

解説

長距離推進における課題と対策

もりた とも
森田 智

(一社)超流セミシールド工法技術協会
会長

1 はじめに

1948年頃からおこなわれた推進工法も70年以上が経過し、その間に飛躍的な施工技術の進歩を遂げてきた。当初、推進工法は元押工法が基本とされ、ゆえに長距離推進や急曲線推進は不可能とされていたため、シールド工法とは一線を画して適用範囲が限定されていた。その後、1987年には日本で初めてS字曲線施工がなされ、推進工法の適用範囲は飛躍的に拡大してきた¹⁾。そのような諸先輩方の地道な努力と経験工学の積み重ねおよび注入材、推進管材等の進歩・確立により、L=500m以上の長距離推進やR=15m以下の急曲線推進が当たり前のように実施され、シールド工法との比較検討がなされるまでに至った。特に泥濃式推進工法においては、他工法と比較して低い管外周面抵抗力により、長距離・急曲線施工の発展に大きく寄与してきた。

一方で、市街地等における制約条件（推進設備ヤードが確保できない場合、発進立坑が狭小なものしか築造できない場合）や、日本固有の複雑な土質や大土被り、高水圧の他、推進工法に要求される条件は高度化しているのに加えて、安全に対して求められるハードルも年々高くなっている。また昨今立て続けに話題となっているシールド工事における陥没事例により、非開削技術に対する厳しい目に晒されており、厳しい施工条件環境下での作業が求められている。

本稿では、長距離推進を主眼として現状における課題を抽出し、当工法における対策について述べるとともに、長距離施工事例について現場における対応および施工結果を紹介する。

2 泥濃式推進工法における長距離施工の課題

密閉型推進工法は①掘進機先端（切羽）に添加材（または泥水）を注入し②地山との攪拌混合を図って切羽の安定を確保するとともに前方の地山を掘削し③地上まで発生土を搬送する。構築した孔に推進管を挿入することにより、地下に管列を掘削する工法である。

泥濃式推進工法においては①切羽に高濃度泥水を注入し②吸泥排土装置の真空力を用いて地上まで排土を搬送し③排土管（φ150mm程度）を通過しない礫・玉石については、切羽作業員による分級後、地上まで搬送される。

そのため、長距離推進においては、以下に示す懸念事項が発生する。

(1) 吸泥排土装置

推進管径に応じて規格が設定される吸泥排土装置は、真空力を用いた排土搬送システムであるため、推進延長（水平距離）と土被り（揚程）に制約を受け、(公社)日本推進技術協会資料²⁾においては、規格アップや二段排土による対応が必要とされている。

(2) 送泥ポンプ

切羽で地山と攪拌混合される高濃度泥水は、地上に設置した送泥ポンプにより切羽まで圧送されるが、推進対象土質が礫質土の場合、粉末粘土の配合量を多くし、比重の高い高濃度泥水を注入する必要がある。しかしながら、長距離推進の場合には送泥ポンプの圧送能力不足により、土質に対して不適切な処理（比重を下げる等の対策）が施される場合があり、切羽安定に影響が及ぶ可能性がある。

(3) 推進力（中押装置）

推進延長の長距離化によって元押推進力も大きくなり、これに伴って軸方向管耐力の大きい推進管が、また、曲線通過時には曲線内側に偏った推進力伝達が必要となるため、さらなる高耐力の推進管が求められる。その解決策として、中押しジャッキを装備した中押装置を複数箇所に設置し、必要に応じた元押推進力の分割が求められる。しかしながら、泥濃式推進工法では、一般的な歩掛において、中押装置の使用が標準とはなっていないため、今後、実績を踏まえた歩掛の策定が求められる。

(4) 作業性（測量作業と礫出し作業との競合）

推進工法においては、推進管内に設置した測量機器（トランシット）を介して、発進立坑内に設置した基準点から掘進機までを測量し、精度管理が実施される。呼び径800管内での測量状況を写真-1に示す。一方で泥濃式推進工法においては、上述の通り、排土管を通過しない大きさの玉石・礫は人力で管内搬送（写真-2）する必要がある、測量機器との兼ね合いから搬出作業が非常に困難な状況となっている。



写真-1 管内測量状況（呼び径800）

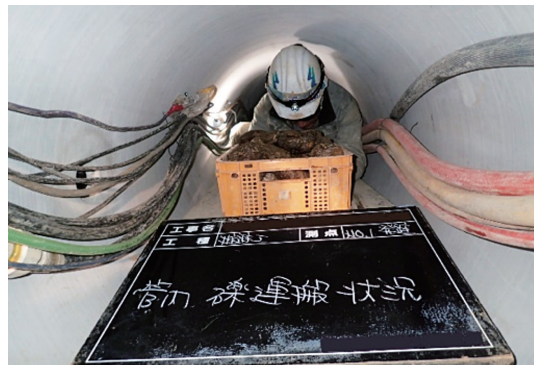


写真-2 管内礫搬出状況（呼び径800）

(5) 作業性（掘進機操作）

泥濃式推進工法において使用される一般的な掘進機は、未だに機内操作方式が主流となっており、排土バルブの開閉・掘進機方向修正量の調整が掘進機に接続された後続管内で実施される。そのため、長距離推進においては、作業開始後、オペレータが掘進機まで移動するまで掘進を開始することができず、推進効率を低下させるひとつの要因となっている。

3 当工法における課題に対する対策

前項のような懸念事項に対して、当工法では、以下のような対策を実施している。

(1) 吸泥排土装置

一般的な吸泥排土装置の規格は75kWであるのに対して、最大110kWの吸泥排土装置を準備し、長距離推進ならびに大深度施工においても、高い吸気量（68.2m³/分）により排土能力不足による日進量への影響を最小限に抑制している。

(2) 送泥ポンプ

礫質土における長距離推進においては、到達間際でも十分な量の高濃度泥水が必要とされるため、送泥ポンプを一般的な仕様の3.75kWから高規格化（7.5kW）することによって送泥が可能となった。

(3) 推進力（中押装置）

前述のとおり、泥濃式推進工法においては、一般的な歩掛において、中押装置の使用が標準とはなっていないのが現状である。しかしながら、長距離・曲線施工（場合によっては急曲線）においては、推進力の掘進