

単純支持パイプビーム形式<二重管>水管橋構造計算書

1. 設計条件

1.1 形式	単純支持パイプビーム形式			
1.2 支間長	18.38 m	橋長(橋台間距離)	20.85 m	
1.3 検討鋼材	SUS316-TiV	配管用溶接大径ステンレス鋼管 (JIS G 3468)	外装管	
	SUS316-TP	配管用ステンレス鋼管 (JIS G 3459)	通水管	
	SUS316-HP	熱間延延ステンレス鋼板及び鋼管 (JIS G 4304)	金具	
1.4 呼び径	外装管 500 A	(OD = 508 mm t = 9.5 mm)		
	通水管 300 A	(OD = 318.5 mm t = 4.5 mm)		
1.5 設計内圧	静水圧 0.7 MPa	(水撃圧 0.5 MPa)		
	静水+水撃圧 1.2 MPa			
1.6 材料の特性値	鋼材の引張・圧縮降伏強度の特性値			
	σ_{yk}	205 N/mm ²	SUS316-TiV (JIS G 3468)	外装管
			曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 ($t \leq 40$) x = 75	
			鋼材の強度特性値 せん断降伏 115 N/mm ²	
	σ_{yk}	205 N/mm ²	SUS316-TP (JIS G 3459)	通水管
			曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 ($t \leq 40$) x = 75	
1.7 溶接効率	鋼材の強度特性値 せん断降伏 115 N/mm ²			
			鋼材の強度特性値 せん断降伏 115 N/mm ²	
			曲げ圧縮応力度の局部座屈の上限 ($t \leq 40$) x = 75	
			鋼材の強度特性値 せん断降伏 115 N/mm ²	
			鋼材の強度特性値 せん断降伏 115 N/mm ²	
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。		
	円筒	1.5 KN/m ²		
	平板	3.0 KN/m ²		
1.10 設計震度	レベル1地震動の設計水平震度	Kh1 = 0.30		
	Ⅲ種地盤	レベル1地震動の設計鉛直震度 Kv1 = 0.12		
	A2	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]		
	富山県	レベル2地震動の設計水平震度 Kh2 (I) = 0.34		
	富山市	パイプビーム橋台の場合		
1.11 通行荷重	レベル2地震動の設計鉛直震度 Kv2 (I) = 0.20			
	設計鉛直震度は、支床部の設計にのみ考慮する。			
	考慮しない	--- KN/m ²		
	設置しない			
	考慮する	3.5 KN/m ²		
1.12 歩 歩			歩道幅	mm
			降雪量	500 mm
			積雪幅	508 mm
1.13 温度変化	寒冷地域 (管内空温 / 直射日光)			
	最低温度 -20 ℃	最高温度 61 ℃		
	基準温度 10 ℃			
1.14 指数表示	例 1.235×10 ⁵ → 1.235E+05	7.895×10 ⁻⁷ → 7.895E-07		

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \text{ 死荷重 + 風荷重 : } D+WS \\ \text{鉛直荷重 } W_v &= \gamma_p \cdot \gamma_q \cdot W_D \\ W_v &= 1.00 \times 1.01 \times 3152 = 3152 \text{ N/m} \\ \text{水平荷重 (橋軸直角方向) } W_h &= \gamma_p \cdot \gamma_q \cdot W_{WS} \\ W_h &= 1.00 \times 1.21 \times 762 = 953 \text{ N/m} \\ \textcircled{2} \text{ 死荷重 + 地震の影響 (レベル1地震動) : } D+EQ1 \\ \text{鉛直荷重 } W_v &= \gamma_p \cdot \gamma_q \cdot W_D \\ W_v &= 1.00 \times 1.01 \times 3152 = 3152 \text{ N/m} \\ \text{水平荷重 } W_h &= K_h1 \cdot \gamma_p \cdot \gamma_q \cdot W_v \\ W_h &= 0.30 \times 1.01 \times 3152 = 993 \text{ N/m} \\ \textcircled{3} \text{ 死荷重 + 地震の影響 (レベル2地震動) : } D+EQ2 \\ \text{鉛直荷重 } W_v &= \gamma_p \cdot \gamma_q \cdot W_D \\ W_v &= 1.00 \times 1.01 \times 3152 = 3152 \text{ N/m} \\ \text{水平荷重 } W_h &= K_h2 (I) \cdot \gamma_p \cdot \gamma_q \cdot W_v \\ W_h &= 0.34 \times 1.01 \times 3152 = 1787 \text{ N/m} \\ \textcircled{1} \sim \textcircled{3} \text{ 共通 内圧 : } IP \\ \text{内圧 } P &= \gamma_p \cdot \gamma_q \cdot P_U \\ P &= 1.00 \times 1.01 \times 1.2 = 1.2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

作用の組合せによる荷重

作用の組合せ	鉛直荷重 W _v (N/m)	水平荷重 W _h (N/m)	内圧 P(MPa)
① D	3310	---	1.2
② D+L	---	---	
⑥ D+WS	3310	953	
⑧ D+EQ1	3310	993	
⑨ D+EQ2	3310	1787	

4.3 反力(せん断力)、曲げモーメントまとめ

作用の組合せ	設計状況の区分	鉛直方向 (v)		
		Rv S	支間中央部 Mv N・m	現場溶接部 Mv N・m
① D	永続作用	30419	1.398E+05	9.656E+04
② D+L		---	---	---
⑥ D+WS	変動作用	30419	1.398E+05	9.656E+04
⑧ D+EQ1		30419	1.398E+05	9.656E+04
⑨ D+EQ2	偶発作用	30419	1.398E+05	9.656E+04

作用の組合せ	設計状況の区分	水平方向 (h)		
		Rh S	支間中央部 Mh N・m	現場溶接部 Mh N・m
① D	永続作用	---	---	---
② D+L		---	---	---
⑥ D+WS	変動作用	8754	4.824E+04	2.780E+04
⑧ D+EQ1		9126	4.193E+04	2.887E+04
⑨ D+EQ2	偶発作用	16428	7.546E+04	5.213E+04

4.4 管軸方向圧縮応力度

永続作用支配状況 ①Dにおける軸方向力方を考慮する。

1) 伸縮時支点の摩擦による推力

$$P1 = Rv \cdot f$$

ここに、

$$Rv : \text{支点反力} \quad 30419 \text{ N}$$

$$f : \text{ふっ素樹脂支持板支承} \quad 0.1$$

$$P1 = 30419 \times 0.1 = 3042 \text{ N}$$

2) 伸縮時伸縮可換管の摩擦による推力

撓曲型の場合

$$P2 = Rv \cdot \pi \cdot D_o$$

ここに、

$$Rv : \text{伸縮可換管の摩擦係数 } 7 \text{ N/mm}$$

$$D_o : \text{管の外径 } 318.5 \text{ mm}$$

$$P2 = 7 \times \pi \times 318.5 = 7094 \text{ N}$$

ベローズ型の場合

$$P2 = Rv \cdot \delta x$$

ここに、

$$Rv : \text{伸縮可換管の作動反力 } \text{N/mm}$$

$$\delta x : \text{温度変化による伸縮量 } \text{mm}$$

ここで、

$$\text{メーカー算出値}$$

$$: \text{測定ベローズ S (伸縮略称) 表示} \quad S.13W25$$

$$: 300A \times 550L (x = \pm 25 \text{ mm})$$

$$: \text{呼び径} \quad 300 \text{ A}$$

$$Fv : \text{反力 (設計伸縮量) } \text{N} \quad 67996 \text{ N}$$

$$: \text{伸縮量 } \text{mm} \quad 25 \text{ mm}$$

3) 曲げ応力度および照査

境界状態I、境界状態IIに対する曲げ応力度の照査を行う。

なお、境界状態IIに対する曲げ応力度の照査は、曲げ圧縮応力度の制限値にて照査する。

支点部 (最大値①D)

$$\sigma_b = \sigma_{pr} = 60.9 \text{ N/mm}^2$$

支間中央部 鉛直方向 : 外装管 $\sigma_b = Mv1 / Z$

① 死荷重 : D

$$\sigma_b = 1.398E+08 / 1.82E+06 = 76.8 \text{ N/mm}^2$$

② 死荷重 + 通行荷重 : D+L

$$\sigma_b = \text{---} / \text{---} = \text{---} \text{ N/mm}^2$$

⑥ 死荷重 + 風荷重 : D+WS

$$\sigma_b = 1.398E+08 / 1.82E+06 = 76.8 \text{ N/mm}^2$$

⑧ 死荷重 + 地震の影響 (レベル1地震動) : D+EQ1

$$\sigma_b = 1.398E+08 / 1.82E+06 = 76.8 \text{ N/mm}^2$$

⑨ 死荷重 + 地震の影響 (レベル2地震動) : D+EQ2

$$\sigma_b = 1.398E+08 / 1.82E+06 = 76.8 \text{ N/mm}^2$$

支間中央部 鉛直+水平方向 $\sigma_b = \sqrt{ (Mv1^2 + Mh1^2) } / Z$

① 死荷重 : D

$$\sigma_b = \sqrt{ (1.398E+08^2 + \text{---}^2) } / 1.82E+06 = 76.8 \text{ N/mm}^2$$

② 死荷重 + 通行荷重 : D+L

$$\sigma_b = \sqrt{ (\text{---}^2 + \text{---}^2) } / \text{---} = \text{---} \text{ N/mm}^2$$

⑥ 死荷重 + 風荷重 : D+WS

$$\sigma_b = \sqrt{ (1.398E+08^2 + 4.024E+07^2) } / 1.82E+06 = 79.9 \text{ N/mm}^2$$

⑧ 死荷重 + 地震の影響 (レベル1地震動) : D+EQ1

$$\sigma_b = \sqrt{ (1.398E+08^2 + 4.193E+07^2) } / 1.82E+06 = 80.2 \text{ N/mm}^2$$

⑨ 死荷重 + 地震の影響 (レベル2地震動) : D+EQ2

$$\sigma_b = \sqrt{ (1.398E+08^2 + 7.546E+07^2) } / 1.82E+06 = 87.3 \text{ N/mm}^2$$

現場溶接部 鉛直方向 $\sigma_b = Mv2 / Z$

① 死荷重 : D

$$\sigma_b = 9.656E+07 / 1.82E+06 = 53.1 \text{ N/mm}^2$$

② 死荷重 + 通行荷重 : D+L

$$\sigma_b = \text{---} / \text{---} = \text{---} \text{ N/mm}^2$$

⑥ 死荷重 + 風荷重 : D+WS

$$\sigma_b = 9.656E+07 / 1.82E+06 = 53.1 \text{ N/mm}^2$$

⑧ 死荷重 + 地震の影響 (レベル1地震動) : D+EQ1

$$\sigma_b = 9.656E+07 / 1.82E+06 = 53.1 \text{ N/mm}^2$$

⑨ 死荷重 + 地震の影響 (レベル2地震動) : D+EQ2

$$\sigma_b = 9.656E+07 / 1.82E+06 = 53.1 \text{ N/mm}^2$$

現場溶接部 鉛直+水平方向 $\sigma_b = \sqrt{ (Mv2^2 + Mh2^2) } / Z$

① 死荷重 : D

$$\sigma_b = \sqrt{ (9.656E+07^2 + \text{---}^2) } / 1.82E+06 = 53.1 \text{ N/mm}^2$$

② 死荷重 + 通行荷重 : D+L

$$\sigma_b = \sqrt{ (\text{---}^2 + \text{---}^2) } / \text{---} = \text{---} \text{ N/mm}^2$$