

実測データによる推進工法の推力算定モデルの検証

地盤工学研究室 潘 少雄
指導教員 杉本 光隆

1. はじめに

推進工法は管を地中に押込んで管路を形成するため、推進諸抵抗の中で推進力に最も影響を与える要因は、管と地山との摩擦抵抗であると考えられる。このため、余掘りが推進力へ与える影響は非常に大きいと考えられる。しかし、推進力算定の従来モデル¹⁾では、地盤とトンネルとの間の隙間と無関係に推進力が定まるため、摩擦抵抗と付着力に大きな影響を与えると考えられる余掘りを考慮することができない。その代わりに、土圧としては緩み土圧を用い、推進力低減係数 β を土質別に与えている。

既往の研究で、開発した余掘りを考慮できる推力算定モデルにより、仮想現場の条件で合理的な力学挙動を表現できることを確認した。本研究では、実測データを用いて本解析モデルの妥当性を検証する。

2. 推進力算定モデル

解析では、推進管を半径方向 32 本の地盤ばねによって支えられる曲面シェル、推進管継手部を圧縮ばねとせん断ばね、先端抵抗(マシンコネクション)を圧縮ばねとせん断ばねとしてモデル化した。また、管周面抵抗を表現するために、管と地盤の間にインターフェイス要素(Mohr-coulomb モデル)を設定した。

3. 現場概要

図-1 に解析モデルを、図-2 に解析現場の平面図を示す。現場の土質は洪積粘性土で N 値=6~15、内部摩擦角 $\phi=0^\circ$ 、粘着力 $c=168(\text{kN/m}^2)$ で、推進管は管長 $L=2.43\text{m}$ 、呼び径 3000mm である。解析延長は推進管 28 管分で、第 1 曲線部を含め 69.12m である。曲線半径 $R=200\text{m}$ 、曲線始点は Pipe6 の近傍、曲線終点は Pipe21 の近傍である。

4. 入力データ

この解析では推進管が正しく計画線形を描くことが非常に重要である。そこで、任意の計画線形を描けるように、汎用有限要素法解析ソフト DIANA のデータファイル作成 PG を改良した。

5. 解析手順

(1)線形の判定

まず 初めに、線形が直線か曲線かを判定し、直線

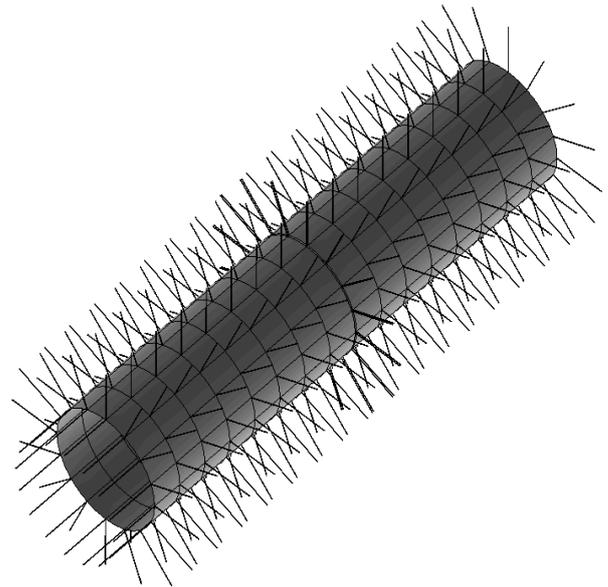


図-1 解析モデル

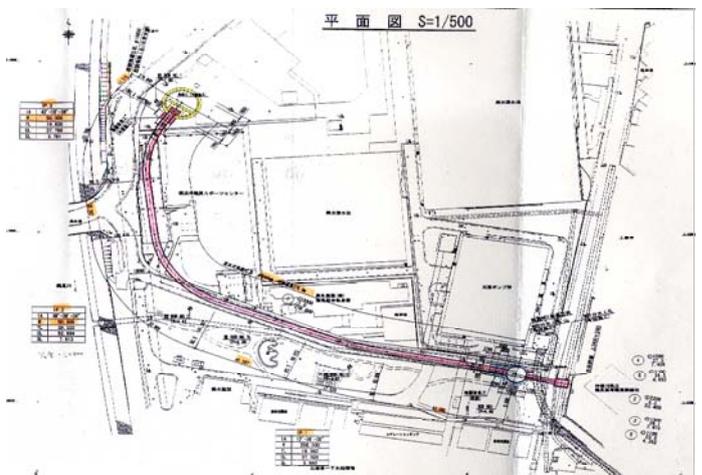


図-2 実現場平面図

の場合は直線部全てに管を配置、地盤ばねに初期土圧を載荷する。曲線の場合は、前の管の延長線上に推進管を 1 管ずつ設定し、初期土圧と計画線形に合うように強制変位を推進管に与える。

(2)マシンコネクションの設定

手順(1)の方法で計画線形全てに管を設定したら、次に先頭管の前にマシンコネクションを設定し、最後に最後尾の管に推進力を働かせる。

6. 解析結果

推進管周りの地盤反力分布と地盤変位を図-3 に示す。地盤変位分布より、①曲線部では、曲線内側で

は管の中央部、曲線外側では管の端部でトンネル外側に変位していること、②曲線始点手前では曲線外側に、曲線部の始点と終点では曲線内側に、曲線中央部では曲線外側に、曲線終点后では曲線外側に、変位していること、③管が切羽に近づくにつれて外側に押し込む変位が減少していることがわかる。これらは、以下のように考えられる。①緩衝材の剛性が高いため、曲線内側では管中央部が地山に近づき、曲線外側では管端部が地山に近づくこと、②緩衝材の剛性が高いため管が掘削面内で曲がりにくいこと、推進力が作用していること、③管の周面摩擦により推力が切羽に近づくにつれて減少するために管を曲線外側へ押し込む力が弱くなること。地盤反力分布は地盤変位分布と対応している。

図-4 に Pipe 毎の周面抵抗力を示す。この図から、①曲線部では周面抵抗力は Pipe7 で最大となり、曲線部終点となる直前の Pipe19 までは、周面抵抗力が減少すること、②第 1 直線部、第 2 直線部では周面抵抗力がばらつくこと、がわかる。これらは、以下のように考えられる。①曲線部の Pipe7 では、管が曲線内側に押し付けられるので、地盤反力が大きくなり、周面抵抗力が大きくなること、②周面抵抗力は地盤反力により決まるので、地盤反力分布に対応していること。

図-5 に緩衝材による水平モーメントを示す。この図より、緩衝材による水平モーメントは、直線部から曲線部に近づくにつれて増加し、曲線部では左向きモーメントが発生する。Pipe7-8 間で最大値 -4063kN・m となることがわかる。これは曲線部では、管の折れ角が右向きとなるので、これに対抗して左向きモーメントが発生すること、特に Pipe7~8 では、管が曲線内側に押し付けられていて、ほかの部分より折れ角が大きくなり、大きな水平モーメントが発生するためである。

7. まとめ

実現場を対象とした解析の結果により、推進力が作用した時の管周面変位分布、地盤反力分布、推進力、管周面抵抗力などを合理的に表現できることを確認した。

今後は、今回開発した入力データ作成 PG を三次元に拡張するとともに、より多くの実測データをもとに本解析モデルの妥当性を検証する必要がある。

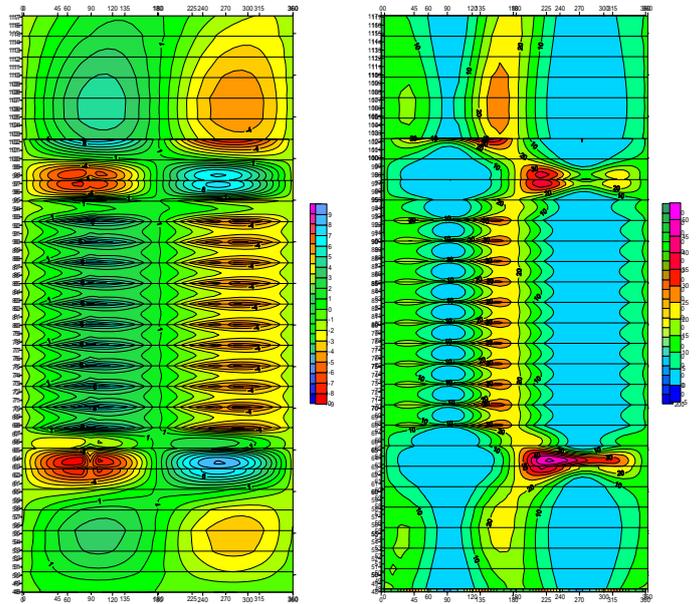


図-3 地盤変位分布(左)および地盤反力分布(右)

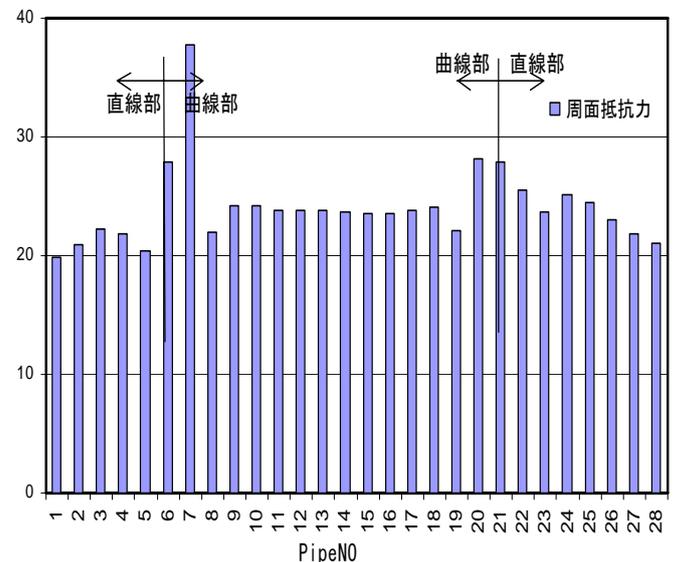


図-4 Pipe 毎の周面抵抗力

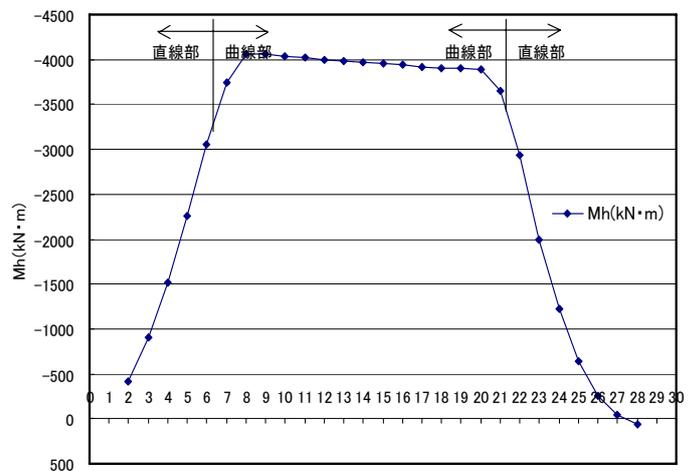


図-5 緩衝材による水平モーメント