

### 1) ポンプ仕様

形式	:		着脱式水中ポンプ
口径	: D	=	65 mm
全揚程	: H	=	15.41 m
実揚程	: H <sub>a</sub>	=	8.92 m
吐出し量	: Q	=	0.30 m <sup>3</sup> /min
回転数	: N	=	1,420 rpm (4P × 50Hz)
軸動力	: P <sub>a</sub>	=	5.5 kw
稼働台数	: n	=	1 台 (外予備 1 台)
回転体の慣性効果	: G D <sup>2</sup>	=	6.9 N·m

### 2) 圧送管路仕様

管種	:		ダクタイル鋳鉄管
管径	: D <sub>1</sub>	=	75 mm
管厚	: t <sub>1</sub>	=	6.0 mm
送水管長	: L	=	151.1 m
縦弾性係数	: E <sub>1</sub>	=	158.000 GPa

### 3) 管内圧力波伝播速度

$$a_1 = \frac{1,425}{\left(1 + \frac{K}{E_1} \cdot \frac{D_1}{t_1}\right)}$$
$$= \frac{1,425}{\left(1 + \frac{2.04}{158.000} \cdot \frac{75}{6}\right)} = 1,322.3 \text{ m/s}$$

ただし、K : 水の体積弾性率 = 2.04 GPa

4) 管内流速

$$v1 = \frac{4 \left( \frac{n \cdot Q}{60} \right)}{\pi \cdot (D1 / 1000)^2}$$

$$= \frac{4 \times \left( \frac{1 \times 0.3}{60} \right)}{\pi \times 0.075^2} = 1.132 \text{ m/s}$$

ただし、 n : ポンプ同時運転可能台数 = 1 台

5) 管路定数

$$2 = \frac{a1 \cdot v1}{g \cdot H} = \frac{1,322 \times 1.132}{9.8 \times 15.41} = 9.91$$

ただし、 g : 重力加速度 = 9.8 m/s<sup>2</sup>

6) 運転時トルク

$$M = \frac{9,552 \cdot Pa}{N} = \frac{9,552 \times 5.5}{1,420} = 37.0 \text{ N}\cdot\text{m}$$

7) 回転体の慣性効果 (GD<sup>2</sup>)

$$GD^2 = 6.9 \text{ N}\cdot\text{m} \quad ( 65 \quad 5.5 \text{ kw} )$$

8) 回転体のフライホイール効果定数

$$K = \frac{375M}{GD^2 \cdot N} = \frac{375 \times 37.0}{6.9 \times 1,420} = 1.416 \text{ sec}^{-1}$$

9) 圧力波往復時間

$$\mu = \frac{2L}{a1} = \frac{2 \times 151.1}{1,322} = 0.229 \text{ sec}$$

10) 解析

最低圧力は、「下団設計要領(案)」図5-3 に示されたウォーターハンマー現象簡易計算図表より求める。

・管路損失

$$\left(1 - \frac{H_a}{H}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{8.92}{15.41}\right) \times 100 = 42\%$$

・サージ係数

$$S = K \cdot \mu = 1.416 \times 0.229 = 0.324$$

・管路定数

$$\frac{2}{2} = 9.91$$

地 点	管路損失 %	管路損失 %	管路損失 42 %	
	最低圧力比 (%) h 30	最低圧力比 (%) h 60	最低圧力比 (%) h 42	最低圧力 h・H / 100(m)
ポンプ直後	11	5	8.6	1.33
1 / 2 L 地点	35	19	28.6	4.41
3 / 4 L 地点	51	28	41.8	6.44

流入管底高	IE0 = 53.460		
	圧送管底高 : IEn	最低圧力 : H	管内圧力 : H = H - (IEn - IE0)
ポンプ直後	53.587	1.33	1.20
1 / 2 L 地点	60.500	4.41	-2.63
3 / 4 L 地点	61.020	6.44	-1.12

解析の結果、最大負圧は 1 / 2 L 地点 付近で生じ、その値は

$$-2.63 > -7.00 \text{ m}$$

となる。

以上より、ウォーターハンマーに対|は安全である。