

総論 泥水式編

泥水式推進工法の歴史と工法の概要

かねた のりお
金田 則夫

(株)熊谷組
土木事業本部
シールド技術部長



1 はじめに

春は「始まり」の季節。特に4月は入学や入社など新しい生活が始まる月です。また社会人にとっては部署の異動などにより、新たな「学び」を始める月でもあります。

今月号のテーマは「推進工法の基礎知識①泥水式編」です。

4月の始まりに当たり、これから新たに「推進技術」を学ぼうとする方々にも分かり易く「推進技術」を解説します。

2 ライフライン構築方法の概要

2.1 ライフライン構築方法

我々が安全で安心、快適な生活を過ごすためには、道路や鉄道網の整備はもとより、水道や下水道、ガス、電力、通信などライフラインの整備が不可欠です。都市の生活圏が発展した現代では、ライフラインのほとんどが地中に管きょとして埋設されています。

これらの管きょの埋設方法を大きく分類すると、地表から掘削して管きょを敷設し埋戻す「開削工法」と、地表を掘削することなく地中を掘削貫通して管きょを敷設する「非開削工法」になります。

ライフラインは基本的に公道の地下に埋設されますので、市街地や交通の発達に伴って幾多のライフラインが既に埋設されている現況では、地上を長く、大きく占用し、既設管きょを防護しながら施工する開削工法は、交通への支障や地域住民へ多大な影響を与えるため、新たに敷設するライフラインのほとんどは、非開削工法で施工されています。

非開削工法には、強固な地山（岩盤等）で採用される山岳トンネル工法と、掘進機で前方の地山を掘進し、セグメントを組立て内面を覆工等で仕上げるシールド工法、掘進機で前方の地山を掘進し、既製の管を地中に押込む推進工法があります。都市部では山岳トンネル工法で施工されることはほとんどなく、シールド工法もしくは推進工法で施

工されています。管きょ構築工法の分類を図-1に示します。

2.2 推進工法とシールド工法

都市部で施工される推進工法とシールド工法では、対象とする地山（土質）に相違はなく、掘進機構にも大きな相違はありませんが、その大まかな棲み分けは、「大規模はシールド、小規模は推進」となります。

推進工法では道路交通法の規制から、呼び径3000を超える既製管の運搬ができないため、呼び径3000までを対象としています。現在は呼び径3500～5000を組立式推進管を用いて施工される例もあります。

シールド工法は、坑内での作業が主となるため外径が概ね1.0m以下は対象としていませんが、覆工が分割したセグメントを組立てる方式であるため、大

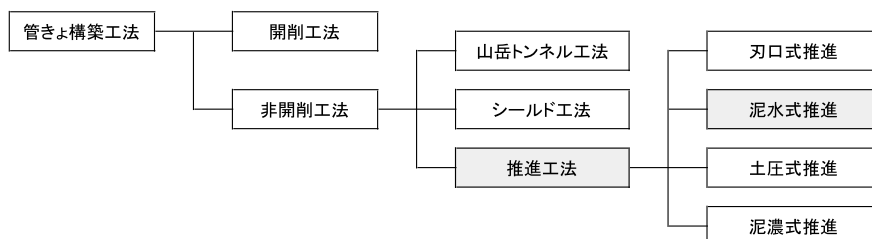


図-1 管きょ構築工法の分類

表－1 推進工法・シールド工法の誕生

推進工法・シールド工法の誕生			
推進工法	1890年代 アメリカ北太平洋鉄道横断工事 【日本】1948年 鉄道軌道下を内径600mmの鉄管の さや管として施工	シールド工法	1820年代 イギリステムズ河床トンネル（馬車・歩行者用） 【日本】1920年 国鉄折渡トンネルで採用、不良地山と装備不備 のため途中断念 1936年 国鉄関門トンネルで採用圧気・地盤改良併用して施工
日本初の泥水式・土圧式推進工法・シールド工法			
泥水推進	1965年 東京都の下水道工事で施工	泥水シールド	1968年 帝都高速度交通営団で施工
土圧推進	1976年 東京都の下水道工事で施工	土圧シールド	1975年 東京都の水道工事で施工

きな口径への制限はありません。

掘進については、掘進機の掘削機構には相違なく、推進方法に違いがあります。推進工法は立坑に元押ジャッキを装備し推進管全体を押し込む方式であるのに対し、シールド工法は組立てたセグメントを反力に掘進機に装備したシールドジャッキで推進する方式です。

推進工法は1890年代アメリカで誕生し日本では1948年に初めて施工されたのに対し、シールド工法はそれより早く1820年代にイギリスで誕生し日本では1936年に本格的に施工されました。

日本での泥水式・土圧式の推進工法やシールド工法は、ほぼ同じ年代に始められましたが、特筆すべきは泥水式では推進工法がシールド工法より早く施工されたことです。両工法の誕生した年代について表－1に示します。

本稿で対象とする推進工法は、切羽保持機構により、刃口式推進・泥水式推進・土圧式推進・泥濃式推進に分類され、その切羽保持機構の概略は以下の通りです。

【刃口式推進】

切羽が自立する地山を対象とし、掘進中の切羽保持は行わない。

【泥水式推進】

隔壁で仕切られた切羽先端の空隙（チャンバ）内に泥水を圧送・加圧して切羽を保持しながら掘削・推進する。

【土圧式推進】

掘削土砂に添加材を注入して塑性流動化させ、チャンバ内を加圧・充満して

切羽を保持しながら掘削・推進する。

【泥濃式推進】

掘削土砂に高濃度泥水を注入して流動化させ、チャンバ内を加圧・充満して切羽を保持しながら掘削・推進する。

本稿では泥水式推進について工法の基礎的な考え方や特長について解説を行います。他の推進工法については次号以降で解説します。

3 泥水式推進工法の概要

3.1 適用土質

泥水式推進は、沖積および洪積層の砂礫・砂・シルト・粘土層、または互層で固結が緩く軟らかい層や、含水比が高い、湧水が多いなどで切羽の安定が懸念される土層等、広範囲の土質に適した工法です。しかし、透水性が高い砂礫層・砂層や粗石・巨礫を含む砂礫層では泥水の逸泥等で切羽の安定確保が困難となることがあるため、補助工法を併用するかもしれない土圧式推進等の他の工法を選択することを検討すべきです。

3.2 掘進機構

泥水式推進工法は、泥水を循環させチャンバ内の泥水圧によって切羽の安定を図りながら掘削し、掘削土砂は流体輸送によって地上へ搬送する方式であり、以下の機構によって構成され、各機構の相互制御によって成り立っています（図－2）。

【掘削・推進機構】

掘進機による掘削と、発進立坑に装備する元押ジャッキの推進により推進管を介して掘進します。

【泥水循環機構】

送泥水のチャンバへの圧送、掘削した土砂を含んだ排泥水の地上への搬送を、送・排泥ポンプの運転とバルブ制御を行いながら、チャンバ内の泥水圧を保持します。

【泥水処理機構】

地上へ搬送された掘削土砂を含んだ排泥水を、分級（一次処理）と脱水（二次処理）により、土砂と泥水に分離し、泥水は切羽へ返送します。掘削土砂の一次処理土は一般残土、二次処理土は産業廃棄物として処分します。

（推進管径や掘進延長などの規模によっては泥水処理を行わず排泥水を直接処分する場合もあります。）

【滑材注入機構】

推進工法では、掘進機が掘り進むとともに後続の推進管（既製管）も全体が地中を移動します。推進管全体の移動に伴う推進管外周の地山の緩みを抑制するとともに、推進管と地山の摩擦を低減する目的で推進管外周に滑材を注入します。

3.3 施工管理項目

泥水式推進では、切羽の泥水圧を適正に設定するとともに、圧力が切羽に有効に作用するように泥水の品質を管理し、搬送される掘削土量の計測を実施、カッタートルクや元押推進力などの掘