

解説

滑材注入の自動化

—アルティミット滑材注入システム(ULIS)—

やはぎ もとひこ
矢萩 元彦

機動建設工業(株)
土木本部推進統括部部长



1 はじめに

我が国における推進工法は、1948年（昭和23）5月にガス管のさや管として軌道下を最初に施工してからもうすぐ80年近い年月が経過します。この間の推進工法技術の進歩は目覚ましく、様々な工法が確立され、その適用土質範囲は広がり、長距離や急曲線への対応や超大口径推進の技術開発、工事条件においても既設構造物を対象とした発進や到達、地中に残置された障害物の直接切削等の特殊な条件にも対応可能となっています。

その中でアルティミット工法(以下、当工法)は、長距離・急曲線推進を高品質に施工できる工法として開発され、1992年（平成4）に第1号工事を施工しました。当工法は様々な施工条件に対応するため、多種多様なシステムを持ち合わせており、施工条件に応じてシステムの選択が可能です。

本稿では、当工法での自動化施工を目的とした滑材注入システム特に長距離推進では推進力低減やテールポイド確保が重点項目となり、周面抵抗力を低減する滑材注入において自動化に対応したアルティミット滑材注入システム（Ultimate Lubricant Injection System、以下、ULIS^{ユ-リス}）の技術について紹介します。

2 アルティミット滑材注入システム(ULIS)

2.1 システムの開発経緯

長距離施工では推進管外周面と地盤との摩擦抵抗である周面抵抗力が推進延長とともに大きくなることで、大きな推進力が必要となります。その対応策として主に元押設備の増強、中押設備の併用、高耐荷力管の使用等の方策がとられていました。しかし、経済性と管路品質確保の観点から、滑材注入により周面抵抗力を低減することが最も有効な手段と考え、システムの開発に着手しました。

このシステム開発では、管内での滑材注入の自動化により作業員の労力を使わずに、配置した注入孔への滑材注入が可能となりました。

2.2 システムの概要

システムに求められる要素として、次の項目があげられました。

①地中環境の保全

管周面の地山の緩みを抑制し、地盤沈下を防止する

②管路品質の向上

推進力を低減することで、推進管の破損や損傷を防止する

③コストダウン

推進力を低減することで、管材料および設備費を抑える

④安全性の向上

管内に入坑しての滑材注入作業をなくすことで作業環境を改善する

これらを満足するよう、推進管内に複数のバルブユニットを配置して中央集中制御盤で注入箇所、1サイクルの注入量、1孔当りの注入時間、吐出圧と注入圧の上限圧、掘進速度を設定することによって掘進速度に合わせて自動で滑材注入ができるULISを開発しました。

2.3 ULISの設備

ULISの設備は、掘進機操作室に「中央集中制御盤」(写真-1)を配置し掘進機のオペレータが操作を行います。



写真-1 中央集中制御盤

中央集中制御盤には、推進管No.毎に一次注入量・二次注入量を表示され、上限圧や注入圧力など表示されるようになっていきます(写真-2)。



写真-2 中央集中制御盤モニタ

滑材プラント(作液)部には「バイパスバルブユニット(電磁流量計付き)」(写真-3)を配置し流量および

注入圧力のデータを電気信号で中央集中制御盤に送り管理します。【注入量管理・注入圧管理】

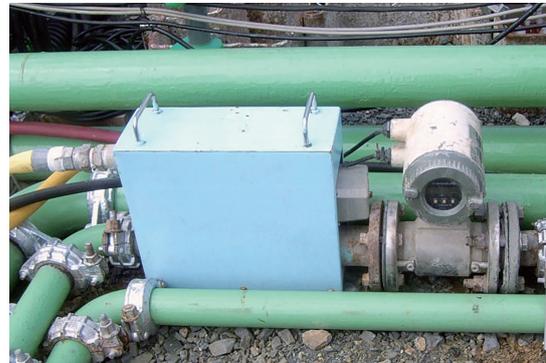


写真-3 バイパスバルブユニット

推進管内の各注入孔に「注入中継ボックス」と滑材配管に「バルブユニット」(写真-4)を配置します。中央集中制御盤より、管内に配置した注入中継ボックスに開閉信号を送り、バルブユニットへ最終信号を送り、開閉指示を受けてバルブユニットが動作し、推進管外部へ滑材注入を行います。

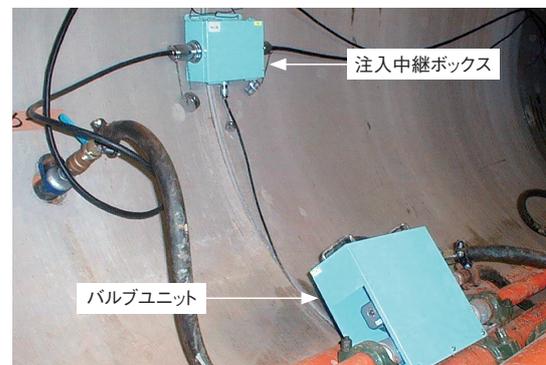


写真-4 注入中継ボックス、バルブユニット

管内に配置する注入中継ボックスとバルブユニットは、当工法では基本的に50m間隔で配置することとなっていますが、大口径管径や対象土質、線形条件では25mでの配置にも対応しています。

ULISの注入方式には、一系統方式と二系統方式の二つの注入方式があります。

(1) 一系統方式

一系統の配管で一次注入と二次注入ともに同一液性滑材を注入します。一次と二次注入それぞれの計画

注入量、二次注入箇所、1孔当りの注入時間、二次注入から一次注入へ戻る際のブロック数（二次注入孔を何箇所経由するか）を設定します（図-1）。

(2) 二系統方式

一次注入と二次注入の滑材が異なる場合に選択し、ULISで制御するのは二次注入となります。二次注入の計画注入量、注入箇所および1孔当りの注入時間を設定します（図-2）。

また、特定の注入孔へスポット的に滑材注入をする場合の対応として、マニュアル注入方式があります。この方式は、一系統方式と二系統方式の両方に対応可能です。

初期のULISでは流量計の装備がなく、注入時間（5段階）による制御でした。注入孔は10箇所に対応が限度でしたが、バージョンアップを繰り返し現在の最新設備では40箇所まで対応可能になっています。また、注入箇所の増加に合わせて流量計等種々のセンサを装備し注入時間の設定等、掘進状況に合致した細かい選択が可能になっています。参考までに初代の中央集中制御盤を紹介し（写真-5）。



写真-5 初代制御盤

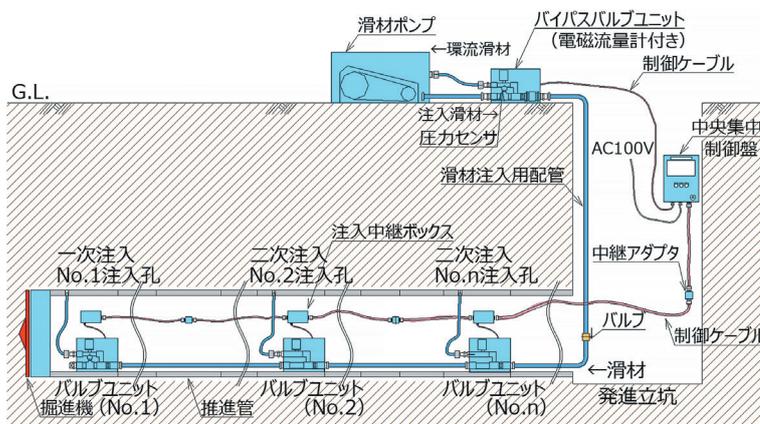


図-1 ULIS概要（一系統方式）

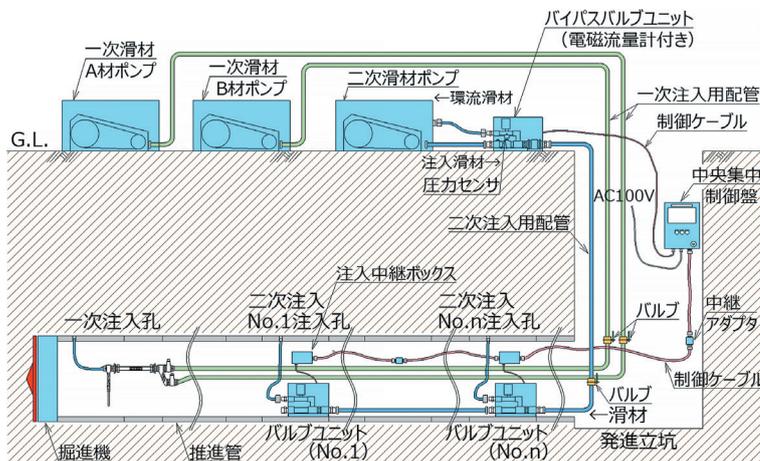


図-2 ULIS概要（二系統方式）

初代の中央集中制御盤は表示モニタも無く、注入箇所をトグルスイッチを手動で選択する方式でした。また滑材注入量管理もできていなかったため、注入プラントでの滑材練り混ぜ注入量で管理するしかありませんでした。

2.3 ULISの優位性

ULISを使用するメリットについては、次のように考えます。

(1) テールボイドを良好な状態で保持が可能

一次注入と二次注入を計画的に、かつ状況に応じて任意の位置に注入することでテールボイドを良好な状態で保持することが可能となり、周面抵抗力の低減と地中環境の保全につながる

(2) 注入量と注入圧力の確実な管理

流量計を装備しているため流量と累計注入量を把握することができる。また、吐出圧と注入圧の上限値の設

定が可能であり、上限値を超えた場合は警報が作動し自動で次の注入孔に切り替わる

(3) 中央集中制御盤による注入作業の軽減

滑材注入に関する全ての設定が中央集中制御盤で可能であり、また注入箇所を中央集中制御盤で選択できるため推進管内作業の軽減につながる

システム開発前の滑材注入については、作業員が管内に入り、注入ホース接続や注入バルブの開閉作業をしていました。

また、筆者も入社して35年の年月が過ぎていますが、入社当時から一緒に現場で働いた方々もかなり高齢になり、狭い管内での作業もかなり厳しくなっていると思います。

中央集中制御盤で自動化された注入方式により、作業員の方々への作業軽減は勿論のことですが、計画的に管内へ多くの推進管位置から注入できるシステムは、推進工の基本であるテールボイドの確保へ有効な方法であると考えられます。

3 ULIS設備の改良

ULISも開発されてから色々と改良を加えてきましたが、交換部品等の製造中止が多くなり、現状では同じ動作ができる信号変換部品や動作部品などを調達しているのが現状です。

新規製作品品に関しては、アルミ部材の導入により軽量化を行い、設置・撤去作業でも管内作業で持ち運びをしやすいよう作業への効率性も図っております。

まだまだ改良の余地もあるとは思いますが、新たな滑材注入システムの開発だけに投資できないのが現状です。

4 おわりに

今回の自動化施工への説明では、既存の設備しか説明できませんでしたが、当社の今後の取組として掘進機操作や元押し・流体などの操作など、自動化施工にむけております。またAI技術導入によるものも候補に上がっております。

近年の建設業では作業員不足や施工管理者不足など労働者不足が深刻な問題となっています。

10数年前より、建設業での機械化や自動化（無人化ダンプやバックホウ自動掘削）など開発・実証・現場施工で進んでおりますが、推進業界も負けていられません。

夢物語から現実化へむけて自動化など進めていかなければ、明るい次世代への引継ぎはできないと思っております。

推進業界が一丸となり、新しい技術や自動化対策を進めていくことを切望いたします。

○問い合わせ先

アルティミット工法協会

<https://www.ultimate-method.jp>

E-mail : info.ult@ultimate-method.jp

[東京事務局]

〒101-0035 東京都千代田区神田紺屋町38

エスポワールビル6F

Tel : 03-5289-4774 Fax : 03-5294-1281

[大阪事務局]

〒553-0003 大阪市福島区福島4-6-31 機動ビル

Tel : 06-6458-7087 Fax : 06-6454-0274

