

解説

超流バランスセミシールド工法 における長距離施工の実態

もりた とも
森田 智(株)アルファビルエンジニアリング
施工本部技術部長

1 はじめに

手押ジャッキによる鉄道横断刃口式推進を起源とする推進工法は、その後泥水式推進工法から土圧式推進工法、泥濃式推進工法へと施工工法が区別化されると同時に、推進管材料、注入材料等の品質向上や研究開発が進み、着実に1スパン当りの施工延長を伸ばしてきた。今では推進工法においても1スパン1kmを超える施工延長を実現するに至っている。その背景としては、推進工法を取り巻く環境の変化、すなわち成熟した都市環境の中で、地上のみならず地中においても限られた空間を利用せざるを得ない制約から、必然的にその適応範囲を拡大してきたためと考えられる。

このような状況の中で、超流バランスセミシールド工法（以下、当工法）においては、掘進機に複数の注入孔を配置する独自の注入システムにより周面摩擦力の低減を図りながら、加えて推進力低減装置の併用によりさらなる元押推進力の低減効果を確立し、求められる長距離・急曲線施工を確実に実施し、その施工実績を伸ばしてきた。

一方で、安全で確実な長距離施工を実現するためには、様々な対策が必要となる。本稿では、泥濃式推進工法を用いた長距離施工における懸念事項とそれらに対する当工法の対策について示すとともに、当工法で行った長距離施工事例（1スパン $L=1,030\text{m}$ ）から今後の課題等について紹介する。

2 長距離施工における懸念事項

呼び径800を想定すると、標準的な施工延長（ $L=300\text{m}$ 程度）と長距離施工（ $L=500\text{m}$ 以上）を比較した場合、検討段階においては①作用する推進力②ビット摩耗③排土能力④大深度（大土被り）対応⑤日進量への影響について別途考慮する必要があると考える。以下に、その詳細について述べる。

①作用する推進力

推進工法においては掘進機ならびに管列を前方へ押し込んでいくために、元押ジャッキによる推進力を、推進管を介して掘進機先端まで伝達する必要がある。そのため①作用する最大推進力に対する推進管管耐力の対応性②曲線区間の目地開口に伴う管端部推進力伝達面積の減少による許容推進力への対応性③推進管に作用する最大推進力を軽減するための推進力低減装置の設置あるいは中押併用推進の適応性（曲線対応能力含む）について、検討を行う必要がある。

②ビット摩耗

長距離推進を実現するためには、その延長を確実に掘削可能とするためのビットを装着する必要がある。許容ビット摩耗限界長が推進延長よりも短い場合には、推進路線途中で①ビット交換用の中間貫通立坑の設置による開放状態でのビット交換作業②ビット摩耗限界長の長寿命化を図るための段差ビット等による対応③圧気な

--

表－１ 吸泥排土装置の能力と掘進速度との関係

吸泥排土装置能力 (kW)	通常使用領域にける 吸引空気量 (m ³ /分) (負圧－80～－60kPa)	標準的な 排土搬送能力 (m ³ /分)	排土能力から想定される最大掘進速度 (mm/分)		
			呼び径800 掘削土量0.8m ³ /m	呼び径1650 掘削土量3.1m ³ /m	呼び径2400 掘削土量6.4m ³ /m
110	60.5	0.40		71	35
75	41.6	0.25	179	45	22
55	24.8	0.12	86	21	10
37	22.0	0.05	36		

注1) 推進管1本を連続で推進する場合を想定した最大掘進速度となります

2) 排土管本数1本での施工を想定しております

3) 施工条件として①定置式プラント施工時②土質細粒分含有率が30～50%③N値10程度(粘土層除く)

④透水係数1.0×10⁻³cm/sec以上の不透水性地山⑤土被り7.0m以下⑥スパン延長300m以下

どの補助工法の実施や地盤改良により地山の崩壊性・止水性を向上させた位置での掘進機内からの危険を伴うビット交換作業、のいずれかにより掘進機の掘削能力を到達立坑まで保持させる必要がある。

③排土能力

泥濃式推進工法では、吸泥排土装置による排土を基本としているが、この装置は排土管内に空気と土砂とを交互に吸引させる「プラグ体輸送」により搬送する機構となっている。そのため、装置の吸引能力が土砂搬送能力(搬送距離)に大きく影響することから、大深度施工や長距離施工においてその能力が日進量に大きく影響する。表－1に標準的な吸泥排土装置の能力と各呼び径(掘削土量の違い)における最大掘進速度比較表を示す。なお、当工法では最大対応径を呼び径2400と設定しており、最大径での検討を含んだ表としている。この結果は、施工実績に基づく排土量から算出したものであるが、状況として吸泥排土装置能力である1分間あたりの吸引空気量に比例し、実際の排土量としては、吸引空気量の0.2～0.8%程度となっており、99%は空気の吸引(換気)に役立っていると考えている。

なお、大口径化に伴う排土量の増加に対しては、管内排土管の2系統設置により対応を図っている。しかしながら、昨今は、推進位置の大深度化、推進対象土質の洪積層化、地下水・透水性条件の悪化など、様々なマイナス要素の影響を受け、設定どおりの日進量を確保すること自体が難しくなっていると感じている。このことから、設計段階において、各工法団体のヒアリングを十分に行ったうえで、追加工種・追加設備の必要性について配慮する必要があると考えられる。

④大深度(大土被り)施工と立坑寸法

一般的な吸泥排土装置能力を保持可能な土被りとしては、当工法では、揚程12m程度と考えており、それ以上の場合には、2段排土方式(掘進機→立坑下、立坑下→地上の2段階排土)を提案しているが、昨今では、大深度条件でも小規模立坑を強いられる状況もあり、立坑下に段階排土用の設備を設置することも難しい状況も見受けられる。

そのため、施工の安全性(推進管吊下し時の人払い)・確実性(立坑内視準長の減少による測量誤差の発生)・日進量の確保(推進管吊下し時間の長時間化)・経済性(短管使用の必要性)等からも、可能な限り標準的な立坑寸法による施工が望ましいと考えている。

⑤日進量への影響

泥濃式推進工法において日進量に影響を与える要因としては①地盤状況②掘進機能力③ビット形状や配置およびその材質④掘進機の玉石摘出能力・破碎能力⑤1スパンの施工延長⑥吸泥排土装置能力⑦元押ジャッキ能力⑧世話役・オペレータの熟練度⑨作業従事者全員のチームワークなど多岐にわたる。特に長距離施工においては、限られた工期の中で所定の日進量を積み重ねつつ、確実な施工を行うためにも検討段階において、掘進機および設備能力の確認・実績に基づく施工の確実性を踏まえたうえで、適正な受注価格を設定いただく必要があると考える。

以上のように、長距離施工にあたっては、標準的な施工法と比較して様々な追加検討要素を有するため、検討段階において、十分留意した内容が必要となる。