

水管橋 添架曲部(90°)構造計算書

1. 設計条件

1.1 形式	添架形式	
1.2 検討鋼材	SGP : 配管用炭素鋼管 (JIS G 3452) STPG370 : 圧力配管用炭素鋼管 (JIS G 3454)	架管部 曲部
1.3 呼び径	200 A (OD = 216.3 mm t = 5.8 mm) 200 A (OD = 216.3 mm t = 8.2 mm)	
1.4 設計内圧	静水圧 0.7 MPa (水撃圧 0.5 MPa) 静水・水撃圧 1.2 MPa	
1.5 材料の特性値	鋼材の引張・圧縮降伏強度の特性値 $\sigma_{yk} = 175 \text{ N/mm}^2$ SGP (JIS G 3452) 曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 ($t \leq 40$) $x = 70$ 鋼材の強度特性値 せん断降伏 100 N/mm ² $\sigma_{yk} = 215 \text{ N/mm}^2$ STPG370 (JIS G 3454) 曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 ($t \leq 40$) $x = 55$ 鋼材の強度特性値 せん断降伏 125 N/mm ² E : ヤング係数 N/mm ² 2.00E+05 N/mm ²	

1.6 検討管渠の断面諸数

架管部

呼び径	200 A	外径	Do : 216.3 mm
SGP		管厚	t : 5.8 mm
自重	30.107394 kg/m	内径	id : 204.7 mm
水重	32.91 kg/m	管渠中心半径	rm : 105.25 mm
		管内半径	ri : 102.35 mm
		断面積	A : 3.84E+03 mm ²
		断面2次	I : 2.13E+07 mm ⁴
		モーメント	Z : 1.97E+05 mm ³
		断面2次半径	r : 74.5 mm
		管内面積	Al : 32910 mm ²

曲部

呼び径	200 A	外径	Do : 216.3 mm
STPG370		管厚	t : 8.2 mm
自重	42.0803172 kg/m	内径	id : 199.9 mm
水重	31.385 kg/m	管渠中心半径	rm : 104.05 mm
		管内半径	ri : 99.95 mm
		断面積	A : 5.36E+03 mm ²
		断面2次	I : 2.91E+07 mm ⁴
		断面係数	Z : 2.69E+05 mm ³
		断面2次半径	r : 73.6 mm
		管内面積	Al : 31385 mm ²

$$\begin{aligned} \text{圧縮側} \quad \sigma_{bca} &= \min \left[\sigma_{cup}, \sigma_{crip} \right] \\ \sigma_{cup} &= \xi 1 \cdot \xi 2 \cdot \Phi R_t \cdot \sigma_{yk} \\ \sigma_{crip} &= \xi 1 \cdot \xi 2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk} \\ \text{ここに、} \quad \sigma_{cup} &: \text{局部座屈を考慮しない} \\ &\quad \text{曲げ圧縮応力度の制限値 N/mm}^2 \\ \sigma_{crip} &: \text{局部座屈に対する圧縮応力度の} \\ &\quad \text{制限値 N/mm}^2 \\ \xi 1 &: \text{調査・解析係数} \\ \xi 2 &: \text{部材・構造係数} \\ \Phi R_t &: \text{抵抗係数} \\ \sigma_{yk} &: \text{鋼材の降伏強度の特性値 N/mm}^2 \quad 175 \text{ N/mm}^2 \\ x &: \text{曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限} \quad (t \leq 40) \quad x = 70 \\ \rho_{cri} &: \text{局部座屈に対する圧縮応力度の} \\ &\quad \text{特性値に関する修正係数} \\ &\quad \text{(軸力の影響が小さいため純曲げのみと仮定して} \alpha = 1.2 \text{とする。)} \\ R / (\alpha \cdot t) &= \frac{108.15}{11} / \left(1.2 \times 8.2 \right) \\ &= 1.1 \\ \therefore \rho_{cri} (\leq x) &= \rho_{cri} (R / (\alpha \cdot t) \leq x) = 1.0 \\ \therefore \rho_{cri} (x <) &= \rho_{cri} (x < R / (\alpha \cdot t) \leq 200) = 1 - 0.003 \cdot (R / (\alpha \cdot t) - x) \\ &\therefore \rho_{cri} = 1.00\end{aligned}$$

曲げ圧縮応力度の制限値: $\sigma_{bca} = \min \left[\sigma_{cup}, \sigma_{crip} \right]$

作用の組合せ	$\xi 1$	$\xi 2 \cdot \Phi R_t$	σ_{yk}	σ_{cup}
長期	0.90	0.85	175	133
短期	1.00	1.00	175	175

作用の組合せ	ρ_{cri}	σ_{crip}	σ_{bca}
長期	1.00	133	133
短期	1.00	175	175

短期

$$\begin{aligned} RA &= 102492 \times 1000^2 / 1400^3 \times 1600 \\ &= 59762 \text{ N} \\ RC &= 102492 \times 102492 \times 1000^2 \\ &\quad / (2 \times 1400^3) \times 3200 \\ &= 42730 \\ MA &= 102492 / 1400^3 \times 220000000 \\ &= 8.22E+04 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ MB &= -102492 / 1400^3 \times 6.4E+11 \\ &= -2.39E+07 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ MC &= 102492 / 1400^2 \times 360000000 \\ &= 1.88E+07 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ \delta B &= 102492 \times 300^2 \times 1000^3 \\ &\quad / (2.60E+05 \times 2.91E+07 \times 1400^3) \times 383.333333 \\ &= 0.4 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= 102492 / 5.36E+03 = 19 \text{ N/mm}^2 \quad \text{圧縮軸力} \\ \tau_{ra} &= 59762 / 3.84E+03 = 11 \text{ N/mm}^2 \quad \text{せん断} \\ \tau_{rc} &= 42730 / 5.36E+03 = 8 \text{ N/mm}^2 \quad \text{せん断} \\ \sigma_{ma} &= 8.22E+04 / 3.69E+05 = 0.3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{曲げ} \\ \sigma_{mb} &= -2.39E+07 / 2.69E+05 = 89 \text{ N/mm}^2 \quad \text{曲げ} \\ \sigma_{mc} &= 1.88E+07 / 2.69E+05 = 70 \text{ N/mm}^2 \quad \text{曲げ}\end{aligned}$$

軸方向圧縮応力度の制限値 N/mm ² : $\sigma_{cup} = \xi 1 \cdot \xi 2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk}$					
作用の組合せ	$\xi 1$	$\xi 2 \cdot \Phi R_t$	ρ_{cri}	σ_{yk}	σ_{cup}
長期	0.90	0.85	1.00	175	133
短期	1.00	1.00	1.00	175	175

作用の組合せ	σ_{cup}
長期	133
短期	175

・ 局部座屈に対する軸方向圧縮応力度の制限値

$$\begin{aligned} \sigma_{crip} &= \xi 1 \cdot \xi 2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk} \\ \text{ここに、} \quad \sigma_{crip} &: \text{局部座屈に対する} \\ &\quad \text{軸方向圧縮応力度の制限値 N/mm}^2 \\ \xi 1 &: \text{調査・解析係数} \\ \xi 2 &: \text{部材・構造係数} \\ \Phi R_t &: \text{抵抗係数} \\ \sigma_{yk} &: \text{鋼材の降伏強度の特性値 N/mm}^2 \quad 175 \text{ N/mm}^2 \\ x &: \text{曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限} \quad (t \leq 40) \quad x = 70 \\ \rho_{cri} &: \text{局部座屈に対する圧縮応力度の} \\ &\quad \text{特性値に関する修正係数} \\ &\quad \text{(安全側として純曲げのみと仮定して} \alpha = 1.2 \text{とする。)} \\ R / (\alpha \cdot t) &= \frac{108.15}{11} / \left(1.2 \times 8.2 \right) \\ &= 1.1 \\ \therefore \rho_{cri} (\leq x) &= \rho_{cri} (R / (\alpha \cdot t) \leq x) = 1.0 \\ \therefore \rho_{cri} (x <) &= \rho_{cri} (x < R / (\alpha \cdot t) \leq 200) = 1 - 0.003 \cdot (R / (\alpha \cdot t) - x) \\ &\therefore \rho_{cri} = 1.00\end{aligned}$$

局部座屈に対する軸方向圧縮応力度の制限値 N/mm²: $\sigma_{crip} = \xi 1 \cdot \xi 2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk}$

作用の組合せ	$\xi 1$	$\xi 2 \cdot \Phi R_t$	ρ_{cri}	σ_{yk}	σ_{crip}
長期	0.90	0.85	1.00	175	133
短期	1.00	1.00	1.00	175	175