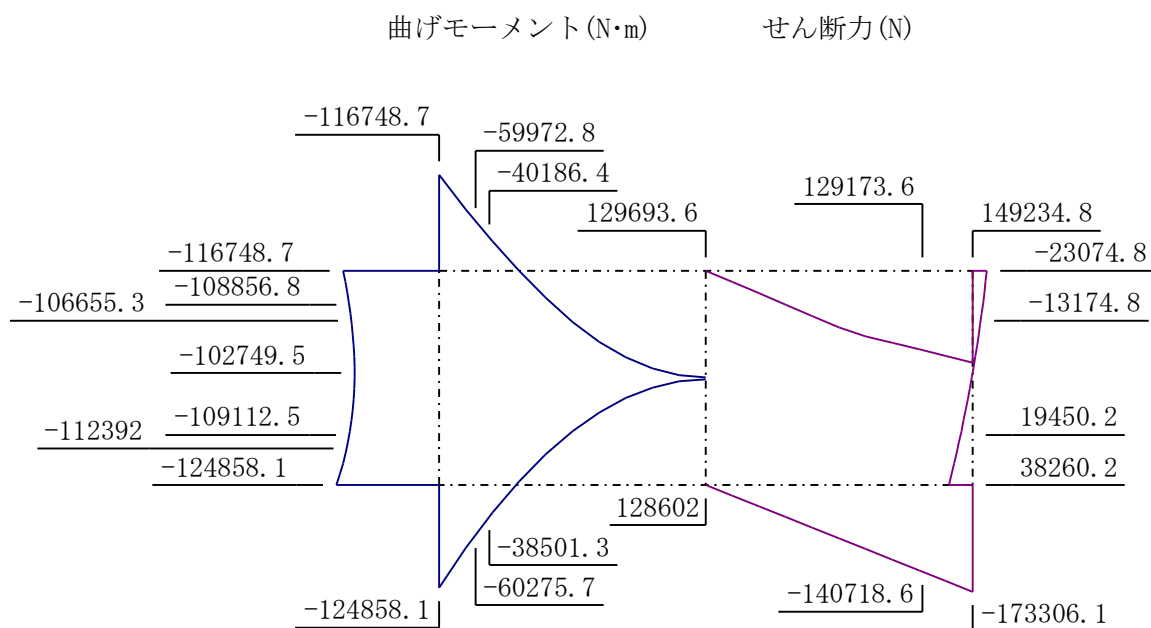
(1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

		[/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	0.175	-75561	106689	17620
	2 ハッチ始点	0.575	-35803	***	17620
	S2 τ 点	0.550	-22399	86628	17620
	1 中 央	2.925	80472	0	17620
底版	9, S9 端 部	0.175	-96489	130761	43715
	10 ハッチ始点	0.575	-47761	***	43715
	S10 τ 点	0.550	-31332	106173	43715
	11 中 央	2.925	94749	0	43715
側壁	4, S4 上 端部	2.175	-75561	-17620	106689
	5 上ハッチ点	1.775	-69851	***	110787
	S5 上 τ 点	1.800	-68468	-7720	112323
	6 中 間	1.228	-67682	*****	118182
		1.402	-67111	*****	116400
	S7 下 τ 点	0.550	-77743	24905	125127
	7 下ハッチ点	0.575	-81841	***	126663
	8, S8 下 端部	0.175	-96489	43715	130761



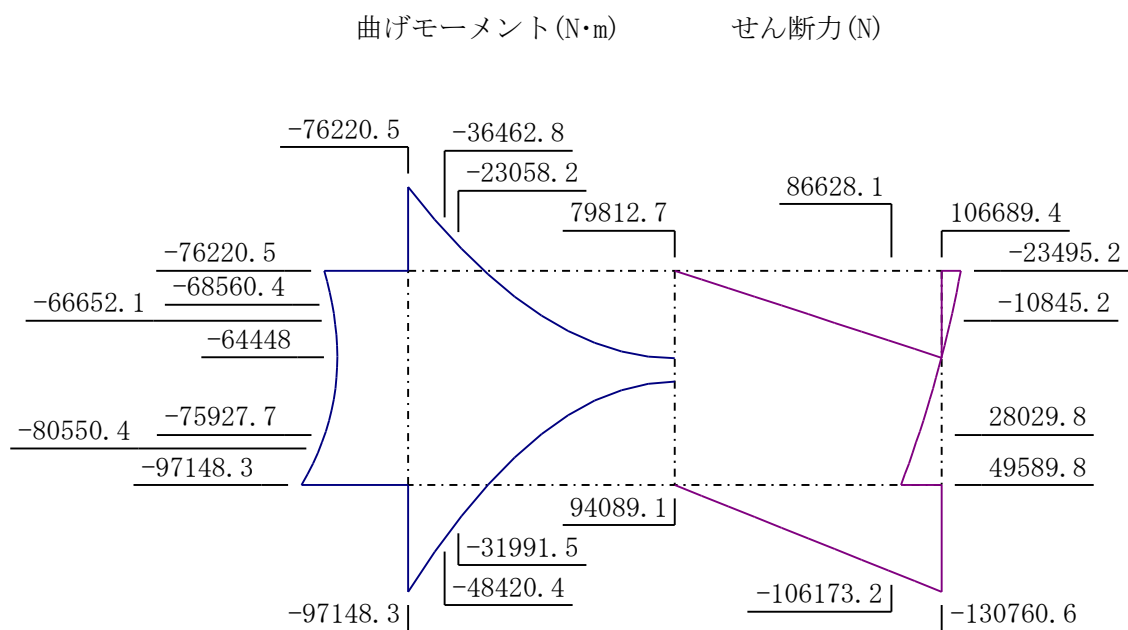
(2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

[/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	0.175	-116749	149235	23075
	2 ハチ始点	0.575	-59973	***	23075
	S2 τ 点	0.550	***	129174	***
	1 中 央	2.925	129694	0	23075
底板	9, S9 端 部	0.175	-124858	173306	38260
	10 ハチ始点	0.575	-60276	***	38260
	S10 τ 点	0.550	***	140719	***
	11 中 央	2.925	128602	0	38260
側壁	4, S4 上 端部	2.175	-116749	-23075	149235
	5 上ハチ点	1.775	-108857	***	153332
	S5 上 τ点	1.800	***	-13175	***
	6 中 間	1.228	-102750	0	160728
	S7 下 τ点	0.550	***	19450	***
	7 下ハチ点	0.575	-112392	***	169209
	8, S8 下 端部	0.175	-124858	38260	173306



(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	0.175	-76221	106689	23495
	2 ハチ始点	0.575	-36463	***	23495
	S2 τ 点	0.550	***	86628	***
	1 中 央	2.925	79813	0	23495
底版	9, S9 端 部	0.175	-97148	130761	49590
	10 ハチ始点	0.575	-48420	***	49590
	S10 τ 点	0.550	***	106173	***
	11 中 央	2.925	94089	0	49590
側壁	4, S4 上 端部	2.175	-76221	-23495	106689
	5 上ハチ点	1.775	-68560	***	110787
	S5 上 τ点	1.800	***	-10845	***
	6 中 間	1.402	-64448	0	116400
	S7 下 τ点	0.550	***	28030	*****
	7 下ハチ点	0.575	-80550	***	126663
	8, S8 下 端部	0.175	-97148	49590	130761



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

$$S_f = M_u / M_d > 1.0$$

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

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 PC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	48.33	4833.3	940933.64	24.17	38935.19
ハチ始点	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67
τ 点	100.00	35.83	3583.3	382355.93	17.92	21340.80
中 央	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67

5.1.2 使用PC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 32	3.00	8.042	690000	4.17	外 側
ハチ始点	φ 32	3.00	8.042	690000	-2.50	外 側
τ 点	φ 32	3.00	8.042	690000	-2.50	外 側
中 央	φ 32	3.00	8.042	690000	2.50	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	858.00	4.66	-0.33	101.81	25.74	730.45	0.851	3
ハチ始点	858.00	6.28	0.25	131.33	25.74	700.93	0.817	3
τ 点	858.00	6.11	0.15	127.75	25.74	704.50	0.821	3
中 央	858.00	6.28	-0.56	119.46	25.74	712.79	0.831	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	858.00	4.66	-0.33	101.81	25.74	730.45	0.851	3
ハチ始点	858.00	6.28	0.25	131.33	25.74	700.93	0.817	3
τ 点	858.00	6.11	0.15	127.75	25.74	704.50	0.821	3
中 央	858.00	6.28	-0.56	119.46	25.74	712.79	0.831	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	858.00	4.66	-0.33	101.81	25.74	730.45	0.851	3
ハチ始点	858.00	6.28	0.25	131.33	25.74	700.93	0.817	3
τ 点	858.00	6.11	0.15	127.76	25.74	704.50	0.821	3
中 央	858.00	6.28	-0.56	119.46	25.74	712.79	0.831	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	858.00	4.66	-0.33	101.81	25.74	730.45	0.851	3
ハチ始点	858.00	6.28	0.25	131.33	25.74	700.93	0.817	3
τ 点	858.00	6.11	0.15	127.76	25.74	704.50	0.821	3
中 央	858.00	6.28	-0.56	119.46	25.74	712.79	0.831	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	1.94	0.04	1.76	3.74	3
ハチ始点	1.75	0.05	6.90	8.71	3
中 央	3.94	0.05	2.81	6.80	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-1.94	0.04	5.53	3.63	3
ハチ始点	-1.75	0.05	2.76	1.06	3
中 央	-3.94	0.05	7.02	3.13	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.00	0.05	1.76	4.81	3
ハチ始点	2.94	0.07	6.90	9.91	3
中 央	6.35	0.07	2.81	9.23	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.00	0.05	5.53	2.58	3
ハチ始点	-2.94	0.07	2.76	-0.11	3
中 央	-6.35	0.07	7.02	0.73	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	-157.611	1.55	5.87	10.1	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-80.963	-1.12	10.96	3.2	18.0	1.128	1.617	3
中 央	175.086	-1.47	11.47	4.0	29.1	1.821	1.985	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 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	29201	23.075	149.235	1762.27	3.69	0.46	-0.057	3
τ 点	100.0	16050	23.075	129.174	1699.68	4.81	0.54	-0.060	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	-75.561	-41.188	-201.199	-198.473	-201.199	3
ハッチ始点	-35.803	-24.169	-106.968	-101.954	-106.968	3
中 央	29.523	80.111	238.657	186.378	238.657	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	24.126	11.916	28.3	44.3	0.069	0.010	622.98	3.1	3
ハッチ始点	24.126	11.916	15.0	31.0	0.069	0.018	318.53	3.0	3
中 央	24.126	11.916	20.0	31.0	0.069	0.014	415.12	1.7	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	48.33	4833.3	940933.64	24.17	38935.19
ハチ始点	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67
τ 点	100.00	35.83	3583.3	382355.93	17.92	21340.80
中 央	100.00	35.00	3500.0	357291.67	17.50	20416.67

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 32	3.00	8.042	690000	4.17	外 側
ハチ始点	φ 32	3.00	8.042	690000	-2.50	外 側
τ 点	φ 32	3.00	8.042	690000	-2.50	外 側
中 央	φ 32	3.00	8.042	690000	2.50	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	858.00	4.66	-0.43	100.42	25.74	731.84	0.853	3
ハチ始点	858.00	6.28	0.33	132.55	25.74	699.71	0.816	3
τ 点	858.00	6.12	0.20	128.62	25.74	703.64	0.820	3
中 央	858.00	6.28	-0.66	118.01	25.74	714.25	0.832	3
(2) 死荷重時 (最大引張)								
端 部	858.00	4.66	-0.43	100.42	25.74	731.84	0.853	3
ハチ始点	858.00	6.28	0.33	132.55	25.74	699.71	0.816	3
τ 点	858.00	6.12	0.20	128.62	25.74	703.64	0.820	3
中 央	858.00	6.28	-0.66	118.01	25.74	714.25	0.832	3
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)								
端 部	858.00	4.66	-0.43	100.42	25.74	731.84	0.853	3
ハチ始点	858.00	6.28	0.33	132.55	25.74	699.71	0.816	3
τ 点	858.00	6.12	0.20	128.63	25.74	703.63	0.820	3
中 央	858.00	6.28	-0.66	118.01	25.74	714.25	0.832	3
(4) 設計荷重時 (最大引張)								
端 部	858.00	4.66	-0.43	100.42	25.74	731.84	0.853	3
ハチ始点	858.00	6.28	0.33	132.55	25.74	699.71	0.816	3
τ 点	858.00	6.12	0.20	128.63	25.74	703.63	0.820	3
中 央	858.00	6.28	-0.66	118.01	25.74	714.25	0.832	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	2.48	0.09	1.76	4.33	3
ハチ始点	2.34	0.12	6.89	9.35	3
中 央	4.64	0.12	2.81	7.58	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(2) 死荷重時 (最大引張)					
端 部	-2.48	0.09	5.54	3.15	3
ハチ始点	-2.34	0.12	2.76	0.54	3
中 央	-4.64	0.12	7.03	2.52	3
$\sigma_t > 0.0$				CHECK OK	
(3) 設計荷重時 (最大圧縮)					
端 部	3.21	0.08	1.76	5.05	3
ハチ始点	2.95	0.11	6.89	9.95	3
中 央	6.30	0.11	2.81	9.22	3
$\sigma_c < 15.0$				CHECK OK	
(4) 設計荷重時 (最大引張)					
端 部	-3.21	0.08	5.54	2.41	3
ハチ始点	-2.95	0.11	2.76	-0.09	3
中 央	-6.30	0.11	7.03	0.84	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	-168.558	1.32	6.20	8.5	0.0	0.000	0.000	3
ハッチ始点	-81.372	-1.08	11.02	3.1	16.9	1.058	1.564	3
中 央	173.613	-1.32	11.46	3.6	23.9	1.496	1.810	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 16	— 6	D 0	— 0	11.916 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)	$\sigma c'$	τ (N/mm ²)	σi	ケース
端 部	100.0	29201	38.260	173.306	1765.63	3.73	0.54	-0.076	3
τ 点	100.0	16050	38.260	140.719	1697.59	4.84	0.59	-0.071	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	-96.489	-28.369	-196.359	-212.259	-212.259	3
ハッチ始点	-47.761	-12.515	-93.376	-102.469	-102.469	3
中 央	94.749	33.853	207.807	218.623	218.623	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	24.126	11.916	28.3	44.3	0.069	0.010	622.98	2.9	3
ハッチ始点	24.126	11.916	15.0	31.0	0.069	0.018	318.53	3.1	3
中 央	24.126	11.916	20.0	31.0	0.069	0.014	415.12	1.9	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	-116.749	149.235	78.23	20.17	146.844	3
	上ハチ点	-108.857	153.332	70.99	13.50	129.557	3
側壁	中 間	-102.749	160.728	63.93	13.50	124.448	3
	下ハチ点	-112.392	169.209	66.42	13.50	135.235	3
	下端部	-124.858	173.306	72.04	20.17	159.808	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	146.844	21.35	25.35	48.33	13.895
	上ハチ点	129.557	20.05	24.05	35.00	20.724
側壁	中 間	124.448	19.66	23.66	35.00	18.993
	下ハチ点	135.235	20.49	24.49	35.00	21.146
	下端部	159.808	22.27	26.27	48.33	14.553
				$d + d' < T$	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 22 - 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	23.226	17.518	4.36	100.0	0.0
	上ハチ点	100.00	23.226	13.379	7.30	144.2	0.0
	中間	100.00	23.226	13.581	6.92	133.2	0.0
	下ハチ点	100.00	23.226	13.504	7.56	146.9	0.0
	下端部	100.00	23.226	17.799	4.68	104.6	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	78.326	31.053	129.174	86.628				
	M			-40.186					
	N			23.075					
	最大			○					
底版 τ点	S	88.982	50.598	140.719	106.173				
	M			-38.501					
	N			38.260					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-8.965	-3.533	-13.175	-10.845				
	M			106.655					
	N			154.869					
	最大			○					
側壁下 τ点	S	9.035	20.717	19.450	28.030				
	M				-75.928				
	N				125.127				
	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	35.8	4.0	31.8	1.390	D16-6	11.916	0.374	1.074
底版 τ 点	35.8	4.0	31.8	1.390	D16-6	11.916	0.374	1.074
側壁上 τ 点	35.8	4.0	31.8	1.390	D22-6	23.226	0.730	1.338
側壁下 τ 点	35.8	4.0	31.8	1.390	D22-6	23.226	0.730	1.338

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	-40.186	1699.7	23.075	0.358	0.02134	-0.03	68.699	2.000
底版 τ 点	-38.501	1697.6	38.260	0.358	0.02134	-0.03	69.521	2.000
側壁上 τ 点	106.655	0.0	154.868	0.358	0.02134	0.00	9.232	1.087
側壁下 τ 点	-75.928	0.0	125.127	0.358	0.02134	0.00	7.459	1.098

照査位置	τ_a	補正係数			補正 τ_a
		Ce	Cpt	Cn	
頂版 τ 点	0.270	1.390	1.074	2.000	0.806
底版 τ 点	0.270	1.390	1.074	2.000	0.806
側壁上 τ 点	0.270	1.390	1.338	1.087	0.545
側壁下 τ 点	0.270	1.390	1.338	1.098	0.551

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	129.174	31.8	0.406	0.806
底版 τ 点	140.719	31.8	0.442	0.806
側壁上 τ 点	13.175	31.8	0.041	0.545
側壁下 τ 点	28.030	31.8	0.088	0.551

$\tau < \tau_a$ CHECK OK

以上