

解説

泥水式編

泥水ポンプの基礎 (究極の安全工法)

さかきばら むねまさ
榊原 宗正
(株)サンコーポンプ
代表取締役



1 まえがき ～排水の陣～

泥水式推進工法の中から、泥水輸送・泥水処理と物質収支の専門的な知識については技術専門書に譲ることとして、本稿では初心者でも易しく理解できるよう平易に書くことにまとめました。

泥水式推進工法は、機械式推進機械にバルクヘッド（隔壁）を設けた機械で、隔壁の前、すなわち機械の全面の切羽部に泥水を満たし、送水のP1ポンプで

自然水圧より高くすることにより切羽の安定を図り、掘削機構により掘削された砂礫・土砂を攪拌して、P2ポンプで排泥圧送するもので、推進工法を代表する方式のひとつです。

すなわち泥水式推進工法は、単に掘削した土砂を流体輸送するだけの工法ではなく、切羽水圧の管理、掘削乾砂量の管理および制御を合んだ工法設備と言えます。また、泥水を用いることにより、その性質上自然水圧にほぼ平衡

した対応ができる特徴があります（図－1）。

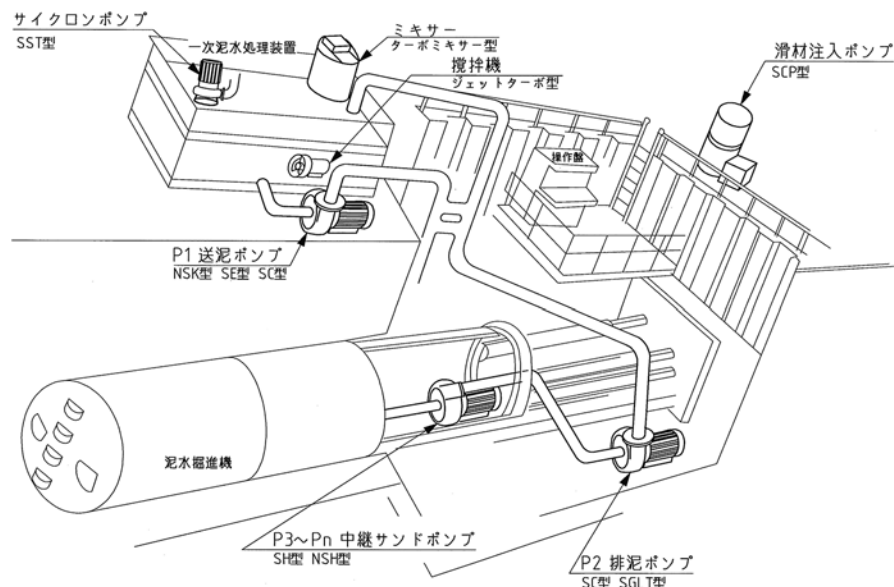
したがって、全ての人間の作業が隔壁後の大気圧作業となるので土被りが極めて浅い場所でも、深い場所でも施工可能であり、適用地盤も広範囲で安全かつ作業能率も良いなどの多くの利点を持っています。

この原理は、場所打ち杭でベントナイト液の圧力により掘削壁面を安定させることと同一で、いわばバース工法・BH工法を横向きにしたものと考えて良いと思います。

2 送排泥の配管径と切羽水圧の制御

送排泥管は、地山の粒度分布および礫径、取込土砂量、配管径における管内流速、すなわち限界沈泥速度によりおのずと掘進機外径から配管径は決定されます。

初期発進時の切羽水圧制御は、送泥側の配管が短く摩擦損失が小さいので自然水圧がそのまま切羽水圧にかかります。よって掘進機の上で〔(立坑深さ+調整槽水位の高さ)－掘進機外径〕×泥水比重＝自然の水圧 (kg/m³) がかかることになります。



図－1

つまり立坑下設置のP2ポンプの回転数を上げることにより、送水流量 Q_1 を増やしサクションヘッドを増すことにより泥水を圧送し、切羽水圧の安定を図るものです。

P2（立坑下設置）ポンプは、掘進機により掘削された土砂の混ざった泥水を圧送し排泥管内に土砂が沈澱しない流速、すなわち流量を与え、また、切羽の泥水圧が上昇しすぎる場合に、ポンプの回転数を増加させて切羽の泥水圧を引き、管理値に下げる働きもあります。

切羽安定のためには、泥水の物性管理と共に泥水圧の管理が不可欠であり、切羽に作用する泥水圧の変動には、切羽に逸泥や土砂の取り込みを起し、切羽の安定を乱します。

特に掘進機運転開始・停止時、バイパス運転切替時には切羽水圧が変動することがあり、ポンプの回転制御やバルブを調整する必要があります。

3 泥水輸送の管理制御

泥水輸送時、管内沈澱・キャビテーションを生じることなく掘削土砂流体が抗外に安定的に輸送排除されるためには、送排泥ポンプ・中継ポンプや流量計などの出力を監視・確認することが必要です。

また、玉石・礫地山での掘進の場合、掘進機にクラッシャを設置し、掘進機とクラッシャ間の排泥管を太くする必要があり、この場合は流量を確保（沈澱防止）するため、バイパス回路を設けポンプで環流を行います（図-2）。

従ってP0ポンプは、回転の変化制御が可能なものとし、インバータおよび可変速モータを使用します。また、玉石・礫地山では排泥管が礫で閉塞した場合の対策で、送水管と排泥管をバルブ操作で切り替えできるよう配管をするのが得策と考えられます。

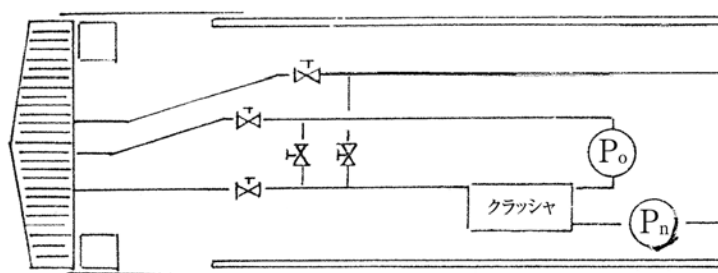


図-2

4 サンドポンプの仕様決定の手順

- ①管径、流速を決める
- ②全揚程を求める
- ③清水換算の流量、揚程を求める
- ④ポンプの型式、口径、効率を求める
- ⑤軸動力を計算する
- ⑥電動機の出力を決める

泥水式推進の場合は、地山の土質によっては送水側は清水での輸送（掘進）でも可能ですが、約1.05～1.15の液比重が一般的です。

掘削土砂の排泥流量は、配管内における限界沈澱速度によって決定されます。限界沈澱速度は、DURANDの公式が目安となります。

$$VL = FL \sqrt{2gd \frac{Gs - \delta}{\delta}}$$

FL：粒子と濃度から決まる定数

g：重力の加速度 9.8m/sec²

d：管径（m）

Gs：固体の真比重

δ：液体の比重（kg/m³）

※FLの値は砂の場合、約1.33～1.36の値であり、流速および流量を計算すると表-1になります。

一般的にポンプの性能は、清水を基準にして表されていますが、推進工法で用いるのは土粒子を含む流体であり、ポンプの性能は清水よりも流量・揚程および効率が低下します。また、スラリの種類・粒度・濃度等によっても異なってくるので、特に注意が必要です。

現場で流体輸送の性能減少率は、推進工法上支障のないように現場経験および実験において近似値を使用しています。

その値は、

【送水側】

Q：流量（X）＝95～90.5%

H：揚程（Y）＝98～97%

η：効率（Z）＝95～92%

【排水側】

Q：流量（X）＝95～86%

H：揚程（Y）＝97～93%

η：効率（Z）＝95～86%

の範囲になり、ポンプの選定は清水時の性能曲線から揚程・流量および効率を決定して軸動力を算出します。

$$Q = \frac{Q_1}{X} \times 100$$

$$H = \frac{H_1}{Y} \times 100$$

表-1 管内流速および流量

管径 (mm)	管内流速 (m/sec)	流量 (m ³ /min)
40	1.5～1.8	0.13～0.2
50	1.6～2.1	0.25～0.3
80	2.0～2.3	0.8～1.0
100	2.2～2.4	1.3～1.5
150	2.3～2.5	3.2～3.5