



下水道常時計算(現場打ちマンホール)

円形

出力例

2010年11月版

KTS 川田テクノシステム株式会社
KAWADA TECHNOSYSTEM CO.,LTD.

目次

| | |
|------------------------|----|
| 1 設計条件 | 1 |
| 1-1 設計荷重 | 1 |
| 1-1-1 土質条件 | 1 |
| 1-1-2 地下水 | 1 |
| 1-1-3 活荷重 | 1 |
| 1-2 コンクリート材料 | 2 |
| 1-3 鉄筋材料 | 2 |
| 1-4 斜引張鉄筋材料 | 2 |
| 1-5 部材 | 2 |
| 1-6 形状 | 3 |
| 1-7 部材の解析モデル | 3 |
| 2 荷重計算 | 4 |
| 2-1 鉛直荷重 | 4 |
| 2-1-1 軀体自重 | 4 |
| 2-1-2 土砂重量 | 4 |
| 2-1-3 活荷重 | 4 |
| 2-1-4 頂版、底版部材に作用する鉛直荷重 | 5 |
| 2-1-5 中床版部材に作用する鉛直荷重 | 6 |
| 2-2 水平荷重 | 7 |
| 2-2-1 土圧 | 7 |
| 2-2-2 水圧 | 7 |
| 2-2-3 活荷重による水平土圧 | 7 |
| 2-2-4 水平荷重集計 | 7 |
| 3 断面力計算 | 9 |
| 3-1 頂版の断面力計算 | 9 |
| 3-2 側壁の断面力計算 (側壁-1) | 10 |
| 3-2-1 等圧による断面力の計算 | 10 |
| 3-2-2 偏圧による断面力の計算 | 10 |
| 3-2-3 断面力の集計 | 10 |
| 3-3 中床版の断面力計算 | 11 |
| 3-4 側壁の断面力計算 (側壁-2) | 12 |
| 3-4-1 等圧による断面力の計算 | 12 |
| 3-4-2 偏圧による断面力の計算 | 12 |
| 3-4-3 断面力の集計 | 12 |
| 3-5 底版の断面力計算 | 13 |
| 4 応力度照査 | 14 |
| 4-1 頂版の応力度照査 | 14 |
| 4-1-1 前後方向の応力度照査 | 14 |
| 4-2 側壁の応力度照査 (側壁-1) | 16 |
| 4-2-1 水平方向の応力度照査 | 16 |
| 4-3 中床版の応力度照査 | 18 |
| 4-3-1 前後方向の応力度照査 | 18 |
| 4-4 側壁の応力度照査 (側壁-2) | 20 |
| 4-4-1 水平方向の応力度照査 | 20 |
| 4-5 底版の応力度照査 | 22 |
| 4-5-1 前後方向の応力度照査 | 22 |
| 5 安定計算 | 24 |
| 5-1 浮力の安定 | 24 |
| 5-2 支持力の安定 | 24 |

円形

1 設計条件

1-1 設計荷重

1-1-1 土質条件

土圧強度を一定とする深さ 15.000 (m)

| 土層番号 | 深度 Z (m) | 層厚 h (m) | 単位重量 (大気中) (kN/m³) | 単位重量 (水中) (kN/m³) | 静止土圧係数 k₀ | 鉛直土圧係数 |
|------|----------|----------|--------------------|-------------------|-----------|--------|
| 1 | 4.200 | 4.200 | 18.00 | 9.00 | 0.500 | 1.000 |
| 2 | 7.800 | 3.600 | 18.00 | 9.00 | 0.500 | 1.000 |
| 3 | 16.500 | 8.700 | 14.00 | 5.00 | 0.500 | 1.000 |
| 4 | 18.300 | 1.800 | 20.00 | 11.00 | 0.500 | 1.000 |
| 5 | 30.300 | 12.000 | 18.00 | 9.00 | 0.500 | 1.000 |

1-1-2 地下水

地表面からの深さ H 6.040 (m)

単位重量 w 10.00 (kN/m³)

1-1-3 活荷重

T-25 軸重 100.0 (kN)

地表面載荷荷重 P_{vI} 10.00 (kN/m²)

衝撃係数 i

| 土かぶり(h) | 衝撲係数 |
|---------|------|
| h < 4m | 0.3 |
| 4m h | 0 |

低減係数

| | 土かぶり h 1m かつ 内空幅 B 4m の場合 | 左記以外の場合 |
|--|------------------------------|---------|
| | 1.0 | 0.9 |

1-2 コンクリート材料

| | | 材料番号1 | 材料番号2 | 単位 |
|--------------|---------------|---------|---------|-------------------|
| 材料強度 | f'_{ck} | 24.0 | 24.0 | N/mm ² |
| ヤング係数 | E_c | 25000.0 | 25000.0 | N/mm ² |
| 許容曲げ圧縮応力度 | σ_{ca} | 9.00 | 9.00 | N/mm ² |
| 許容せん断応力度(平均) | a_1 | 0.390 | 0.390 | N/mm ² |
| 許容せん断応力度(最大) | a_1 | 0.450 | 0.450 | N/mm ² |
| 許容せん断応力度(平均) | a_2 | 1.700 | 1.700 | N/mm ² |
| 許容せん断応力度(最大) | a_2 | 2.000 | 2.000 | N/mm ² |
| 許容付着応力度 | σ_a | 1.60 | 1.60 | N/mm ² |
| 単位重量(大気中) | c | 24.50 | 24.50 | kN/m ³ |

1-3 鉄筋材料

| | | 材料番号1 | 材料番号2 | 単位 |
|--------------|----------|----------|----------|-------------------|
| ヤング係数 | E_s | 200000.0 | 200000.0 | N/mm ² |
| 許容引張応力度(大気中) | s_{a1} | 160.0 | 160.0 | N/mm ² |
| 許容引張応力度(水中) | s_{a2} | 160.0 | 160.0 | N/mm ² |

1-4 斜引張鉄筋材料

| | 材料番号1 | 単位 |
|---------|-------|-------------------|
| 許容引張応力度 | s_a | N/mm ² |

1-5 部材

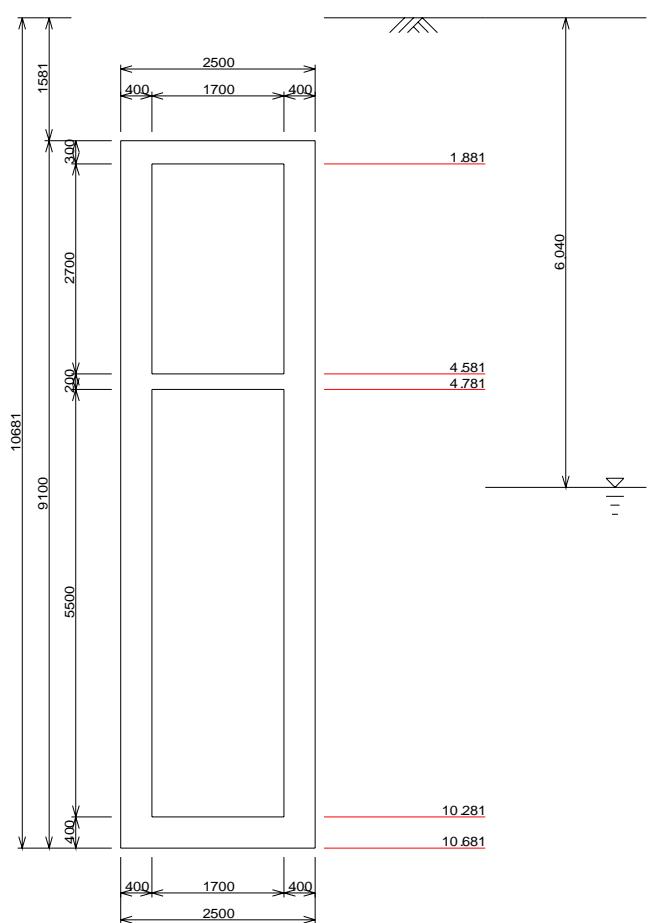
地表面から部材1上端までの距離 1.581 (m)

| 部材番号 | 深度(m) | 部材高(m) | 部位 | 部材名称 | 断面照査有無 | 使用材料番号 |
|------|--------|--------|-----|------|--------|--------|
| 1 | 1.881 | 0.300 | 頂版 | | | 1 |
| 2 | 4.581 | 2.700 | 側壁 | 側壁-1 | | 1 |
| 3 | 4.781 | 0.200 | 中床版 | | | 1 |
| 4 | 10.281 | 5.500 | 側壁 | 側壁-2 | | 1 |
| 5 | 10.681 | 0.400 | 底版 | | | 1 |

1-6 形状

| 部材番号 | 平面形状 | 正面寸法 | | | | | 側面寸法 | | | | |
|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | | 外形上縁 (m) | 内形上縁 (m) | 外形下縁 (m) | 内形下縁 (m) | ハンチ (m) | 外形上縁 (m) | 内形上縁 (m) | 外形下縁 (m) | 内形下縁 (m) | ハンチ (m) |
| 1 | 円形 | 2.500 | | 2.500 | | | | | | | |
| 2 | 円形 | 2.500 | 1.700 | 2.500 | 1.700 | | | | | | |
| 3 | 円形 | 2.500 | | 2.500 | | | | | | | |
| 4 | 円形 | 2.500 | 1.700 | 2.500 | 1.700 | | | | | | |
| 5 | 円形 | 2.500 | | 2.500 | | | | | | | |

形状図



1-7 部材の解析モデル

| 部材番号 | 平面形状 | 部位 | 解析条件 | 備考 |
|------|------|-----|---------|----|
| 1 | 円形 | 頂版 | 周辺固定支持板 | |
| 2 | 円形 | 側壁 | リング構造解析 | |
| 3 | 円形 | 中床版 | 周辺固定支持板 | |
| 4 | 円形 | 側壁 | リング構造解析 | |
| 5 | 円形 | 底版 | 周辺固定支持板 | |

2 荷重計算

2-1 鉛直荷重

2-1-1 転体自重

| 部材番号 | 部位 | 名称 | 算出式 載荷面積 × 高さ × 単位重量 | 重量 (kN) |
|------|-----|------|---|---------------|
| 1 | 頂版 | | $/4 \times 2.500^2 \times 0.300 \times 24.50$ | 36.08 |
| | | | | 累計 $W_{d1} =$ |
| 2 | 側壁 | 側壁-1 | $/4 \times (2.500^2 - 1.700^2) \times 2.700 \times 24.50$ | 174.57 |
| 3 | 中床版 | 群集荷重 | $/4 \times 1.700^2 \times 5.00$ | 11.35 |
| 3 | 中床版 | | $/4 \times 2.500^2 \times 0.200 \times 24.50$ | 24.05 |
| 4 | 側壁 | 側壁-2 | $/4 \times (2.500^2 - 1.700^2) \times 5.500 \times 24.50$ | 355.60 |
| | | | | 累計 $W_{d2} =$ |
| 5 | 底版 | | $/4 \times 2.500^2 \times 0.400 \times 24.50$ | 48.11 |
| | | | | 累計 $W_d =$ |
| | | | | 649.76 |

2-1-2 土砂重量

| 部材番号 | 部位 | 名称 | 算出式 載荷面積 × 高さ × 単位重量 | 重量 (kN) |
|------|------|--------|---|------------|
| 1 | 頂版上面 | | | |
| | 土砂 | 地下水位上部 | $/4 \times 2.500^2 \times 1.581 \times 18.00$ | 139.69 |
| | | | | 累計 $W_u =$ |

2-1-3 活荷重

(1) 後輪荷重

設計に用いる活荷重は以下の後輪荷重を載荷する。

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{2 \times \text{後輪荷重}}{\text{T 荷重 1 組の占有幅}} \times (1 + \text{衝撃係数}) \\
 &= \frac{2 \times 100.0}{2.75} \times (1+0.3) = 94.55 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

(2) 活荷重による鉛直荷重

土かぶりが4m未満の活荷重による鉛直荷重は以下により算出する。

$$P_{vI} = \frac{P_I \cdot}{W_I} = \frac{P_I \cdot}{2 \cdot h + 0.2}$$

ここに、

P_{vI} : 活荷重による鉛直荷重 (kN/m^2)

P_I : 後輪による活荷重 (kN/m)

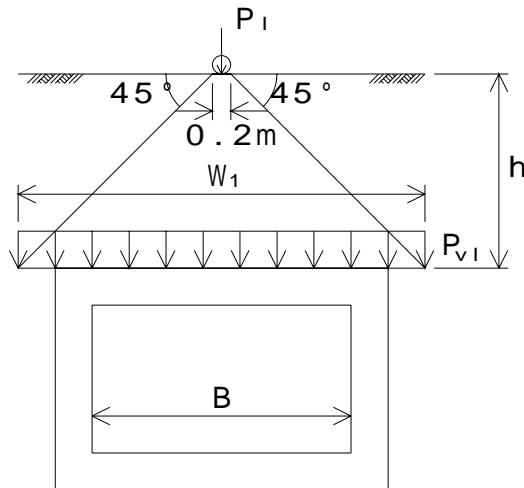
W_I : 後輪荷重の分布幅 (m)

: 低減係数

h : 土かぶり厚 (m)

頂版 $h = 1.581 \text{ m}$

$$P_{vI} = \frac{94.55 \times 0.90}{2 \times 1.581 + 0.2} = 25.31 \text{ kN}/\text{m}^2$$



2-1-4 頂版、底版部材に作用する鉛直荷重

頂版部材に作用する鉛直荷重、底版部材に作用する地盤反力は以下により算出する。

$$W = \frac{W_d + W_u}{A} + P_{vI}$$

ここに、

W : 版部材に作用する荷重 (kN/m^2)

W_d : 車体自重 (kN)

W_u : 土砂重量 (kN)

P_{vI} : 活荷重による鉛直荷重 (kN/m^2)

A : 載荷面積 (m^2)

(1) 頂版 部材番号-1

$$W = \frac{36.08 + 139.69}{4 \times 2.500^2} + 25.31 = 35.81 + 25.31 \\ = 61.12 \text{ kN}/\text{m}^2$$

(2) 底版 部材番号-5

$$W = \frac{601.65 + 139.69}{4 \times 2.500^2} + 25.31 = 151.02 + 25.31 \\ = 176.33 \text{ kN}/\text{m}^2$$

2-1-5 中床版部材に作用する鉛直荷重

中床版部材に作用する鉛直荷重は以下により算出する。

$$W = c \cdot t + W_l$$

ここに、

W : 版部材に作用する荷重 (kN/m^2)

c : コンクリートの単位重量 (kN/m^3)

t : 部材厚 (m)

W_l : 群集荷重 = 5.00 (kN/m^2)

(1) 中床版 部材番号-3

$$W = 24.50 \times 0.200 + 5.00$$

$$= 9.90 \text{ kN}/\text{m}^2$$

2-2 水平荷重

2-2-1 土圧

側壁に作用する水平土圧は以下により算出する。

- ・地下水面より深い場合

$$P_{hd} = k_0 \cdot \gamma \cdot h$$

- ・地下水面より浅い場合

$$P_{hd} = k_0 \cdot \gamma \cdot (h - h_w) + k_0 \cdot \gamma' \cdot h_w$$

ここに、

P_{hd} : 土圧による水平荷重 (kN/m^2)

k_0 : 静止土圧係数

γ : 土の単位重量(大気中) (kN/m^3)

γ' : 土の単位重量(水中) (kN/m^3)

h_w : 水中の層厚 (m)

h : 層厚 (m)

2-2-2 水圧

地下水位以深の側壁に作用する水圧は以下により算出する。

$$P_w = \gamma_w \cdot (h - h_w)$$

ここに、

P_w : 水圧 (kN/m^2)

γ_w : 水の単位重量 = 10.00 (kN/m^3)

h_w : 地表面から地下水位面までの距離 = 6.040 (m)

h : 地表面からの距離 (m)

2-2-3 活荷重による水平土圧

側壁に作用する活荷重による水平土圧は、深さに関係なく以下により算出する。

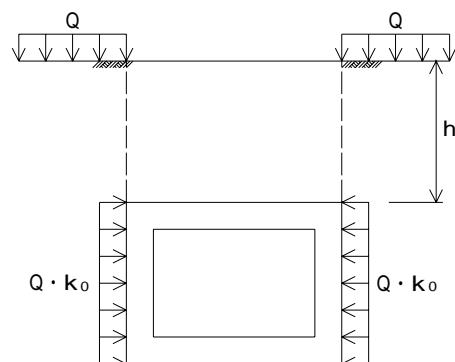
$$P_{hl} = Q \cdot k_0$$

ここに、

P_{hl} : 活荷重による水平土圧 (kN/m^2)

Q : 地表面載荷荷重 = 10.00 (kN/m^2)

k_0 : 静止土圧係数



2-2-4 水平荷重集計

| 部材番号 | 深さ (m) | 平面形状 | 部位 | 位置 | P_{hd} (kN/m^2) | P_w (kN/m^2) | P_{hl} (kN/m^2) | 合計 (kN/m^2) |
|------|--------|------|----|------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1.731 | 円形 | 頂版 | 中心 | 15.58 | | 5.00 | 20.58 |
| 2 | 1.881 | 円形 | 側壁 | 上端 | 16.93 | | 5.00 | 21.93 |
| 2 | 4.200 | 円形 | 側壁 | 土層境界 | 37.80 | | 5.00 | 42.80 |
| 2 | 4.581 | 円形 | 側壁 | 下端 | 41.23 | | 5.00 | 46.23 |

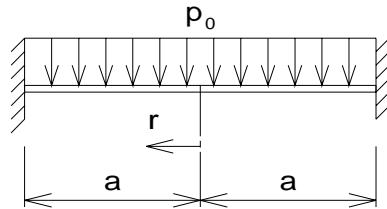
| 部材番号 | 深さ (m) | 平面形状 | 部位 | 位置 | P_{hd} (kN/m ²) | P_W (kN/m ²) | P_{hl} (kN/m ²) | 合計 (kN/m ²) |
|------|--------|------|-----|------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 3 | 4.681 | 円形 | 中床版 | 中心 | 42.13 | | 5.00 | 47.13 |
| 4 | 4.781 | 円形 | 側壁 | 上端 | 43.03 | | 5.00 | 48.03 |
| 4 | 6.040 | 円形 | 側壁 | 水位面 | 54.36 | 0.00 | 5.00 | 59.36 |
| 4 | 7.800 | 円形 | 側壁 | 土層境界 | 62.28 | 17.60 | 5.00 | 84.88 |
| 4 | 10.281 | 円形 | 側壁 | 下端 | 68.48 | 42.41 | 5.00 | 115.89 |
| 5 | 10.481 | 円形 | 底版 | 中心 | 68.98 | 44.41 | 5.00 | 118.39 |

3 断面力計算

3-1 頂版の断面力計算

頂版は等分布荷重を受ける周辺固定支持板として算出する。

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{p_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1 + \dots) - (3 + \dots) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2] \\ M &= \frac{p_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1 + \dots) - (1 + 3 \cdot \dots) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2] \\ S_r &= -\frac{p_0 \cdot r}{2} \end{aligned}$$



ここに、

- M_r : 半径方向曲げモーメント (kN·m)
- M : 周辺方向曲げモーメント (kN·m)
- S_r : せん断力 (kN)
- p_0 : 上面に作用する等分布荷重 = 61.12 (kN/m²)
- a : 側壁中心半径 = 1.050 (m)
- : ポアソン比 = 0.20
- r : 照査位置 (m)

(1) 曲げモーメント

端部 $r = a$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{61.12 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (3 + 0.20) \times \left(\frac{1.050}{1.050}\right)^2] = -8.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M &= \frac{61.12 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (1 + 3 \times 0.20) \times \left(\frac{1.050}{1.050}\right)^2] = -1.68 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

中央部 $r = 0$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{61.12 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (3 + 0.20) \times \left(\frac{0.000}{1.050}\right)^2] = 5.05 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M &= \frac{61.12 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (1 + 3 \times 0.20) \times \left(\frac{0.000}{1.050}\right)^2] = 5.05 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

(2) せん断力

端部 $r = a$

$$S_r = -\frac{61.12 \times 1.050}{2} = -32.09 \text{ kN}$$

照査位置 $r = 0.700 \text{ m}$

$$S_r = -\frac{61.12 \times 0.700}{2} = -21.39 \text{ kN}$$

3-2 側壁の断面力計算 (側壁-1)

3-2-1 等圧による断面力の計算

等圧による断面力の計算は、4方向より水圧を受ける条件により行う。

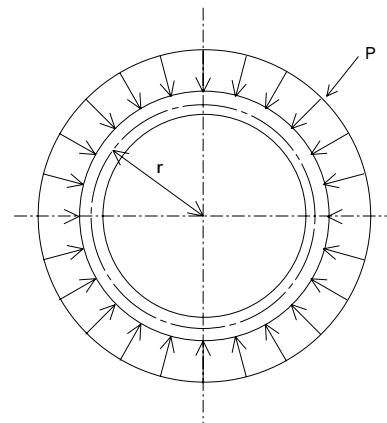
軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$\begin{aligned} N &= P \cdot r \\ &= 46.23 \times 1.050 \\ &= 48.54 \text{ kN} \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned} N &: \text{軸力 (kN)} \\ P &: \text{等圧荷重} = 46.23 (\text{kN/m}^2) \\ r &: \text{側壁中心半径} = 1.050 (\text{m}) \end{aligned}$$

この場合、曲げモーメントとせん断力は生じない。



3-2-2 偏圧による断面力の計算

断面力は、土圧の20%を1方向より偏荷重として受ける場合を考える。

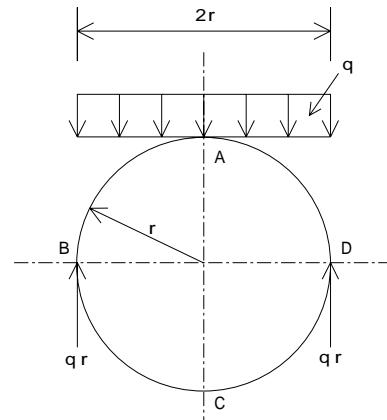
図のA~C各点のモーメントは次式に地盤反力の絶対値を与えて、単位長さを乗じて求める。

図のA~C各点の軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$\begin{aligned} M_A &= 0.163q \cdot r^2 = 0.163 \times 9.25 \times 1.050^2 = 1.66 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_B &= -0.125q \cdot r^2 = -0.125 \times 9.25 \times 1.050^2 = -1.27 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_C &= 0.087q \cdot r^2 = 0.087 \times 9.25 \times 1.050^2 = 0.89 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ N_A &= 0.212q \cdot r = 0.212 \times 9.25 \times 1.050 = 2.06 \text{ kN} \\ N_B &= q \cdot r = 9.25 \times 1.050 = 9.71 \text{ kN} \\ N_C &= -0.212q \cdot r = -0.212 \times 9.25 \times 1.050 = -2.06 \text{ kN} \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned} M &: \text{曲げモーメント (kN}\cdot\text{m)} \\ N &: \text{軸力 (kN)} \\ q &: \text{偏荷重} = \text{土圧} \times 20\% = 9.25 (\text{kN/m}^2) \\ r &: \text{側壁中心半径} = 1.050 (\text{m}) \end{aligned}$$



3-2-3 断面力の集計

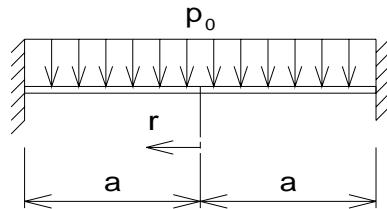
設計断面力は、等圧と偏圧による断面力を重ね合わせた数値を考える。

$$\begin{aligned} M_A &= 1.66 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_B &= -1.27 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_C &= 0.89 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ N_A &= 48.54 + 2.06 = 50.60 \text{ kN} \\ N_B &= 48.54 + 9.71 = 58.25 \text{ kN} \\ N_C &= 48.54 - 2.06 = 46.48 \text{ kN} \end{aligned}$$

3-3 中床版の断面力計算

中床版は等分布荷重を受ける周辺固定支持板として算出する。

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{p_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1 + \dots) - (3 + \dots) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2] \\ M &= \frac{p_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1 + \dots) - (1 + 3 \cdot \dots) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2] \\ S_r &= -\frac{p_0 \cdot r}{2} \end{aligned}$$



ここに、

- M_r : 半径方向曲げモーメント (kN·m)
- M : 周辺方向曲げモーメント (kN·m)
- S_r : せん断力 (kN)
- p_0 : 上面に作用する等分布荷重 = 9.90 (kN/m²)
- a : 側壁中心半径 = 1.050 (m)
- : ポアソン比 = 0.20
- r : 照査位置 (m)

(1) 曲げモーメント

端部 $r = a$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{9.90 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (3 + 0.20) \times \left(\frac{1.050}{1.050}\right)^2] = -1.36 \text{ kN·m} \\ M &= \frac{9.90 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (1 + 3 \times 0.20) \times \left(\frac{1.050}{1.050}\right)^2] = -0.27 \text{ kN·m} \end{aligned}$$

中央部 $r = 0$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{9.90 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (3 + 0.20) \times \left(\frac{0.000}{1.050}\right)^2] = 0.82 \text{ kN·m} \\ M &= \frac{9.90 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (1 + 3 \times 0.20) \times \left(\frac{0.000}{1.050}\right)^2] = 0.82 \text{ kN·m} \end{aligned}$$

(2) せん断力

端部 $r = a$

$$S_r = -\frac{9.90 \times 1.050}{2} = -5.20 \text{ kN}$$

照査位置 $r = 0.750 \text{ m}$

$$S_r = -\frac{9.90 \times 0.750}{2} = -3.71 \text{ kN}$$

3-4 側壁の断面力計算 (側壁-2)

3-4-1 等圧による断面力の計算

等圧による断面力の計算は、4方向より水圧を受ける条件により行う。

軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$\begin{aligned} N &= P \cdot r \\ &= 115.89 \times 1.050 \\ &= 121.68 \text{ kN} \end{aligned}$$

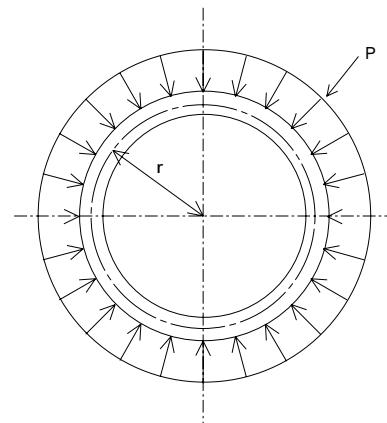
ここに、

N : 軸力 (kN)

P : 等圧荷重 = 115.89 (kN/m²)

r : 側壁中心半径 = 1.050 (m)

この場合、曲げモーメントとせん断力は生じない。



3-4-2 偏圧による断面力の計算

断面力は、土圧の20%を1方向より偏荷重として受ける場合を考える。

図のA~C各点のモーメントは次式に地盤反力の絶対値を与えて、単位長さを乗じて求める。

図のA~C各点の軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$M_A = 0.163q \cdot r^2 = 0.163 \times 14.70 \times 1.050^2 = 2.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_B = -0.125q \cdot r^2 = -0.125 \times 14.70 \times 1.050^2 = -2.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_C = 0.087q \cdot r^2 = 0.087 \times 14.70 \times 1.050^2 = 1.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_A = 0.212q \cdot r = 0.212 \times 14.70 \times 1.050 = 3.27 \text{ kN}$$

$$N_B = q \cdot r = 14.70 \times 1.050 = 15.43 \text{ kN}$$

$$N_C = -0.212q \cdot r = -0.212 \times 14.70 \times 1.050 = -3.27 \text{ kN}$$

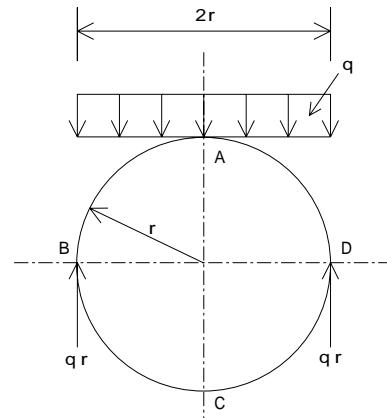
ここに、

M : 曲げモーメント (kN·m)

N : 軸力 (kN)

q : 偏荷重 = 土圧 × 20(%) = 14.70 (kN/m²)

r : 側壁中心半径 = 1.050 (m)



3-4-3 断面力の集計

設計断面力は、等圧と偏圧による断面力を重ね合わせた数値を考える。

$$M_A = 2.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_B = -2.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_C = 1.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_A = 121.68 + 3.27 = 124.95 \text{ kN}$$

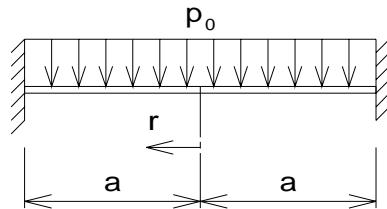
$$N_B = 121.68 + 15.43 = 137.11 \text{ kN}$$

$$N_C = 121.68 - 3.27 = 118.41 \text{ kN}$$

3-5 底版の断面力計算

底版は等分布荷重を受ける周辺固定支持板として算出する。

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{p_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1 + \quad) - (3 + \quad) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2] \\ M &= \frac{p_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1 + \quad) - (1 + 3 \cdot \quad) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2] \\ S_r &= -\frac{p_0 \cdot r}{2} \end{aligned}$$



ここに、

- M_r : 半径方向曲げモーメント (kN·m)
- M : 周辺方向曲げモーメント (kN·m)
- S_r : せん断力 (kN)
- p_0 : 上面に作用する等分布荷重 = 176.33 (kN/m²)
- a : 側壁中心半径 = 1.050 (m)
- : ポアソン比 = 0.20
- r : 照査位置 (m)

(1) 曲げモーメント

端部 $r = a$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{176.33 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (3 + 0.20) \times \left(\frac{1.050}{1.050}\right)^2] = -24.30 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M &= \frac{176.33 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (1 + 3 \times 0.20) \times \left(\frac{1.050}{1.050}\right)^2] = -4.86 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

中央部 $r = 0$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{176.33 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (3 + 0.20) \times \left(\frac{0.000}{1.050}\right)^2] = 14.58 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M &= \frac{176.33 \times 1.050^2}{16} \times [(1 + 0.20) - (1 + 3 \times 0.20) \times \left(\frac{0.000}{1.050}\right)^2] = 14.58 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

(2) せん断力

端部 $r = a$

$$S_r = -\frac{176.33 \times 1.050}{2} = -92.57 \text{ kN}$$

照査位置 $r = 0.650 \text{ m}$

$$S_r = -\frac{176.33 \times 0.650}{2} = -57.31 \text{ kN}$$

4 応力度照査

4-1 頂版の応力度照査

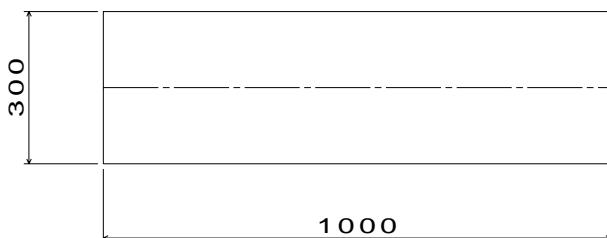
4-1-1 前後方向の応力度照査

部材番号 1

地表面からの深度 1.581 ~ 1.881 m

平面形状 円形

形状図の単位:mm



前後方向鉄筋(上面)

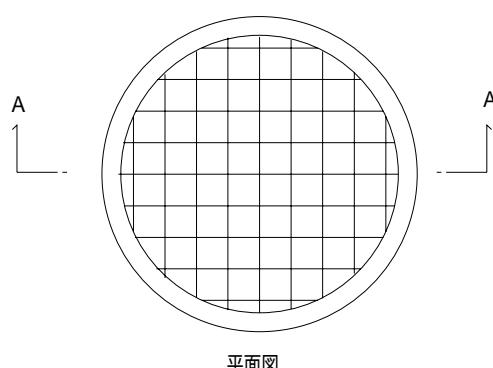
| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 D13 | 本数 5.0 | 鉄筋量 (mm ²) 633.50 |
|-------------|-------------|------------|-----------|-------------------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

前後方向鉄筋(下面)

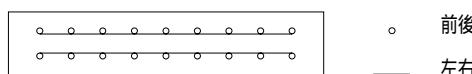
| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 D13 | 本数 5.0 | 鉄筋量 (mm ²) 633.50 |
|-------------|-------------|------------|-----------|-------------------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

斜引張鉄筋

| ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 0 | | 0.0 | 0.00 |



平面図



A - A

| 項目 | 記号 | 単位 | 端部 | 中央部 |
|---|--------------------|-------------------|---------|---------|
| 曲げモーメント 軸力 | M | kN·m | -8.42 | 5.05 |
| | N | kN | | |
| 部材幅 部材高 | B | mm | 1000.0 | 1000.0 |
| | H | mm | 300.0 | 300.0 |
| 主鉄筋 鉄筋量 引張側 圧縮側 | As | mm ² | 633.50 | 633.50 |
| | As' | mm ² | | |
| 最小鉄筋量 0.002 B · H 曲げ 0.008 N × 10 ³ / 'ca 軸力 | As _{min} | mm ² | 600.00 | 600.00 |
| | As' _{min} | mm ² | | |
| ヤング係数比 中立軸 | n | | 15 | 15 |
| | X | mm | 57.2922 | 57.2908 |
| コンクリート圧縮応力度 コンクリート許容圧縮応力度 | ' _c | N/mm ² | 1.39 | 0.84 |
| | ' _{ca} | N/mm ² | 9.00 | 9.00 |
| 判定 | | | | |
| 鉄筋引張応力度 鉄筋許容引張応力度 | s | N/mm ² | 63.04 | 37.83 |
| | sa | N/mm ² | 160.00 | 160.00 |
| 判定 | | | | |

| 項目 | 記号 | 単位 | h/2点 |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------|
| せん断力 | S | kN | 21.39 |
| 有効幅 | b _w | mm | 1000.0 |
| | d | mm | 230.0 |
| 全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面 団心までの距離と有効高の比 | J | | 0.917 |
| | | N/mm ² | 0.101 |
| せん断応力度 許容せん断応力度 | a ₁ | N/mm ² | 0.450 |
| | A _{wreq} | mm ² | |
| 必要斜引張鉄筋量 斜引張鉄筋量 | A _w | mm ² | 0.00 |
| | a ₂ | N/mm ² | |
| 許容せん断応力度(鉄筋と共に) | | | |
| 判定 | | | |
| コンクリート付着応力度 コンクリート許容付着応力度 | 0 | N/mm ² | 0.507 |
| | 0a | N/mm ² | 1.600 |
| 判定 | | | |

4-2 側壁の応力度照査 (側壁-1)

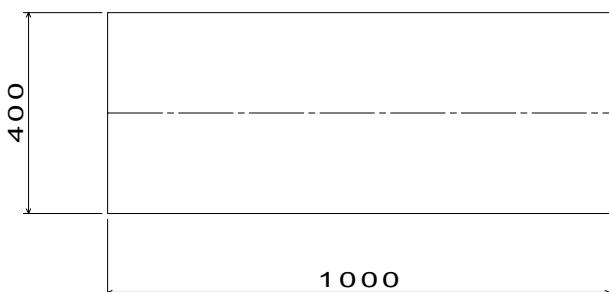
4-2-1 水平方向の応力度照査

部材番号 2

地表面からの深度 1.881 ~ 4.581 m

平面形状 円形

形状図の単位:mm



水平方向鉄筋(外側)

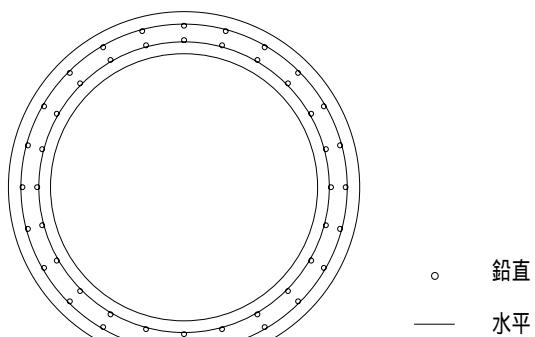
| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

水平方向鉄筋(内側)

| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

斜引張鉄筋

| ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 0 | | 0.0 | 0.00 |



平面図

| 項目 | 記号 | 単位 | A点 | B点 | C点 |
|---|-------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| 曲げモーメント 軸力 | M | kN·m | 1.66 | -1.27 | 0.89 |
| | N | kN | 50.60 | 58.25 | 46.48 |
| 部材幅 | B | mm | 1000.0 | 1000.0 | 1000.0 |
| | H | mm | 400.0 | 400.0 | 400.0 |
| 主鉄筋 | As | mm ² | 633.50 | 633.50 | 633.50 |
| | As' | mm ² | | | |
| 最小鉄筋量 0.002 B · H 曲げ 0.008 N × 10 ³ / 'ca 軸力 | As _{min} | mm ² | 800.00 | 800.00 | 800.00 |
| | As _{min} | mm ² | 44.98 | 51.78 | 41.32 |
| ヤング係数比 中立軸 | n | | 15 | 15 | 15 |
| | X | mm | | | |
| コンクリート圧縮応力度 コンクリート許容圧縮応力度 判定 | ' _c | N/mm ² | 0.18 | 0.18 | 0.14 |
| | ' _{ca} | N/mm ² | 9.00 | 9.00 | 9.00 |
| 鉄筋引張応力度 鉄筋許容引張応力度 判定 | s | N/mm ² | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | sa | N/mm ² | 160.00 | 160.00 | 160.00 |
| | | | | | |

4-3 中床版の応力度照査

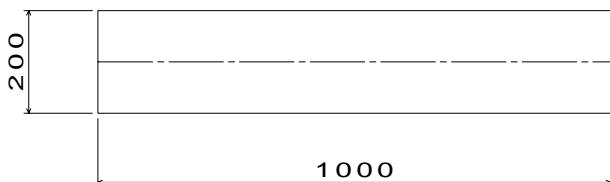
4-3-1 前後方向の応力度照査

部材番号 3

地表面からの深度 4.581 ~ 4.781 m

平面形状 円形

形状図の単位:mm



前後方向鉄筋(上面)

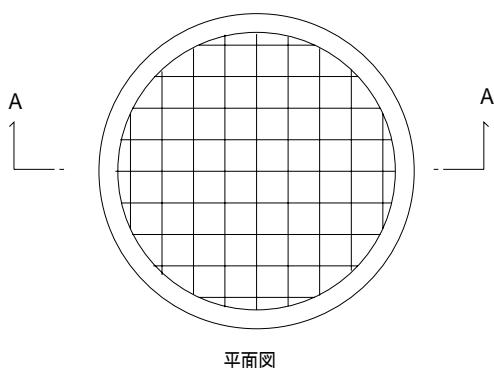
| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

前後方向鉄筋(下面)

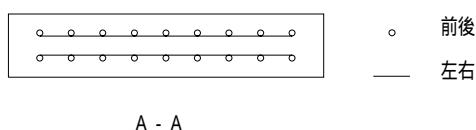
| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

斜引張鉄筋

| ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 0 | | 0.0 | 0.00 |



平面図



A - A

| 項目 | 記号 | 単位 | 端部 | 中央部 |
|---|--------------------|-------------------|---------|---------|
| 曲げモーメント 軸力 | M | kN・m | -1.36 | 0.82 |
| | N | kN | | |
| 部材幅 部材高 | B | mm | 1000.0 | 1000.0 |
| | H | mm | 200.0 | 200.0 |
| 主鉄筋 鉄筋量 引張側 圧縮側 | As | mm ² | 633.50 | 633.50 |
| | As' | mm ² | | |
| 最小鉄筋量 0.002 B・H 曲げ 0.008 N × 10 ³ / 'ca 軸力 | As _{min} | mm ² | 400.00 | 400.00 |
| | As' _{min} | mm ² | | |
| ヤング係数比 中立軸 | n | | 15 | 15 |
| | X | mm | 41.1036 | 41.1027 |
| コンクリート圧縮応力度 コンクリート許容圧縮応力度 | ' _c | N/mm ² | 0.57 | 0.34 |
| | ' _{ca} | N/mm ² | 9.00 | 9.00 |
| 判定 | | | | |
| 鉄筋引張応力度 鉄筋許容引張応力度 | s | N/mm ² | 18.52 | 11.11 |
| | sa | N/mm ² | 160.00 | 160.00 |
| 判定 | | | | |

| 項目 | 記号 | 単位 | h/2点 |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------|
| せん断力 | S | kN | 3.71 |
| 有効幅 | b _w | mm | 1000.0 |
| | d | mm | 130.0 |
| 全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面 団心までの距離と有効高の比 | J | | 0.895 |
| | | N/mm ² | 0.032 |
| せん断応力度 許容せん断応力度 | a ₁ | N/mm ² | 0.450 |
| | A _{wreq} | mm ² | |
| 必要斜引張鉄筋量 斜引張鉄筋量 | A _w | mm ² | 0.00 |
| | a ₂ | N/mm ² | |
| 許容せん断応力度(鉄筋と共に) | | | |
| 判定 | | | |
| コンクリート付着応力度 コンクリート許容付着応力度 | o | N/mm ² | 0.160 |
| | o _a | N/mm ² | 1.600 |
| 判定 | | | |

4-4 側壁の応力度照査 (側壁-2)

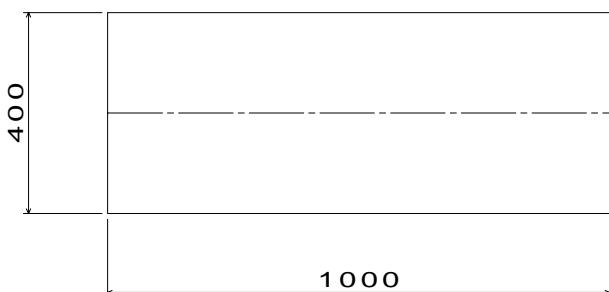
4-4-1 水平方向の応力度照査

部材番号 4

地表面からの深度 4.781 ~ 10.281 m

平面形状 円形

形状図の単位:mm



水平方向鉄筋(外側)

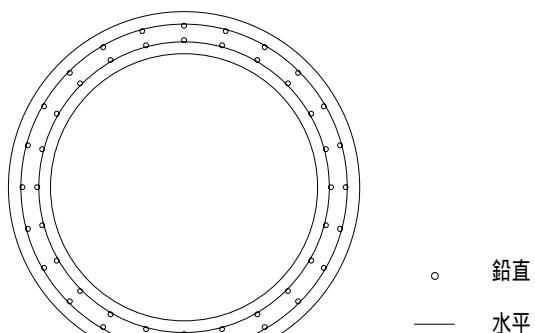
| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

水平方向鉄筋(内側)

| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

斜引張鉄筋

| ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 0 | | 0.0 | 0.00 |



平面図

| 項目 | 記号 | 単位 | A点 | B点 | C点 |
|---|--------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| 曲げモーメント 軸力 | M | kN·m | 2.64 | -2.03 | 1.41 |
| | N | kN | 124.95 | 137.11 | 118.41 |
| 部材幅 部材高 | B | mm | 1000.0 | 1000.0 | 1000.0 |
| | H | mm | 400.0 | 400.0 | 400.0 |
| 主鉄筋 鉄筋量 引張側 圧縮側 | As | mm ² | 633.50 | 633.50 | 633.50 |
| | As' | mm ² | | | |
| 最小鉄筋量 0.002 B · H 曲げ 0.008 N × 10 ³ / 'ca 軸力 | As _{min} | mm ² | 800.00 | 800.00 | 800.00 |
| | As' _{min} | mm ² | 111.07 | 121.88 | 105.25 |
| ヤング係数比 中立軸 | n | | 15 | 15 | 15 |
| | X | mm | | | |
| コンクリート圧縮応力度 コンクリート許容圧縮応力度 判定 | ' _c | N/mm ² | 0.39 | 0.40 | 0.33 |
| | ' _{ca} | N/mm ² | 9.00 | 9.00 | 9.00 |
| 鉄筋引張応力度 鉄筋許容引張応力度 判定 | s | N/mm ² | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | sa | N/mm ² | 160.00 | 160.00 | 160.00 |
| | | | | | |

4-5 底版の応力度照査

4-5-1 前後方向の応力度照査

部材番号 5

地表面からの深度 10.281 ~ 10.681 m

平面形状 円形

形状図の単位:mm



前後方向鉄筋(上面)

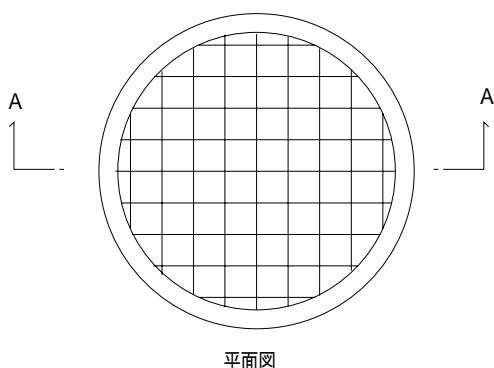
| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

前後方向鉄筋(下面)

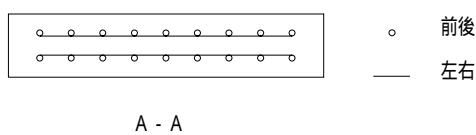
| かぶり (mm) | ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 70.0 | 200 | D13 | 5.0 | 633.50 |

斜引張鉄筋

| ピッチ (mm) | 鉄筋径 | 本数 | 鉄筋量 (mm ²) |
|-------------|-----|-----|---------------------------|
| 0 | | 0.0 | 0.00 |



平面図



A - A

| 項目 | 記号 | 単位 | 端部 | 中央部 |
|---|--------------------|-------------------|---------|---------|
| 曲げモーメント 軸力 | M | kN・m | -24.30 | 14.58 |
| | N | kN | | |
| 部材幅 部材高 | B | mm | 1000.0 | 1000.0 |
| | H | mm | 400.0 | 400.0 |
| 主鉄筋 鉄筋量 引張側 圧縮側 | As | mm ² | 633.50 | 633.50 |
| | As' | mm ² | | |
| 最小鉄筋量 0.002 B・H 曲げ 0.008 N × 10 ³ / 'ca 軸力 | As _{min} | mm ² | 800.00 | 800.00 |
| | As' _{min} | mm ² | | |
| ヤング係数比 中立軸 | n | | 15 | 15 |
| | X | mm | 70.2593 | 70.2589 |
| コンクリート圧縮応力度 コンクリート許容圧縮応力度 | ' _c | N/mm ² | 2.26 | 1.35 |
| | ' _{ca} | N/mm ² | 9.00 | 9.00 |
| 判定 | | | | |
| 鉄筋引張応力度 鉄筋許容引張応力度 | s | N/mm ² | 125.12 | 75.07 |
| | sa | N/mm ² | 160.00 | 160.00 |
| 判定 | | | | |

| 項目 | 記号 | 単位 | h/2点 |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------|
| せん断力 | S | kN | 57.31 |
| 有効幅 | b _w | mm | 1000.0 |
| | d | mm | 330.0 |
| 全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面 団心までの距離と有効高の比 | J | | 0.929 |
| | | N/mm ² | 0.187 |
| せん断応力度 許容せん断応力度 | a ₁ | N/mm ² | 0.450 |
| | A _{wreq} | mm ² | |
| 必要斜引張鉄筋量 斜引張鉄筋量 | A _w | mm ² | 0.00 |
| | a ₂ | N/mm ² | |
| 許容せん断応力度(鉄筋と共に) | | | |
| 判定 | | | |
| コンクリート付着応力度 コンクリート許容付着応力度 | 0 | N/mm ² | 0.935 |
| | 0a | N/mm ² | 1.600 |
| 判定 | | | |

5 安定計算

5-1 浮力の安定

浮力の安定に対する検討は活荷重を除いて以下により算出する。

- ・揚圧力

$$\begin{aligned} U &= A \cdot h \cdot w \\ &= (1/4 \times 2.500^2) \times 4.641 \times 10.00 \\ &= 227.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned} U &: \text{揚圧力 (kN)} \\ A &: \text{底版面積 (m}^2\text{)} \\ h &: \text{地下水位面から底版下面までの距離} = 4.641 \text{ (m)} \\ w &: \text{水の単位重量} = 10.00 \text{ (kN/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

- ・鉛直荷重

$$\begin{aligned} W &= W_d + W_u \\ &= 649.76 + 139.69 \\ &= 789.45 \text{ kN} \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned} W &: \text{鉛直荷重 (kN)} \\ W_d &: \text{躯体自重} = 649.76 \text{ (kN)} \\ W_u &: \text{上載土砂重量} = 139.69 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$F = \frac{W}{U} = \frac{789.45}{227.81} = 3.47 \quad \text{安全率 } F_a = 1.2 \text{ より、}$$

浮力の安定に対して安全である。

5-2 支持力の安定

支持力について以下により検討を行う。

- ・躯体体積分の固有地盤重量

| 部材 番号 | 部位 | 算出式 躯体体積 × 単位重量(大気中) | 重量 (kN) |
|----------|-----|--|-------------------|
| 1 | 頂版 | $1/4 \times 2.500^2 \times 0.300 \times 18.00$ | 26.51 |
| 2 | 側壁 | $1/4 \times 2.500^2 \times 2.319 \times 18.00$ | 204.90 |
| 2 | 側壁 | $1/4 \times 2.500^2 \times 0.381 \times 18.00$ | 33.66 |
| 3 | 中床版 | $1/4 \times 2.500^2 \times 0.200 \times 18.00$ | 17.67 |
| 4 | 側壁 | $1/4 \times 2.500^2 \times 3.019 \times 18.00$ | 266.75 |
| 4 | 側壁 | $1/4 \times 2.500^2 \times 2.481 \times 14.00$ | 170.50 |
| 5 | 底版 | $1/4 \times 2.500^2 \times 0.400 \times 14.00$ | 27.49 |
| | | | 累計 $W_s = 747.48$ |

ここに、

W_s : 車体体積分の固有地盤重量 (kN)

W_d : 車体自重 = 649.76 (kN)

$$\frac{W_s}{W_d} = \frac{747.48}{649.76} = 1.15 \quad 1.0 \text{ より、}$$

支持力の安定に対して安全である。