

泥水輸送計画

1号推進工

1. 仕様条件

管呼び径	d	:	1500	(mm)
掘削機外径	D	:	1.800	(m)
掘削最大距離	L	:	193.20	(m)
立坑の深さ	H	:	6.80	(m)
立坑から調整槽までの距離	/1	:	20.00	(m)
立坑から処理機までの距離	/2	:	20.00	(m)
バルブ及びエルボの相当直管長さ	/0	:	20.00	(m) (20~40m程度)
処理吐出高さ	h	:	4.00	(m)
掘進速度	v	:	4.0	(cm/min)
切羽水圧	P	:	自然地下水圧 + 加圧力 (標準 20kN/m ²)	
			P = 2.00 + 2.00	
			= 4.00	(kN/m ²)
地山土粒子の真比重	Gs	:	2.68	
地山の含水比	W	:	39.9	
送泥水比重	1	:	1.20	
粒径と濃度から決まる定数	FL	:	1.345	
液体の比重(水)	0	:	1.000	
送泥管径	d1	:	105.3	(mm)
排泥管径	d2	:	105.3	(mm)
電動機の電源			200 (V)	50 (Hz)

2. 送排泥流量の検討

(1) 地山の取込量

a. 掘削断面積

$$A = \pi / 4 \times D^2 = \pi / 4 \times 1.8^2 = 2.545 \quad (\text{m}^2)$$

b. 地山の含泥率

$$K = \frac{1 - \frac{1}{1 + \frac{W}{Gs}}}{1 - \frac{1}{Gs}} \times 100$$

$$= \frac{1 - \frac{1}{1 + \frac{39.9}{2.68}}}{1 - \frac{1}{2.68}} \times 100$$

$$= 48.3 \quad (\text{vol}\%)$$

c. 掘削土量(真体積)

$$q = A \times v / 100 = 2.545 \times 4.0 / 100$$

$$= 0.102 \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

d. 掘削土量中の乾砂量

$$G = q \times K / 100 = 0.102 \times 48.3 / 100$$

$$= 0.049 \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

(2) 送排泥流量

a. 排泥管内断面積

$$a = \pi / 4 \times (d_2 / 100)^2 = \pi / 4 \times (105.3 / 1000)^2$$

$$= 0.0087 \quad (\text{m}^2)$$

b. 限界沈殿流速

$$VL = FL \times \sqrt{2 \times g \times \frac{d_2}{1000} \times \frac{Gs}{1.000}}$$

$$= 1.345 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times \frac{105.3}{1000} \times \frac{2.68}{1.000}}$$

$$= 2.50 \quad (\text{m}/\text{sec})$$

c. 排泥流量

$$Q_2 = a \times VL \times 60 = 0.0087 \times 2.50 \times 60$$

$$= 1.305 \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

d. 送泥流量

$$Q_1 = Q_2 - q = 1.305 - 0.102$$

$$= 1.203 \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

(3) 送泥濃度、排泥濃度

a. 送泥濃度

$$C1 = \frac{1}{Gs} - \frac{0}{0} \times 100 = \frac{1.2}{2.68} - \frac{1.000}{1.000} \times 100$$
$$= 11.9 \quad (\text{vol}\%)$$

b. 排泥濃度

$$C2 = \frac{C1 \times Q1 \times 100 \times G}{Q2}$$
$$= \frac{11.9 \times 1.203 + 100 \times 0.049}{1.305}$$
$$= 14.7 \quad (\text{vol}\%)$$

c. 排泥比重

$$2 = 0 + \frac{C2 \times (Gs - 0)}{100}$$
$$= 1.000 + \frac{14.7 \times (2.68 - 1.000)}{100}$$
$$= 1.247$$

(4) 管内流速

a. 送泥管内流速

$$V1 = \frac{Q1}{\pi/4 \times d1^2 \times 60} = \frac{1.203}{\pi/4 \times 0.1053^2 \times 60}$$
$$= 2.30 \quad (\text{m/sec})$$

b. 排泥管内流速

$$V2 = \frac{Q2}{\pi/4 \times d2^2 \times 60} = \frac{1.305}{\pi/4 \times 0.1053^2 \times 60}$$
$$= 2.50 \quad (\text{m/sec})$$

(5) 排泥ポンプの特性検討

a. 排泥管の配管最大延長

$$\begin{aligned} L2 &= L + H + h + \text{/2} + \text{/0} \\ &= 193.20 + 6.80 + 4.00 + 20.00 + 20.00 \\ &= 244.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

b. 排泥管1m当りの抵抗損失

$$\begin{aligned} hf2 &= \frac{6.8195}{120^{1.852}} \times \frac{V2^{1.852}}{d2 / 1000)^{1.167}} = \frac{6.8195}{120^{1.852}} \times \frac{2.50^{1.852}}{(105.3 / 1000)^{1.167}} \\ &= 0.073 \quad (\text{m液柱/m}) \end{aligned}$$

c. 排泥管の総抵抗損失揚程

$$\begin{aligned} Hf2 &= hf2 \times L2 \\ &= 0.073 \times 244.00 \\ &= 17.81 \quad (\text{m液柱}) \end{aligned}$$

d. 排泥側ポンプ総揚程

$$\begin{aligned} TH2 &= Hf2 + H + h + \frac{P}{2} \times 10^{-1} \\ &= 17.81 + 6.80 + 4.00 - \frac{4}{1.247} \times 10^{-1} \\ &= 28.29 \quad (\text{m液柱}) \end{aligned}$$

(6) 送泥ポンプの特性検討

a. 送泥管の配管最大延長

$$\begin{aligned} L1 &= L + H + h + /2 + /0 \\ &= 193.20 + 6.80 + 4.00 + 20.00 + 20.00 \\ &= 244.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

b. 送泥管1m当りの抵抗損失

$$\begin{aligned} hf1 &= \frac{6.8195}{120^{1.852}} \times \frac{V1^{1.852}}{(d1 / 1000)^{1.167}} = \frac{6.8195}{120^{1.852}} \times \frac{2.30^{1.852}}{(105.3 / 1000)^{1.167}} \\ &= 0.062 \quad (\text{m液柱/m}) \end{aligned}$$

c. 送泥管の総抵抗損失揚程

$$\begin{aligned} Hf1 &= hf1 \times L1 \\ &= 0.062 \times 244.00 \\ &= 15.13 \quad (\text{m液柱}) \end{aligned}$$

d. 送泥側ポンプ総揚程

$$\begin{aligned} TH1 &= Hf1 - H + \frac{P}{1} \times 10^{-1} \\ &= 15.13 - 6.80 + \frac{4}{1.200} \times 10^{-1} \\ &= 8.66 \quad (\text{m液柱}) \end{aligned}$$

3. 使用ポンプの選定

(1) 送泥ポンプの選定

呼び径1500～3000は基本的に可変速モータを使用する。

$$TH1 = 8.66 \quad (\text{m液柱}) \quad \text{より}$$

送泥ポンプ規格

	用途	送排泥管径	規格	実揚程	周波数	回転数
	送泥用 P1	100 mm	100型11kW 4P直	15	50	1430
			100型15kW 4P直	20	50	1430
			100型22kW 4P直	25	50	1430

(2) 排泥ポンプの選定

排泥ポンプは、呼び径1500～3000は基本的に可変速モータを使用し、

中継ポンプについては定速モータを使用する。

$$TH2 = 28.29 \quad (\text{m液柱}) \quad \text{より}$$

排泥ポンプ規格

	用途	送排泥管径	規格	実揚程	周波数	回転数
	排泥用 P2	100 mm	100型11kW 4P直	15	50	1430
			100型15kW 4P直	20	50	1430
			100型22kW 4P直	25	50	1430

ポンプが規格を超えるため中継ポンプを使用する。

中継ポンプ規格

	用途	送排泥管径	規格	実揚程	周波数	回転数
	中継用 Pn	100 mm	100型7.5kW 4P直	7	50	1430
			100型7.5kW 4P直	7	60	1710

(3) 中継ポンプの検討

中継ポンプの台数は、ポンプ実揚程による台数(n1)と吸込可能揚程による台数(n2)とを比較し、大なる方を採用する。

a. ポンプ実揚程による中継ポンプ台数

$$n1 = \frac{TH1 - P2h}{Pxh}$$

n1 : 中継ポンプの台数 (台)

P2h : 排泥ポンプ(P2)の実揚程 (m)

Pxh : 中継ポンプ1台当りの実揚程 (m)

$$n1 = \frac{28.29 - 25}{7}$$

$$= 1 \quad (\text{台})$$

b. 吸込可能揚程による中継ポンプ台数

$$P2\text{の要求NPSH} = 8.1 \times Q^{2/3} \times N^{4/3} \times 10^{-5}$$

Q : 排泥流量 (m3/min)

N : 排泥ポンプ回転数 (RPM)

$$= 8.1 \times 1.305^{2/3} \times 1430^{4/3} \times 10^{-5}$$

$$= 1.56$$

$$n2 = \left(P2\text{の要求NPSH} + 2.0 + \frac{L}{2} \times \frac{V^2}{g} - \frac{10.09 + \frac{10^{-1} \times P}{2}}{1.247} \right) / Pxh$$

$$= \left(1.56 + 2.0 + \frac{193.20}{9.8} \times 0.073 - \frac{10.09 + \frac{10^{-1} \times 4}{1.247}}{7} \right) / 7$$

$$= 1 \quad (\text{台})$$

よって、中継ポンプの台数 1 台とする。

(4) 中継ポンプの設置位置

中継ポンプの設置位置は、切羽から側近の中継ポンプ(P3)までの距離(L1)と
それ以後の中継ポンプ間の延長(Ln)を計算し決定する。

排泥ポンプ(P2)は立坑下に設置する。

$$\begin{aligned}
 \text{P3の要求NPSH} &= 8.1 \times Q^{2/3} \times N^{4/3} \times 10^{-5} \\
 Q &: \text{排泥流量} \quad (\text{m}^3/\text{min}) \\
 N &: \text{排泥ポンプ回転数} \quad (\text{RPM}) \\
 &= 8.1 \times 1.305^{2/3} \times 1430^{4/3} \times 10^{-5} \\
 &= 1.56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L1 &= \left(\frac{10.09}{2} + \frac{10^{-1} \times P}{2} - \text{P3の要求NPSH} - 2.0 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{V^2}{2 \times g} \right) / hf2 \\
 &= \left(\frac{10.09}{1.247} + \frac{10^{-1} \times 4}{2} - 1.56 - 2.0 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{2.50^2}{2 \times 9.8} \right) / 0.073 \\
 &= 62.10 \quad (\text{m})
 \end{aligned}$$

$$Ln = \frac{Pxh}{hf2} = \frac{7}{0.073} = 95.89 \quad (\text{m})$$