

解説 進化した推進技術

長距離・曲線推進施工の必須アイテム 滑材の最先端

しん ただし
新 律

松村石油㈱
営業本部長付化成品担当
(本誌編集委員)



1 一液性滑材の誕生

推進工法の歴史は、世界的には1896年にアメリカ北太平洋鉄道下でコンクリート管が埋設されたのが始まりと言われています。日本国内において、最初に推進施工が行われたのは、1948年(昭和23年)大阪ガス発注の国鉄軌道下横断工事、鋳鉄管φ600mmを延長6mの手押ジャッキによる工事でありました。1961年フランスで泥水式シールドが考案され、1964年(昭和39年)に泥水式推進工法が、わが国で最初に施工されました。その後、密閉式の泥土圧式、泥濃式といった工法が矢継ぎ早に開発され、現在の推進工法へとつながっていきます。しかし、昭和60年当時、主体は依然として刃口式推進工法であり、全国の推進工事の60%の実績を刃口式が占めていました。平成年度に入ると次第に、泥水式推進の施工が増加し、泥土圧式、さらに泥濃式推進の施工が次第に増加し、本格的な密閉式機械推進施工の時代を迎えていくことになります。

推進工法用滑材につきましては、ボーリング掘削の応用により、ベントナイト水溶液を滑材として使用したの

がはじまりといわれています。滑材としてのベントナイト水溶液が長距離化に欠かせないことが理解されると、ベントナイトに摩擦係数低減のためにマッドオイルを、逸水させずあるいは地山の崩壊防止目的にCMCを加えるようになりました。こうして標準滑材が開発され、昭和44年より標準滑材が推進工事に使用されるようになりました。推進工事の機械化に伴い、ヒューム管等を掘進する上での摩擦抵抗を低減する要求はさらに高まり、さらなる滑材の開発が進み、昭和50年度半ばにはベントナイトに高吸水樹脂(吸水性ポリマ)を加えた一液性滑材が開発されました。

2 一液性滑材の必要性能

推進工事においては、発進から到達に至るまで、周辺地盤の緩みやテールボイドの崩壊を防止するなど、地中環境に影響を与えることなく、推進力の低減を図りながら施工することが重要です。地上構造物や他の地中ライフラインに影響を与えずに施工する環境保全は、推進工事の施工上果たすべき最低限の責務です。また推進力が増大す

ることによって、施工品質のみならず工程、安全およびコスト管理に重大な影響を与えることは明かです。

一液性滑材が最初に開発されてから、30年あまり経過しています。多くの一液性滑材が上市されています。また一液性滑材として必要な性状は下記の通りです。

- ①水(地下水)によって希釈され難い
- ②作液が容易であり、現場での作業性がよい
- ③安全性が高く地下水・河川・土壌等環境に悪影響を与えない
- ④経時的に劣化し難い
- ⑤土荷重に対抗できる
- ⑥地山への浸透性がよい
- ⑦地山から逸失しない
- ⑧ポンプ圧送性に優れ、長距離においても圧送が可能
- ⑨摩擦低減機能に優れ、テールボイドの維持性に優れている

推進工法用滑材には、様々な要求性能が必要であり、地山への浸透性に優れ、かつ逸失しないといった相反する機能が求められています。推進工法用滑材の中で、高吸水樹脂を添加した滑材は粒状型滑材と呼ばれ、地山への浸透性の機能およびこの樹脂による地山へ

の目詰効果により逸失しにくい性質が与与されました。また高吸水樹脂によるベアリング効果により、以前のものと比較し摩擦低減効果が増大しました。

施工条件等により、使用する滑材を使い分けます。小土被り施工においては滑材の注入圧管理が重要です。特に注入圧を上げると地上への噴発が懸念されます。低圧で継続して注入する必要があります。そのためテールボイドの保持効果の高い高粘性の滑材を用いたりします。

小口径管推進施工の場合、小断面配管に対応するため、高吸水樹脂が球形であり、ポンプ圧送しやすいうように粘性を少し下げた材料を使用する等の選定を行います。

また地下水に海水等塩分を含んだ地盤では、従来の滑材に耐塩用添加材を添加したり、あるいは、耐塩性仕様の滑材を使用したりします。

また透水係数大きい帯水砂礫層地盤では、滑材にこの滑材専用の増粘材を添加し使用します。あるいは、滑材にこの滑材専用の目詰材を添加することにより、地盤への逸失を防止します。目詰材には、鉱物系、植物系、パルプ系等があります。

3 二液固結型滑材(可塑剤)

可塑剤については、泥濃式推進工法の一次滑材として使用されるケースが大部分です。

泥濃式推進工法における可塑剤(滑材)注入は、管外周の摩擦抵抗の軽減とテールボイドの安定確保のために行われます。一般的に掘進機の注入口から注入します。可塑剤は、地下水や土砂による希釈劣化を防止し、推進管の浮き上がり防止のため二液固結型を使用します。このため、滑材注入設備の注入材混合ミキサ、グラウトポンプ、

表-1 遅硬性滑材の種類とタイプ

種類	タイプ	適用地盤	滑材効果日数
A型	1週	ローム質土、粘性土等	7～10日
	2週		14～21日
	1ヶ月		1～1.5ヶ月
B型	1ヶ月	帯水砂質土等	1～1.5ヶ月
C型	2ヶ月	帯水砂礫土等	2～3ヶ月

圧送ホースは2連必要になります。

また泥水式推進工事においても、テールボイドを大きくとり、一次滑材として使用されるケースがあります。

4 遅硬性滑材 小口径管推進等使用(裏込材兼用滑材)

遅硬性滑材は、推進中は滑材として働き、推進終了後固化し、裏込材となる裏込材兼用滑材です。

この遅硬性滑材を使用することにより、小口径管推進においては今までできなかった裏込が可能となります。

遅硬性滑材の強い粘性によりヒューム管等にへばりつき、地盤崩落を防止すると共に地下水による希釈が起きず、地盤への浸透がないことなど滑材として高い性能をもっています。

遅硬性滑材は、主結合材として高炉スラグを使用しているため、高炉スラグの潜在水硬性により、緩やかに水和反応が進み固化していきます。そのため、滑材効果日数を過ぎても、急激に反応が進み固化しませんので、多少の工期の遅れ等にも対応できます。

掘進機と推進用管材外径に口径差があり、通常よりテールボイドが大きくなる場合、遅硬性滑材を使用すると、テールボイドの崩壊を防ぐことができます。

改築推進工法において、老朽管を破碎して新管を推進敷設する際、遅硬性滑材を充填することにより新管を地山の崩壊から防護する目的で使用する場合があります。

またケーシング(小型)立坑築造の際に、円滑な施工を行うため、遅硬性滑材を使用する場合があります(表-1)。

5 推進力低減システム

推進工事の長距離化および曲線推進施工の増加により、滑材の性状だけでなく、注入管理手法に重点がおかれ、地山の安定を図るための種々の方法が提案されています。大口径管推進工法および小口径管推進工法における、推進力低減システムを下記に列記致します。

小口径管推進工法につきましては、以前は先導体(掘進機)後部よりの滑材注入しか行えませんでした。最近では小口径管推進工法用滑材注入管(鉄筋コンクリート製あるいは硬質塩化ビニル製)が開発され、任意の位置からの滑材注入が可能な工法が現れています。この滑材注入管の開発により、小口径管推進工事の長距離化に貢献しております。

5.1 一液性滑材のみを使用するケース (1) 大口径管推進工法

① SMCシステム(泥水・泥土圧・泥濃)

推力モニタージャッキにSMC(推力モニターコントロール)システムを設置することにより、推力モニター管部および元押装置部において推進力の管理ができます。そのための確かな滑材注入を推進管の外周部に均一適確に行うことができ、摩擦低減を維持できます(図-1)。