

解説

きほんのき

掘進管理の基本 「小口径管推進工法」



あおき けんいち
青木 健一
(株)広和関東支店
(本誌編集委員)

1 はじめに

昭和50年に労働省より出された通達により、推進管内に人が入って作業する場合の口径が800mm以上とされたことから、口径800mm未満の小口径管

推進では、管内測量、方向制御、掘削、土砂搬出などの作業を、立坑や地上から遠隔操作することが必要となった。

すなわち、小口径管推進における掘進管理の基本の「キー」(key)は「遠隔操作」である。

「遠隔操作」は、以前から大中口径管推進密閉式では行われていたが、小口径管推進ではこれを進化させ坑内無人化を達成した。

2 小口径管推進の分類

小口径管推進は、使用される管材によって高耐荷力管推進工法と低耐荷力管推進工法に分かれ、さらに掘削および排土方式により次のように分類される(図-1)。

3 大中口径管推進から小口径管推進へ

掘進管理の遠隔操作の観点から、大中口径管推進から小口径管推進への進化は3つに分類できる(表-1)。

表-1で、低耐荷力管推進以外は、高耐荷力管推進の方式を指している。

【CASE-1】

大中口径管推進と同様なシステム

泥水式は、切羽と隔壁間のカタチャンバ内を泥水で満たし、その泥水圧を切羽面に作用する土圧および水圧に見合う圧力に保持することにより切羽の安定を図り、カタヘッドで掘進する方式である。掘削土は泥水と混合し排泥水

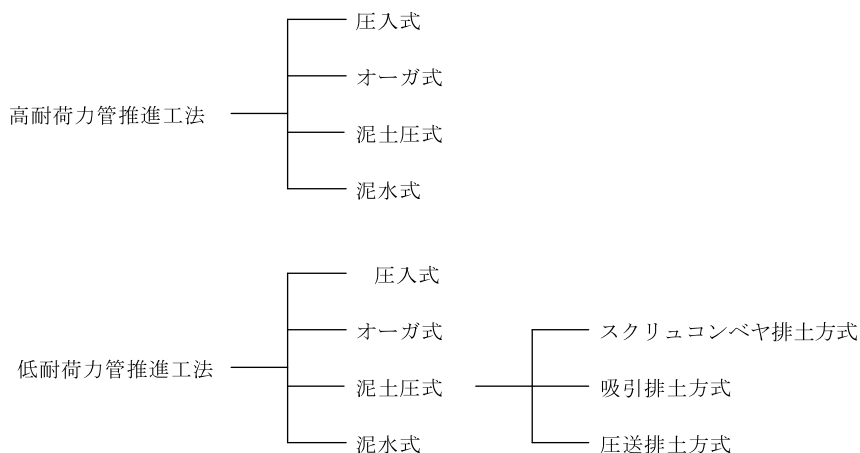


図-1

表-1 掘進管理システムの進化 (大中口径管推進→小口径管推進)

	大中口径管推進	小口径管推進	備考
CASE-1	泥水式	泥水式	大中口径管推進と同様なシステム
CASE-2	土圧式	オーガ式 泥土圧式 (スクリュコンベヤ排土)	大中口径管推進のうち有人作業を省略したシステム
	泥濃式	泥土圧式 (吸引排土)	
CASE-3		低耐荷力管推進 圧入方式 泥土圧式 (圧送排土)	小口径管推進独自のシステム

として坑外へ流体輸送される。排泥水は坑外に設けた泥水処理装置により土砂と泥水に分離され、泥水は送泥水として再び切羽に送られる。これらは全て坑外での遠隔操作が可能であり、大中口径管のシステムをそのまま小口径管推進でも採用することができる。

【CASE-2】

大中口径管推進のうち有人作業を省略したシステム

大中口径管推進の土圧式は、切羽と隔壁間のカッタチャンパ内およびスクリュコンベヤ内を掘削土砂あるいは掘削土砂と添加材とを攪拌混練した泥土で満たし、充満させた泥土の圧力を切羽面に作用する土圧および水圧に見合う圧力に保持することにより切羽の安定を図り、カッタヘッドで掘進する方式である。掘削土は、推進速度に見合うようにスクリュコンベヤで排土量を調整しながら連続的に排土される。

小口径管推進オーガ方式および泥土圧式スクリュコンベヤ排土方式は、大中口径管推進土圧式の切羽からスクリュコンベヤまでを採用し、ベルトコンベヤとトロバケットによる有人作業を省略したものと考えられる。

小口径管推進の泥土圧式吸引排土方式は、切羽の安定および掘進システムは大中口径管推進の土圧式と同様であり、排土システムは大中口径管推進の泥濃式と同じであり、トロバケットによる有人作業を省略したものと考えられる。

【CASE-3】

小口径管推進独自のシステム

小口径管推進独自のシステムには、泥土圧式圧送排土方式と圧入式がある。

泥土圧式圧送排土方式は、切羽の安定および掘進システムは他の泥土圧式と同様だが、排土は独自のシステムで行う。泥土はいったん先導体の外側を通り、先導体後方から坑内に取り込まれ、坑外に圧送排土される。この際、

圧送排土ゲートの開閉により取込み量と切羽圧力を管理する。

圧入式は、先導体および誘導管を圧入後、これを案内として推進管を推進する二工程方式である。一工程目は、先導体で方向制御しながら誘導管を無排土圧入する。二工程目は、掘削ヘッドにより掘削された土砂をスクリュコンベヤにより排土するが、高耐荷力管推進では到達立坑側へ、低耐荷力管推進では発進立坑内側へ排土推進する。

低耐荷力管推進は、推進抵抗力を推進管と推進力伝達ロッドに分散させて、耐荷力の小さな塩ビ管を推進する工法であり、小口径管推進独自のシステムである。しかし、掘進方法は、オーガ式や泥土圧式では小口径管推進オーガ方式および泥土圧式スクリュコンベヤ排土方式と同じであり、泥水式では、小口径管推進泥水式と同じである。

4 「きほんのき」の本質から見た小口径管推進

本書の冒頭にある「きほんのき」の本質には、3つのキーワードがある。ここでは、それぞれについて考察する。

【キーワード1】

礫、帯水層には添加材注入

大中口径管推進のシステムを受け継いだ小口径管推進高耐荷力管推進工法では、形状寸法とともに推進力や回転トルクも小さくなり、無人化により坑内から切羽の礫などを除去することも出来なくなった。また、泥水式では送排泥管径が小さくなったため、礫などはより小さく破碎しなければならなくなった。大中口径管推進と同等の機能を確保するために、添加材や補助工法さらには独自の機能を追加しなければならなかった。それらのため、大中口径管推進よりも高度な掘進管理が必要になった。

一方、小口径管推進低耐荷力管推進工法では、管材（塩ビ管）の耐荷力や

断面が小さいことから、高耐荷力管推進工法とは逆に、適用条件を絞り込み簡易な掘進システムと掘進管理によりコストダウンを図る圧入式が主流になっている。

【キーワード2】

速やかでこまめな方向修正

（大中口径より繊細に）

小口径管推進は、推進延長が比較的短く直線が多い。その場合の測量方式には、ターゲット直視方式やレーザトランシット方式がある。これらは単純だが、リアルタイムに連続測量ができ、測量結果もmm単位と正確である。ただし、基線測量には注意が必要である。 $\phi 2m$ 程度の小さな立坑から発進する場合が多いため、測量の基線を長くすることができない。また、小さな立坑は、推進反力により変位する危険性があり、推進中に基線の再設置が必要な場合もある。

方向制御は、斜切りヘッドや方向修正ジャッキなどで行うが、掘進断面に対して修正面が大きく、リアルタイムの測量と合わせて頻繁に行えば効果的である。

近年、小口径管でも曲線推進や長距離推進が行われるようになってきたが、ここで採用されている電磁誘導方式やジャイロ方式あるいは走行ロボット方式などは、リアルタイム連続測量ではなく、精度的にもmm単位は確保できないため、推進機の姿勢管理や進路の予測などを併用した高度な管理が必要である。

【キーワード3】

トラブルがあれば引き抜く覚悟

前述のとおり、小口径管推進の多くは、推進延長が比較的短く直線のため、引き抜きが可能である。また、経済性から推進工法が採用されていても、開削が可能な場合もある。

そのため、トラブル対策として引き抜きや開削は選択肢に含まれる。