

## 添架形式水管橋構造計算書

### 1. 設計条件

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                      |                                       |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1.1 形式      | 添架形式                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                      |                                       |
| 1.2 延長      | 20.000 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 最大支持間隔                               | 2.750 m                               |
| 1.3 検測鋼材    | SCP : 配管用炭素鋼管 (JIS G 3452)<br>SS400 : 一般構造用圧延鋼材 (JIS G 3101)                                                                                                                                                                                                                                                       | パイプ                                  | 金具                                    |
| 1.4 呼び径     | 200 A ( OD = 216.3 mm t = 5.8 mm )                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |                                       |
| 1.5 設計内圧    | 静水圧 0.7 MPa ( 水撃圧 0.5 MPa )<br>静水+水撃圧 1.2 MPa                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                      |                                       |
| 1.6 材料の特性値  | 鋼材の引張・圧縮降伏強度の特性値<br>$\sigma_{yk} = 175 \text{ N/mm}^2$ SCP (JIS G 3452)<br>曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 ( $t \leq 10$ ) $\times = 70$<br>鋼材の強度特性値 せん断降伏 100 N/mm <sup>2</sup><br>$\sigma_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$ SS400 (JIS G 3101)<br>曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 ( $t \leq 10$ ) $\times = 50$<br>鋼材の強度特性値 せん断降伏 135 N/mm <sup>2</sup> |                                      |                                       |
| 1.7 溶接効率    | 工場溶接部 100 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 現場溶接部                                | 90 %                                  |
| 1.8 たわみの制限値 | L / 350 ( L : 支間長 )                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                      |                                       |
| 1.9 風荷重     | 設計基準風速 40 m/s ( 標準 ) とする。<br>円 筒 1.5 KN/m <sup>2</sup><br>平 板 3.0 KN/m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                |                                      |                                       |
| 1.10 設計震度   | レベル1地震動の設計水平震度 Kh1 = 0.30<br>各種地震 レベル1地震動の設計鉛直震度 Kv1 = 0.12<br>A1 タイプ1 : レベル2地震動(タイプ1)[プレート境界型の大規模な地震を想定した地震動]<br>受知原 レベル2地震動の設計水平震度 Kh2 ( I ) = 0.54<br>名古屋市 バイパス・橋台の場合<br>レベル2地震動の設計鉛直震度 Kv2 ( I ) = 0.20<br>設計鉛直震度は、支承部の設計にのみ考慮する。                                                                              |                                      |                                       |
| 1.11 通行荷重   | 考慮しない                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ----                                 | KN/m <sup>2</sup>                     |
| 1.12 歩 廊    | 設置しない                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ----                                 | 歩幅幅 mm                                |
| 1.13 雪荷重    | 考慮しない                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ----                                 | KN/m <sup>2</sup><br>降雪量 mm<br>積雪幅 mm |
| 1.14 温度変化   | 寒冷地域 ( 管内空流 / 直射日光 )<br>最低温度 -20 ℃ 最高温度 61 ℃<br>基準温度 10 ℃                                                                                                                                                                                                                                                          |                                      |                                       |
| 1.15 指数表示   | 例 1.235 × 10 <sup>-5</sup> → 1.235E+05                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.896 × 10 <sup>-7</sup> → 7.896E-07 |                                       |

### 3. 管内昇方向の耐荷性能の調査

- 3.1 内圧による引張応力度  
永続作用支配状況 ① D における、内圧による引張応力度について調査する。

#### 1) 限界状態 1 に対する照査

以下の照査式を満足すれば、限界状態1を超えないとみなしてよい。

$$\sigma_t = P \cdot r_i / t \leq \sigma_{tyd} = \xi 1 \cdot \Phi Y_t \cdot \sigma_{yk}$$

ここに、

|                                                   |        |                   |
|---------------------------------------------------|--------|-------------------|
| P : 内圧 MPa                                        | 1.2    | MPa               |
| r <sub>i</sub> : 管内半径 mm                          | 102.35 | mm                |
| t : 管厚 mm                                         | 5.8    | mm                |
| ξ1 : 調査・解析係数                                      | 0.9    |                   |
| ΦY <sub>t</sub> : 抵抗係数                            | 0.85   |                   |
| σ <sub>yk</sub> : 鋼材の降伏強度の特性値 N/mm <sup>2</sup>   | 175    | N/mm <sup>2</sup> |
| σ <sub>tyd</sub> : 軸方向引張応力度の制限値 N/mm <sup>2</sup> | 134    | N/mm <sup>2</sup> |

$$[ 0.9 \times 0.85 \times 175 ]$$

| 調査・解析係数、抵抗係数                    | ξ1   | ΦY <sub>t</sub> |
|---------------------------------|------|-----------------|
| i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合 | 0.90 | 0.85            |
| ii) ⑧ D+EQ1                     | 1.00 | 1.00            |
| iii) ⑨ D+EQ2                    |      |                 |

$$\sigma_t = 1.2 \times 102.35 / 5.8 = 21.2 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{tyd} = 134 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

#### 2) 限界状態 3 に対する照査

以下の照査式を満足すれば、限界状態3を超えないとみなしてよい。

$$\sigma_t = P \cdot r_i / t \leq \sigma_{tyd} = \xi 1 \cdot \xi 2 \cdot \Phi Y_t \cdot \sigma_{yk}$$

ここに、

|                                                   |        |                   |
|---------------------------------------------------|--------|-------------------|
| P : 内圧 MPa                                        | 1.2    | MPa               |
| r <sub>i</sub> : 管内半径 mm                          | 102.35 | mm                |
| t : 管厚 mm                                         | 5.8    | mm                |
| ξ1 : 調査・解析係数                                      | 0.9    |                   |
| ξ2 : 部材・構造係数                                      | 1.0    |                   |
| ΦY <sub>t</sub> : 抵抗係数                            | 0.85   |                   |
| σ <sub>yk</sub> : 鋼材の降伏強度の特性値 N/mm <sup>2</sup>   | 175    | N/mm <sup>2</sup> |
| σ <sub>tyd</sub> : 軸方向引張応力度の制限値 N/mm <sup>2</sup> | 134    | N/mm <sup>2</sup> |

$$[ 0.9 \times 1.0 \times 0.85 \times 175 ]$$

| 調査・解析係数、抵抗係数                    | ξ1   | ξ2   | ΦY <sub>t</sub> |
|---------------------------------|------|------|-----------------|
| i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合 | 0.90 | 1.00 | 0.85            |
| ii) ⑧ D+EQ1                     | 1.00 | 1.00 | 1.00            |
| iii) ⑨ D+EQ2                    |      |      |                 |

$$\sigma_t = 1.2 \times 102.35 / 5.8 = 21.2 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{tyd} = 134 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

### 1.1 検討管径の断面諸数

|     |           |      |           |      |          |                 |
|-----|-----------|------|-----------|------|----------|-----------------|
| 呼び径 | 200       | A    | 外径        | Do : | 216.3    | mm              |
|     |           |      | 管厚        | t :  | 5.8      | mm              |
| 自重  | 30.107394 | kg/m | 内径        | id : | 204.7    | mm              |
| 水重  | 32.91     | kg/m | 管厚中心半径    | rm : | 105.25   | mm              |
|     |           |      | 管内半径      | ri : | 102.35   | mm              |
|     |           |      | 断面積       | A :  | 3.84E+03 | mm <sup>2</sup> |
|     |           |      | 断面2次モーメント | I :  | 2.13E+07 | mm <sup>4</sup> |
|     |           |      | 断面係数      | Z :  | 1.97E+05 | mm <sup>3</sup> |
|     |           |      | 断面2次半径    | r :  | 74.5     | mm              |

### 4.2 管軸方向圧縮応力度

永続作用支配状況 ① Dにおける軸方向力を考慮する。

#### 1) 伸縮時支点の摩擦による推力

$$P1 = n \cdot R_v \cdot f$$

ここに、

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| n : 可動支点数             | 13     |
| R <sub>v</sub> : 支点反力 | 2252 N |
| f : ふっ素樹脂支持板摩擦        | 0.10   |

$$P1 = 13 \times 2252 \times 0.1 = 2928 \text{ N}$$

#### 2) 伸縮時伸縮可撓管の摩擦による推力

橋脚型の場合

$$P2 = f_0 \cdot \pi \cdot Do$$

ここに、

|                                                            |       |      |
|------------------------------------------------------------|-------|------|
| f <sub>0</sub> : 伸縮可撓管の摩擦係数 7N/mm ( 3.5N/mmに安全率2を考慮 ) N/mm | 7     | N/mm |
| Do : 管の外径 mm                                               | 216.3 | mm   |

$$P2 = 7 \times \pi \times 216.3 = 4757 \text{ N}$$

ベローズ型の場合

$$P2 = R_0 \cdot \delta x$$

ここに、

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| R <sub>0</sub> : 伸縮可撓管の作動反力 N/mm |  |
| δx : 温度変化による伸縮量 mm               |  |

ここで、

メーカー算出値

|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 選定ベローズ S (伸縮略称) 表示                  | S1W25        |
| 200A×560L ( x=±25mm )               |              |
| 呼び径                                 | 200 A        |
| F <sub>x</sub> : 反力 ( 設計伸縮量 ) N     | 35046 N      |
| 伸縮量 mm                              | 25 mm        |
| αs : 鋼材の線膨張係数 1/℃                   | 1.20E-05 1/℃ |
| Δt : 温度変化 ℃                         | 81 ℃         |
| L : 延長 mm                           | 20000 mm     |
| ΔL : 温度変化による最大伸縮量 mm                | 20 mm        |
| ΔL = αs · Δt · L                    |              |
| P <sub>2</sub> : 伸縮時伸縮可撓管の摩擦による推力 N | 28037 N      |
| ( 温度変化による最大伸縮量の比率として計算 )            |              |

#### 3) 伸縮可撓管に内圧により生ずる推力

橋脚型の場合

$$P3 = P \cdot \pi \cdot Dm \cdot h$$

ここに、

|                                               |       |     |
|-----------------------------------------------|-------|-----|
| P : 内圧 MPa                                    | 0.7   | MPa |
| Dm : 内圧作用面の中心径 橋脚型の場合 Do-1、ベローズ型の場合 Do+D/2 mm | 210.5 | mm  |
| h : 内圧作用面の高さ 橋脚型の場合 t、ベローズ型の場合 ベローズの山高/2 mm   | 5.8   | mm  |

$$P3 = 0.7 \times \pi \times 210.5 \times 5.8 = 2685 \text{ N}$$