

受付 No.

台帳 No. PS403000

■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □ ■ □

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) 4000 mm  
内 高 (H) 2800 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) 4000 × (H) 2800 × (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 <sub>b</sub> = 0.000 [m]          |

## 1.2 単位容積重量

|              |   |
|--------------|---|
| 舗 装 材        | : $\gamma_a = 22.5$ [kN/m <sup>3</sup> ]    |
| 路盤材 (地下水位以上) | : $\gamma_b = 19.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]    |
| 路盤材 (地下水位以下) | : $\gamma_{bw} = 10.0$ [kN/m <sup>3</sup> ] |
| 鉄筋コンクリート     | : $\gamma_c = 24.5$ [kN/m <sup>3</sup> ]    |
| 土 (地下水位以上)   | : $\gamma_s = 18.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]    |
| 土 (地下水位以下)   | : $\gamma_w = 9.0$ [kN/m <sup>3</sup> ]     |

## 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/m<sup>2</sup>]

## 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 <sup>2</sup> ]     |
| 降伏点応力度 | : $\sigma_{sy} = 295$ [N/mm <sup>2</sup> ]     |
| 弾性係数   | : $E_s = 2.0 \times 10^5$ [N/mm <sup>2</sup> ] |

## 1.8.2 コンクリート

- (1) 設計基準強度 :  $\sigma_{ck} = 40.0 \text{ N/mm}^2$
- (2) プレストレストコンクリート部材
- P S 導入時強度 :  $\sigma_{ck}' = 35.0 \text{ N/mm}^2$
- P S 導入直後
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{cat} = 19.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{tat} = -1.5 \text{ N/mm}^2$
- 設計荷重作用時
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{ca} = 15.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{ta} = -1.5 \text{ N/mm}^2$
- (死荷重作用時)
- 許容曲げ引張応力度 :  $\sigma_{ta}' = 0.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容せん断応力度 :  $\tau_a = 0.270 \text{ N/mm}^2$
- 許容斜引張応力度 :  $\sigma_{ia} = -1.0 \text{ N/mm}^2$
- (3) 鉄筋コンクリート部材
- 許容曲げ圧縮応力度 :  $\sigma_{ca} = 14.0 \text{ N/mm}^2$
- 許容せん断応力度 :  $\tau_a = 0.270 \text{ N/mm}^2$
- (4) 弾性係数 :  $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

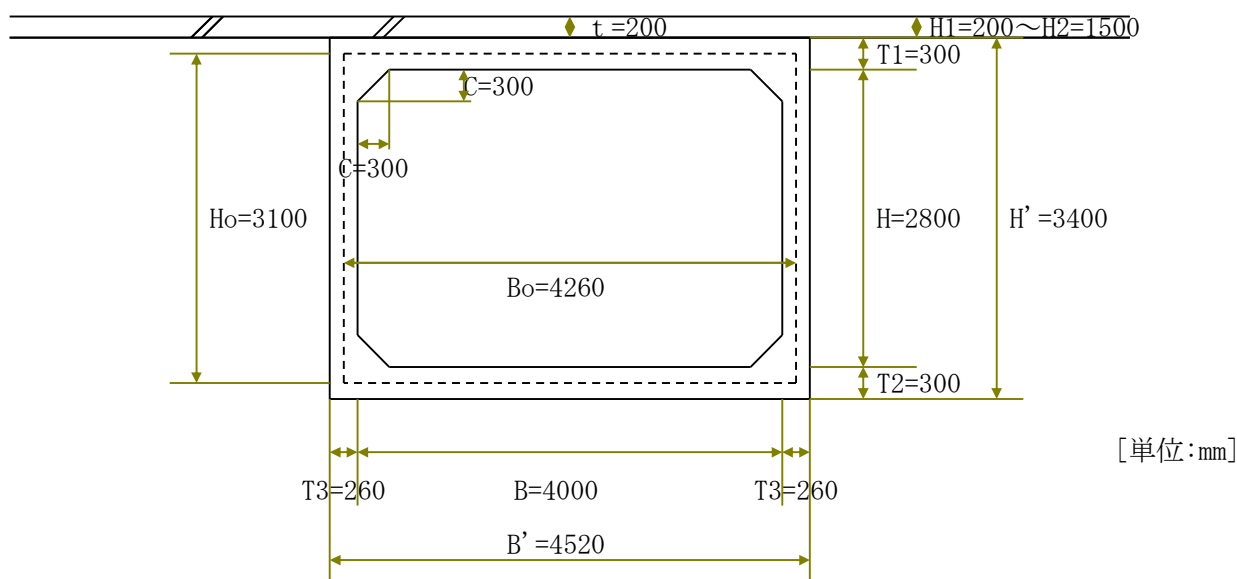
## 1.8.3 P C 鋼棒 (SBPR 1080 / 1230 C 種 1 号)

- (1) 許容引張応力度
- 引 張 強 度 :  $\sigma_{pu} = 1230 \text{ N/mm}^2$
- 降 伏 点 強 度 :  $\sigma_{py} = 1080 \text{ N/mm}^2$
- プレストレッシング中 :  $\sigma_{pia} = 972 \text{ N/mm}^2$
- プレストレッシング直後 :  $\sigma_{pca} = 861 \text{ N/mm}^2$
- 設計荷重作用時 :  $\sigma_{pea} = 738 \text{ N/mm}^2$
- (2) 弾性係数 :  $E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

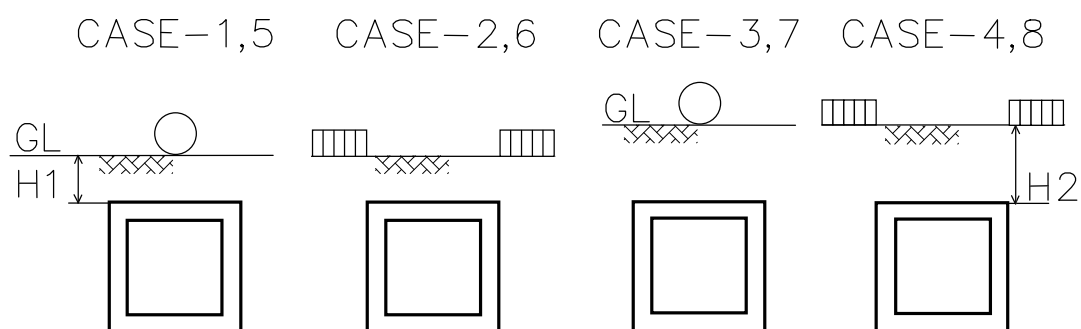
## (3) 使用 P C 鋼棒

|       | 頂版        | 底版        | 側壁    |                    |
|-------|-----------|-----------|-------|--------------------|
| 径     | $\phi 23$ | $\phi 23$ | ***** | (mm)               |
| 断面積   | 415.50    | 415.50    | ***** | (mm <sup>2</sup> ) |
| 設計引張力 | 345000    | 345000    | ***** | (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

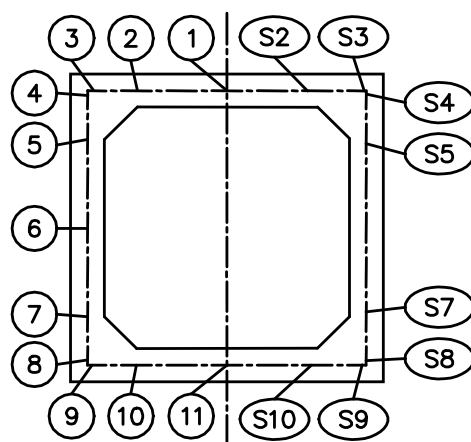
■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

## 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

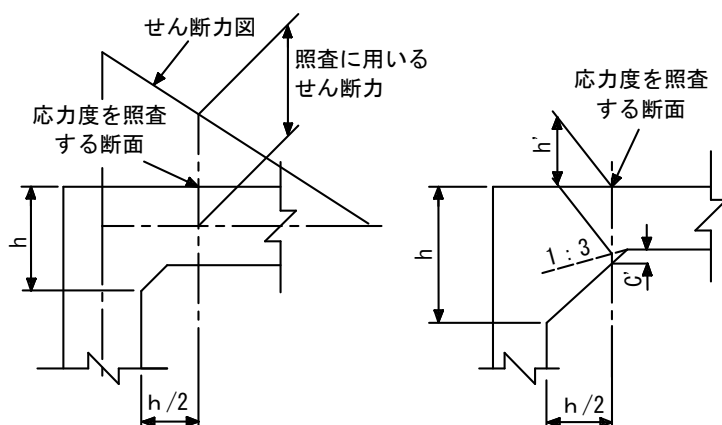
せん断力



## 1) 断面検討用曲げモーメント



## 2) せん断力に対する照査



(a) ハンチ以外の場合

(b) ハンチにある場合

b) について

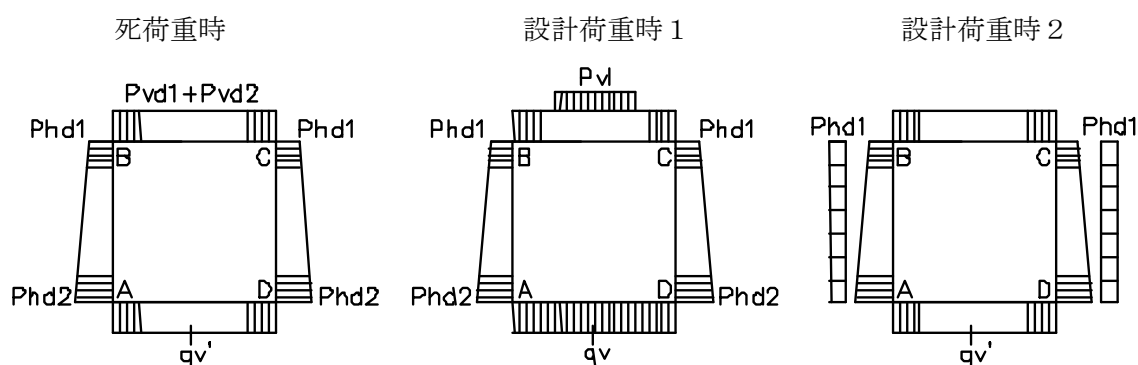
ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分 C' の 1/3 まで大きくとります。

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

## 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<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 設計荷重時 1<br>CASE-1<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 設計荷重 2<br>CASE-2<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------|------------------------------|---|--|
|-------|------------------------------|---|--|

|                  |        |         |        |
|------------------|--------|---------|--------|
| Pvd1             | 7.350  | 7.350   | 7.350  |
| Pvd2             | 4.500  | 4.500   | 4.500  |
| Phd1 = Phd1      | 3.600  | 3.600   | *****  |
| Phd1 = Phd1 + Pq | *****  | *****   | 8.600  |
| Phd3 = Phd3      | *****  | *****   | *****  |
| Phd3 = Phd3 + Pq | *****  | *****   | *****  |
| Phd5 = Phd5      | *****  | *****   | *****  |
| Phd5 = Phd5 + Pq | *****  | *****   | *****  |
| Phd2 = Phd2      | 31.500 | 31.500  | *****  |
| Phd2 = Phd2 + Pq | *****  | *****   | 36.500 |
| Phd4 = Phd4      | *****  | *****   | *****  |
| Pv1              | 0.000  | 157.576 | 0.000  |
| qv               | *****  | 44.350  | *****  |
| qv'              | 22.156 | *****   | 22.156 |

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

## 3.1.2 構造解析

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

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

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<br>CASE-1 | 設計荷重時 2<br>CASE-2 |
|--------------|---------|-------------------|-------------------|
| $\alpha$     | 1.1179  | 1.1179            | 1.1179            |
| $\beta$      | 1.1179  | 1.1179            | 1.1179            |
| N1           | 3.1179  | 3.1179            | 3.1179            |
| N2           | 3.1179  | 3.1179            | 3.1179            |
| CAD (kN・m/m) | 33.507  | 67.070            | 33.507            |
| CBC (kN・m/m) | 17.921  | 67.933            | 17.921            |
| CAB (kN・m/m) | 16.289  | 16.289            | 20.293            |
| CBA (kN・m/m) | 11.820  | 11.820            | 15.824            |
| $\theta_A$   | -6.855  | -24.589           | -4.964            |
| $\theta_B$   | 4.155   | 25.884            | 2.265             |
| MAB (kN・m/m) | -25.844 | -39.583           | -27.957           |
| MAD (kN・m/m) | 25.844  | 39.583            | 27.957            |
| MBA (kN・m/m) | 13.276  | 38.999            | 15.389            |
| MBC (kN・m/m) | -13.276 | -38.999           | -15.389           |

## 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<br>CASE-1 | 設計荷重時 2<br>CASE-2 |
|-------|----------|---------|-------------------|-------------------|
| SBC   | (kN/m)   | 25.240  | 72.513            | 25.240            |
| SCB   | (kN/m)   | -25.240 | -72.513           | -25.240           |
| Mmax  | (kN・m/m) | 13.605  | 81.483            | 11.492            |
| SAD   | (kN/m)   | 47.192  | 94.465            | 47.192            |
| SDA   | (kN/m)   | -47.192 | -94.465           | -47.192           |
| Mmax  | (kN・m/m) | 24.416  | 61.023            | 22.303            |
| SAB   | (kN/m)   | 38.464  | 34.599            | 46.214            |
| SBA   | (kN/m)   | -15.941 | -19.806           | -23.691           |
| x     | (m)      | 1.364   | 1.364             | *****             |
|       |          | 1.570   | *****             | 1.570             |
| Mmax  | (kN・m/m) | 1.125   | -17.887           | *****             |
| Mmax  | (kN・m/m) | 1.528   | *****             | 5.419             |

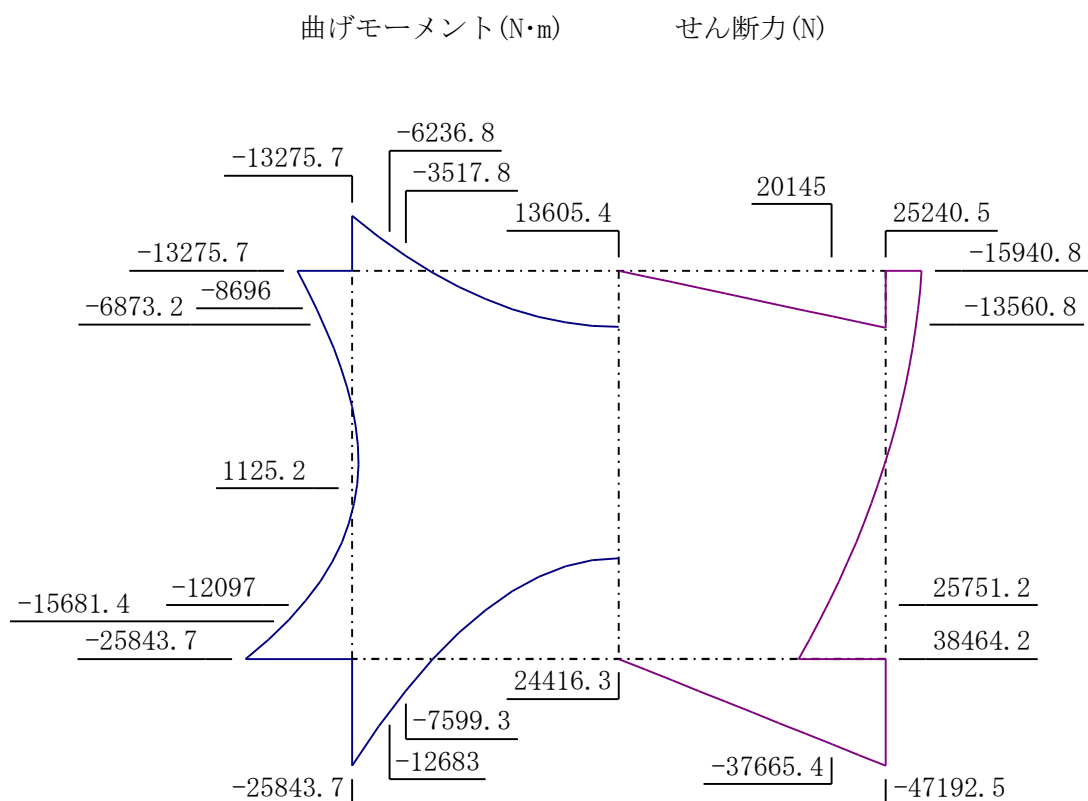
注 1) 頂版 死荷重時・設計荷重時 2 は、 $P_{v1} = 0$  とする。

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



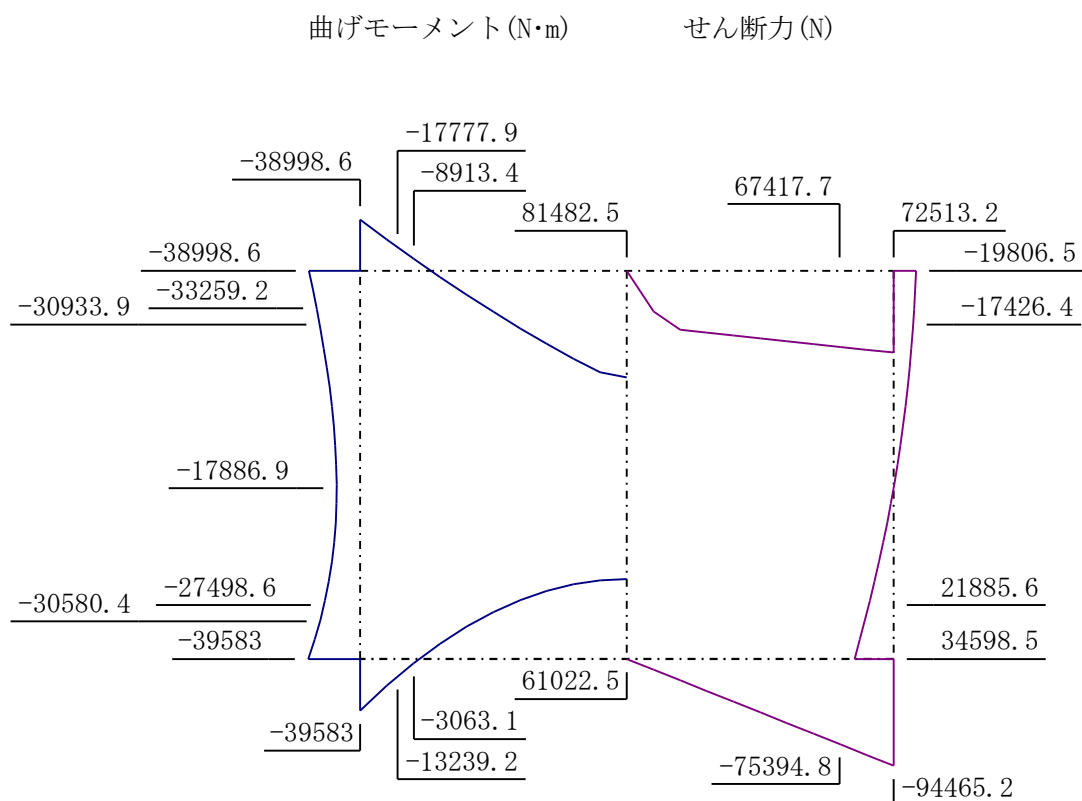
## (1) 死荷重時 (CASE-1, 2)

|    |            | [ /単位長]     |                    |               |             |
|----|------------|-------------|--------------------|---------------|-------------|
| 部材 | 照査点        | 距離<br>x (m) | 曲げモーメント<br>M (N・m) | せん断力<br>S (N) | 軸力<br>N (N) |
| 頂版 | 3, S3 端 部  | 0.130       | -13276             | 25241         | 15941       |
|    | 2 ハチ始点     | 0.430       | -6237              | ***           | 15941       |
|    | S2 τ 点     | 0.430       | -3518              | 20145         | 15941       |
|    | 1 中 央      | 2.130       | 13605              | 0             | 15941       |
| 底板 | 9, S9 端 部  | 0.130       | -25844             | 47193         | 38464       |
|    | 10 ハチ始点    | 0.430       | -12683             | ***           | 38464       |
|    | S10 τ 点    | 0.430       | -7599              | 37665         | 38464       |
|    | 11 中 央     | 2.130       | 24416              | 0             | 38464       |
| 側壁 | 4, S4 上 端部 | 2.950       | -13276             | -15941        | 25241       |
|    | 5 上ハチ点     | 2.650       | -8696              | ***           | 27365       |
|    | S5 上 τ 点   | 2.670       | -6873              | -13561        | 28286       |
|    | 6 中 間      | 1.364       | 1125               | *****         | 37534       |
|    |            | 1.570       | 1528               | *****         | 36075       |
|    | S7 下 τ 点   | 0.430       | -12097             | 25751         | 44148       |
|    | 7 下ハチ点     | 0.450       | -15681             | ***           | 45068       |
|    | 8, S8 下 端部 | 0.150       | -25844             | 38464         | 47193       |



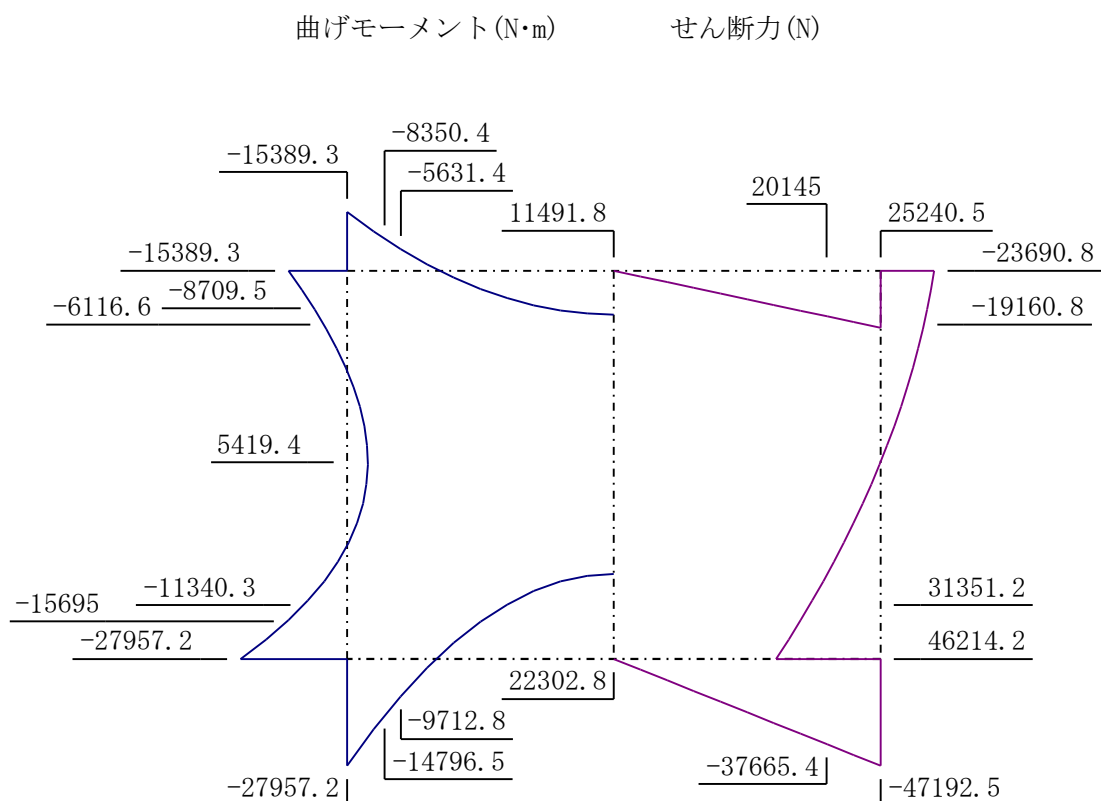
## (1) 設計荷重時 1 (CASE-1)

| [ /単位長] |            |              |                    |               |              |
|---------|------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|
| 部材      | 照査点        | 距 離<br>x (m) | 曲げモーメント<br>M (N・m) | せん断力<br>S (N) | 軸 力<br>N (N) |
| 頂版      | 3, S3 端 部  | 0.130        | -38999             | 72513         | 19807        |
|         | 2 ハチ始点     | 0.430        | -17778             | ***           | 19807        |
|         | S2 τ 点     | 0.430        | -8913              | 67418         | 19807        |
|         | 1 中 央      | 2.130        | 81483              | 0             | 19807        |
| 底板      | 9, S9 端 部  | 0.130        | -39583             | 94465         | 34599        |
|         | 10 ハチ始点    | 0.430        | -13239             | ***           | 34599        |
|         | S10 τ 点    | 0.430        | -3063              | 75395         | 34599        |
|         | 11 中 央     | 2.130        | 61023              | 0             | 34599        |
| 側壁      | 4, S4 上 端部 | 2.950        | -38999             | -19807        | 72513        |
|         | 5 上ハチ点     | 2.650        | -33259             | ***           | 74638        |
|         | S5 上 τ 点   | 2.670        | -30934             | -17426        | 75558        |
|         | 6 中 間      | 1.364        | -17887             | 0             | 84806        |
|         | S7 下 τ 点   | 0.430        | -27499             | 21886         | 91420        |
|         | 7 下ハチ点     | 0.450        | -30580             | ***           | 92341        |
|         | 8, S8 下 端部 | 0.150        | -39583             | 34599         | 94465        |



## (1) 設計荷重時 2 (CASE-2)

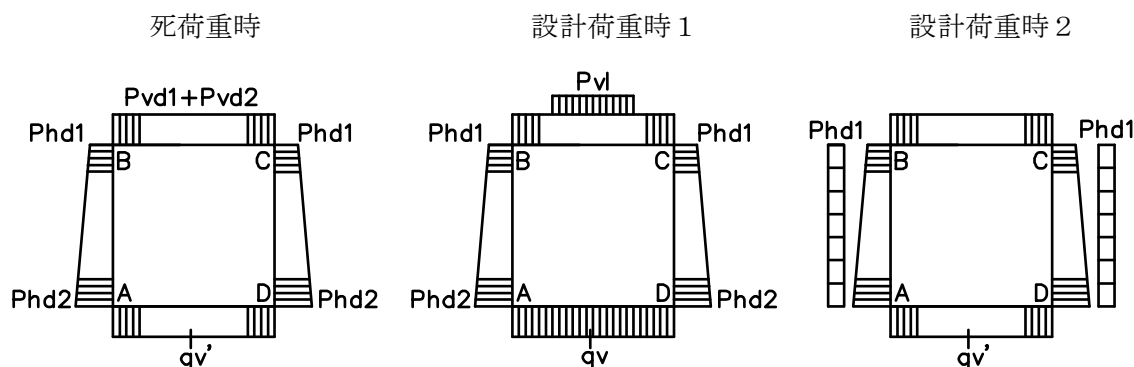
|    |            |              |                    |               | [ /単位長]      |
|----|------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|
| 部材 | 照査点        | 距 離<br>x (m) | 曲げモーメント<br>M (N・m) | せん断力<br>S (N) | 軸 力<br>N (N) |
| 頂版 | 3, S3 端 部  | 0.130        | -15389             | 25241         | 23691        |
|    | 2 ハチ始点     | 0.430        | -8350              | ***           | 23691        |
|    | S2 τ 点     | 0.430        | -5631              | 20145         | 23691        |
|    | 1 中 央      | 2.130        | 11492              | 0             | 23691        |
| 底板 | 9, S9 端 部  | 0.130        | -27957             | 47193         | 46214        |
|    | 10 ハチ始点    | 0.430        | -14797             | ***           | 46214        |
|    | S10 τ 点    | 0.430        | -9713              | 37665         | 46214        |
|    | 11 中 央     | 2.130        | 22303              | 0             | 46214        |
| 側壁 | 4, S4 上 端部 | 2.950        | -15389             | -23691        | 25241        |
|    | 5 上ハチ点     | 2.650        | -8710              | ***           | 27365        |
|    | S5 上 τ点    | 2.670        | -6117              | -19161        | 28286        |
|    | 6 中 間      | 1.570        | 5419               | 0             | 36075        |
|    | S7 下 τ点    | 0.430        | -11340             | 31351         | 44148        |
|    | 7 下ハチ点     | 0.450        | -15695             | ***           | 45068        |
|    | 8, S8 下 端部 | 0.150        | -27957             | 46214         | 47193        |



## 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<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 設計荷重時 1<br>CASE-3<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 設計荷重時 2<br>CASE-4<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------------|------------------------------|---|---|
| P <sub>vd1</sub>             | 7.350                        | 7.350                                     | 7.350                                     |
| P <sub>vd2</sub>             | 27.900                       | 27.900                                    | 27.900                                    |
| Phd1 = Phd1                  | 15.300                       | 15.300                                    | *****                                     |
| Phd1 = Phd1 + P <sub>q</sub> | *****                        | *****                                     | 20.300                                    |
| Phd3 = Phd3                  | *****                        | *****                                     | *****                                     |
| Phd3 = Phd3 + P <sub>q</sub> | *****                        | *****                                     | *****                                     |
| Phd5 = Phd5                  | *****                        | *****                                     | *****                                     |
| Phd5 = Phd5 + P <sub>q</sub> | *****                        | *****                                     | *****                                     |
| Phd2 = Phd2                  | 43.200                       | 43.200                                    | *****                                     |
| Phd2 = Phd2 + P <sub>q</sub> | *****                        | *****                                     | 48.200                                    |
| Phd4 = Phd4                  | *****                        | *****                                     | *****                                     |
| P <sub>v1</sub>              | 0.000                        | 26.591                                    | 0.000                                     |
| q <sub>v</sub>               | *****                        | 65.530                                    | *****                                     |
| q <sub>v'</sub>              | 45.556                       | *****                                     | 45.556                                    |

注) q<sub>v'</sub> は、P<sub>v1</sub>=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

$$\alpha = (H_o \times T1^3) / (B_o \times T3^3)$$

$$\beta = (H_o \times T2^3) / (B_o \times T3^3)$$

$$N1 = 2 + \alpha$$

$$N2 = 2 + \beta$$

(2) 荷重項

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

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

$$CAB = (H_o^2) \times (2 \times Phd1 + 3 \times Phd2) / 60$$

$$CBA = (H_o^2) \times (2 \times Phd2 + 3 \times Phd1) / 60$$

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、 $P_{vl} = 0$   
 注3)  $Phd1 \sim Phd5$ は、水平荷重（設計荷重参照）

(3) たわみ角

$$\theta A = \{N1 \times (CAB - CAD) - (CBC - CBA)\} / (N1 \times N2 - 1)$$

$$\theta B = \{N2 \times (CBC - CBA) - (CAB - CAD)\} / (N1 \times N2 - 1)$$

(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<br>CASE-3 | 設計荷重時 2<br>CASE-4 |
|--------------|---------|-------------------|-------------------|
| $\alpha$     | 1.1179  | 1.1179            | 1.1179            |
| $\beta$      | 1.1179  | 1.1179            | 1.1179            |
| N1           | 3.1179  | 3.1179            | 3.1179            |
| N2           | 3.1179  | 3.1179            | 3.1179            |
| CAD (kN・m/m) | 68.894  | 99.102            | 68.894            |
| CBC (kN・m/m) | 53.309  | 90.097            | 53.309            |
| CAB (kN・m/m) | 25.659  | 25.659            | 29.663            |
| CBA (kN・m/m) | 21.190  | 21.190            | 25.194            |
| $\theta A$   | -19.140 | -34.157           | -17.249           |
| $\theta B$   | 16.440  | 33.056            | 14.549            |
| MAB (kN・m/m) | -47.498 | -60.918           | -49.612           |
| MAD (kN・m/m) | 47.498  | 60.918            | 49.612            |
| MBA (kN・m/m) | 34.930  | 53.144            | 37.044            |
| MBC (kN・m/m) | -34.930 | -53.144           | -37.044           |

## 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。

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

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

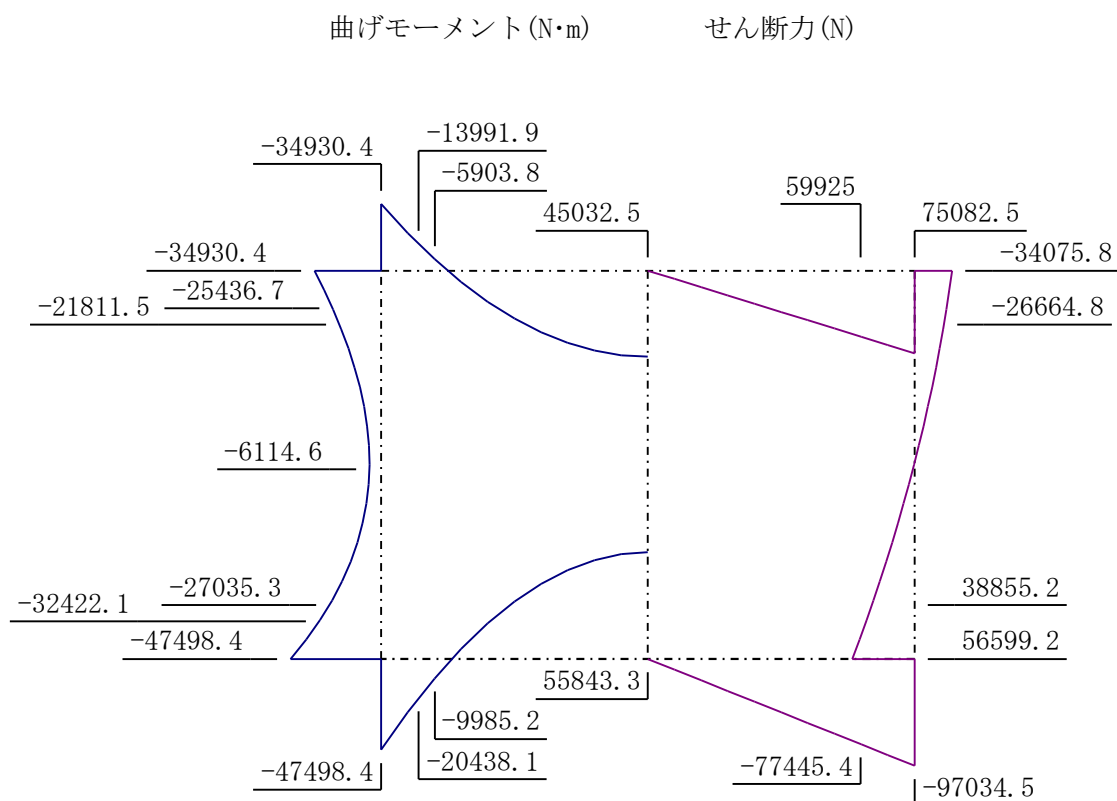
| 計 算 値         | 死荷重時    | 設計荷重時 1<br>CASE-3 | 設計荷重時 2<br>CASE-4 |
|---------------|---------|-------------------|-------------------|
| SBC (kN/m)    | 75.082  | 117.628           | 75.082            |
| SCB (kN/m)    | -75.082 | -117.628          | -75.082           |
| Mmax (kN・m/m) | 45.032  | 83.404            | 42.919            |
| SAD (kN/m)    | 97.034  | 139.580           | 97.034            |
| SDA (kN/m)    | -97.034 | -139.580          | -97.034           |
| Mmax (kN・m/m) | 55.843  | 87.735            | 53.730            |
| SAB (kN/m)    | 56.599  | 55.053            | 64.349            |
| SBA (kN/m)    | -34.076 | -35.622           | -41.826           |
| x (m)         | 1.513   | 1.513             | *****             |
|               | 1.563   | *****             | 1.563             |
| Mmax (kN・m/m) | -6.115  | -21.874           | *****             |
| Mmax (kN・m/m) | -6.074  | *****             | -2.182            |

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。

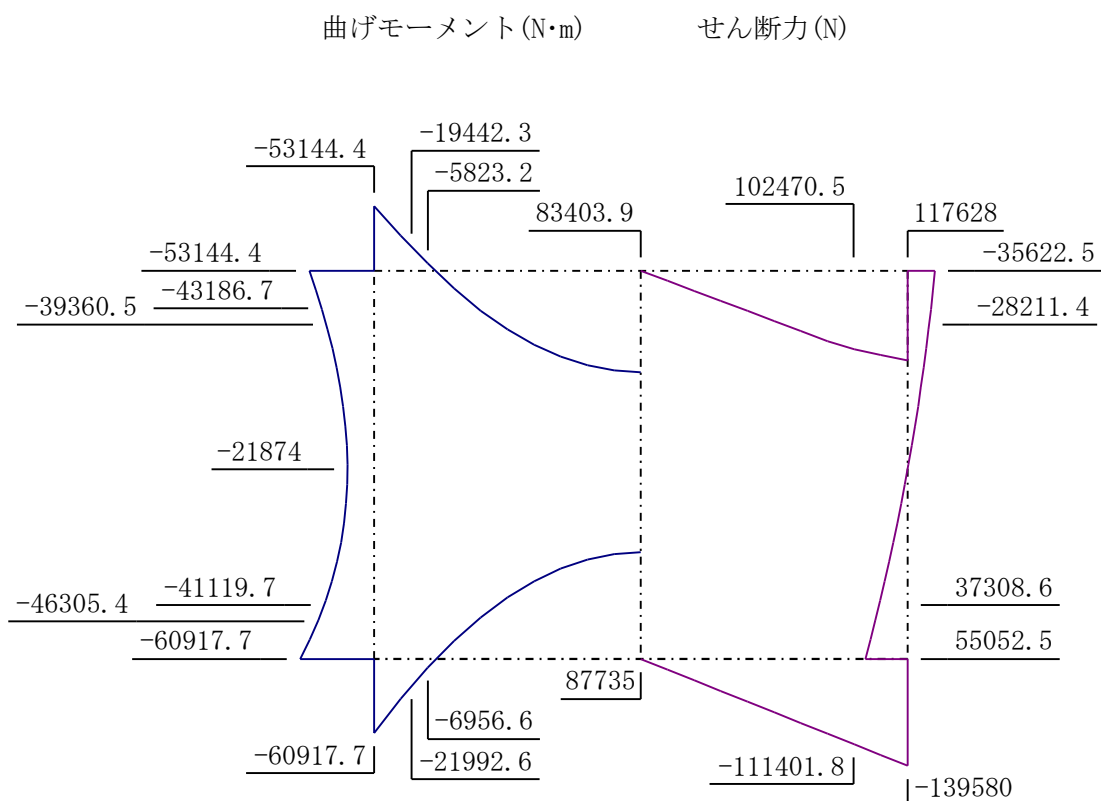
## (1) 死荷重時 (CASE-3, 4)

|    |            | [ /単位長]      |                    |               |              |
|----|------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|
| 部材 | 照査点        | 距 離<br>x (m) | 曲げモーメント<br>M (N・m) | せん断力<br>S (N) | 軸 力<br>N (N) |
| 頂版 | 3, S3 端 部  | 0.130        | -34930             | 75083         | 34076        |
|    | 2 ハッチ始点    | 0.430        | -13992             | ***           | 34076        |
|    | S2 τ 点     | 0.430        | -5904              | 59925         | 34076        |
|    | 1 中 央      | 2.130        | 45033              | 0             | 34076        |
| 底版 | 9, S9 端 部  | 0.130        | -47498             | 97035         | 56599        |
|    | 10 ハッチ始点   | 0.430        | -20438             | ***           | 56599        |
|    | S10 τ 点    | 0.430        | -9985              | 77445         | 56599        |
|    | 11 中 央     | 2.130        | 55843              | 0             | 56599        |
| 側壁 | 4, S4 上 端部 | 2.950        | -34930             | -34076        | 75083        |
|    | 5 上ハッチ点    | 2.650        | -25437             | ***           | 77207        |
|    | S5 上 τ 点   | 2.670        | -21812             | -26665        | 78128        |
|    | 6 中 間      | 1.513        | -6115              | *****         | 86321        |
|    |            | 1.563        | -6075              | *****         | 85966        |
|    | S7 下 τ 点   | 0.430        | -27035             | 38855         | 93990        |
|    | 7 下ハッチ点    | 0.450        | -32422             | ***           | 94910        |
|    | 8, S8 下 端部 | 0.150        | -47498             | 56599         | 97035        |



## (2) 設計荷重時 1 (CASE-3)

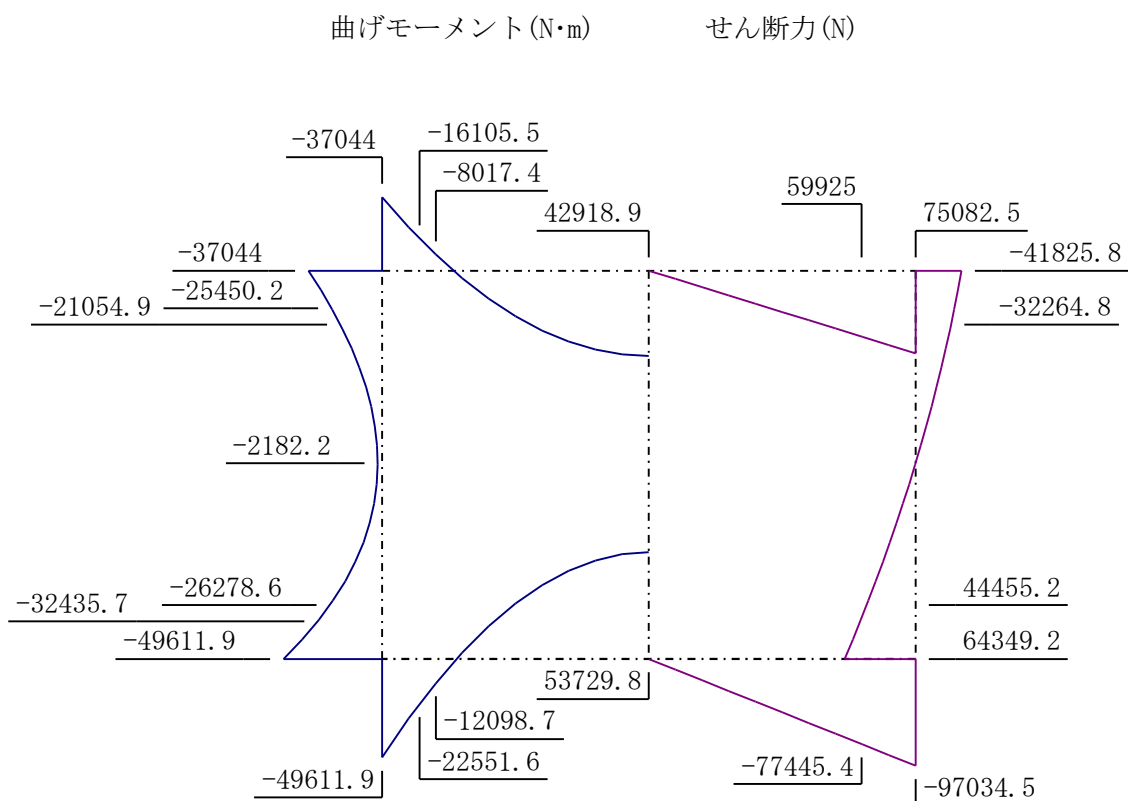
| [ /単位長] |            |              |                    |               |              |
|---------|------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|
| 部材      | 照査点        | 距 離<br>x (m) | 曲げモーメント<br>M (N・m) | せん断力<br>S (N) | 軸 力<br>N (N) |
| 頂版      | 3, S3 端 部  | 0.130        | -53144             | 117628        | 35623        |
|         | 2 ハチ始点     | 0.430        | -19442             | ***           | 35623        |
|         | S2 τ 点     | 0.430        | ***                | 102471        | ***          |
|         | 1 中 央      | 2.130        | 83404              | 0             | 35623        |
| 底版      | 9, S9 端 部  | 0.130        | -60918             | 139580        | 55053        |
|         | 10 ハチ始点    | 0.430        | -21993             | ***           | 55053        |
|         | S10 τ 点    | 0.430        | ***                | 111402        | ***          |
|         | 11 中 央     | 2.130        | 87735              | 0             | 55053        |
| 側壁      | 4, S4 上 端部 | 2.950        | -53144             | -35623        | 117628       |
|         | 5 上ハチ点     | 2.650        | -43187             | ***           | 119752       |
|         | S5 上 τ点    | 2.670        | ***                | -28211        | ***          |
|         | 6 中 間      | 1.513        | -21874             | 0             | 128866       |
|         | S7 下 τ点    | 0.430        | ***                | 37309         | ***          |
|         | 7 下ハチ点     | 0.450        | -46305             | ***           | 137456       |
|         | 8, S8 下 端部 | 0.150        | -60918             | 55053         | 139580       |





## (3) 設計荷重時 2 (CASE-4)

| [ /単位長] |            |              |                    |               |              |
|---------|------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|
| 部材      | 照査点        | 距 離<br>x (m) | 曲げモーメント<br>M (N・m) | せん断力<br>S (N) | 軸 力<br>N (N) |
| 頂版      | 3, S3 端 部  | 0.130        | -37044             | 75083         | 41826        |
|         | 2 ハチ始点     | 0.430        | -16106             | ***           | 41826        |
|         | S2 τ 点     | 0.430        | ***                | 59925         | ***          |
|         | 1 中 央      | 2.130        | 42919              | 0             | 41826        |
| 底版      | 9, S9 端 部  | 0.130        | -49612             | 97035         | 64349        |
|         | 10 ハチ始点    | 0.430        | -22552             | ***           | 64349        |
|         | S10 τ 点    | 0.430        | ***                | 77445         | ***          |
|         | 11 中 央     | 2.130        | 53730              | 0             | 64349        |
| 側壁      | 4, S4 上 端部 | 2.950        | -37044             | -41826        | 75083        |
|         | 5 上ハチ点     | 2.650        | -25450             | ***           | 77207        |
|         | S5 上 τ点    | 2.670        | ***                | -32265        | ***          |
|         | 6 中 間      | 1.563        | -2182              | 0             | 85966        |
|         | S7 下 τ点    | 0.430        | ***                | 44455         | *****        |
|         | 7 下ハチ点     | 0.450        | -32436             | ***           | 94910        |
|         | 8, S8 下 端部 | 0.150        | -49612             | 64349         | 97035        |



## 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、 | $\sigma_m$ : 曲げ応力度 | (N/mm <sup>2</sup> ) |
|      | M : 曲げモーメント        | (kN・m)               |
|      | Z : 断面係数           | (cm <sup>3</sup> )   |
|      | 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  $\eta$ 

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

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

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

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

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

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

|                        |   |                      |
|------------------------|---|----------------------|
| ここに、                   | $\sigma_{pt}$ : 有効引張応力度                             | (N/mm <sup>2</sup> ) |
|                        | $P_t$ : 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 <sup>2</sup> )   |
| $\Delta\sigma_{pcs}$ : | 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 <sup>2</sup> ) |
| $n$ :                  | 弾性係数比 ( $E_p / E_c = 6.45$ )                        |                      |
| $E_p$ :                | PC鋼棒の弾性係数 ( $2.0 \times 10^5$ N/mm <sup>2</sup> )   |                      |
| $E_c$ :                | コンクリートの弾性係数 ( $3.1 \times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> ) |                      |
| $\phi$ :               | クリープ係数 (= 2.5)                                      |                      |
| $\sigma_{cd}$ :        | 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 <sup>2</sup> ) |
| $\sigma_{cpt}$ :       | 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 <sup>2</sup> ) |
| $\varepsilon_{cs}$ :   | コンクリートの乾燥収縮度 (= 200 $\mu$ )                         |                      |
| $\sigma_{pt}$ :        | 緊張作業直後のPC鋼棒の引張応力度                                   | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| $N_p$ :                | m当りPC鋼棒本数   | (本)                  |
| $A_c$ :                | コンクリート断面積   | (cm <sup>2</sup> )   |
| $e_p$ :                | PC鋼棒偏心率   | (cm)                 |
| $I$ :                  | 断面二次モーメント   | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\Delta\sigma_{pr}$ :  | 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 <sup>2</sup> ) |
| $\gamma$ :             | 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  $\sigma_{ce}$ 

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

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

## 4.3 合成応力度

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

|      |               |             |                     |
|------|---------------|-------------|---------------------|
| ここに、 | $\sigma_c$    | : 合成応力度     | ( $\text{N/mm}^2$ ) |
|      | $\sigma_m$    | : 曲げ応力度     | ( $\text{N/mm}^2$ ) |
|      | $\sigma_{ce}$ | : 有効プレストレス  | ( $\text{N/mm}^2$ ) |
|      | $N$           | : 軸方向圧縮力    | (kN)                |
|      | $A_c$         | : コンクリート断面積 | ( $\text{cm}^2$ )   |

## 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       | ( $\text{cm}^2$ )   |
|      | $A_{s2}$      | : 引張鉄筋断面積       | ( $\text{cm}^2$ )   |
|      |               | 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)                |
|      | $\sigma_{sa}$ | : 鉄筋の許容引張応力度    | ( $\text{N/mm}^2$ ) |
|      | $\sigma_{c1}$ | : 引張縁に生じる引張応力度  | ( $\text{N/mm}^2$ ) |
|      | $\sigma_{c2}$ | : 圧縮縁に生じる圧縮応力度  | ( $\text{N/mm}^2$ ) |
|      | $b$           | : 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、 | $\sigma_i$ | : 斜引張応力度     | (N/mm <sup>2</sup> ) |
|      | $\sigma_x$ | : 部材軸方向圧縮応力度 | (N/mm <sup>2</sup> ) |
|      | $\tau$     | : せん断応力度     | (N/mm <sup>2</sup> ) |
|      | $P_e$      | : 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 <sup>3</sup> )   |
|      | $b$        | : 部材幅        | (cm)                 |
|      | $I$        | : 断面二次モーメント  | (cm <sup>4</sup> )   |
|      | $T$        | : 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<br>(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 <sup>2</sup> )   |
|      | As    | : 鉄筋の断面積           | (cm <sup>2</sup> )   |
|      | σ pud | : P C鋼棒引張強度        | (N/mm <sup>2</sup> ) |
|      | σ syd | : 引張鉄筋の降伏点応力度      | (N/mm <sup>2</sup> ) |
|      | σ ck  | : コンクリートの設計基準強度    | (N/mm <sup>2</sup> ) |
|      | 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 <sup>2</sup> ) |
|      | 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<br>(cm) | 部材厚<br>(cm) | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>(cm <sup>4</sup> ) | 中立軸<br>(cm) | 断面係数<br>(cm <sup>3</sup> ) |
|------|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------------|
| 端 部  | 100.00      | 40.00       | 4000.0                    | 533333.33                       | 20.00       | 26666.67                   |
| ハチ始点 | 100.00      | 30.00       | 3000.0                    | 225000.00                       | 15.00       | 15000.00                   |
| τ 点  | 100.00      | 30.00       | 3000.0                    | 225000.00                       | 15.00       | 15000.00                   |
| 中 央  | 100.00      | 30.00       | 3000.0                    | 225000.00                       | 15.00       | 15000.00                   |

## 5.1.2 使用 P C 鋼棒

| 位 置  | 径    | 本数<br>(本/m) | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 設計引張力<br>(N/本) | 偏心量<br>(cm) | モーメント方向<br>(部材軸より) |
|------|------|-------------|---------------------------|----------------|-------------|--------------------|
| 端 部  | φ 23 | 3.00        | 4.155                     | 345000         | 2.50        | 外 側                |
| ハチ始点 | φ 23 | 3.00        | 4.155                     | 345000         | -2.50       | 外 側                |
| τ 点  | φ 23 | 3.00        | 4.155                     | 345000         | -2.50       | 外 側                |
| 中 央  | φ 23 | 3.00        | 4.155                     | 345000         | 2.50        | 内 側                |

## 5.1.3 有効係数

| 計算項／<br>位 置      | σ pt   | σ cpt | σ cd  | △ σ pcs<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | △ σ pr | σ pe   | 有効係数  | ケース |
|------------------|--------|-------|-------|---------------------------------|--------|--------|-------|-----|
| (1) 死荷重時 (最大圧縮)  |        |       |       |                                 |        |        |       |     |
| 端 部              | 830.32 | 2.71  | -0.16 | 77.39                           | 24.91  | 728.03 | 0.877 | 3   |
| ハチ始点             | 830.32 | 3.74  | 0.16  | 96.49                           | 24.91  | 708.93 | 0.854 | 3   |
| τ 点              | 830.32 | 3.74  | 0.07  | 95.12                           | 24.91  | 710.29 | 0.855 | 3   |
| 中 央              | 830.32 | 3.74  | -0.50 | 86.56                           | 24.91  | 718.86 | 0.866 | 3   |
| (2) 死荷重時 (最大引張)  |        |       |       |                                 |        |        |       |     |
| 端 部              | 830.32 | 2.71  | -0.16 | 77.39                           | 24.91  | 728.03 | 0.877 | 3   |
| ハチ始点             | 830.32 | 3.74  | 0.16  | 96.49                           | 24.91  | 708.93 | 0.854 | 3   |
| τ 点              | 830.32 | 3.74  | 0.07  | 95.12                           | 24.91  | 710.29 | 0.855 | 3   |
| 中 央              | 830.32 | 3.74  | -0.50 | 86.56                           | 24.91  | 718.86 | 0.866 | 3   |
| (3) 設計荷重時 (最大圧縮) |        |       |       |                                 |        |        |       |     |
| 端 部              | 830.32 | 2.71  | -0.16 | 77.38                           | 24.91  | 728.03 | 0.877 | 3   |
| ハチ始点             | 830.32 | 3.74  | 0.16  | 96.49                           | 24.91  | 708.93 | 0.854 | 3   |
| τ 点              | 830.32 | 3.74  | 0.04  | 94.72                           | 24.91  | 710.69 | 0.856 | 1   |
| 中 央              | 830.32 | 3.74  | -0.50 | 86.56                           | 24.91  | 718.86 | 0.866 | 3   |
| (4) 設計荷重時 (最大引張) |        |       |       |                                 |        |        |       |     |
| 端 部              | 830.32 | 2.71  | -0.16 | 77.38                           | 24.91  | 728.03 | 0.877 | 3   |
| ハチ始点             | 830.32 | 3.74  | 0.16  | 96.49                           | 24.91  | 708.93 | 0.854 | 3   |
| τ 点              | 830.32 | 3.74  | 0.04  | 94.72                           | 24.91  | 710.69 | 0.856 | 1   |
| 中 央              | 830.32 | 3.74  | -0.50 | 86.56                           | 24.91  | 718.86 | 0.866 | 3   |

## 5.1.4 合成応力度

| 位 置               | 曲げ応力度<br>$\sigma_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | N/Ac<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 有効プレストレス<br>$\sigma_{ce}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 合成応力度<br>$\sigma_c$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ケース |
|-------------------|---|------------------------------|---|---|-----|
| (1) 死荷重時 (最大圧縮)   |   |                              |   |   |     |
| 端 部               | 1.31  | 0.09                         | 1.42  | 2.81  | 3   |
| ハチ始点              | 0.93  | 0.11                         | 4.42  | 5.46  | 3   |
| 中 央               | 3.00  | 0.11                         | 1.49  | 4.61  | 3   |
| $\sigma_c < 15.0$ |   |                              |   | CHECK OK                                    |     |
| (2) 死荷重時 (最大引張)   |   |                              |   |   |     |
| 端 部               | -1.31                                       | 0.09                         | 3.12  | 1.89  | 3   |
| ハチ始点              | -0.93                                       | 0.11                         | 1.47  | 0.65  | 3   |
| 中 央               | -3.00                                       | 0.11                         | 4.48  | 1.59  | 3   |
| $\sigma_t > 0.0$  |   |                              |   | CHECK OK                                    |     |
| (3) 設計荷重時 (最大圧縮)  |   |                              |   |   |     |
| 端 部               | 1.99  | 0.09                         | 1.42  | 3.50  | 3   |
| ハチ始点              | 1.30  | 0.12                         | 4.42  | 5.83  | 3   |
| 中 央               | 5.56  | 0.12                         | 1.49  | 7.17  | 3   |
| $\sigma_c < 15.0$ |   |                              |   | CHECK OK                                    |     |
| (4) 設計荷重時 (最大引張)  |   |                              |   |   |     |
| 端 部               | -1.99                                       | 0.09                         | 3.12  | 1.22  | 3   |
| ハチ始点              | -1.30                                       | 0.12                         | 1.47  | 0.30  | 3   |
| 中 央               | -5.56                                       | 0.12                         | 4.48  | -0.96                                       | 3   |
| $\sigma_t > -1.5$ |   |                              |   | CHECK OK                                    |     |

## 5.1.5 引張鉄筋量

| 位 置   | 曲げモーメント<br>(kN・m/m) | 合成応力度                      |                            | x<br>(cm) | Tc<br>(kN) | 引張鉄筋量                       |                             | ケース |
|-------|---------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----|
|       |                     | 外側<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 内側<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |           |            | As1<br>(cm <sup>2</sup> /m) | As2<br>(cm <sup>2</sup> /m) |     |
| 端 部   | -71.745             | 0.55                       | 4.23                       | 4.6       | 0.0        | 0.000                       | 0.000                       | 3   |
| ハッチ始点 | -26.247             | -0.12                      | 6.33                       | 0.5       | 0.3        | 0.020                       | 0.272                       | 3   |
| 中 央   | 112.595             | -2.87                      | 9.16                       | 7.1       | 102.4      | 6.402                       | 3.574                       | 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 <sup>2</sup> /m | > As1 or As2 |
| 内 側 | D 13 | — 6 | D 0 | — 0 | 7.602 cm <sup>2</sup> /m | > As1 or As2 |

## 5.1.6 斜引張応力度

| 位 置         | 部材幅<br>(cm) | 断面一次<br>モーメント (cm <sup>3</sup> ) | 軸力<br>(kN) | せん断力<br>(kN) | Pe<br>(kN) | σ c'<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | σ i      | ケース |
|-------------|-------------|----------------------------------|------------|--------------|------------|------------------------------|---------------------------|----------|-----|
| 端 部         | 100.0       | 20000                            | 35.623     | 117.628      | 907.49     | 2.36                         | 0.44                      | -0.080   | 3   |
| τ 点         | 100.0       | 11250                            | 35.623     | 102.471      | 885.38     | 3.07                         | 0.51                      | -0.083   | 3   |
| σ i > -1.00 |             |                                  |            |              |            |                              |                           | CHECK OK |     |

## 5.1.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

| 位 置   | M1<br>(kN・m) | M2<br>(kN・m) | 1.3M1+2.5M2<br>(kN・m) | 1.7(M1+M2)<br>(kN・m) | Md<br>(kN・m) | ケース |
|-------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------------|-----|
| 端 部   | -34.930      | -18.214      | -90.945               | -90.345              | -90.945      | 3   |
| ハッチ始点 | -6.237       | -11.541      | -36.961               | -30.222              | -36.961      | 1   |
| 中 央   | 13.605       | 67.877       | 187.380               | 138.520              | 187.380      | 1   |

| 位 置                | Ap<br>(cm <sup>2</sup> /m) | As<br>(cm <sup>2</sup> /m) | dp<br>(cm) | ds<br>(cm) | Ppb   | Ppd   | Mu<br>(kN・m) | Sf       | ケース |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|------------|------------|-------|-------|--------------|----------|-----|
| 端 部                | 12.465                     | 7.602                      | 22.5       | 36.5       | 0.069 | 0.006 | 284.76       | 3.1      | 3   |
| ハッチ始点              | 12.465                     | 7.602                      | 12.5       | 26.5       | 0.069 | 0.012 | 162.52       | 4.4      | 1   |
| 中 央                | 12.465                     | 7.602                      | 17.5       | 26.5       | 0.069 | 0.008 | 212.43       | 1.1      | 1   |
| Ppb > Ppd Sf > 1.0 |                            |                            |            |            |       |       |              | CHECK OK |     |



## 5.2 底版

## 5.2.1 断面諸元

| 位 置  | 部材幅<br>(cm) | 部材厚<br>(cm) | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>(cm <sup>4</sup> ) | 中立軸<br>(cm) | 断面係数<br>(cm <sup>3</sup> ) |
|------|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------------|
| 端 部  | 100.00      | 40.00       | 4000.0                    | 533333.33                       | 20.00       | 26666.67                   |
| ハチ始点 | 100.00      | 30.00       | 3000.0                    | 225000.00                       | 15.00       | 15000.00                   |
| τ 点  | 100.00      | 30.00       | 3000.0                    | 225000.00                       | 15.00       | 15000.00                   |
| 中 央  | 100.00      | 30.00       | 3000.0                    | 225000.00                       | 15.00       | 15000.00                   |

## 5.2.2 使用P C鋼棒

| 位 置  | 径    | 本数<br>(本/m) | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 設計引張力<br>(N/本) | 偏心量<br>(cm) | モーメント方向<br>(部材軸より) |
|------|------|-------------|---------------------------|----------------|-------------|--------------------|
| 端 部  | φ 23 | 3.00        | 4.155                     | 345000         | 2.50        | 外 側                |
| ハチ始点 | φ 23 | 3.00        | 4.155                     | 345000         | -2.50       | 外 側                |
| τ 点  | φ 23 | 3.00        | 4.155                     | 345000         | -2.50       | 外 側                |
| 中 央  | φ 23 | 3.00        | 4.155                     | 345000         | 2.50        | 内 側                |

## 5.2.3 有効係数

| 計算項／<br>位 置      | σ pt   | σ cpt | σ cd  | △ σ pcs<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | △ σ pr | σ pe   | 有効係数  | ケース |
|------------------|--------|-------|-------|---------------------------------|--------|--------|-------|-----|
| (1) 死荷重時 (最大圧縮)  |        |       |       |                                 |        |        |       |     |
| 端 部              | 830.32 | 2.71  | -0.22 | 76.48                           | 24.91  | 728.94 | 0.878 | 3   |
| ハチ始点             | 830.32 | 3.74  | 0.23  | 97.57                           | 24.91  | 707.85 | 0.852 | 3   |
| τ 点              | 830.32 | 3.74  | 0.11  | 95.81                           | 24.91  | 709.60 | 0.855 | 3   |
| 中 央              | 830.32 | 3.74  | -0.62 | 84.74                           | 24.91  | 720.68 | 0.868 | 3   |
| (2) 死荷重時 (最大引張)  |        |       |       |                                 |        |        |       |     |
| 端 部              | 830.32 | 2.71  | -0.22 | 76.48                           | 24.91  | 728.94 | 0.878 | 3   |
| ハチ始点             | 830.32 | 3.74  | 0.23  | 97.57                           | 24.91  | 707.85 | 0.852 | 3   |
| τ 点              | 830.32 | 3.74  | 0.11  | 95.81                           | 24.91  | 709.60 | 0.855 | 3   |
| 中 央              | 830.32 | 3.74  | -0.62 | 84.74                           | 24.91  | 720.68 | 0.868 | 3   |
| (3) 設計荷重時 (最大圧縮) |        |       |       |                                 |        |        |       |     |
| 端 部              | 830.32 | 2.71  | -0.22 | 76.48                           | 24.91  | 728.94 | 0.878 | 3   |
| ハチ始点             | 830.32 | 3.74  | 0.23  | 97.57                           | 24.91  | 707.85 | 0.852 | 4   |
| τ 点              | 830.32 | 3.74  | 0.11  | 95.81                           | 24.91  | 709.60 | 0.855 | 4   |
| 中 央              | 830.32 | 3.74  | -0.62 | 84.74                           | 24.91  | 720.68 | 0.868 | 3   |
| (4) 設計荷重時 (最大引張) |        |       |       |                                 |        |        |       |     |
| 端 部              | 830.32 | 2.71  | -0.22 | 76.48                           | 24.91  | 728.94 | 0.878 | 3   |
| ハチ始点             | 830.32 | 3.74  | 0.23  | 97.57                           | 24.91  | 707.85 | 0.852 | 4   |
| τ 点              | 830.32 | 3.74  | 0.11  | 95.81                           | 24.91  | 709.60 | 0.855 | 4   |
| 中 央              | 830.32 | 3.74  | -0.62 | 84.74                           | 24.91  | 720.68 | 0.868 | 3   |

## 5.2.4 合成応力度

| 位 置               | 曲げ応力度<br>$\sigma_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | N/A <sub>c</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 有効プレストレス<br>$\sigma_{ce}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 合成応力度<br>$\sigma_c$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ケース |
|-------------------|---|--|---|---|-----|
| (1) 死荷重時 (最大圧縮)   |   |  |   |   |     |
| 端 部               | 1.78  | 0.14                                     | 1.42  | 3.34  | 3   |
| ハチ始点              | 1.36  | 0.19                                     | 4.41  | 5.96  | 3   |
| 中 央               | 3.72  | 0.19                                     | 1.50  | 5.41  | 3   |
| $\sigma_c < 15.0$ |   |  |   | CHECK OK                                    |     |
| (2) 死荷重時 (最大引張)   |   |  |   |   |     |
| 端 部               | -1.78                                       | 0.14                                     | 3.12  | 1.48  | 3   |
| ハチ始点              | -1.36                                       | 0.19                                     | 1.47  | 0.30  | 3   |
| 中 央               | -3.72                                       | 0.19                                     | 4.49  | 0.96  | 3   |
| $\sigma_t > 0.0$  |   |  |   | CHECK OK                                    |     |
| (3) 設計荷重時 (最大圧縮)  |   |  |   |   |     |
| 端 部               | 2.28  | 0.14                                     | 1.42  | 3.84  | 3   |
| ハチ始点              | 1.50  | 0.21                                     | 4.41  | 6.13  | 4   |
| 中 央               | 5.85  | 0.18                                     | 1.50  | 7.53  | 3   |
| $\sigma_c < 15.0$ |   |  |   | CHECK OK                                    |     |
| (4) 設計荷重時 (最大引張)  |   |  |   |   |     |
| 端 部               | -2.28                                       | 0.14                                     | 3.12  | 0.98  | 3   |
| ハチ始点              | -1.50                                       | 0.21                                     | 1.47  | 0.18  | 4   |
| 中 央               | -5.85                                       | 0.18                                     | 4.49  | -1.17                                       | 3   |
| $\sigma_t > -1.5$ |   |  |   | CHECK OK                                    |     |

## 5.2.5 引張鉄筋量

| 位 置   | 曲げモーメント<br>(kN・m/m) | 合成応力度                      |                            | x<br>(cm) | Tc<br>(kN) | 引張鉄筋量                       |       | ケース |
|-------|---------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|------------|-----------------------------|-------|-----|
|       |                     | 外側<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 内側<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |           |            | As1<br>(cm <sup>2</sup> /m) | As2   |     |
| 端 部   | -82.239             | 0.23                       | 4.69                       | 1.8       | 0.0        | 0.000                       | 0.000 | 3   |
| ハッチ始点 | -30.445             | -0.27                      | 6.73                       | 1.2       | 1.6        | 0.097                       | 0.578 | 4   |
| 中 央   | 118.442             | -3.16                      | 9.64                       | 7.4       | 116.8      | 7.300                       | 3.700 | 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 <sup>2</sup> /m | > As1 or As2 |
| 内 側 | D 13 | — 6 | D 0 | — 0 | 7.602 cm <sup>2</sup> /m | > As1 or As2 |

## 5.2.6 斜引張応力度

| 位 置                | 部材幅<br>(cm) | 断面一次<br>モーメント (cm <sup>3</sup> ) | 軸力<br>(kN) | せん断力<br>(kN) | Pe<br>(kN) | $\sigma c'$ | $\tau$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma i$ | ケース |
|--------------------|-------------|----------------------------------|------------|--------------|------------|-------------|--------------------------------|------------|-----|
| 端 部                | 100.0       | 20000                            | 55.053     | 139.580      | 908.62     | 2.41        | 0.52                           | -0.109     | 3   |
| $\tau$ 点           | 100.0       | 11250                            | 55.053     | 111.402      | 884.52     | 3.13        | 0.56                           | -0.096     | 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<br>(kN・m) | M2<br>(kN・m) | 1.3M1+2.5M2<br>(kN・m) | 1.7(M1+M2)<br>(kN・m) | Md<br>(kN・m) | ケース |
|-------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------------|-----|
| 端 部   | -47.498      | -13.419      | -95.296               | -103.560             | -103.560     | 3   |
| ハッチ始点 | -20.438      | -2.114       | -31.853               | -38.338              | -38.338      | 4   |
| 中 央   | 55.843       | 31.892       | 152.326               | 149.149              | 152.326      | 3   |

| 位 置                    | Ap<br>(cm <sup>2</sup> /m) | As<br>(cm <sup>2</sup> /m) | dp<br>(cm) | ds<br>(cm) | Ppb   | Ppd   | Mu<br>(kN・m) | Sf       | ケース |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------|------------|-------|-------|--------------|----------|-----|
| 端 部                    | 12.465                     | 7.602                      | 22.5       | 36.5       | 0.069 | 0.006 | 284.76       | 2.7      | 3   |
| ハッチ始点                  | 12.465                     | 7.602                      | 12.5       | 26.5       | 0.069 | 0.012 | 162.52       | 4.2      | 4   |
| 中 央                    | 12.465                     | 7.602                      | 17.5       | 26.5       | 0.069 | 0.008 | 212.43       | 1.4      | 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<br>(kN・m) | N<br>(kN) | e<br>(cm) | c<br>(cm) | Ms<br>(kN・m) | CASE<br>M |
|----|------|-------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|
|    | 端 部  | *****       | *****     | *****     | *****     | *****        | **        |
| 頂版 | ハチ始点 | *****       | *****     | *****     | *****     | *****        | **        |
|    | 中 央  | *****       | *****     | *****     | *****     | *****        | **        |
|    | 端 部  | *****       | *****     | *****     | *****     | *****        | **        |
| 底版 | ハチ始点 | *****       | *****     | *****     | *****     | *****        | **        |
|    | 中 央  | *****       | *****     | *****     | *****     | *****        | **        |
|    | 上端部  | -53.144     | 117.628   | 45.18     | 14.50     | 70.200       | 3         |
|    | 上ハチ点 | -43.187     | 119.752   | 36.06     | 9.50      | 54.563       | 3         |
| 側壁 | 中 間  | -17.887     | 84.806    | 21.09     | 9.50      | 25.943       | 1         |
|    | 下ハチ点 | -46.305     | 137.456   | 33.69     | 9.50      | 59.364       | 3         |
|    | 下端部  | -60.918     | 139.580   | 43.64     | 14.50     | 81.157       | 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( $\sigma_{sa}$ )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    | $M_s$<br>(kN・m/m) | 必要有効高<br>$d$ (cm) | 必要部材厚<br>$d + d'$ (cm) | 部材厚<br>$T$ (cm) | 必要鉄筋量<br>$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) |
|----|------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------|-------------------------------------|
|    | 端 部  | *****             | *****             | *****                  | *****           | *****                               |
| 頂版 | ハチ始点 | *****             | *****             | *****                  | *****           | *****                               |
|    | 中 央  | *****             | *****             | *****                  | *****           | *****                               |
|    | 端 部  | *****             | *****             | *****                  | *****           | *****                               |
| 底版 | ハチ始点 | *****             | *****             | *****                  | *****           | *****                               |
|    | 中 央  | *****             | *****             | *****                  | *****           | *****                               |
|    | 上端部  | 70.200            | 14.76             | 18.26                  | 36.00           | 7.702                               |
|    | 上ハチ点 | 54.563            | 13.01             | 16.51                  | 26.00           | 9.864                               |
| 側壁 | 中 間  | 25.943            | 8.97              | 12.47                  | 26.00           | 2.638                               |
|    | 下ハチ点 | 59.364            | 13.58             | 17.08                  | 26.00           | 10.378                              |
|    | 下端部  | 81.157            | 15.87             | 19.37                  | 36.00           | 8.809                               |
|    |      |                   |                   | $d + d' < T$           | 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 (cm<sup>2</sup>)  
 $x$  : 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 0 - 0  |

| 部材 | 点    | 部材幅<br>b (cm) | 使用鉄筋量<br>A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> /m) | x<br>(cm) | 実応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) |            |               |
|----|------|---------------|--|-----------|---------------------------|------------|---------------|
|    |      |               |  |           | $\sigma_c$                | $\sigma_s$ | $\sigma_{s'}$ |
| 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        | 11.916                                       | 11.884    | 4.14                      | 107.7      | 0.0           |
|    | 上ハチ点 | 100.00        | 11.916                                       | 9.132     | 6.14                      | 134.9      | 0.0           |
|    | 中間   | 100.00        | 11.916                                       | 10.588    | 2.58                      | 43.6       | 0.0           |
|    | 下ハチ点 | 100.00        | 11.916                                       | 9.269     | 6.60                      | 141.3      | 0.0           |
|    | 下端部  | 100.00        | 11.916                                       | 11.992    | 4.75                      | 121.8      | 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<br>τ点  | S   | 67.418  | 20.145  | 102.471 | 59.925  |        |        |        |        |
|           | M   |         |         | -5.823  |         |        |        |        |        |
|           | N   |         |         | 35.623  |         |        |        |        |        |
|           | 最大  |         |         | ○       |         |        |        |        |        |
| 底版<br>τ点  | S   | 75.395  | 37.665  | 111.402 | 77.445  |        |        |        |        |
|           | M   |         |         | -6.957  |         |        |        |        |        |
|           | N   |         |         | 55.053  |         |        |        |        |        |
|           | 最大  |         |         | ○       |         |        |        |        |        |
| 側壁上<br>τ点 | S   | -17.426 | -19.161 | -28.211 | -32.265 |        |        |        |        |
|           | M   |         |         |         | -21.055 |        |        |        |        |
|           | N   |         |         |         | 78.127  |        |        |        |        |
|           | 最大  |         |         |         | ○       |        |        |        |        |
| 側壁下<br>τ点 | S   | 21.886  | 31.351  | 37.309  | 44.455  |        |        |        |        |
|           | M   |         |         |         | -26.279 |        |        |        |        |
|           | N   |         |         |         | 93.990  |        |        |        |        |
|           | 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<sub>e</sub>)をτ<sub>a</sub>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 <sub>e</sub> ) | 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<sub>pt</sub>)をτ<sub>a</sub>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 <sub>pt</sub> ) | 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 $\tau_a$ 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(m<sup>3</sup>)

Ac：部材断面積(m<sup>2</sup>)

ep：P C 鋼棒の偏心量<引張縁側+／圧縮縁側-＞(m)

| 照査位置         | T<br>(cm) | d'<br>(cm) | d<br>(cm) | Ce    | 引張鉄筋  |                       | Pt<br>(%) | Cpt   |
|--------------|-----------|------------|-----------|-------|-------|-----------------------|-----------|-------|
|              |           |            |           |       | 径-本数  | As (cm <sup>2</sup> ) |           |       |
| 頂版 $\tau$ 点  | 30.0      | 3.5        | 26.5      | 1.400 | D13-6 | 7.602                 | 0.287     | 0.987 |
| 底版 $\tau$ 点  | 30.0      | 3.5        | 26.5      | 1.400 | D13-6 | 7.602                 | 0.287     | 0.987 |
| 側壁上 $\tau$ 点 | 26.7      | 3.5        | 23.2      | 1.400 | D16-6 | 11.916                | 0.514     | 1.208 |
| 側壁下 $\tau$ 点 | 26.7      | 3.5        | 23.2      | 1.400 | D16-6 | 11.916                | 0.514     | 1.208 |

| 照査位置         | M<br>(kN・m) | Pe<br>(kN) | N<br>(kN) | Ac<br>(m <sup>2</sup> ) | Z<br>(m <sup>4</sup> ) | ep<br>(m) | Mo<br>(kN・m) | Cn    |
|--------------|-------------|------------|-----------|-------------------------|------------------------|-----------|--------------|-------|
| 頂版 $\tau$ 点  | -5.823      | 885.4      | 35.622    | 0.300                   | 0.01500                | -0.03     | 28.343       | 2.000 |
| 底版 $\tau$ 点  | -6.957      | 884.5      | 55.052    | 0.300                   | 0.01500                | -0.03     | 29.288       | 2.000 |
| 側壁上 $\tau$ 点 | -21.055     | 0.0        | 78.128    | 0.267                   | 0.01190                | 0.00      | 3.482        | 1.165 |
| 側壁下 $\tau$ 点 | -26.279     | 0.0        | 93.990    | 0.267                   | 0.01190                | 0.00      | 4.189        | 1.159 |

| 照査位置         | $\tau_a$ | 補正係数  |       |       | 補正<br>$\tau_a$ |
|--------------|----------|-------|-------|-------|----------------|
|              |          | Ce    | Cpt   | Cn    |                |
| 頂版 $\tau$ 点  | 0.270    | 1.400 | 0.987 | 2.000 | 0.746          |
| 底版 $\tau$ 点  | 0.270    | 1.400 | 0.987 | 2.000 | 0.746          |
| 側壁上 $\tau$ 点 | 0.270    | 1.400 | 1.208 | 1.165 | 0.532          |
| 側壁下 $\tau$ 点 | 0.270    | 1.400 | 1.208 | 1.159 | 0.529          |

| 照査位置         | せん断力<br>S<br>(kN) | 有効高<br>d<br>(cm) | せん断応力度<br>$\tau$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 補正<br>$\tau_a$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------------|------------------|--|--|
| 頂版 $\tau$ 点  | 102.470           | 26.5             | 0.387                                    | 0.746                                  |
| 底版 $\tau$ 点  | 111.402           | 26.5             | 0.420                                    | 0.746                                  |
| 側壁上 $\tau$ 点 | 32.265            | 23.2             | 0.139                                    | 0.532                                  |
| 側壁下 $\tau$ 点 | 44.455            | 23.2             | 0.192                                    | 0.529                                  |

$\tau < \tau_a$  CHECK OK

以上