

4. 設計計算例

3.7節に基づいたFT-SⅡ形水管橋の設計計算例を以下に示す。なお、FT-NS形水管橋も同じ方法で計算できる。

4.1 構造

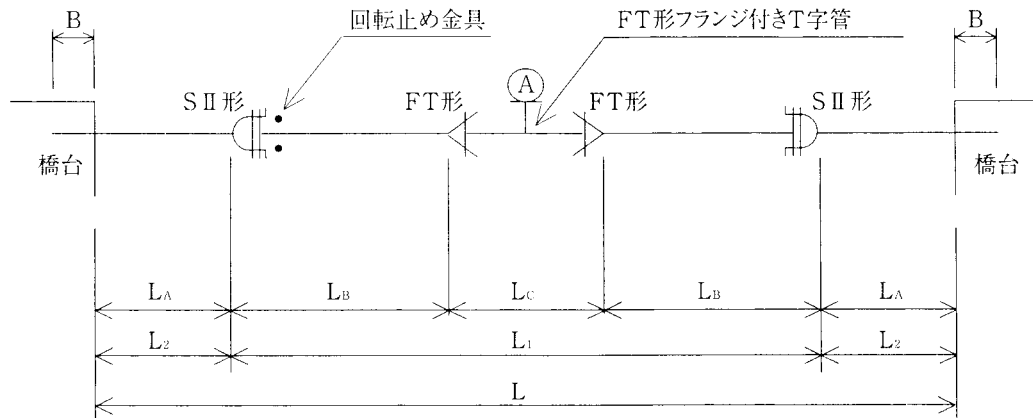


図18 構造

4.2 使用材料

(1) FT-SⅡ形甲切管	$\phi 200 \times 4190$	2本
(2) SⅡ-K形直管	$\phi 200 \times 5000$	2本
(3) FT形フランジ付きT字管	$\phi 200 \times \phi 75$	1個
(4) 空気弁	$\phi 25$ (コック付き)	1個

4.3 計算条件

(1) 呼び径	$D = 0.200\text{m}$
(2) 管外径	$D_2 = 0.220\text{m}$
(3) 管種	FT形、SⅡ形ダクタイル鉄管(1種管)
(4) 管厚	$T = 0.0075\text{m}$
(5) 形式	両端固定支持パイプビーム
(6) 支間長	$L = 18\text{m}$
①水管橋中央部(単純支持梁部)長さ	$L_1 = 9.0\text{m} (=2L_B + L_C)$
②水管橋両端部(片持ち梁部)長さ	$L_2 = 4.5\text{m} (=L_A)$
(7) 管体重量(表4参照)	$W_L = 7.81\text{kN}$ (質量795.9kg)
(8) 空気弁	
①種類	$\phi 25$ (コック付き)
②重量(補修弁含む)	$W_A = 0.220\text{kN}$
(9) テーパーリング外径	$D_{51} = 358\text{mm}$
(10) 橋台巻込み長	$B = 0.5\text{m}$
(11) 設計水圧(静水圧+水撃圧)	$p = 1.3\text{MPa} = 1300\text{kN/m}^2$
(12) 水平震度	$k_h = 0.3$
(13) 風荷重	1.5kN/m^2 (風速40m/s相当)
(14) 積雪荷重	考慮せず

(15) 保温材	考慮せず
(16) 管架設部の温度変化	$\Delta T = 50^{\circ}\text{C} (-10\sim 40^{\circ}\text{C})$
(17) コンクリートの許容支圧応力	$\sigma_{ca} = 6.0 \times 10^3 \text{kN/m}^2$
(18) ダクタイル鉄管の弾性係数	$E = 1.6 \times 10^8 \text{kN/m}^2$
(19) ダクタイル鉄管の許容引張応力	$\sigma_a = 1.4 \times 10^5 \text{kN/m}^2$
(20) ダクタイル鉄管の許容せん断応力	$\tau_a = 0.8 \times 10^5 \text{kN/m}^2$
(21) ダクタイル鉄管の線膨張係数	$\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$
(22) 水の単位体積重量	$\gamma_w = 9.81 \text{kN/m}^3$
(23) キャンバ	$\alpha_c = 200$ 分の1

表4 水管橋質量算出表

部品名	質量	数量	計
直管	35.80 kg/m	17.38m	622.2 kg
SⅡ形直管受口凸部	36.3 kg/箇所	2箇所	72.6 kg
SⅡ形直管挿し口凸部	0.694kg/箇所	2箇所	1.4 kg
FT形受口凸部	18.54 kg/箇所	2箇所	37.1 kg
FT形F付きT字管	62.6 kg/個	1個	62.6 kg
水管橋質量			計 795.9 kg

4.4 管断面の諸数値

(1) 応力計算に用いる管厚

$$T - 0.001 \leq 0.01\text{m} \text{ より}$$

$$t = T - 0.001$$

$$= 0.0075 - 0.001 = 0.0065\text{m}$$

(2) 応力計算に用いる管内径

$$D_1 = D_2 - 2t$$

$$= 0.220 - 2 \times 0.0065 = 0.207\text{m}$$

(3) たわみ計算に用いる管内径

$$D_1' = D_2 - 2T$$

$$= 0.220 - 2 \times 0.0075 = 0.205\text{m}$$

(4) 管断面積

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (0.220^2 - 0.207^2) = 4.36 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

(5) 管の断面係数

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(D_2^4 - D_1^4)}{D_2}$$
$$\frac{\pi}{32} \times \frac{(0.220^4 - 0.207^4)}{0.220} = 2.26 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

(6) 断面二次モーメント

$$I = \frac{\pi}{64} (D_2^4 - D_1^4)$$
$$= \frac{\pi}{64} (0.220^4 - 0.205^4) = 2.83 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

4.5 荷重

(1) 鉛直荷重

① 管自重 (モルタルライニング含む)

$$w_p = \frac{W_L}{L} = \frac{7.81}{18.0} = 0.434 \text{kN/m}$$

② 管内水重

$$w_w = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \gamma_w$$
$$= \frac{\pi}{4} \times 0.200^2 \times 9.81 = 0.308 \text{kN/m}$$

③ 鉛直荷重

$$w = 0.434 + 0.308 = 0.742 \text{kN/m}$$

(2) 水平荷重

① 地震荷重

$$w_{h1} = w \cdot k_h = 0.742 \times 0.3 = 0.223 \text{kN/m}$$

② 風荷重

$$w_{h2} = 1.5 \times D_2 = 1.5 \times 0.22 = 0.330 \text{kN/m}$$

③ 水平荷重

$$w_{h1} < w_{h2} \text{より} \quad w_h = w_{h2} = 0.330 \text{kN/m}$$

(3) 合成荷重

$$\begin{aligned}w_{cb} &= \sqrt{w^2 + w_b^2} \\ &= \sqrt{0.742^2 + 0.330^2} = 0.812 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

4.6 管体応力

(1) 水圧による応力

$$\begin{aligned}\sigma_0 &= \frac{p \cdot D_1}{2t} \\ &= \frac{1300 \times 0.207}{2 \times 0.0065} = 2.07 \times 10^4 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

(2) 合成荷重および空気弁による管の応力

① 水管橋中央の管(単純支持梁部)の応力

1) 管中央の曲げモーメント

$$\begin{aligned}M_1 &= \frac{w_{cb} \cdot L_1^2}{8} + \frac{W_A \cdot L_1}{4} \\ &= \frac{0.812 \times 9.0^2}{8} + \frac{0.220 \times 9.0}{4} = 8.72 \text{ kN} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

2) 管両端の支持反力

$$\begin{aligned}R_1 &= \frac{w_{cb} \cdot L_1 + W_A}{2} \\ &= \frac{0.812 \times 9.0 + 0.220}{2} = 3.76 \text{ kN} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

3) 管中央の応力

管中央の曲げ応力を引張応力に換算する。

$$\begin{aligned}\sigma_{t1} &= \pm 0.7 \times \frac{M_1}{Z} \\ &= \pm 0.7 \times \frac{8.72}{2.26 \times 10^{-4}} = \pm 2.70 \times 10^4 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

⑤ 水管橋両端の管(片持ち梁部)の応力

1) 管固定端の曲げモーメント

$$\begin{aligned}M_2 &= R_1 \cdot L_2 + \frac{w_{cb} \cdot L_2^2}{2} \\ &= 3.76 \times 4.5 + \frac{0.812 \times 4.5^2}{2} = 25.14 \text{ kN} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

2) 管固定端の支持反力

$$\begin{aligned} R_2 &= R_1 + w_{cb} \cdot L_2 \\ &= 3.76 + 0.812 \times 4.5 = 7.41 \text{ kN} \end{aligned}$$

3) 管固定端の応力

管固定端の曲げ応力を引張応力に換算する。

$$\begin{aligned} \sigma_{t2} &= \pm 0.7 \times \frac{M_2}{Z} \\ &= \pm 0.7 \times \frac{25.14}{2.26 \times 10^{-4}} = \pm 7.79 \times 10^4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4) 管固定端部のせん断応力

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{R_2}{A} \\ &= \frac{7.41}{4.36 \times 10^{-3}} = 1.70 \times 10^3 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

(3) 管の応力の合成

① 水管橋中央の管(単純支持梁部)

合成応力が最大になるのは σ_0 と σ_{t1} が異符号の場合であるので σ_{t1} を負として計算する。

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_{t1}^2 - \sigma_0 \cdot \sigma_{t1}} \\ &= \sqrt{(2.07 \times 10^4)^2 + (-2.70 \times 10^4)^2 - 2.07 \times 10^4 \times (-2.70 \times 10^4)} \\ &= 4.14 \times 10^4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

② 水管橋両端の管(片持ち梁部)

前項と同様にして、 σ_{t2} を負として求める。

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_{t2}^2 - \sigma_0 \cdot \sigma_{t2} + 3\tau^2} \\ &= \sqrt{(2.07 \times 10^4)^2 + (-7.79 \times 10^4)^2 - 2.07 \times 10^4 \times (-7.79 \times 10^4)} \\ &\quad + 3 \times (1.70 \times 10^3)^2 = 9.01 \times 10^4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

以上より、管の合成応力は中央部および両端部ともに許容応力 $\sigma_{ta} = 1.75 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$ 以下であるので安全である。

4.7 FT形継手の安全性

FT形継手部に作用する曲げモーメント $M_1 = 8.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$

FT形継手の許容曲げモーメント $M_J = 31.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$

したがって、 $M_1 < M_J$ よりFT形継手の強度は問題ないものと考えられる。

4.8 温度変化による管の伸縮量

$$\begin{aligned}\Delta L &= \Delta T \cdot \alpha \cdot L \\ &= 50 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 18 = 0.009\text{m}\end{aligned}$$

管の伸縮量はSⅡ形継手の許容伸縮量(±0.06m)の範囲内である。したがって、温度変化による管の伸縮はSⅡ形継手で十分に吸収できる。

4.9 管路線形(タイプⅡの場合)

(1) 供用時の線形

① キャンバ高さ

$$\begin{aligned}H_3 &= L/\alpha_c \\ &= 18/200 = 0.090\text{m}\end{aligned}$$

② 曲率半径

$$\begin{aligned}R &= \frac{L^2}{8H_3} + \frac{H_3}{2} \\ &= \frac{18^2}{8 \times 0.090} + \frac{0.090}{2} = 450.0\text{m}\end{aligned}$$

③ 円弧中心に対する継手位置

$$\begin{aligned}\theta_2' &= 2\sin^{-1}\{L_c/(4R)\} \\ &= 2\sin^{-1}\{0.62/(4 \times 450.0)\} = 0.04^\circ \\ \theta_1' &= \theta_2' + 2\sin^{-1}\{L_B/(2R)\} \\ &= 0.04 + 2\sin^{-1}\{4.19/(2 \times 450.0)\} = 0.57^\circ\end{aligned}$$

④ 供用時の継手高さ

$$\begin{aligned}H_1 &= H_3 - R(1 - \cos\theta_1') \\ &= 0.090 - 450.0(1 - \cos 0.57) = 0.068\text{m} \\ H_2 &= H_3 - R(1 - \cos\theta_2') \\ &= 0.090 - 450.0(1 - \cos 0.04) = 0.090\text{m}\end{aligned}$$

(2) 継手部のたわみ量

① 自重のみの場合(通水前の状態)

$$\begin{aligned}\delta_{11} &= \frac{L_2^3}{24E \cdot I} \{3w_p \cdot L_2 + 4(w_p \cdot L_1 + W_A)\} \\ &= \frac{4.5^3}{24 \times 1.6 \times 10^8 \times 2.83 \times 10^{-5}} \times \{3 \times 0.434 \times 4.5 + 4 \times (0.434 \times 9.0 + 0.220)\} \\ &= 0.019\text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta_{21} &= \delta_{11} + \frac{L_1^3}{96E \cdot I} \left[4w_p \cdot L_1 \left\{ \left[\frac{L_B}{L_1} \right] - 2 \left[\frac{L_B}{L_1} \right]^3 \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \left[\frac{L_B}{L_1} \right]^4 \right\} + W_A \left\{ 6 \left[\frac{L_B}{L_1} \right] - 8 \left[\frac{L_B}{L_1} \right]^3 \right\} \right] \\
&= 0.019 + \frac{9.0^3}{96 \times 1.6 \times 10^8 \times 2.83 \times 10^{-5}} \times \left[4 \times 0.434 \times 9.0 \right. \\
&\quad \left. \times \left\{ \left[\frac{4.19}{9.0} \right] - 2 \times \left[\frac{4.19}{9.0} \right]^3 + \left[\frac{4.19}{9.0} \right]^4 \right\} + 0.220 \right. \\
&\quad \left. \times \left\{ 6 \times \left[\frac{4.19}{9.0} \right] - 8 \times \left[\frac{4.19}{9.0} \right]^3 \right\} \right] = 0.028 \text{m} \\
\delta_{31} &= \delta_{11} + \frac{L_1^3}{384E \cdot I} (5w_p \cdot L_1 + 8W_A) \\
&= 0.019 + \frac{9.0^3}{384 \times 1.6 \times 10^8 \times 2.83 \times 10^{-5}} \times (5 \times 0.434 \times 9.0 + 8 \times 0.220) \\
&= 0.028 \text{m (中央部の仮想値)}
\end{aligned}$$

② 自重および水重が作用した場合(通水後の状態)

$$\begin{aligned}
\delta_{12} &= \frac{L_2^3}{24E \cdot I} \{ 3w \cdot L_2 + 4(w \cdot L_1 + W_A) \} \\
&= \frac{4.5^3}{24 \times 1.6 \times 10^8 \times 2.83 \times 10^{-5}} \times \{ 3 \times 0.742 \times 4.5 + 4 \times (0.742 \times 9.0 + 0.220) \} \\
&= 0.032 \text{m} \\
\delta_{22} &= \delta_{12} + \frac{L_1^3}{96E \cdot I} \left[4w \cdot L_1 \left\{ \left[\frac{L_B}{L_1} \right] - 2 \left[\frac{L_B}{L_1} \right]^3 \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \left[\frac{L_B}{L_1} \right]^4 \right\} + W_A \left\{ 6 \left[\frac{L_B}{L_1} \right] - 8 \left[\frac{L_B}{L_1} \right]^3 \right\} \right] \\
&= 0.032 + \frac{9.0^3}{96 \times 1.6 \times 10^8 \times 2.83 \times 10^{-5}} \times \left[4 \times 0.742 \times 9.0 \right. \\
&\quad \left. \times \left\{ \left[\frac{4.19}{9.0} \right] - 2 \times \left[\frac{4.19}{9.0} \right]^3 + \left[\frac{4.19}{9.0} \right]^4 \right\} + 0.220 \right. \\
&\quad \left. \times \left\{ 6 \times \left[\frac{4.19}{9.0} \right] - 8 \times \left[\frac{4.19}{9.0} \right]^3 \right\} \right] = 0.047 \text{m} \\
\delta_{32} &= \delta_{12} + \frac{L_1^3}{384E \cdot I} (5w \cdot L_1 + 8W_A) \\
&= 0.032 + \frac{9.0^3}{384 \times 1.6 \times 10^8 \times 2.83 \times 10^{-5}} \times (5 \times 0.742 \times 9.0 + 8 \times 0.220) \\
&= 0.047 \text{m (中央部の仮想値)}
\end{aligned}$$

(3) 架設時の据え付け高さ

① 橋台巻込み部

1) 据え付け角度

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \sin^{-1}(h_{11}/L_A) \\ &= \sin^{-1}(0.099/4.5) = 1.26^\circ\end{aligned}$$

2) 据え付け勾配

$$\begin{aligned}K_0 &= (h_{11}/L_A) \times 100 \\ &= (0.099/4.5) \times 100 = 2.20\%\end{aligned}$$

② 継手①(SⅡ形)

1) 据え付け高さ

$$\begin{aligned}h_{11} &= H_1 + \delta_{12} \\ &= 0.067 + 0.032 = 0.099\text{m}\end{aligned}$$

2) 自重時高さ

$$\begin{aligned}h_{12} &= h_{11} - \delta_{11} \\ &= 0.099 - 0.019 = 0.080\text{m}\end{aligned}$$

3) 供用時高さ

$$\text{P28より、} H_1 = 0.068\text{m}$$

4) 継手屈曲角

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \theta_0 - \sin^{-1}\{(h_{21} - h_{11})/L_{01}\} \\ &= 1.26 - \sin^{-1}\{(0.137 - 0.099)/4.19\} \\ &= 0.74^\circ\end{aligned}$$

③ 継手②(FT形)

1) 据え付け高さ

$$\begin{aligned}h_{21} &= H_2 + \delta_{22} \\ &= 0.090 + 0.047 = 0.137\text{m}\end{aligned}$$

2) 自重時高さ

$$\begin{aligned}h_{22} &= h_{21} - \delta_{21} \\ h_{22} &= 0.137 - 0.028 = 0.109\text{m}\end{aligned}$$

3) 供用時高さ

$$\text{P28より、} H_2 = 0.090\text{m}$$

4) 継手屈曲角

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \theta_0 - \theta_1 \\ &= 1.26 - 0.74 = 0.52^\circ\end{aligned}$$

④ 管中央部(仮想値)

1) 据え付け高さ

$$\begin{aligned}h_{31} &= H_3 + \delta_{32} \\ &= 0.090 + 0.047 = 0.137\text{m}\end{aligned}$$

2) 自重時高さ

$$\begin{aligned}h_{32} &= h_{31} - \delta_{31} \\ &= 0.137 - 0.028 = 0.109\text{m}\end{aligned}$$

3) 供用時高さ

$$P28\text{より、} H_3 = 0.090\text{m}$$

(4) テーパーリングの厚さ

$$\begin{aligned}T_2 &= 5 + D_{51} \cdot \tan\theta_2 \\ &= 5 + 358 \times \tan 0.52^\circ = 8\text{mm}\end{aligned}$$

4.10 橋台部分の支圧応力

(1) 固定曲げモーメントによるコンクリートの支圧応力

$$\begin{aligned}\sigma_{c1} &= \frac{3M_2}{B^2 \cdot D_2} \\ &= \frac{3 \times 25.14}{0.5^2 \times 0.220} = 1.371 \times 10^3 \text{kN/m}^2\end{aligned}$$

(2) 固定端反力によるコンクリートの支圧応力

$$\begin{aligned}\sigma_{c2} &= \frac{R_2}{B \cdot D_2} \\ &= \frac{7.41}{0.5 \times 0.220} = 0.067 \times 10^3 \text{kN/m}^2\end{aligned}$$

(3) コンクリートの支圧応力

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \sigma_{c1} + \sigma_{c2} \\ &= 1.371 \times 10^3 + 0.067 \times 10^3 = 1.438 \times 10^3 \text{kN/m}^2\end{aligned}$$

支圧応力はコンクリートの許容支圧応力 $\sigma_{ca} = 6.0 \times 10^3 \text{kN/m}^2$ 以下であるので安全である。

5. 水管橋の施工

5.1 水管橋架設工事手順

ダクタイル鉄管によるパイプビーム水管橋の架設工事は、下図に示す手順で施工する。

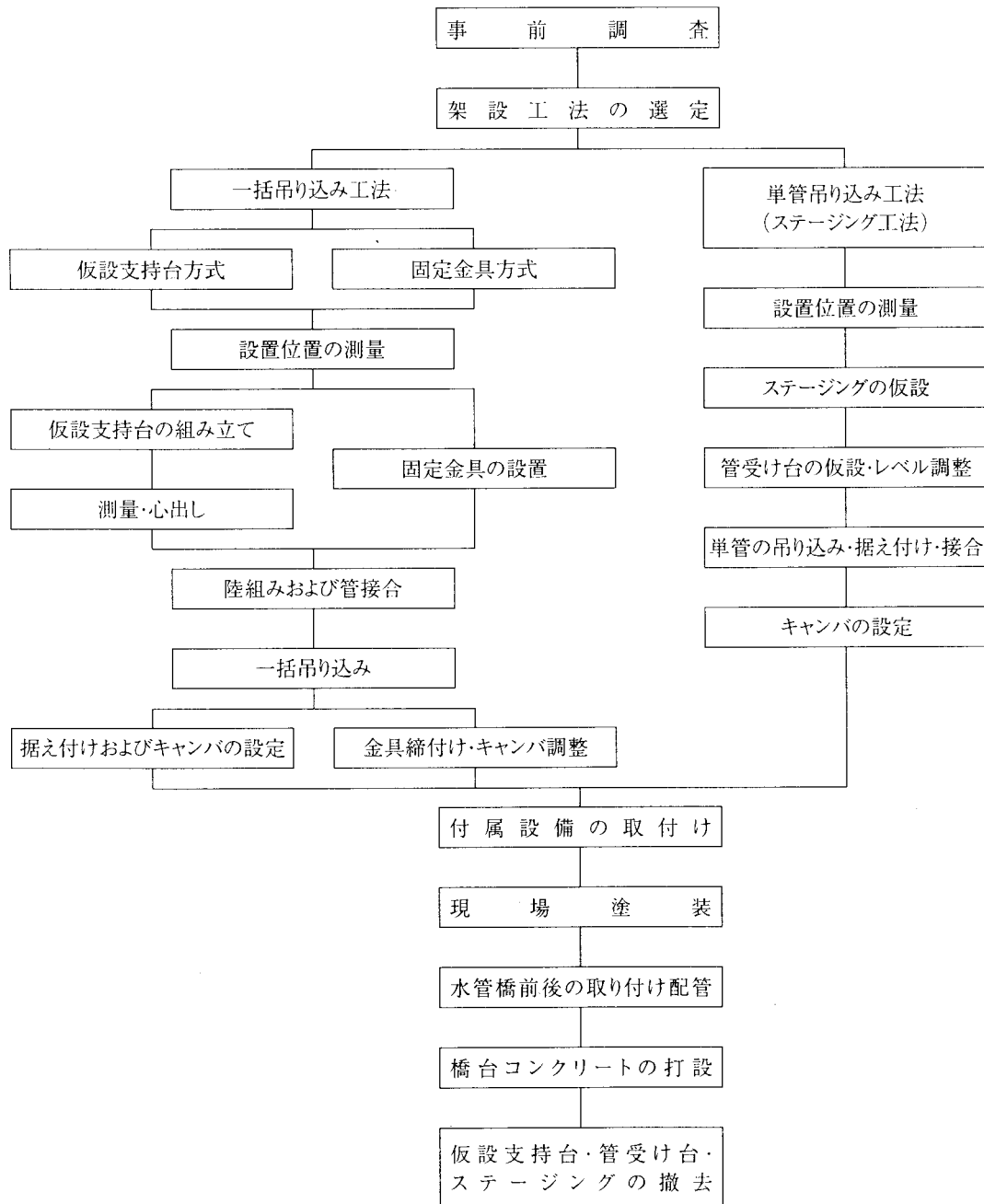


図19 水管橋架設工法と手順

5.2 事前調査

水管橋の架設にあたり、工事開始前に表5の事項について十分調査する。

表5 事前調査項目

項目	調査内容
自然条件	地形、地質、気象
河川状況	河川幅、水位、流量、流速、船舶交通
下部構造	橋台の寸法、構造
搬入部材	部材の最大寸法、最大重量
工事用地	資材置場、陸組み用地、重機設置用地
道路状況	搬入路、交通量
障害物	電線類、樹木、建築物ほか既設構造物

5.3 架設工法の選定

ダクタイル鉄管によるパイプビーム水管橋の架設工法としては、一括吊り込み工法と単管吊り込み工法（ステーシング工法）が一般的であり、事前調査の結果と各工法の特徴や施工環境から安全で経済的な工法を選定する。

なお、施工にあたっては、下記の事項に留意が必要である。

- ① 配管工事において使用するクレーンなどの重機類、チェーンブロックやワイヤロープなどの吊り具類、ラチェットレンチやレバブロックなどの接合器具・治具類などは指定したものや専用のものを使用し、常に点検を行い、正常なものを使用すること。
- ② 各種作業は労働安全衛生規則や規準など、各々該当する法規を遵守して施工し、安全には常に注意すること。

5.3.1 一括吊り込み工法

水管橋の全体にわたり陸組みした管路をトラッククレーンで吊り上げ、河川の中に事前に設置した仮設支持台、または橋台上の固定金具を用いて一度に架設する工法である。

(1) 仮設支持台方式

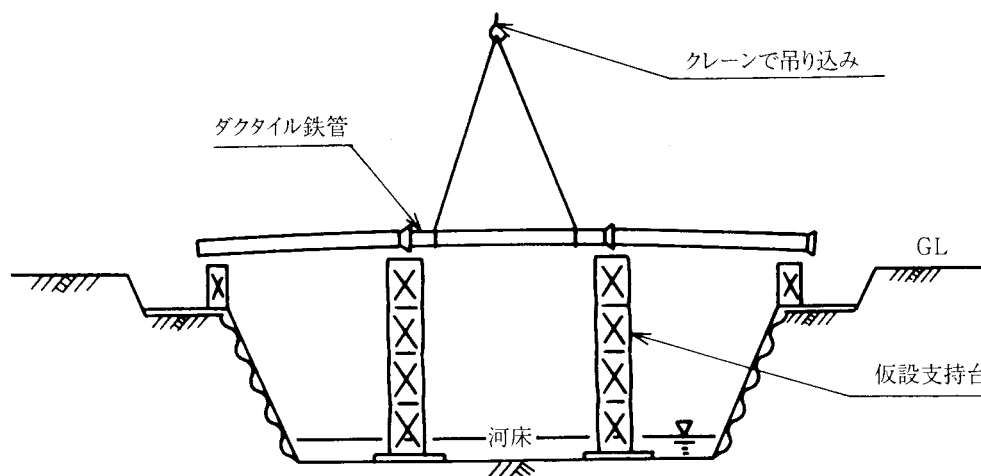


図20 仮設支持台方式の概要

① 特長

- 1) 一度に吊り込むため短時間で架設ができる。
- 2) 河川敷内に水管橋の自重に耐えられる簡単な仮設支持台を設けるだけでよく、仮設備が簡単である。
- 3) 仮設支持台を利用して心出しやキャンバの調整が容易にできる。
- 4) 外面の現場塗装も仮設支持台間に足場を設けることで容易にできる。

② 施工環境条件

- 1) 道路橋上、堤防上などに吊り込み用重機を安全に設置できる場所があること。
- 2) 河川敷内に仮設支持台の設置が可能であること。
- 3) 陸組みスペースが道路上や河川敷内で確保できること。
- 4) タイプⅡでは、中央部にも仮設支持台が必要である。

(2) 固定金具方式

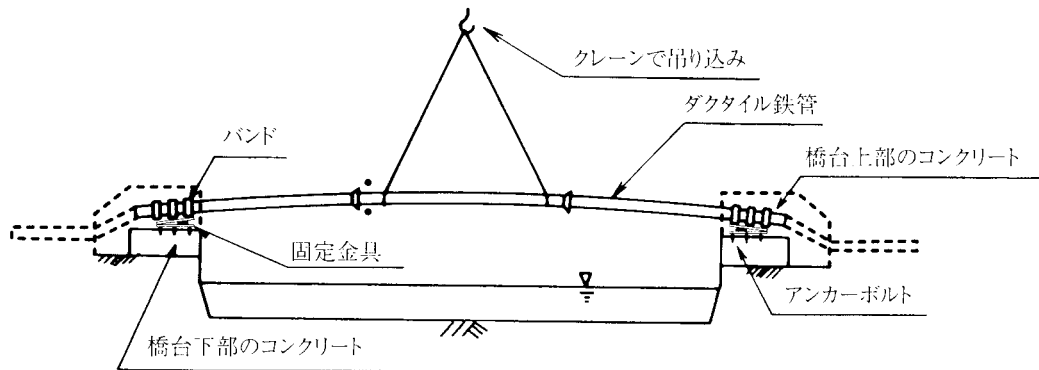


図21 固定金具方式の概要

① 特長

- 1) 一度に吊り込むため短時間で架設ができる。
- 2) 河川敷内に仮設支持台を設ける必要がなく、河川の水量などに関係なく施工できる。
- 3) キャンバの調整は、固定金具を利用して容易にできる。
- 4) 橋台コンクリートの打設は、架設時と仕上がり時の2回に分割して行う必要がある。この場合、架設直後に水管橋の重量で下部コンクリートが転倒しないようにするため、下部コンクリートのみの安定計算が別途必要である。その結果、一般に仕上がり時の橋台が大きくなる。
- 5) 固定金具を橋台コンクリートに巻き込まず(露出タイプ)永久鋼構造物として設計する場合は、橋台コンクリートを2回打ちする必要はない。ただし、鋼材の防食対策や美観上から固定金具を橋台コンクリートに巻き込むのが一般的である。
- 6) 外面の現場塗装時には、別途塗装用の足場が必要になる。

② 施工環境条件

- 1) 道路橋上、堤防上などに吊り込み用重機を安全に設置できる場所があること。
- 2) 陸組みスペースが道路上や河川敷内で確保できること。

5.3.2 単管吊り込み工法(ステーピング工法)

水管橋を構成する直管、フランジ付きT字管などを単管と呼び、単管を架設するにあたって仮設した支保工をステーピングと呼ぶ。

この方法は、河川敷内に設置したステーピングを利用して各単管を1本ずつ架設する工法であり、河床から水管橋までの桁下高が小さく、水深が浅いかまたは水がない場合に適している。ステーピングの材料、形状の規格はないが、鋼製のパイプと角材を組み立て水管橋の全長にわたって設置するのが一般的である。

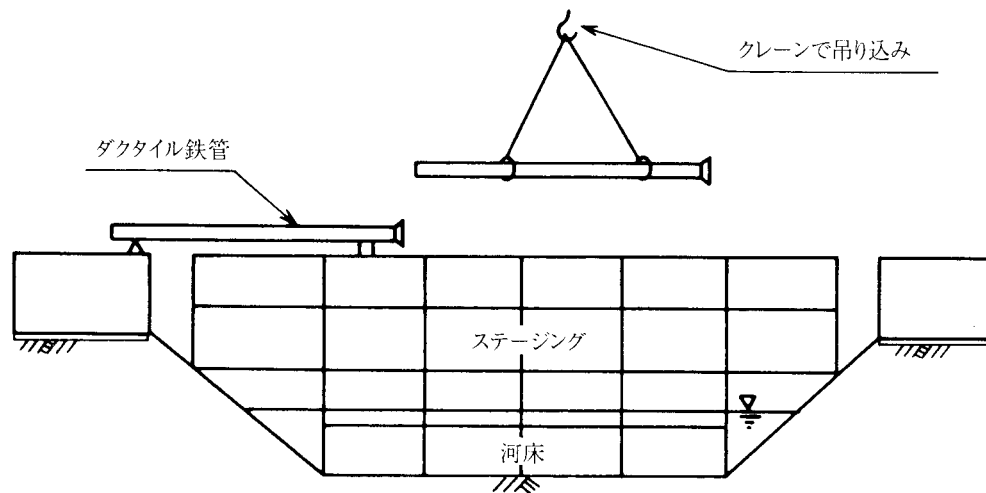


図22 単管吊り込み工法の概要

① 特長

- 1) 一括吊り込み工法と比べて、重機の能力が小さくても架設できる。
- 2) キャンバの設定が容易である。
- 3) 外面の現場塗装がステーピング上で容易にできる。

② 施工環境条件

- 1) 道路橋上、堤防上などに吊り込み用重機を安全に設置できる場所があること。
- 2) 河川敷内にステーピングの設置が可能なこと。

5.4 一括吊り込み工法の施工手順

5.4.1 仮設支持台方式

タイプⅡの場合の施工手順を以下に示す。タイプⅠはこれに準ずるものとする。

(1) 橋台打設部の掘削

- ① 設計図に基づき、所定の位置を掘削する。
- ② ベースコンクリートを打設する。

(2) 設置位置の測量

① レベル測量

橋台の設置高さ、水管橋の据え付け高さなどをレベル測量し、丁張りを設置して基準高さをマークする。

- ② 方位測量
トランシットで水管橋の据え付け方向などを測量し、ベースコンクリート上に墨入れする。
- ③ 水平距離
スチールテープなどで水管橋の支間距離と位置を測量し、ベースコンクリート上に墨入れする。

(3) 仮設支持台の設置

管を架設するときの仮受けおよびキャンバ調整用として、図23に示す位置に銅製枠組み足場や銅製短管足場などを設置する。

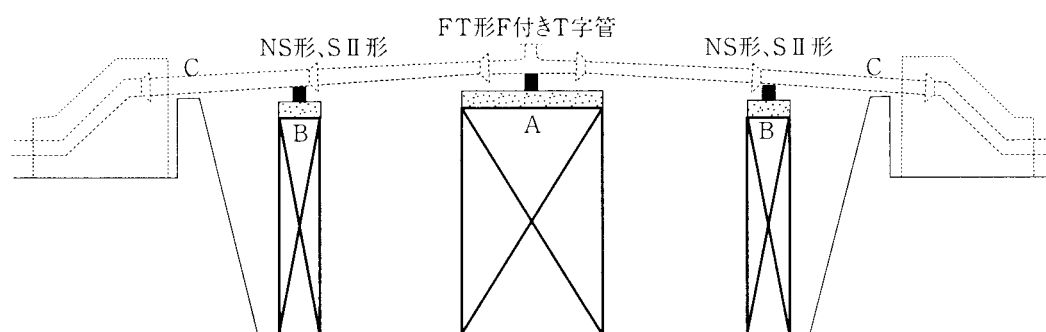


図23 仮設支持台の設置

- ① A部
A部の仮設支持台は、FT形フランジ付きT字管の位置に設置する。(タイプ I の場合は空気弁設置部の下に設ける。)この支持台は、NS形または、S II 形継手間の管重量の支持とフランジ付きT字管部の高さ調整、空気弁取り付け用フランジ面のレベル調整、空気弁取り付け作業などを行うためのものである。したがって、支持台の上面は人が管の横に立って作業できるだけの大きさを確保する。
- ② B部
B部の仮設支持台は、NS形または、S II 形継手の受口付近に設置する。この支持台は、管重の支持と小型ジャッキによるS II 形継手部のキャンバ調整用であり、A部と同様に必要な大きさを確保する。
- ③ C部
C部の高さは、水管橋の始点および終点のレベルに正確に合わせる。図22は河岸法面を想定した例であるが、これがない場合はこの部分にも仮設支持台を設置する必要がある。
以上の仮設支持台は、水管橋の架設時から橋台コンクリートの養生完了時まで水管橋を安定して支持できる必要がある。したがって、沈下したり風や通行車両等によって振動しないよう対策を講じる必要がある。
また、これらは現地外面塗装時にも使用するため、仮設支持台の上面は管下から500mm程度下げて塗装時の作業空間を確保しておくことが望ましい。
仮設支持台設置後、兩岸のベースコンクリートの墨入れを基準に管心位置を各支持台上にマーキングしておく。

(4) 管の接合

水管橋用の外面特殊塗装管は、原則として設計書に基づく長さのものが納入されるため、現地切管は一般に不要である。これらの管を橋梁上、道路上または河川敷内など吊り込みの容易なところで接合する。なお、現場合わせ用の調整管のある場合については、設計図あるいは測量結果により前もって所定の長さに切管した後、切管端面および受口内で水と接する挿し口外面の特殊塗装部に補修用塗料を塗布し、十分硬化してから接合する必要がある。(タイプ I の場合は、あらかじめ管の所定の位置にせん孔し分岐サドルを取り付けておく。)

管の接合は、図24に示すように架設状態のとおりに行う。このため、枕木は管1本につき2ヶ所設け、高さは管が接合できるように管底から地面までの間隔を0.3m以上確保する。また、FT形継手はテーパリングで若干屈曲するため、それぞれの枕木はレベル測量により管の据え付け勾配に相当する高低差を設けて、継手部に負担のかからないようにしておく必要がある。

このとき、管を90°回転させて水平状態で接合すると、吊り上げ時に管の自重でNS形またはS II形継手が横方向に屈曲し、吊り込み後の修正が困難となるため避けるべきである。

FT形継手は出荷前の仮組み時に継手ごとの受口、テーパリング、挿し口の組み合わせが決められており、受口フランジ、テーパリング、挿し口フランジの外周部に継手Noと合マークが打刻されている。(図38参照)管接合時はこれらの打刻が上にくるようにする。

また、NS形およびS II形継手は日本ダクタイル鉄管協会発行の接合要領書(JDPA W 12、W 02)、FT形継手は8.5節(FT形継手の接合要領)に示す手順にしたがって正しく接合する。

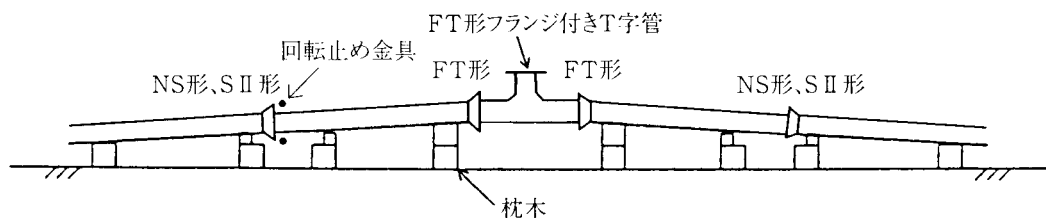


図24 陸組みの方法

(5) 仮設支持台上の枕木のセット

吊り込んだ管を支持するため、仮設支持台上に図25に示すような枕木を管の勾配に合うようにセットする。

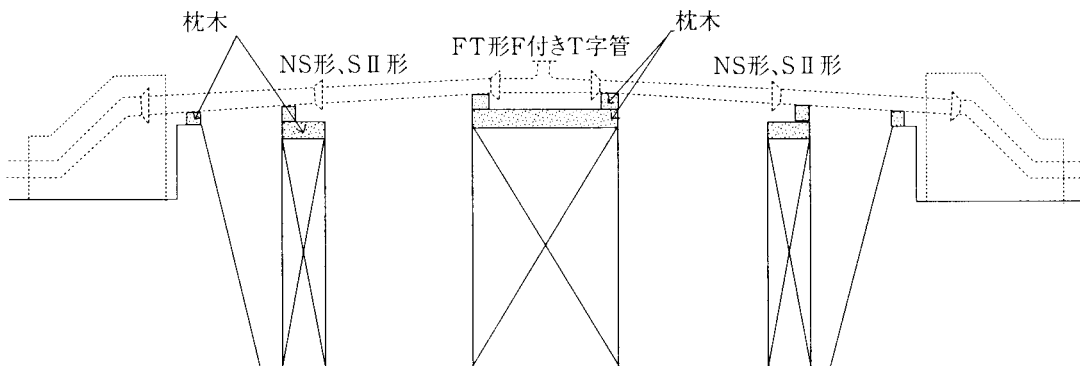


図25 枕木のセット

(6) 水管橋の吊り込み・据え付け

陸組みした水管橋をクレーンで吊り上げ、仮設支持台の上に静かに乗せる。吊り具は、外面特殊塗装を損傷しないようにナイロンスリングを使用する。ワイヤロープを使用する場合は、接続部にゴム板を巻くなどの対策が必要である。また、クレーン能力や吊り具の安全荷重は、架設位置や水管橋重量を確認して適切なものを選定する。

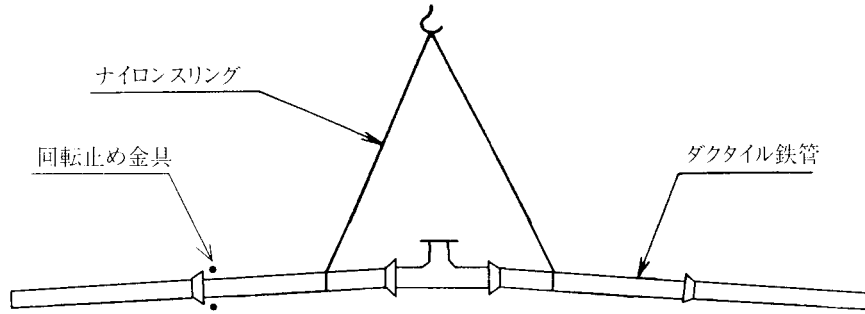


図26 水管橋の吊り込み

(7) キャンバ調整

各継手部が設計書に示されたキャンバ図のレベル差となるように高さ調整を行う。キャンバは両端部と各継手部に箱尺をセットして水準器で測定する。このとき、管全体の重量をクレーンで保持しながら、中央部とNS形またはS II形継手部の仮設支持台にセットした小型手動ジャッキで微調整を行う。

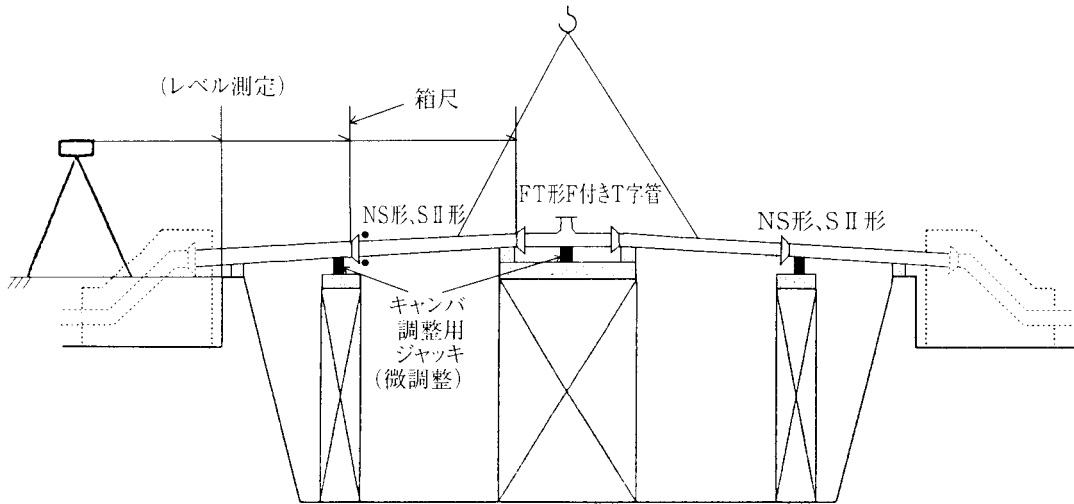


図27 キャンバ調整方法

(8) キャンバ調整後の管の固定

キャンバ調整後、NS形またはS II形継手部および中央のFT形フランジ付きT字管部の下に、ジャッキ高さに相当する枕木や板などを挿入して支持し、ジャッキを取り外す。その後、各継手のレベルが設計書どおりであることを、およびFT形フランジ付きT字管のフランジ面が水平であることを再度確認する。全ての作業が終了してからクレーンを降ろし、これ以降の作業によって管全体が回転しないように、管と枕木の接触部に木製くさびを挿入すると同時に、兩岸の支持部を木材や番線などを用いてしっかりと固定する。

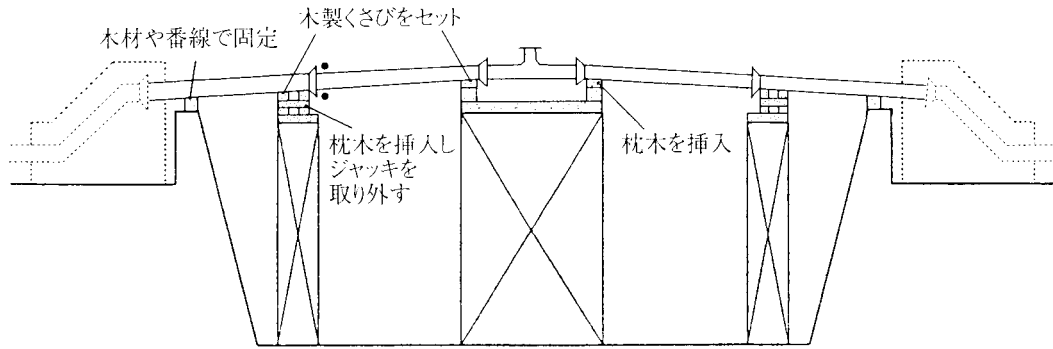


図28 キャンバ調整後の管の固定

- (9) 水管橋前後の配管
設計図に基づいて水管橋の前後の管を、橋台コンクリートから出るところまで配管する。
- (10) 水管橋据え付け位置の最終確認
前後の配管完了後に、水管橋の管路の高さ、方向、キャンバおよびFT形フランジ付きT字管のフランジ面が水平であることを最終的に確認する。
- (11) 付帯設備の設置
空気弁、防渡柵を所定の位置に設置する。
- (12) 橋台コンクリートの打設・養生
水管橋が動かないように十分注意しながら、型枠の組み立て、コンクリートの打設作業を行う。その後、コンクリートに所定の強度がでるまで十分養生する。この養生期間は、通常2週間程度以上が必要と考えられる。
- (13) 仮設支持台上の枕木の撤去
コンクリートに所定の強度が確保されたことを確認した後、仮設支持台上の枕木などを撤去する。コンクリートが十分に固まっていないとこの時点で管全体のレベルが下がってしまうため、特に注意が必要である。
- (14) 現場塗装用足場の設置
仮設支持台のない部分に現場塗装用足場を設置する。

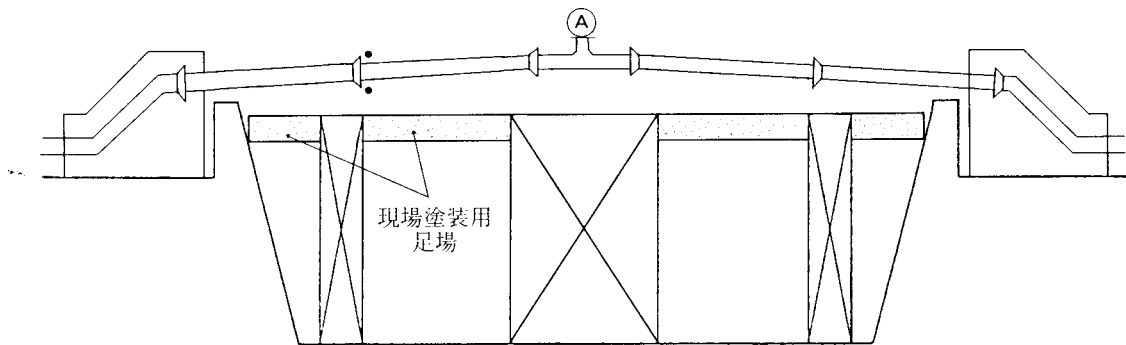


図29 現場塗装用足場の設置

- (15) 現場塗装
 - ① 下塗り塗装の補修
工場出荷時の下塗り塗装が運搬や架設工事などで損傷している箇所があれば、エポキシ樹脂塗料で補修する。

② 中塗り・上塗り塗装

現場補修塗装が十分硬化した後、中塗り・上塗り塗装としてポリウレタン樹脂塗料を2層塗装する。ポリウレタン樹脂塗料は、ダクタイトル鉄管外面特殊塗装(JDPA Z 2009²⁰⁰²)の解説に規定されているccのものを使用する。塗料は、塗料製造業者の指定した混合比になるように調合し、有効期限内に使用する。塗膜厚は、中塗り、上塗りともそれぞれ20 μ m以上とし、塗りむら、塗りもれ、異物の付着などがなく、均一な塗膜が得られるように行う。塗り重ねるときは、塗料製造業者の指定する塗装間隔で塗装する必要がある。また、現場塗装は、水管橋本体だけでなく、空気弁、押輪、ボルト・ナット、防渡柵、分岐サドル(タイプIの場合)などの付帯設備にも同質の塗料で塗装する。

(16) 仮設支持台および足場の撤去

水管橋仮受用の仮設支持台および現場塗装用足場を解体・撤去する。

5.4.2 固定金具方式

以下、仮設支持台方式と異なるところだけを記載する。

(1) 固定金具設置位置の測量

設計図面に基ついて水管橋架設位置を測量し、固定金具を設置する下部コンクリートの型枠を組み立てる。その後、型枠に固定金具の取り付け位置を墨入れする。

(2) 固定金具の設置

固定金具は、下部コンクリート打設時にあらかじめ埋め込んでおくか、コンクリート打設後にホールインアンカーで取り付けしたアンカーボルトに固定する。その際、設計計算書に示された橋台巻込み部の据付角度を参考に薄板などを用いて固定金具に所定の勾配を設け、水管橋に適切なキャンバが設定されるようにしておく。

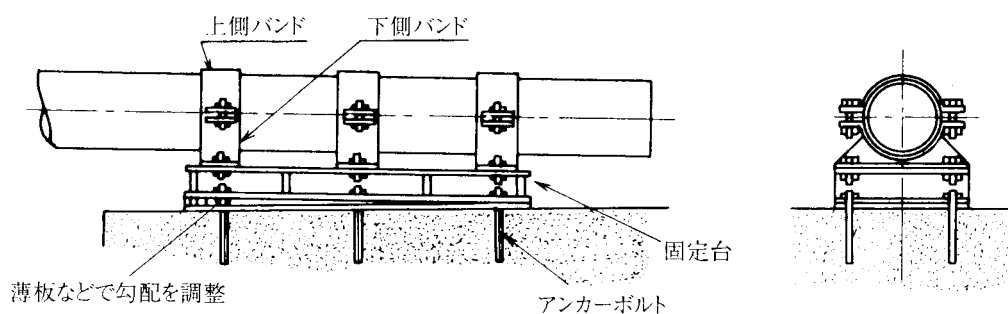


図30 固定金具の構造および設置例

(3) 水管橋の吊り込み・据え付け

陸組みした水管橋を吊り込み、両端を固定金具で固定する。このとき、管が回転していないことおよび設計時のキャンバが確保されていることを確認する。

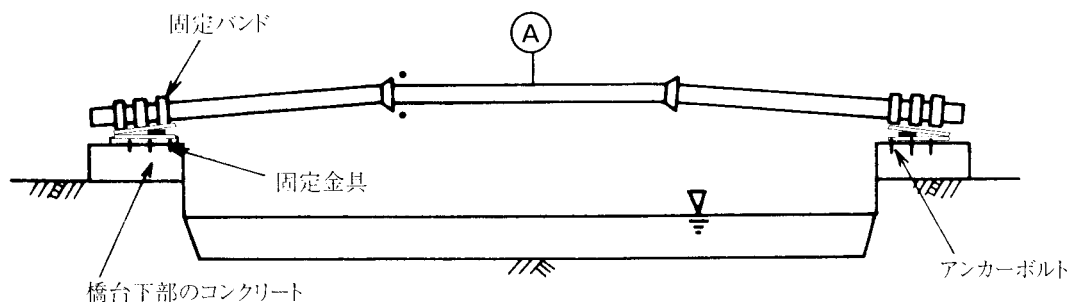


図31 据え付け要領

- (4) 仕上がりコンクリートの打設
橋台内の前後の管を配管後、型枠を設け、仕上がりコンクリートを打設する。
- (5) 現場塗装
水管橋全長にわたって塗装用の足場を仮設し、一括吊り込み工法の場合と同様に現場塗装を行う。

5.5 単管吊り込み工法(ステージング工法)の施工手順

以下、一括吊り込み工法と異なるところだけを記載する。

(1) ステージングの仮設

河川全幅にわたりステージングを仮設する。その際、管の接合・付帯設備の設置・現場塗装などの作業が、安全かつ円滑に行えるよう上面のスペースを確保する。また、河床が軟弱な場合は沈下防止対策を講じる必要がある。ステージングの構造例を図32に示す。

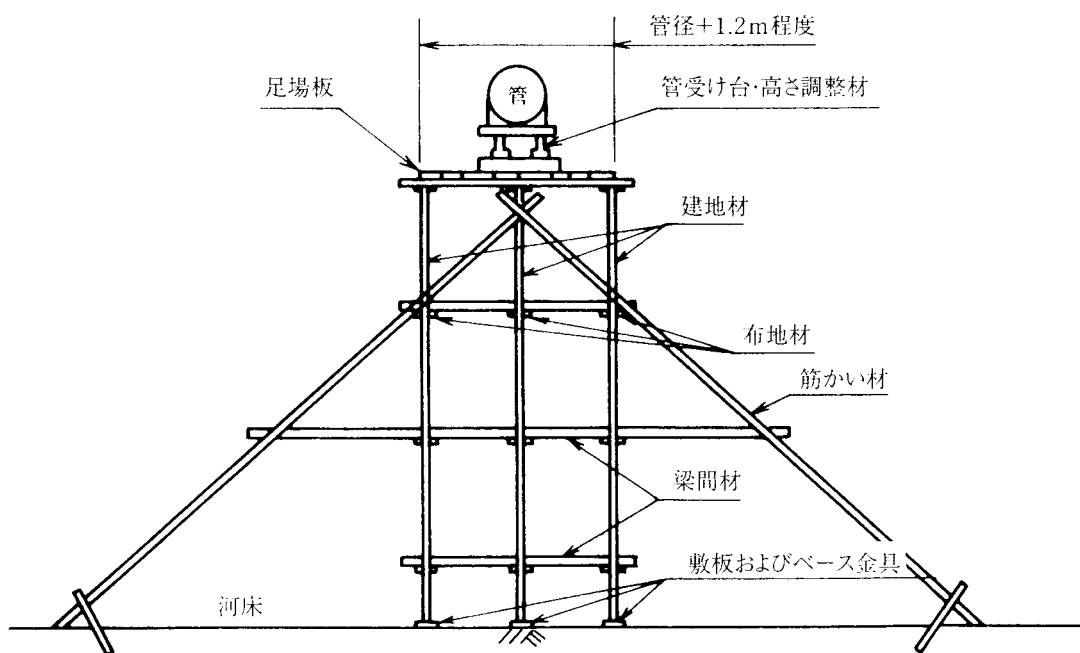


図32 ステージングの構造断面例

(2) 管受け台の設置

水管橋の設置位置および各継手の位置をステージング上にマーキングし、管受け台をマーキングに合わせて設置する。管受け台は管1本につき2ヶ所程度とし、設計計算書のキャンバ図に示された据え付け高さに概ね合うようにあらかじめ高さを調整しておく。

(3) 管の吊り込み・据え付け・接合

左右いずれかの橋台部側から管を1本ずつ吊り込み、管受け台に据え付けながら継手を順次接合していく。

(4) キャンバ調整

各継手部付近をクレーンで吊り上げるか、継手の下にセットした小型手動ジャッキを操作するなどして、管と管受け台の間に調整材を挿入し、各継手が所定の据え付け高さとなるよう微調整する。

5.6 水管橋前後の取り付け配管

設計図に基づいて水管橋前後の地中埋設部の配管を行う。ここに、橋台コンクリートと埋設配管との連絡部には継ぎ輪を使用し、不同沈下を吸収できるようにしておくことが望ましい。

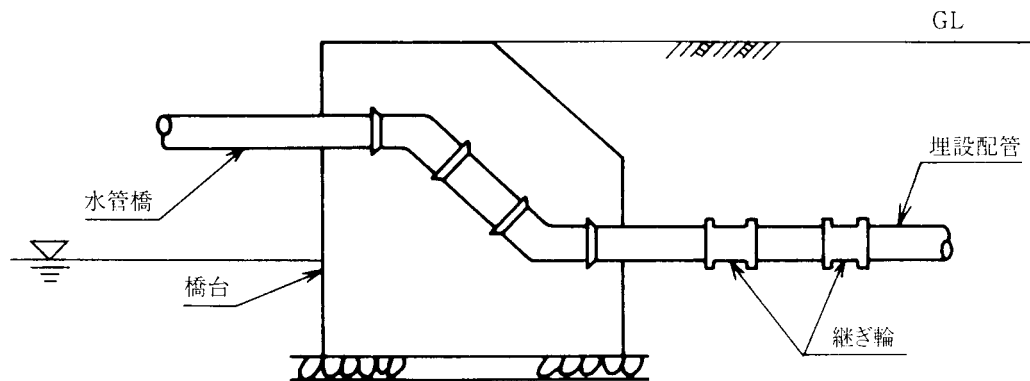


図33 水管橋前後の配管例