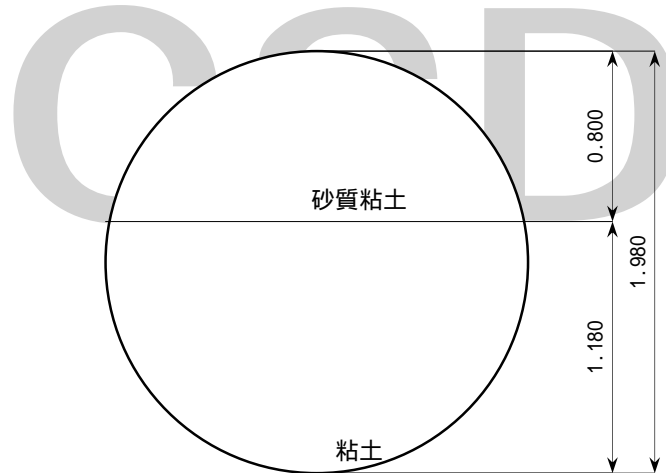


物資収支計算

物質収支計算

土質条件の整理

- 標準断面図 -



- 土質内訳 -

	層厚 (m)	土粒子比重 Gs	含水比 w(%)	見掛比重 t	断面積 A(m ²)	掘削量 V(m ³ /本)
砂質粘土	0.800	2.543	80.500	1.506	1.166	2.833
粘土	1.180	2.650	50.000	1.710	1.913	4.649
平均	-----	2.617	59.395	1.633	-----	-----

- 乾砂量内訳 -

	礫		砂分		シルト		計 (t/本)
	%	(t/本)	%	(t/本)	%	(t/本)	
砂質粘土	0.00	0.000	5.00	0.118	95.00	2.246	2.364
粘土	0.00	0.000	0.00	0.000	100.00	5.300	5.300
計	0.00	0.000	1.54	0.118	98.46	7.546	7.664

$$\text{見掛比重} : \frac{w + 100}{w + 100 / Gs}$$

$$\text{乾砂量} : V \times t \times \frac{100}{100 + w}$$

$$\text{平均含水比} : \frac{12.216 - 7.664}{7.664} \times 100 = 59.395 (\%)$$

$$\text{地山真比重} : \frac{7.664}{7.482 - 4.553} = 2.617$$

推進管長 : Lp 2.430 (m/本)

物質収支計算

1. 計画条件

1) 呼び径 :		1650
2) 掘進機外径 :	Bs	1.980 (m)
3) 推進延長 :	L	100.000 (m)
4) 推進管長 :	Lp	2.430 (m/本)
5) 掘進速度 :	S	60 (mm/min)
6) 送泥流量 :	Q ₁	1.098 (m ³ /min)
7) 送泥水比重 :	γ_1	1.150
8) 土粒子の真比重 :	Gs	2.617
9) 地山の含水比 :	w	59.40 (%)
10) 地山の粒度構成		
礫 :	S ₁	0.00 (%)
砂 :	S ₂	1.54 (%)
シルト、粘土 :	S ₃	98.46 (%)
11) 比重濃度 :	C _g	50.00 (Wt%)
12) 含水比 (脱水ケーキ) :	X	70.00 (%)
13) 日進量 :	Ld	5.10 (m/日)
14) 1日当り作業時間 :	t	8 (時間)
15) 1日当り施工本数 :	n	2.10 (本/日)

[送排泥流量の計算]

$$\begin{aligned} \text{掘削断面積} & : A = \frac{1}{4} \times Bs^2 = \frac{1}{4} \times 1.980^2 & = 3.079 \text{ (m}^2\text{)} \\ \text{掘削土量(真体積)} & : q = A \times \frac{S}{1000} = 3.079 \times \frac{60}{1000} & = 0.185 \text{ (m}^3\text{/min)} \\ \text{排泥管管径} & : d_2 & = 0.1053 \text{ (m)} \\ \text{排泥管内断面積} & : a_2 = \frac{1}{4} \times d_2^2 = \frac{1}{4} \times 0.1053^2 & = 0.0087 \text{ (m}^2\text{)} \\ \text{重力加速度} & : g & = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)} \\ \text{管内限界沈殿流速} & : V_L = F_L \times \sqrt{\frac{2gd_2^3(Gs - \gamma_0)}{\gamma_0}} \text{ (Durand の公式)} \\ & = 1.345 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.1053 \times \frac{2.617 - 1.00}{1.00}} & = 2.457 \text{ (m/sec)} \\ \text{ここに、} \gamma_0 & : \text{清水比重} = 1.00 \\ \text{排泥流量} & : Q_2 = a_2 \times V_L \times 60 = 0.0087 \times 2.457 \times 60 & = 1.283 \text{ (m}^3\text{/min)} \\ \text{送泥流量} & : Q_1 = Q_2 - q = 1.283 - 0.185 & = 1.098 \text{ (m}^3\text{/min)} \end{aligned}$$

[掘進開始前]

推進するための必要貯留泥水量は 10 分間に流れる泥水量の 1.5 倍とする。

$$\text{貯留泥水容積} : V_0 = 10 \times \text{送泥流量}(Q_1) \times 1.5 = 10 \times 1.098 \times 1.5 = 16.47 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{貯留泥水重量} : W_0 = V_0 \times \text{送泥水比重}(\gamma_1) = 16.47 \times 1.150 = 18.94 \text{ (t)}$$

$$\text{貯留泥水重量濃度} : C_0 = \frac{Gs \times (\gamma_1 - \gamma_0)}{\gamma_1 \times (Gs - \gamma_0)} \times 100$$

$$= \frac{2.617 \times (1.150 - 1.000)}{1.150 \times (2.617 - 1.000)} \times 100$$

$$= 21.11 \text{ (Wt\%)}$$

ここに、 ρ_0 : 清水比重 = 1.00

$$\text{土粒子重量} : W_{a0} = W_0 \times \frac{C_0}{100} = 18.94 \times \frac{21.11}{100}$$

$$= 4.00 \text{ (t)}$$

$$\text{水分重量} : W_{w0} = W_0 \times \frac{(100 - C_0)}{100} = 18.94 \times \frac{(100 - 21.11)}{100}$$

$$= 14.94 \text{ (t)}$$

$$\text{重量} : W_0 = W_{a0} + W_{w0} = 4.00 + 14.94$$

$$= 18.94 \text{ (t)}$$

$$\text{土粒子容積} : V_{a0} = \frac{W_{a0}}{G_s} = \frac{4.00}{2.617}$$

$$= 1.53 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{水分容積} : V_{w0} = \frac{W_{w0}}{\rho_0} = \frac{14.94}{1.000}$$

$$= 14.94 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{容積} : V_0 = V_{a0} + V_{w0} = 1.53 + 14.94$$

$$= 16.47 \text{ (m}^3\text{)}$$

2. 送泥水

$$\text{送泥流量} : V_1 = Q_1 \times T = 1.098 \times 40.50$$

$$= 44.47 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$\text{掘進時間} : T = \frac{L_p}{S} \times 1000 = \frac{2.430}{60} \times 1000$$

$$= 40.50 \text{ (min/本)}$$

$$\text{送泥重量} : W_1 = V_1 \times \rho_1 = 44.47 \times 1.150$$

$$= 51.14 \text{ (t/本)}$$

$$\begin{aligned} \text{送泥重量濃度} : C_1 &= \frac{G_s \times (\rho_1 - \rho_0)}{\rho_1 \times (G_s - \rho_0)} \times 100 \\ &= \frac{2.617 \times (1.150 - 1.000)}{1.150 \times (2.617 - 1.000)} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 21.11 \text{ (Wt\%)}$$

ここに、 ρ_0 : 清水比重 = 1.00

$$\text{土粒子重量} : W_{a1} = W_1 \times \frac{C_1}{100} = 51.14 \times \frac{21.11}{100}$$

$$= 10.80 \text{ (t/本)}$$

$$\text{水分重量} : W_{w1} = W_1 \times \frac{(100 - C_1)}{100} = 51.14 \times \frac{(100 - 21.11)}{100}$$

$$= 40.34 \text{ (t/本)}$$

$$\text{重量} : W_1 = W_{a1} + W_{w1} = 10.80 + 40.34$$

$$= 51.14 \text{ (t/本)}$$

$$\text{土粒子容積} : V_{a1} = \frac{W_{a1}}{G_s} = \frac{10.80}{2.617}$$

$$= 4.13 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$\text{水分容積} : V_{w1} = \frac{W_{w1}}{\rho_0} = \frac{40.34}{1.000}$$

$$= 40.34 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$\text{容積} : V_1 = V_{a1} + V_{w1} = 4.13 + 40.34$$

$$= 44.47 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

3. 掘削地山

$$\begin{aligned}
 \text{掘削容量} &: V_2 = \frac{1}{4} \times B_s^2 \times L_p = \frac{1}{4} \times 1.980^2 \times 2.43 &= 7.48 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{見掛比重} &: t = \frac{w + 100}{w + 100 / G_s} = \frac{59.40 + 100}{59.40 + 100 / 2.617} &= 1.633 \\
 \text{掘削重量} &: W_2 = V_2 \times t = 7.48 \times 1.633 &= 12.21 \text{ (t/本)} \\
 \text{土粒子重量} &: W_{a_2} = W_2 \times \frac{100}{(100 + w)} = 12.21 \times \frac{100}{(100 + 59.40)} &= 7.66 \text{ (t/本)} \\
 \text{水分重量} &: W_{w_2} = W_2 \times \frac{w}{(100 + w)} = 12.21 \times \frac{59.40}{(100 + 59.40)} &= 4.55 \text{ (t/本)} \\
 \text{重量} &: W_2 = W_{a_2} + W_{w_2} = 7.66 + 4.55 &= 12.21 \text{ (t/本)} \\
 \text{土粒子容積} &: V_{a_2} = \frac{W_{a_2}}{G_s} = \frac{7.66}{2.617} &= 2.93 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{水分容積} &: V_{w_2} = \frac{W_{w_2}}{1.000} = \frac{4.55}{1.000} &= 4.55 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{容積} &: V_2 = V_{a_2} + V_{w_2} = 2.93 + 4.55 &= 7.48 \text{ (m}^3\text{/本)}
 \end{aligned}$$

《地山粒度構成》

$$\begin{aligned}
 \text{礫重量} &: W_{r_2} = W_{a_2} \times \frac{S_1}{100} = 7.66 \times \frac{0.00}{100} &= 0.00 \text{ (t/本)} \\
 \text{砂重量} &: W_{s_2} = W_{a_2} \times \frac{S_2}{100} = 7.66 \times \frac{1.54}{100} &= 0.12 \text{ (t/本)} \\
 \text{シルト、粘土重量} &: W_{c_2} = W_{a_2} \times \frac{S_3}{100} = 7.66 \times \frac{98.46}{100} &= 7.54 \text{ (t/本)} \\
 \text{水分重量} &: W_{w_2} = 4.55 &= 4.55 \text{ (t/本)} \\
 \text{重量} &: W_2 = W_{r_2} + W_{s_2} + W_{c_2} + W_{w_2} = 0.00 + 0.12 + 7.54 + 4.55 &= 12.21 \text{ (t/本)} \\
 \text{礫容積} &: V_{r_2} = \frac{W_{r_2}}{G_s} = \frac{0.00}{2.617} &= 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{砂容積} &: V_{s_2} = \frac{W_{s_2}}{G_s} = \frac{0.12}{2.617} &= 0.05 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{シルト、粘土容積} &: V_{c_2} = \frac{W_{c_2}}{G_s} = \frac{7.54}{2.617} &= 2.88 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{水分容積} &: V_{w_2} = \frac{W_{w_2}}{1.000} = \frac{4.55}{1.000} &= 4.55 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{容積} &: V_2 = V_{r_2} + V_{s_2} + V_{c_2} + V_{w_2} = 0.00 + 0.05 + 2.88 + 4.55 &= 7.48 \text{ (m}^3\text{/本)}
 \end{aligned}$$

4. 排泥水

$$\text{砂・礫重量} : Wb_3 = Wr_2 + Ws_2 = 0.00 + 0.12 = 0.12 \text{ (t/本)}$$

$$\text{シルト、粘土重量} : Wc_3 = Wa_1 + Wc_2 = 10.80 + 7.54 = 18.34 \text{ (t/本)}$$

$$\text{砂・礫容積} : Vb_3 = Vr_2 + Vs_2 = 0.00 + 0.05 = 0.05 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$\text{シルト、粘土容積} : Vc_3 = Va_1 + Vc_2 = 4.13 + 2.88 = 7.01 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$\text{土粒子重量} : Wa_3 = Wb_3 + Wc_3 = 0.12 + 18.34 = 18.46 \text{ (t/本)}$$

$$\text{水分重量} : Ww_3 = Ww_1 + Ww_2 = 40.34 + 4.55 = 44.89 \text{ (t/本)}$$

$$\text{重量} : W_3 = Wa_3 + Ww_3 = 18.46 + 44.89 = 63.35 \text{ (t/本)}$$

$$\text{土粒子容積} : Va_3 = Vb_3 + Vc_3 = 0.05 + 7.01 = 7.06 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$\text{水分容積} : Vw_3 = Vw_1 + Vw_2 = 40.34 + 4.55 = 44.89 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$\text{容積} : V_3 = Va_3 + Vw_3 = 7.06 + 44.89 = 51.95 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$\text{液比重} : \gamma_3 = \frac{W_3}{V_3} = \frac{63.35}{51.95} = 1.219$$

$$\text{重量濃度} : C_3 = \frac{Wa_3}{W_3} \times 100 = \frac{18.46}{63.35} \times 100 = 29.14 \text{ (Wt\%)}$$

CSD

5. 一次分離

礫、砂の回収率は100%とし、シルトおよび粘土の回収量は一次処理される礫については10(Wt%)、砂については40(Wt%)の泥水（排泥水中の礫及び砂を除いた付着泥水）を含むものとする。

$$\begin{aligned}
 \text{礫重量} : W_{r_4} &= W_{r_2} = 0.00 && = 0.00 \text{ (t/本)} \\
 \text{砂重量} : W_{s_4} &= W_{s_2} = 0.12 && = 0.12 \text{ (t/本)} \\
 \text{シルト、粘土質量} : W_{c_4} &= (W_{r_4} \times 0.1 + W_{s_4} \times 0.4) \times \frac{W_{a_3} - (W_{r_4} + W_{s_4})}{W_{w_3} + \{W_{a_3} - (W_{r_4} + W_{s_4})\}} \\
 &= (0.00 \times 0.1 + 0.12 \times 0.4) \times \frac{18.46 - (0.00 + 0.12)}{44.89 + \{18.46 - (0.00 + 0.12)\}} && = 0.01 \text{ (t/本)} \\
 \text{礫容積} : V_{r_4} &= \frac{W_{r_4}}{G_s} = \frac{0.00}{2.617} && = 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{砂容積} : V_{s_4} &= \frac{W_{s_4}}{G_s} = \frac{0.12}{2.617} && = 0.05 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{シルト、粘土容積} : V_{c_4} &= \frac{W_{c_4}}{G_s} = \frac{0.01}{2.617} && = 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \\
 \text{土粒子重量} : W_{a_4} &= W_{r_4} + W_{s_4} + W_{c_4} = 0.00 + 0.12 + 0.01 && = 0.13 \text{ (t/本)} \\
 \text{水分重量} : W_{w_4} &= (W_{r_4} \times 0.1 + W_{s_4} \times 0.4) - W_{c_4} = (0.00 \times 0.1 + 0.12 \times 0.4) - 0.01 && = 0.04 \text{ (t/本)} \\
 \\
 \text{重量} : W_4 &= W_{a_4} + W_{w_4} = 0.13 + 0.04 && = 0.17 \text{ (t/本)} \\
 \text{土粒子容積} : V_{a_4} &= V_{r_4} + V_{s_4} + V_{c_4} = 0.00 + 0.05 + 0.00 && = 0.05 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{水分容積} : V_{w_4} &= \frac{W_{w_4}}{\rho} = \frac{0.04}{1.000} && = 0.04 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \\
 \text{容積} : V_4 &= V_{a_4} + V_{w_4} = 0.05 + 0.04 && = 0.09 \text{ (m}^3\text{/本)} \\
 \text{含水比} : \omega_4 &= \frac{W_{w_4}}{W_{a_4}} \times 100 = \frac{0.04}{0.13} \times 100 && = 30.77 \text{ (\%)}
 \end{aligned}$$

6. サイクロンオーバー泥水

$$\begin{aligned} \text{土粒子重量} : Wa_5 &= Wa_3 - Wa_4 = 18.46 - 0.13 &= 18.33 \text{ (t/本)} \\ \text{水分重量} : Ww_5 &= Ww_3 - Ww_4 = 44.89 - 0.04 &= 44.85 \text{ (t/本)} \\ \text{重量} : W_5 &= Wa_5 + Ww_5 = 18.33 + 44.85 &= 63.18 \text{ (t/本)} \\ \text{土粒子容積} : Va_5 &= \frac{Wa_5}{Gs} = \frac{18.33}{2.617} &= 7.00 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{水分容積} : Vw_5 &= \frac{Ww_5}{\rho} = \frac{44.85}{1.00} &= 44.85 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{容積} : V_5 &= Va_5 + Vw_5 = 7.00 + 44.85 &= 51.85 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{液比重} : \gamma_5 &= \frac{W_5}{V_5} = \frac{63.18}{51.85} &= 1.219 \\ \text{重量濃度} : C_5 &= \frac{Wa_5}{W_5} \times 100 = \frac{18.33}{63.18} \times 100 &= 29.01 \text{ (Wt\%)} \end{aligned}$$

CSD

7. 調整槽内比重

調整槽容量は、必要貯留泥水量 ($V_0 = 10 \text{分} \times \text{送泥流量} \times 1.5$) を貯留できる容量とする。
 比重調整後の調整槽内の土粒子及び水分の重量は、

$$\begin{aligned} \text{土粒子重量} &: W_{ac1} = V_0 \times \rho_s \times C_1 / 100 = 16.47 \times 1.15 \times 21.11 / 100 \\ &= 4.00 \text{ (t)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水分重量} &: W_{wc1} = V_0 \times \rho_w \times (100 - C_1) / 100 \\ &= 16.47 \times 1.15 \times (100 - 21.11) / 100 \\ &= 14.94 \text{ (t)} \end{aligned}$$

となる。

ここで、調整槽内比重を上記の比重調整後の調整槽内泥水にオーバー泥水と送泥水の差
 [(「サイクロンオーバー泥水」 - 「送泥水」) /]を加えたものの比重とし、それ
 に対して比重調整を行うこととする。

$$\begin{aligned} &= \text{送泥流量}(V_1) / \text{貯留泥水量}(V_0) = 44.47 / 16.47 \\ &= 2.700 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{土粒子重量} &: W_{ac2} = W_{ac1} + \frac{(W_{a5} - W_{a1})}{2.700} = 4.00 + \frac{(18.33 - 10.80)}{2.700} \\ &= 6.79 \text{ (t)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水分重量} &: W_{wc2} = W_{wc1} + \frac{(W_{w5} - W_{w1})}{2.700} = 14.94 + \frac{(44.85 - 40.34)}{2.700} \\ &= 16.61 \text{ (t)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{重 量} &: W_c = W_{ac2} + W_{wc2} = 6.79 + 16.61 \\ &= 23.40 \text{ (t)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{土粒子容積} &: V_{ac2} = \frac{W_{ac2}}{G_s} = \frac{6.79}{2.617} \\ &= 2.59 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水分容積} &: V_{wc2} = \frac{W_{wc2}}{\rho_w} = \frac{16.61}{1.000} \\ &= 16.61 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{容 積} &: V_c = V_{ac2} + V_{wc2} = 2.59 + 16.61 \\ &= 19.20 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{液 比 重} &: c = \frac{W_c}{V_c} = \frac{23.40}{19.20} \\ &= 1.219 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{重量濃度} &: C_c = \frac{W_{ac2}}{W_c} \times 100 = \frac{6.79}{23.40} \times 100 \\ &= 29.02 \text{ (Wt}\%\text{)} \end{aligned}$$

比重調整を行うに際しては、下記の条件を用いる。

- (a) 比重調整後の容量は、貯留泥水容量(V_0)とする。
- (b) 比重調整後の比重は、送泥水比重(ρ_1)とする。
- (c) 比重調整泥水は、比重濃度(C_9) = 50(Wt%)とする。

したがって、比重調整泥水の比重(ρ_9)は、

$$\begin{aligned} \rho_9 &= \frac{(2 \times G_s)}{(G_s + 1)} = \frac{(2 \times 2.617)}{(2.617 + 1)} \\ &= 1.447 \end{aligned}$$

となる

以下に示す各ケースに分類して、比重調整を行うこととする。

	$V_1 < V_5$	$V_1 = V_5$	$V_1 > V_5$
$\rho_1 < c$	Case1	Case4	Case7
$\rho_1 = c$	Case2	Case5	Case8
$\rho_1 > c$	Case3	Case6	Case9

ここで、

V_1 : 送泥流量	44.47 (m ³ /本)
V_5 : オーバー泥水	51.85 (m ³ /本)
ρ_1 : 送泥水比重	1.150
c : 調整槽内比重	1.219

以上、 $V_1 < V_5$ 、 $\rho_1 < c$ より Case 1 を採用

Case 1

調整槽内比重(c)が送泥水比重(ρ_1)より重いため清水による比重調整を行う。
ここで、引き抜き泥水量及び比重調整清水量を z とすると、

$$\begin{aligned} (V_0 - z) \times \rho_0 + z \times \rho_1 &= V_0 \times \rho_1 \\ z &= (\rho_1 - \rho_0) \times V_0 / (\rho_1 - c) \\ &= (1.150 - 1.219) \times 16.47 / (1.000 - 1.219) \\ &= 5.19 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

ここで、

V_0 : 容 積	16.47 (m ³)
ρ_0 : 清水比重	1.000
ρ_1 : 送泥水比重	1.150
c : 調整槽内比重	1.219
引抜泥水 : $a' = z =$	5.19 (m ³)
余剰泥水 : $b' = V_5 - V_1 =$	7.38 (m ³)
比重調整泥水 : $c' =$	0.00 (m ³)
比重調整清水 : $d' = z =$	5.19 (m ³)

比重調整清水 z ($\rho_0 = 1.0$)
$V_0 - z$ (ρ_1)

z
引抜泥水(ρ_1)

ここで、各水量を1本当りに水量に換算する。

引抜泥水 : $a = a' \times$	$= 5.19 \times 2.700$	$= 14.01 \text{ (m}^3\text{/本)}$
余剰泥水 : $b = b' =$	7.38	$= 7.38 \text{ (m}^3\text{/本)}$
比重調整泥水 : $c = c' \times$	$= 0.00 \times 2.700$	$= 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)}$
比重調整清水 : $d = d' \times$	$= 5.19 \times 2.700$	$= 14.01 \text{ (m}^3\text{/本)}$

8. 引抜泥水

$$\begin{aligned} \text{土粒子重量} : Wa_7 &= Va_7 \times Gs = 1.89 \times 2.617 &= & 4.95 \text{ (t/本)} \\ \text{水分重量} : Ww_7 &= Vw_7 = 12.12 &= & 12.12 \text{ (t/本)} \\ \text{重量} : W_7 &= Wa_7 + Ww_7 = 4.95 + 12.12 &= & 17.07 \text{ (t/本)} \\ \text{土粒子容積} : Va_7 &= a \times c \times Cc / Gs / 100 \\ &= 14.01 \times 1.219 \times 29.02 / 2.617 / 100 &= & 1.89 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{水分容積} : Vw_7 &= a - Va_7 = 14.01 - 1.89 &= & 12.12 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{容積} : V_7 &= Va_7 + Vw_7 = 1.89 + 12.12 &= & 14.01 \text{ (m}^3\text{/本)} \end{aligned}$$

9. 余剰泥水

$$\begin{aligned} \text{土粒子重量} : Wa_8 &= Va_8 \times Gs = 1.00 \times 2.617 &= & 2.62 \text{ (t/本)} \\ \text{水分重量} : Ww_8 &= Vw_8 = 6.38 &= & 6.38 \text{ (t/本)} \\ \text{重量} : W_8 &= Wa_8 + Ww_8 = 2.62 + 6.38 &= & 9.00 \text{ (t/本)} \\ \text{土粒子容積} : Va_8 &= b \times c \times Cc / Gs / 100 \\ &= 7.38 \times 1.219 \times 29.02 / 2.617 / 100 &= & 1.00 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{水分容積} : Vw_8 &= b - Va_8 = 7.38 - 1.00 &= & 6.38 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{容積} : V_8 &= Va_8 + Vw_8 = 1.00 + 6.38 &= & 7.38 \text{ (m}^3\text{/本)} \end{aligned}$$

10. 比重調整泥水

$$\begin{aligned} \text{土粒子重量} : Wa_9 &= Va_9 \times Gs = 0.00 \times 2.617 &= & 0.00 \text{ (t/本)} \\ \text{水分重量} : Ww_9 &= Vw_9 = 0.00 &= & 0.00 \text{ (t/本)} \\ \text{重量} : W_9 &= Wa_9 + Ww_9 = 0.00 + 0.00 &= & 0.00 \text{ (t/本)} \\ \text{土粒子容積} : Va_9 &= c \times g \times Cg / Gs / 100 \\ &= 0.00 \times 1.447 \times 50.00 / 2.617 / 100 &= & 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{水分容積} : Vw_9 &= c - Va_9 = 0.00 - 0.00 &= & 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{容積} : V_9 &= Va_9 + Vw_9 = 0.00 + 0.00 &= & 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)} \end{aligned}$$

11. 比重調整清水

$$\begin{aligned} \text{重量} &: W_{10} = V_{10} = 14.01 &= 14.01 \text{ (t/本)} \\ \text{容積} &: V_{10} = d = 14.01 &= 14.01 \text{ (m}^3\text{/本)} \end{aligned}$$

12. 処理泥水

$$\begin{aligned} \text{土粒子重量} &: Wa_{11} = Wa_7 + Wa_8 = 4.95 + 2.62 &= 7.57 \text{ (t/本)} \\ \text{水分重量} &: Ww_{11} = Ww_7 + Ww_8 = 12.12 + 6.38 &= 18.50 \text{ (t/本)} \\ \text{重量} &: W_{11} = Wa_{11} + Ww_{11} = 7.57 + 18.50 &= 26.07 \text{ (t/本)} \\ \text{土粒子容積} &: Va_{11} = Va_7 + Va_8 = 1.89 + 1.00 &= 2.89 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{水分容積} &: Vw_{11} = Vw_7 + Vw_8 = 12.12 + 6.38 &= 18.50 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{容積} &: V_{11} = Va_{11} + Vw_{11} = 2.89 + 18.50 &= 21.39 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{液比重} &: \gamma_{11} = \frac{W_{11}}{V_{11}} = \frac{26.07}{21.39} &= 1.219 \\ \text{重量濃度} &: C_{11} = \frac{Wa_{11}}{W_{11}} \times 100 = \frac{7.57}{26.07} \times 100 &= 29.04 \text{ (Wt\%)} \end{aligned}$$

13. 脱水ケーキ

含水比を $X = 70.00(\%)$ とし、処理泥水中の粒子は全て脱水ケーキとして搬出されるものとする。

$$\begin{aligned} \text{土粒子重量} &: Wa_{12} = Wa_{11} = 7.57 &= 7.57 \text{ (t/本)} \\ \text{水分重量} &: Ww_{12} = Wa_{11} \times \frac{X}{100} = 7.57 \times \frac{70.00}{100} &= 5.30 \text{ (t/本)} \\ \text{重量} &: W_{12} = Wa_{12} + Ww_{12} = 7.57 + 5.30 &= 12.87 \text{ (t/本)} \\ \text{土粒子容積} &: Va_{12} = Va_{11} = 2.89 &= 2.89 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{水分容積} &: Vw_{12} = Ww_{12} = 5.30 &= 5.30 \text{ (m}^3\text{/本)} \\ \text{容積} &: V_{12} = Va_{12} + Vw_{12} = 2.89 + 5.30 &= 8.19 \text{ (m}^3\text{/本)} \end{aligned}$$

14. 水

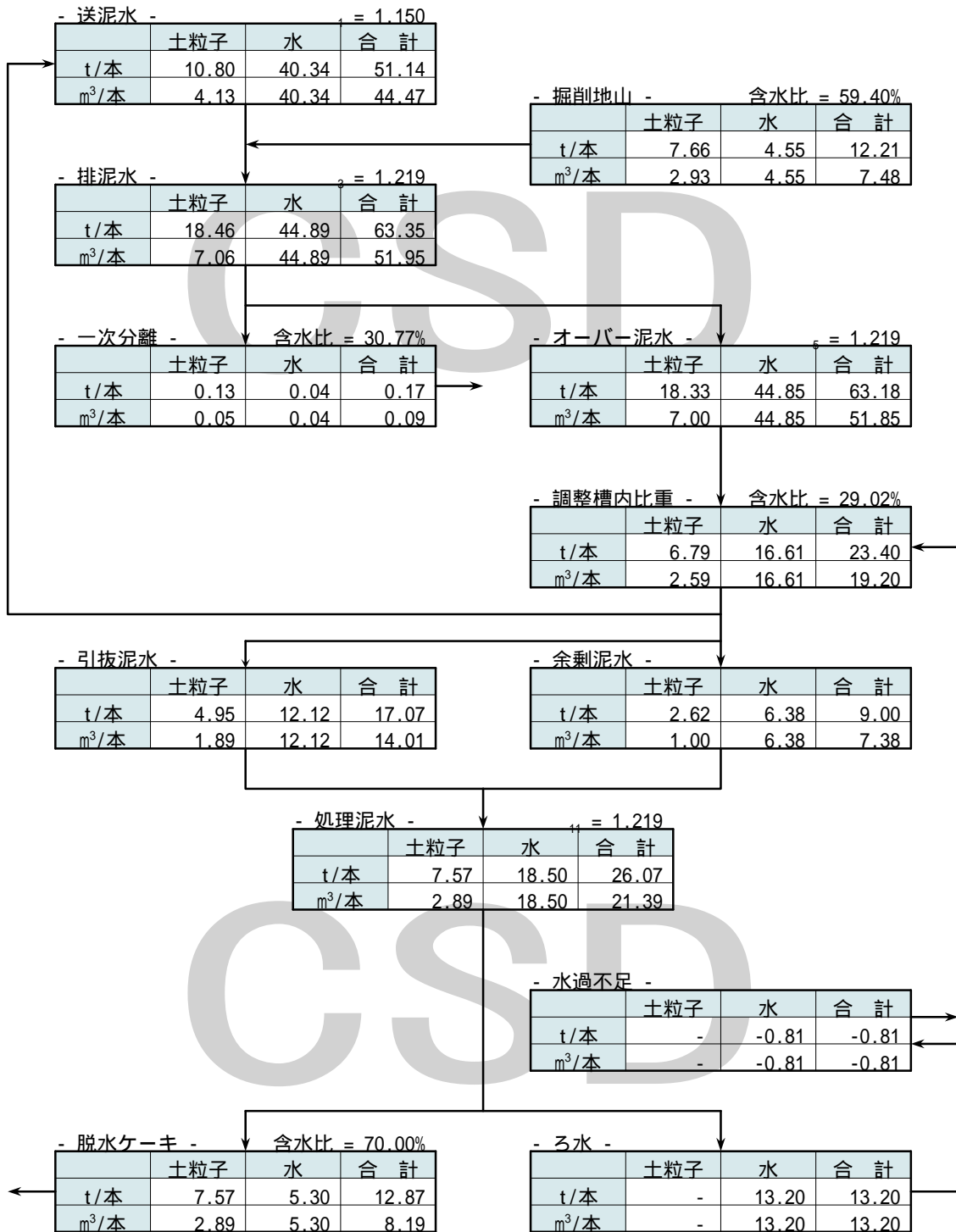
$$\begin{aligned} \text{重量} &: W_{13} = Ww_{11} - Ww_{12} = 18.50 - 5.30 &= 13.20 \text{ (t/本)} \\ \text{容積} &: V_{13} = W_{13} = 13.20 &= 13.20 \text{ (m}^3\text{/本)} \end{aligned}$$

15. 水過不足

$$\begin{aligned} \text{重量} &: W_{14} = W_{13} - Ww_9 - W_{10} = 13.20 - 0.00 - 14.01 &= -0.81 \text{ (t/本)} \\ \text{容積} &: V_{14} = W_{14} = -0.81 \end{aligned}$$

= -0.81 (m³/本)

16. バランスシート



17. 一次処理機

一次処理機の規格は排泥流量[V₃]と一次分離砂礫量(処理乾砂量)[Wa₄]とにより決定する。
排泥流量に対し、

$$V_3 \times \frac{S}{Lp} = 51.95 \times \frac{0.060}{2.430} = 1.28 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

一次分離砂礫量に対し、

$$Wa_4 \times \frac{S \times 60}{Lp} = 0.13 \times \frac{0.060 \times 60}{2.430} = 0.19 \text{ (t/hr)}$$

S: 掘進速度 0.060 (m/min)
Lp: 推進管長 2.430 (m)

処理水量(m ³ /min)	出力(kW)	質量(t)	処理乾砂量(t/h)
2.0	33.0	8.7	30
4.0	69.0	11.6	40

処理水量 = 2.0 (m³/min), 処理乾砂量 = 30 (t/h) とする。

18. 二次処理機

二次処理機の規格は脱水ケーキ量[V₁₂]により決定する。

$$V_{12} = 8.19 \text{ (m}^3/\text{本)}$$

最小必要容量は、

$$V_{12} \times \frac{Cm \times n}{60 \times t} = 8.19 \times \frac{60 \times 2.10}{60 \times 8} = 2.15 \text{ (m}^3/\text{回)}$$

Cm: 脱水1回当りのサイクルタイム 60 (分/回)
n: 1日当り施工本数 = $\frac{\text{日進量(m/日)}}{\text{推進管長(m/本)}} = \frac{5.10}{2.430} = 2.10$ (本/日)
t: 1日当り作業時間 8 (hr/日)

脱水ケーキ量(m ³)	ろ室数(室)	ろ過面積(m ²)	出力(kW)	質量(t)
1.1	60	70	24.0	13.5
1.7	90	100	24.0	17.5
2.2	90	135	25.0	20.0
3.3	90	200	25.0	27.2

二次処理機 2.2 (m³) とする。

$$\text{脱水回数} = \frac{\text{1日当り脱水容量}}{\text{機械容量}} = \frac{V_{12} \times n}{\text{機械容量}} = \frac{8.19 \times 2.10}{2.2} \text{ (回)} = 7.82 \text{ (回)}$$

$$\text{運転時間} = \frac{\text{脱水回数} \times Cm}{60} = \frac{7.82 \times 60}{60} \text{ (hr)} = 7.82 \text{ (hr)}$$

- 注 1. 脱水1回当りのサイクルタイム(Cm)は60minを標準とするが、土質条件により+30minの範囲で増加できる。
2. フィルタプレスの容量を増すか、または台数を増すかは経済比較による。

19. 調整槽

調整槽容量は、10 分間に流れる送泥量の 1.5 倍 $[V_0]$ を満足するものとし、

$$V_0 = 16.47 \text{ (m}^3\text{)}$$

容 量(m ³)	出 力(kW)	質 量(t)
10	2.2	2.0
15	3.7	2.5
20	5.5	3.2
25	5.5	3.6

容量 = 20 (m³) , 出力 = 5.5 (kW) とする。

20. 余剰泥水槽

余剰泥水槽容量は、処理泥水量 $[V_{11}]$ を満足するもので、かつ二次処理機 1 回当りの機械容量に対する処理泥水量を満足するものとする。

(1) 処理泥水量 $(V_{11}) = 21.39 \text{ (m}^3\text{)}$

(2) 1 回当り処理泥水量 = 機械容量 $\times \frac{V_{11}}{V_{12}} = 2.2 \times \frac{21.39}{8.19} = 5.75 \text{ (m}^3\text{)}$

容 量(m ³)	出 力(kW)	質 量(t)
10	2.2	2.0
15	3.7	2.5
20	5.5	3.2
25	5.5	3.6

容量 = 25 (m³) , 出力 = 5.5 (kW) とする。

21. スラリ槽

スラリ槽容量は、余剰泥水槽と同様とする。

22. ろ水 槽

ろ水槽容量は、二次処理機より発生する水量 $[V_{13}]$ を満足するものとし、

$$V_{13} = 13.20 \text{ (m}^3\text{)}$$

容 量(m ³)	質 量(t)
10	2.3
15	2.5
20	3.0
25	3.3

容量 = 15 (m³) とする。

23. 清水槽

清水槽容量は、比重調整用清水投入量 $[V_{10}]$ を満足するものとし、

$$V_{10} = 14.01 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

容量(m ³)	質量(t)
10	2.3
15	2.5
20	3.0
25	3.3

容量 = 15 (m³)とする。

24. 粘土槽

粘土槽容量は、比重調整用泥水投入量 $[V_9]$ を満足するものとする。

$$V_9 = 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

容量(m ³)	出力(kW)	質量(t)
3	4.0	1.05
5	8.0	1.45

$V_9 = 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)}$ のため不要。

25. CMC槽・PAC槽

CMC槽容量は、 $V = 3\text{m}^3$ を標準とする。

PAC槽容量は、 $V = 6\text{m}^3$ (ポリエチレン製)を標準とする。

容量(m ³)	出力(kW)	質量(t)
3	2.0	0.7

26. アルカリ中和装置

水過不足計算において $[+V_{14}]$ となった場合に計上し、アルカリ中和装置の規格は $6\text{m}^3/\text{hr}$ を標準とする。

$$\text{運転時間} = \frac{V_{14} \times n}{6} = \frac{-0.81 \times 2.10}{6} = -0.28 \text{ (hr)}$$

$$\text{ここで、} n : 1 \text{ 日当り施工本数} = \frac{\text{日進量(m/日)}}{\text{推進管長(m/本)}} = \frac{5.10}{2.430} = 2.10 \text{ (本/日)}$$

処理量(m ³ /h)	質量(t)
6	0.55

$V_{14} < 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)}$ のため不要。

27. 土砂ホッパー

土砂量は一次分離機で回収された砂礫(V_4)及び脱水ケーキ(V_{12})の合計量である。

最小必要容量は、

$$\text{土砂量} = (V_4 + V_{12}) \times n = (0.09 + 8.19) \times 2.10 = 17.39 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_4 : \text{一次処理発生土量} \quad 0.09 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$V_{12} : \text{二次処理発生土量} \quad 8.19 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$n : \text{1日当り施工本数} = \frac{\text{日進量(m/日)}}{\text{推進管長(m/本)}} = \frac{5.10}{2.430} = 2.10 \text{ (本/日)}$$

以上により、一日当りの土砂量で算出するが、搬出条件を考慮し、必要容量を決定する。

容 量(m ³)	質 量(t)
10	5.5
20	9.0
30	13.5

容量 = 20 (m³)とする。

28. 補給作泥(材)量の算出

$$1) \text{粘土} = Wa_9 \times \frac{L}{L_p} = 0.00 \times \frac{100.00}{2.430} = 0.00 \text{ (t)}$$

$$Wa_9 : \text{土粒子重量} \quad 0.00 \text{ (t/本)}$$

$$L : \text{推進延長} \quad 100.00 \text{ (m)}$$

$$L_p : \text{推進管長} \quad 2.430 \text{ (m/本)}$$

上記重量は乾砂重量であり、掘削粘土を用いる場合は次により含水比を考慮すること。

・掘削粘土重量 W_n

$$W_n = \frac{Wa_9}{n \times (1 - G_{sn} / 100)}$$

$$= \frac{0.00}{1.6 \times (1 - 40 / 100)} = 0.00 \text{ (t/本)}$$

・掘削粘土容積 V_n

$$V_n = \frac{W_n}{n} = \frac{0.00}{1.6} = 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$n : \text{粘土の見掛け比重} \quad 1.6$$

$$G_{sn} : \text{粘土の含水比} \quad 40 \text{ (\%)}$$

$$2) \text{CMC} = \{V_9 + V_{10}\} \times 1\text{Kg} \times \frac{L}{L_p}$$

$$= \{0.00 + 14.01\} \times 1 \times \frac{100.00}{2.430} = 576.54 \text{ (kg)}$$

$$V_9 : \text{比重調整用泥水量} \quad 0.00 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$V_{10} : \text{比重調整用清水量} \quad 14.01 \text{ (m}^3\text{/本)}$$

$$3) \text{PAC} = Wa_{12} \times 20\text{kg} \times \frac{L}{L_p}$$

$$= 7.57 \times 20 \times \frac{100.00}{2.430} = 6230.45 \text{ (kg)}$$

$$Wa_{12} : \text{土粒子重量} \quad 7.57 \text{ (t/本)}$$

$$L : \text{推進延長} \quad 100.00 \text{ (m)}$$

PAC 添加量は 20.0kg/t を標準とするが施工条件の他、過去の実績を考慮して増減できる。

$$4) \text{水} = V_{14} \times \frac{L}{L_p} = -0.81 \times \frac{100.00}{2.430} = -33.33 \text{ (t)}$$

V_{14} : 水過不足容積 -0.81 (m³/本)

注 収支計算において V_{14} がマイナス (不足) となった場合に計上する。

5) アルカリ中和剤

$$\begin{aligned} \text{(炭酸ガス)} &= V_{14} \times 0.44\text{kg} \times \frac{L}{L_p} \\ &= -0.81 \times 0.44 \times \frac{100.00}{2.430} = -14.67 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

V_{14} : 水過不足容積 -0.81 (m³/本)

注 収支計算において V_{14} がプラス (余剰) となった場合に計上する。

6) 補充作泥 (材) 量一覧

・粘土	0.00 (t)
掘削粘土重量	0.00 (t/本)
掘削粘土容積	0.00 (m ³ /本)
・CMC	576.54 (kg)
・PAC	6230.45 (kg)
・水	33.33 (t)
・アルカリ中和剤	
炭酸ガス	---- (kg)

注 収支計算において V_{14} がマイナスとなったので、アルカリ中和剤は計上しない。

CSD

物資収支計算

物質収支計算

泥水輸送設備計画

1. 計画条件

1) 呼び径 :		1650
2) 掘進機外径 :	B_s	1.980 (m)
3) 推進延長 :	L	100.000 (m)
4) 立坑の深さ :	H'	7.500 (m)
5) 立坑から調整槽までの距離 :	l_1	20.000 (m)
6) 立坑から処理機までの距離 :	l_2	20.000 (m)
7) 処理吐出高さ(+GL) :	h	5.000 (m)
8) 掘進速度 :	S	60.000 (mm/min)
9) 切羽水圧 :	P_w	120.000 (kN/m ²)
10) 送泥管(内径) :	d_1	0.1552 (m)
11) 排泥管(内径) :	d_2	0.1552 (m)
12) 送泥流体仕様		
a. 固形物真比重 :	s	2.617
b. 送泥水比重 :	1	1.150
c. 母液比重 :	0	1.000
13) 地山の仕様		
a. 粒度構成		
礫 :	S_1	0.00 (%)
砂 :	S_2	1.54 (%)
シルト、粘土 :	S_3	98.46 (%)
b. 含水比 :	w	59.40 (%)
c. 土粒子の真比重 :	G_s	2.617
14) 重力加速度 :	g	9.8 (m/sec ²)
15) 電動機の電源 :		200V - 50Hz

CSD

2. 送排泥流量の検討

(1) 地山の取込量

掘削断面積 : A (m²)

$$A = \frac{1}{4} \times B_s^2$$
$$= \frac{1}{4} \times 1.980^2 = 3.079 \text{ (m}^2\text{)}$$

地山の含泥率 : K (vol%)

$$K = \frac{1}{1 + e} = \frac{1 / \{1 - \frac{1}{1 + w / 100} \times (1 - \frac{w}{G_s})\} - 1}{\frac{G_s}{w} - 1} \times 100$$
$$= \frac{1 / \{1 - \frac{1}{1 + 59.40 / 100} \times (1 - \frac{1.000}{2.617})\} - 1}{\frac{2.617}{1.000} - 1} \times 100 = 39.15 \text{ (vol\%)}$$

掘削土量 (真体積) : q (m³/min)

$$q = A \times \frac{S}{1000}$$
$$= 3.079 \times \frac{60.000}{1000} = 0.185 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

掘削土量中の乾砂量 : G (m³/min)

$$G = q \times \frac{K}{100}$$
$$= 0.185 \times \frac{39.15}{100} = 0.072 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

(2) 送排泥流量の決定

排泥管内断面積 : a₂ (m²)

$$a_2 = \frac{1}{4} \times d_2^2$$
$$= \frac{1}{4} \times 0.1552^2 = 0.0189 \text{ (m}^2\text{)}$$

管内限界沈殿流速 : V_L (m/sec)

掘削土砂の流体輸送には、輸送土粒子が管内で沈殿しないように一定の管内流速を確保する必要がある。

この管内流速を管内限界沈殿流速として「Durandの公式」で表わす。

$$V_L = F_L \times \sqrt{2 \times g \times d_2 \times \frac{G_s - 1}{G_s}} \quad (\text{Durandの公式})$$
$$= 1.345 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.1552 \times \frac{2.617 - 1.000}{2.617}} = 2.983 \text{ (m/sec)}$$

ここに、F_L : 粒径と濃度から決まる定数 1.345
(砂質土の場合 F_L=1.33~1.36)

排泥流量 : Q_2 (m³/min)

$$\begin{aligned} Q_2 &= a_2 \times V_L \times 60 \\ &= 0.0189 \times 2.983 \times 60 = 3.383 \text{ (m}^3\text{/min)} \end{aligned}$$

送泥流量 : Q_1 (m³/min)

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 - q \\ &= 3.383 - 0.185 = 3.198 \text{ (m}^3\text{/min)} \end{aligned}$$

(3) 送泥濃度、排泥濃度の検討

送泥濃度 : C_1 (vol%)

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{\frac{1}{s} - \frac{0}{0}}{\frac{1}{s} - \frac{0}{0}} \times 100 \\ &= \frac{1.150 - 1.000}{2.617 - 1.000} \times 100 = 9.28 \text{ (vol\%)} \end{aligned}$$

排泥濃度 : C_2 (vol%)

$$\begin{aligned} C_2 &= \frac{C_1 \times Q_1 + 100 \times G}{Q_2} \\ &= \frac{9.28 \times 3.198 + 100 \times 0.072}{3.383} = 10.90 \text{ (vol\%)} \end{aligned}$$

排泥比重 : γ_2

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= \gamma_0 + \frac{C_2 \times (G_s - \gamma_0)}{100} \\ &= 1.000 + \frac{10.90 \times (2.617 - 1.000)}{100} = 1.176 \end{aligned}$$

3. 管径と管内流速の検討

(1) 送泥管

送泥管内断面積 : a_1 (m²)

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{\pi}{4} \times d_1^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times 0.1552^2 = 0.0189 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

管内流速 : V_1 (m/sec)

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{Q_1}{a_1 \times 60} \\ &= \frac{3.198}{0.0189 \times 60} = 2.820 \text{ (m/sec)} \end{aligned}$$

(2) 排泥管

排泥管の管内流速 : V_2 (m/sec)

$$V_2 = V_L = 2.983 \text{ (m/sec)}$$

4. ポンプの特性検討

(1) 送泥ポンプの特性検討

送泥流量： Q_1 (m³/min) (掘削時)

$$Q_1 = 3.198 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

送泥管 1 m 当りの抵抗損失： hf_1 (m 液柱/m) (ヘーゼン・ウィリアムズ式)

$$hf_1 = \frac{98.9 \times V_1^2}{C^{1.85} \times d_1^{1/6} \times V_1^{0.15} \times d_1 \times 2 \times 9.8} \times \frac{1}{1}$$

$$= \frac{98.9 \times 2.820^2}{120.000^{1.85} \times 0.1552^{1/6} \times 2.820^{0.15} \times 0.1552 \times 2 \times 9.8} \times 1.150 = 0.049 \text{ (m 液柱/m)}$$

送泥側ポンプ総揚程： TH_1 (m 液柱)

$$TH_1 = (L + H' + l_1 + l_0) \times hf_1 - H' + \frac{10^{-1} \times P_w}{1}$$

$$= (100.000 + 7.500 + 20.000 + 20.000) \times 0.049 - 7.500 + \frac{10^{-1} \times 120.000}{1.150} = 10.162 \text{ (m)}$$

ここに、 TH_1 ：送泥側の総揚程

L ：推進延長

100.000 (m)

H' ：立坑の深さ

7.500 (m)

l_0 ：バルブおよびエルボの相当直管長さ

20.000 (m)

l_1 ：立坑から調整槽までの距離

20.000 (m)

hf_1 ：送泥管摩擦抵抗値

0.049 (m 液柱/m)

V_1 ：送泥管内流速

2.820 (m/sec)

d_1 ：送泥管(内径)

0.1552 (m)

P_w ：切羽水圧

120.000 (kN/m²)

1 ：送泥水比重

1.150

(2) 送泥ポンプの選定

送泥管径 (mm)	実揚程 (m)	ポンプ 型式	電動機		回転数 (rpm)		極数 P	駆動 方式	台数 (台)
			(kW)	(Hz)	50Hz	60Hz			
150.000	15	定速	11	50/60	1430	1710	4	直結	1
	20	定速	15	50/60	1430	1710	4	直結	1
	25	定速	22	50/60	1430	1710	4	直結	1
	20	可変速	22	50/60	1350	1480	4	直結	1
	25	可変速	30	50/60	1350	1480	4	直結	1

$TH_1 = 10.162$ (m) より 15.0 (m) を採用する。

(3) 排泥ポンプの特性検討

排泥管 1 m 当りの抵抗損失 : hf_2 (m 液柱/m) (ヘーゼン・ウィリアムズ式)

$$hf_2 = \frac{98.9 \times V_2^2}{C^{1.85} \times d_2^{1/6} \times V_2^{0.15} \times d_2 \times 2 \times 9.8} \times 2$$

$$= \frac{98.9 \times 2.983^2}{120.000^{1.85} \times 0.1552^{1/6} \times 2.983^{0.15} \times 0.1552 \times 2 \times 9.8} \times 1.176 = 0.056 \text{ (m 液柱/m)}$$

排泥側ポンプ総揚程 : TH_2 (m 液柱)

$$TH_2 = (L + H' + l_2 + h + l_0) \times hf_2 + H' + h - \frac{10^{-1} \times P_w}{2}$$

$$= (100.000 + 7.500 + 20.000 + 5.000 + 20.000) \times 0.056 + 7.500 + 5.000 - \frac{10^{-1} \times 120.000}{1.176} = 10.836 \text{ (m)}$$

ここに、 TH_2 : 排泥側の総揚程

L : 推進延長	100.000 (m)
H' : 立坑の深さ	7.500 (m)
l_0 : バルブおよびエルボの相当直管長さ	20.000 (m)
l_2 : 立坑から処理設備までの距離	20.000 (m)
h : 処理吐出高さ(+GL)	5.000 (m)
hf_2 : 排泥管摩擦抵抗値	0.056 (m 液柱/m)
V_2 : 排泥管内流速	2.983 (m/sec)
d_2 : 排泥管(内径)	0.1552 (m)
P_w : 切羽水圧	120.000 (kN/m ²)
2 : 排泥水比重	1.176

(4) 排泥ポンプの選定

排泥管径 (mm)	実揚程 (m)	ポンプ 型式	電動機		回転数 (rpm)		極数 P	駆動 方式	台数 (台)
			(kW)	(Hz)	50Hz	60Hz			
150.000	15	定速	11	50/60	1430	1710	4	直結	1
	20	定速	15	50/60	1430	1710	4	直結	1
	25	定速	22	50/60	1430	1710	4	直結	1
	20	可変速	22	50/60	1350	1480	4	直結	1
	25	可変速	30	50/60	1350	1480	4	直結	1

$TH_2 = 10.836$ (m) より 20.0 (m) を採用する。

(5) キャピテーションの検討

吸込管内損失

$$H_{sf} = -1.3 \times RNPSH + \frac{H_b - H_v}{2} + \frac{P_1}{2 \times 10.0} - \frac{V_2^2}{2 \times g}$$

$$= -1.3 \times 2.941 + \frac{10.300 - 0.240}{1.176} + \frac{20.000}{1.176 \times 10.0} - \frac{2.983^2}{2 \times 9.8}$$

$$= 5.978 \text{ (m 液柱)}$$

吸込可能距離

$$L_s = \frac{H_{sf}}{hf_2}$$

$$= \frac{5.978}{0.056}$$

$$= 106.750 \text{ (m)}$$

推進延長

$$L = 100.000$$

L Ls により、泥水還流可能である。

ここに、Hsf : 吸込管内損失 (m 液柱)
 : 要求 NPSH = $8.1 \times Q_2^{2/3} \times N^{4/3} \times 10^{-5} = 2.941$ (m)
 Q_2 : 排泥流量 3.383 (m³/min)
 N : 排泥ポンプ回転数 1430 (rpm)
 Hb : 大気圧 10.300 (m 水柱)
 Hv : 液の飽和水蒸気圧 (20) 0.240 (m 水柱)
 P_1 : 最小切羽水圧制御範囲 20.000 (kN/m²)
 γ_2 : 排泥水比重 1.176 (kN/m³)
 V_2 : 排泥管内流速 2.983 (m/sec)
 hf_2 : 排泥管摩擦抵抗値 0.056 (m 液柱/m)
 g : 重力加速度 9.8 (m/sec²)

(6) ポンプ仕様の決定

以上の検討より、次表にポンプ仕様を示す。

ポンプ仕様

項目	単位	排泥ポンプ		送泥ポンプ
		立坑内	中継ポンプ	
ポンプ形式		SPD2-150C	-	SPD2-150C
濃 度	vol%	10.90		9.28
液 比 重		1.176		1.150
揚 量	m ³ /min	3.383		3.198
揚 程	m	10.836		10.162
ポンプ実揚程	m	20.000	-	15.000
台 数	台	1	-	1
電 動 機		定速	-	定速
電 源		200-50		
回 転 数	rpm	1430	-	1430
出 力	kW	15.0	-	11.0
極 数	P	4	-	4
駆 動 方 式		直結	-	直結