

水管橋 添架曲部 (90° 未満) 構造計算書

1. 設計条件

1.1 形式	添架形式	
1.2 検時鋼材	SGP : 配管用炭素鋼管 (JIS G 3452)	架管部
	STPG370 : 圧力配管用炭素鋼管 (JIS G 3454)	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 検討管架の断面諸数

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 ²
		断面2次	
		モーメント	I : 2.13E+07 mm ⁴
		断面係数	Z : 1.97E+05 mm ³
		断面2次半径	r : 74.5 mm
		管内面積	AI : 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	管厚中心半径	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	
		モーメント	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	AI : 31385 mm ²

$$\begin{aligned} \text{圧縮側} \quad \sigma_{bca} &= \min \left[\sigma_{cup}, \sigma_{crip} \right] \\ \sigma_{cup} &= \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi R_t \cdot \sigma_{yk} \\ \sigma_{crip} &= \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk} \\ \text{ここに、} \quad \sigma_{cup} &: \text{局部座屈を考慮しない曲げ圧縮応力度の制限値 N/mm}^2 \\ \sigma_{crip} &: \text{局部座屈に対する圧縮応力度の制限値 N/mm}^2 \\ \xi_1 &: \text{調査・解析係数} \\ \xi_2 &: \text{部材・構造係数} \\ \Phi R_t &: \text{抵抗係数} \\ \sigma_{yk} &: \text{鋼材の降伏強度の特性値 N/mm}^2 \quad 175 \text{ N/mm}^2 \\ x &: \text{曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 (} t \leq 40 \text{) } x = 70 \\ \rho_{cri} &: \text{局部座屈に対する圧縮応力度の特性値に関する修正係数} \\ &\quad (\text{軸力の影響が小さいため純曲げのみと仮定して } \alpha = 1.2 \text{ とする。}) \\ R / (\alpha \cdot t) &= \frac{108.15}{11} \sqrt{ \left(1.2 \times 8.2 \right) } \\ &= 11 \\ \cdot \rho_{cri} (\leq x) & \\ \rho_{cri} (R / (\alpha \cdot t) \leq x) &= 1.0 \\ \cdot \rho_{cri} (x <) & \\ \rho_{cri} (x < R / (\alpha \cdot t) \leq 200) &= 1 - 0.003 \cdot (R / (\alpha \cdot t) - x) \\ \therefore \rho_{cri} &= 1.00\end{aligned}$$

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

作用の組合せ	ξ_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

1.2 軸方向力および曲げモーメントを受ける鋼管部材の制限値

1) 限界状態1に対する制限値

限界状態3に対する照査を満足すれば、限界状態1を超えないとみなします。

2) 限界状態3に対する制限値

軸方向力が圧縮の場合として、以下の照査式を満足する場合には、限界状態1を超えないとみなします。

・軸方向圧縮応力度の制限値

$$\begin{aligned} \sigma_{cup} &= \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk} \\ \text{ここに、} \quad \sigma_{cup} &: \text{軸方向圧縮応力度の制限値 N/mm}^2 \\ \xi_1 &: \text{調査・解析係数} \\ \xi_2 &: \text{部材・構造係数} \\ \Phi R_t &: \text{抵抗係数} \\ \sigma_{yk} &: \text{鋼材の降伏強度の特性値 N/mm}^2 \quad 175 \text{ N/mm}^2 \\ \beta &: \text{添架形式} \quad 1 \\ L &: \text{支持間隔} \quad 1000 \text{ mm} \\ L &: \text{部材の有効屈長 mm} \quad 1000 \text{ mm} \\ L &= \beta \cdot L\end{aligned}$$

短期

$$\begin{aligned} KA &= 88761 \times 1000^2 / 1400^3 \times 1600 \\ &= 51756 \text{ N} \\ RC &= 88761 - 88761 \times 1000^2 / (2 \times 1400^3) \times 3200 \\ &= 37095 \\ MA &= 88761 / 1400^3 \times 220000000 \\ &= 7.12E+04 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ MB &= -88761 / 1400^3 \times 6.4E+11 \\ &= -2.07E+07 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ MC &= 88761 / 1400^2 \times 36000000 \\ &= 1.63E+07 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ \delta B &= 88761 \times 400^2 \times 1000^3 / (2.00E+05 \times 2.91E+07 \times 1400^3) \times 383.333333 \\ &= 0.3 \text{ mm} \\ \sigma &= 82746 / 5.36E+03 = 15 \text{ N/mm}^2 \quad \text{圧縮軸力} \\ \tau_{ra} &= 51756 / 5.36E+03 = 10 \text{ N/mm}^2 \quad \text{せん断} \\ \tau_{rc} &= 37095 / 5.36E+03 = 7 \text{ N/mm}^2 \quad \text{せん断} \\ \sigma_{ma} &= 7.12E+04 / 2.69E+05 = 0.3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{曲げ} \\ \sigma_{mb} &= -2.07E+07 / 2.69E+05 = -77 \text{ N/mm}^2 \quad \text{曲げ} \\ \sigma_{mc} &= 1.63E+07 / 2.69E+05 = 61 \text{ N/mm}^2 \quad \text{曲げ}\end{aligned}$$

・局部座屈に対する軸方向圧縮応力度の制限値

$$\begin{aligned} \sigma_{crip} &= \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk} \\ \text{ここに、} \quad \sigma_{crip} &: \text{局部座屈に対する軸方向圧縮応力度の制限値 N/mm}^2 \\ \xi_1 &: \text{調査・解析係数} \\ \xi_2 &: \text{部材・構造係数} \\ \Phi R_t &: \text{抵抗係数} \\ \sigma_{yk} &: \text{鋼材の降伏強度の特性値 N/mm}^2 \quad 175 \text{ N/mm}^2 \\ x &: \text{曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 (} t \leq 40 \text{) } x = 70 \\ \rho_{cri} &: \text{局部座屈に対する圧縮応力度の特性値に関する修正係数} \\ &\quad (\text{安全側として純曲げのみと仮定して } \alpha = 1.2 \text{ とする。}) \\ R / (\alpha \cdot t) &= \frac{108.15}{11} \sqrt{ \left(1.2 \times 8.2 \right) } \\ &= 11 \\ \cdot \rho_{cri} (\leq x) & \\ \rho_{cri} (R / (\alpha \cdot t) \leq x) &= 1.0 \\ \cdot \rho_{cri} (x <) & \\ \rho_{cri} (x < R / (\alpha \cdot t) \leq 200) &= 1 - 0.003 \cdot (R / (\alpha \cdot t) - x) \\ \therefore \rho_{cri} &= 1.00\end{aligned}$$

$$\text{局部座屈に対する軸方向圧縮応力度の制限値 N/mm}^2: \sigma_{crip} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk}$$

作用の組合せ	ξ_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

・局部座屈に対する曲げ圧縮応力度の制限値

$$\begin{aligned} \sigma_{crip} &= \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk} \\ \text{ここに、} \quad \sigma_{crip} &: \text{局部座屈に対する圧縮応力度の制限値 N/mm}^2 \\ \xi_1 &: \text{調査・解析係数} \\ \xi_2 &: \text{部材・構造係数} \\ \Phi R_t &: \text{抵抗係数} \\ \sigma_{yk} &: \text{鋼材の降伏強度の特性値 N/mm}^2 \quad 175 \text{ N/mm}^2 \\ x &: \text{曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 (} t \leq 40 \text{) } x = 70 \\ \rho_{cri} &: \text{局部座屈に対する圧縮応力度の特性値に関する修正係数} \\ &\quad (\text{安全側として純曲げのみと仮定して } \alpha = 1.2 \text{ とする。}) \\ R / (\alpha \cdot t) &= \frac{108.15}{11} \sqrt{ \left(1.2 \times 8.2 \right) } \\ &= 11 \\ \cdot \rho_{cri} (\leq x) & \\ \rho_{cri} (R / (\alpha \cdot t) \leq x) &= 1.0 \\ \cdot \rho_{cri} (x <) & \\ \rho_{cri} (x < R / (\alpha \cdot t) \leq 200) &= 1 - 0.003 \cdot (R / (\alpha \cdot t) - x) \\ \therefore \rho_{cri} &= 1.00\end{aligned}$$

$$\text{局部座屈に対する圧縮応力度の制限値 N/mm}^2: \sigma_{crip} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi R_t \cdot \rho_{cri} \cdot \sigma_{yk}$$

作用の組合せ	ξ_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