

フジタ工業 正員 ○秩父顯美 横村 博 本川祥一
同上 正員 角山雅計 小谷勝昭 鎌田正孝

1. はじめに

管径800mm以下の小口径推進工法では、人力による作業が困難なことから、施工の自動化、無人化に対する要求が強い。当社では、管径600mm～800mmの泥水式推進工法を対象として掘進機の自動制御システム、長距離施工技術、切羽前面の土質検知システムを3本柱とする小口径自動推進システムを開発した。本文では、各システムの概要を簡単に述べ、滑材自動注入システムの実施例についてを報告する。

2. 各システムの概要

表-1は自動推進システムの概要を、また図-1はその全体図を示す。

(1) 掘進機の自動制御システム

自動制御システムはレーザートランシットを利用した自動測量の値にもとづき、掘進機の姿勢制御ジャッキを自動的にコントロールするものである。本システムの特徴は、後続推進管の蛇行状態、切羽前方の土質性状等のデータを統計的な手法を用いてリアルタイムに処理し、ジャッキのコントロールにフィードバックさせる点にある。推進計画線に対して±10mm以上の誤差が確認されると修正ジャッキが作動し、約7m先の位置で計画線に戻るように緩やかな軌跡を描きながら修正する。

(2) 長距離施工技術

中押し装置を用いないで、150m以上の長距離推進を可能にするため、スチールワイヤーで端部を補強した推進管と、効果的な滑材の注入が可能な滑材自動注入システムを開発し

表-1 開発項目と内容

開発項目	内 容
掘進機の自動制御	1) 自動測量システム 2) 掘進機自動制御システム
長距離施工法	1) 滑材による摩擦低減効果の向上 2) 管端部補強による管耐力の向上 3) 滑材の自動注入システム
切羽土質検知法	1) 自動土質検知システム
自動推進システム	1) 各システムの統合制御システム

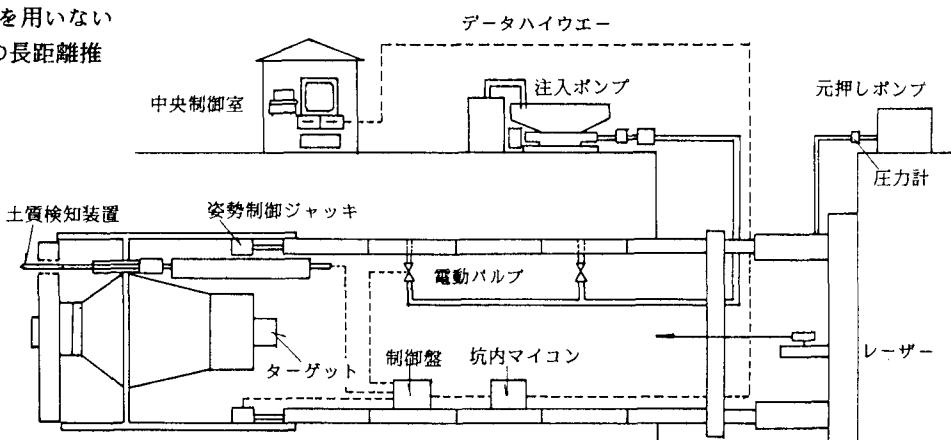


図-1 自動推進システム全体図

た。一般に、推進管の蛇行やカーブ推進などによる偏荷重に起因してひびわれを生ずる場合が多いことから、補強管では端部を重点的に補強した。普通管に比べて1.3～1.6倍の耐力増加を見込めることが確認できた。一方、自動注入システムは電動ボールバルブを用いて自動的に注入するものであり、元押し推進力を常時監視することにより効果的な滑材の注入管理が可能となった。

(3) 土質検知システム

密閉型の掘進機では切羽前方の地盤を目視できないため、地盤の変化に迅速に対応した施工管理が困難である。そこで前方の地盤性状を掘進以前に検知するシステムを開発した。本システムは掘進機内に取り付けたコンパクトな貫入装置を用い、3成分コーン（先端抵抗、周辺摩擦、間隙水圧）を前方の地山に貫入して地盤の土質性状を推定するものである¹⁾。

3. 実施例

滑材の自動注入システムを、実際の工事に適用した結果について述べる。

(1) 工事概要

工事は下水道管布設のための推進工事で管径2400mm、延長219.2mである。掘削対象地盤の地質は砂、シルトを主体とした海成洪積世で、成田砂層と呼ばれている。地盤のN値は8~14程度であり、比較的自立性が良く、また地下水位も低い位置にある。このため開放型の刃口推進工法が採用された。管径、工法ともに開発の対象とは異なっているが、滑材の摩擦低減効果に関しては同じであると考え、当システムを適用した。下水道協会式で算定した計画推進力が2795t（滑材効果30%）であるのに対して、支圧壁の許容耐力が1000t（管の許容耐力は2553t）と小さいため、中押し装置を二段計画した。

(2) 滑材注入方法

表-2は滑材注入方法を示す。注入は、室内で行った注入模型実験から得られた注入量～滑材形成率、滑材形成率～摩擦低減率、滑材効果の経時変化等の関係を用い、所要の効果が得られるように計画した。計画に当たり、注意したことは、滑材の効果が時間の経過とともに減少する点である（図-2）。これは地下水による滑材の希釀、地山への逸散等によると考えられ、実験では注入後48時間放置すると、実に40%近く効果が減少した。

(3) 推進結果

図-3は推進を開始してから終了するまでの推進力を、元押しジャッキから測定したものである。注入を開始してからの推進力は500t~950tの範囲であり、支圧壁の許容耐力1000t以内で推進を完了できた。ただし、推進距離が180mをこえた地点からは、長時間作業を休止すると推進力が増大し、管と地山との摩擦を切るために11本目に取り付けた中押し装置で、作業開始前に10cm程度押す必要があった。また推進力が許容値の80%を越えると、注入計画を変更して全てのバルブから注入を開始し、80%以内になると再び元の注入方法に戻るようになっている。このため当初の予定より1.5倍の注入量が必要となったが、ほぼ全長にわたって元押しジャッキのみで推進でき、全体的には工期の短縮により経済的な施工ができた。

4. おわりに

小口径推進工事は、比較的工事の規模が小さく、工期も短かいものが多い。このため、全てのシステムを同時に適用することはなかなか困難であり、個々のシステム毎に適用せざるを得ない状況である。今後は個々のシステム毎に施工実績を積み重ね、その実用性を高め、全体のシステムを完成させていく必要があると考えている。

参考文献 1)室町忠彦他. (1981);3成分ヨン貫入試験から土質判別する方法、第17回土質工学研究発表会

表-2 注入方法

項目	注入方法
位置	真上
間隔	管5本ピッチ
回数	1回/日
1日当たりの注入量	500ℓ/箇所
注入方法	繰り返し注入

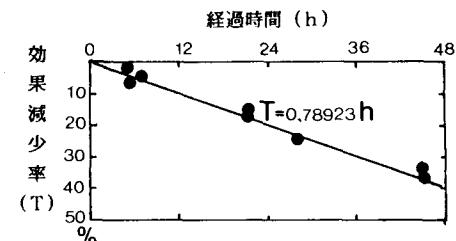


図-2 低減効果の経時変化
(室内模型実験)

$$\text{摩擦低減率} = \frac{\text{注入前の摩擦力} - \text{注入後の摩擦力}}{\text{注入前の摩擦力}}$$

$$\text{滑材効果減少率} = \frac{\text{経時後の摩擦力} - \text{注入直後の摩擦力}}{\text{経時後の摩擦力}}$$

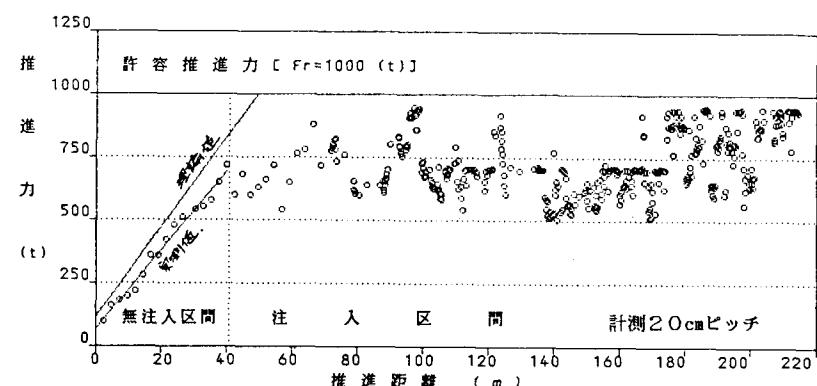


図-3 推進力-推進距離測定例