

VI-31 極小口径の急曲線推進工法の開発

（株）クボタ 正会員 壁内輝夫
 東京電力（株） 山口哲
 東京電力（株） 吉田重喜
 古河電工（株） 藤井茂

1. はじめに

過密都市において実施する地下埋設工事は、幅狭した地下埋設物や地上交通等に影響を与えることなく施工することが必要である。特に、口径の小さい管路においては地表面に近い部分に敷設されるため、障害物が多く、これを回避するため小さなカーブを切れる非開削工法の開発が望まれている。

今回、新しい発想に基づいた極小口径（最大口径65mm）の急曲線推進工法（最小半径5m）の原理モデルを開発したのでその概要を報告する。

2. 工法の概要

2.1 開発目標

- ① 曲率 $R_{min} = 5\text{ m}$, 90°
- ② 敷設精度 $\pm 200\text{ mm}$ 以内
- ③ 適応口径 $\phi 65\text{ mm}$ 以下
- ④ 推進長 30 m
- ⑤ 適応土質 埋め戻しの砂地盤
(N値15~20)

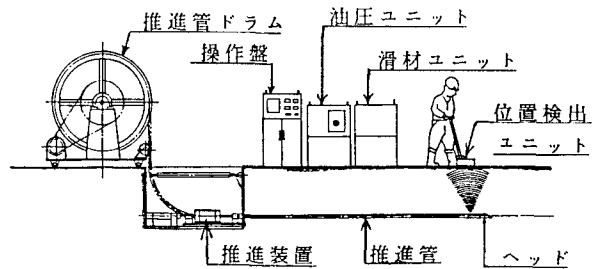


図-1 工法概念図

2.2 工法の概要

本工法は、ヘッド先端部に設けられたテーパ面にかかる土圧を利用して、方向修正を行う圧密工法である。埋設管は到達坑にヘッドが到達後、治具を介してヘッドに取り付けられ、ヘッドの引き戻し回収時に引き込まれる。

方向制御は、地上の計画線上を移動する位置検出ユニットと、ヘッドに内蔵されたセンサでヘッド位置と姿勢角を検出し、そのデータに基づいてヘッド内部の回転機構により、テーパ面の設定位置を変化させて行なう。（図-1参照）

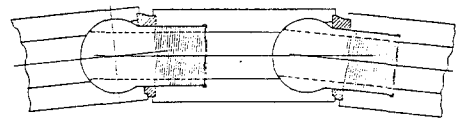


図-2 推進管

3. 要素技術の開発

3.1 推力の伝達と曲線への追従性の確保

ヘッドに続く推進管は、推力の伝達と曲線への追従機能を持たせるために、剛性の短管と球面継手の組み合わせ構造とした。（図-2参照）

また、ヘッドのステアリング能力に影響を与える要因としては、

- ① ヘッドの長さや先端部のテーパ角度
- ② 推進管の長さや最大屈曲角度

があげられる。

これらの諸元は基礎実験により適性値を絞り込んだ。例えば、図-3に推進管の長さによる最小曲率半径の変化を示すが、推進管長は短いほど曲率は小さくなる反面、逆に座屈が発生しやすくなり、その結果、推進管の破損の可能性が大きくなる。

本機では、300mmを採用した。

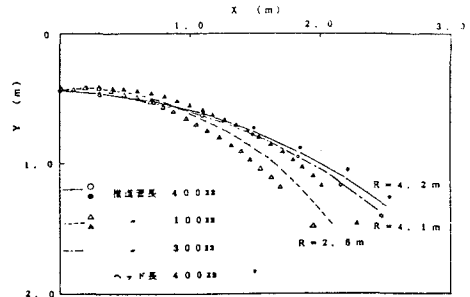


図-3 最小曲率の変化

3. 2 推力低減法の開発

圧密推進における推力Pは、図-4に示す様に考えられる。従って推力を低減させるには、

①第1, 第2項に関連する圧入抵抗を低減する。

②摩擦係数を小さくし管周面摩擦力の低減を図る。の2通りが考えられる。特に、急曲進特有の問題として①の圧入抵抗が大きく影響する。このため、ヘッド先端部テーパ面に突出機構を組み込み、圧入抵抗による管周面摩擦力を低減させながら推進する方式を開発した。(低減効果30%)

また、②については滑材を用いた。

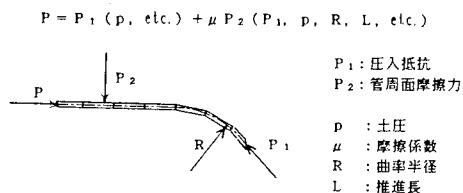


図-4 圧密推進における推力

3. 3 計画線への追従制御技術の開発

① 方位角及びヘッド位置検出ユニットの開発

計画線への追従には、位置及び姿勢角検出が重要である。今回、ヘッド外周に巻き付けられたコイルから発生する磁界を、地上部の位置検出ユニット内の複数の受信コイルにより磁界強度を計測し、演算処理して方位角及び位置を求める方式を開発した。

② 制御アルゴリズムの開発

制御シミュレーション、ヘッドのステアリング性能の検討より、曲進部で位置及び姿勢角の目標値をずらす、バンドシフト方式を開発した。

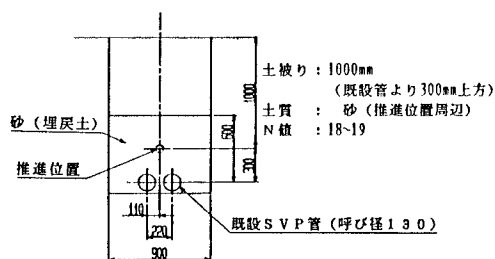


図-5 推進位置及び土質条件

4. フィールドテスト

4. 1 実験条件

図-5に推進位置及び土質条件を示す。

4. 2 実験結果

図-6に推力のデータを示すが、最大推力は8tonであった。なお、先端部の突出機構は曲進部(推進長2.2mの地点)より使用した。

図-7に推進軌跡及び埋設管(φ65mm塩ビコルゲート管)位置の計測データを示すが、どちらも±200mm以内に入っており、到達精度は右40mm, 下20mmであった。

また、ヘッドの圧入による地表面の変位及び既設パイプの発生応力についても問題ない範囲であることが確認された。

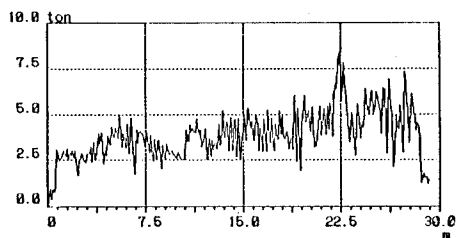


図-6 推力データ

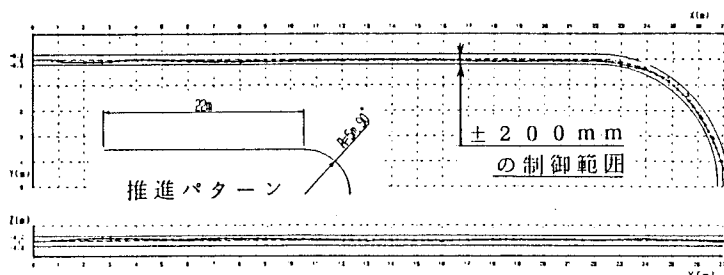


図-7 推進位置及び埋設管位置

5. まとめ

以上のフィールドテスト結果から本工法により開発目標が達成できることが検証された。しかし、現段階では、単に原理モデルが開発されたにすぎず、実用化に向けて多くの課題があり、今後更に研究開発を進めていきたい。