

管路解析モデルを用いた現場計測結果の数値解析による推進管挙動に関する研究

1. 1. 研究の背景

推進工法の管路の設計において管種の選択や推進設備の検討の際、推力を精度良く算定することは安全性や経済性の面で極めて重要となる。ここに、日本下水道協会では、いくつかの推進力算定式を提案しており、広く用いられている。しかし、推進力算定式より求めた推進力と、現場実測値には大きな隔たりがあるという報告が多く見られる。

推進工法における推力は、先導体先端部の地山への貫入あるいは掘削による抵抗と外周面が地山と接触する際の摩擦や付着力、管の自重による管と土との摩擦の和に見合う力で、推進諸抵抗値の総和となる。推進工法は管を地中に押込んで管路を形成するため、これらの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。推進工法では、先導体による掘削は管外形よりも大きく、管と地山との間に余掘りが生じる。地山に管を圧入するという推進工法の機構上、この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における土圧の考え方は、地盤とトンネルの間に隙間が無く、静止土圧がかかるものと仮定している。そのため、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が、合理的とは言えない。

1. 2. 本研究の目的

推進工法における推力算定の従来モデルは、静止土圧が推進管にかかるものとしており、推力に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。

既往の研究において余掘りを考慮できる全周地盤ばねモデルを用いて管路解析モデルを開発し、パラメータスタディにより、このモデルは合理的に力学挙動を表現できることを確認した。ここで、様々な地質やトンネル掘削条件等で解析を行い、モデルの妥当性を検証する必要がある。そのために、本研究では軟弱な粘質土における推進工法現場で施工時の推進管の挙動及び推進管作用土水圧の計測と、全週地盤ばねモデルの解析結果とを比較する。

2. 現場概要

本工事は新潟市白根水道町ポンプ場放流渠建設の工事であり、呼び径 3500mm の超大口径、曲線半径 $R=200\text{m}$ 、推進延長 224.460m の管路を、泥土圧式分割式推進工法で、地下水位以下の粘質土地盤に、土被り 4.80~9.0m で構築する。敷設推進管は No.28 から No.88 号管である。現場計測項目には、通常計測する掘進データの他に、掘進機の位置・方位角、推進管の位置・方位角、推進管の内空変位、計測管後端継手部の目開きである。

3. 1 管路解析モデル

本研究では、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する。また、管周面摩擦を表現するために、管と地盤の間にインターフェイス要素(Mohr-coulomb モデル)を設定する。推進管 1 本の構成要素は推進管、地盤、推進管継手部、管週面抵抗力とマシンコネクションである。

4.1 地盤反力曲線による余掘りの評価方法

本解析に用いる地盤ばねの特徴は以下のとおりである。

- ① 設計土圧と地盤反力の合計（作用土圧）が引張側にならない範囲で作用する。すなわち、地盤反力の作用する方向は、地盤が圧縮側となる場合のみだけでなく、地盤が引張側となる場合にも作用するものとする。
- ② 地盤ばねは、非線形ばねとする。

推進工法の施工では、余掘りにより推進管と地山の上に隙間ができ、その隙間に摩擦を低減するための滑材を注入するのが一般的である。このため、推進管にかかる作用土圧は静止土圧より小さくなる。余掘りの影響を表現するためには、地盤が変位した時に設計土圧が作用するように、土圧係数をシフトして設定する。

5-1 解析結果

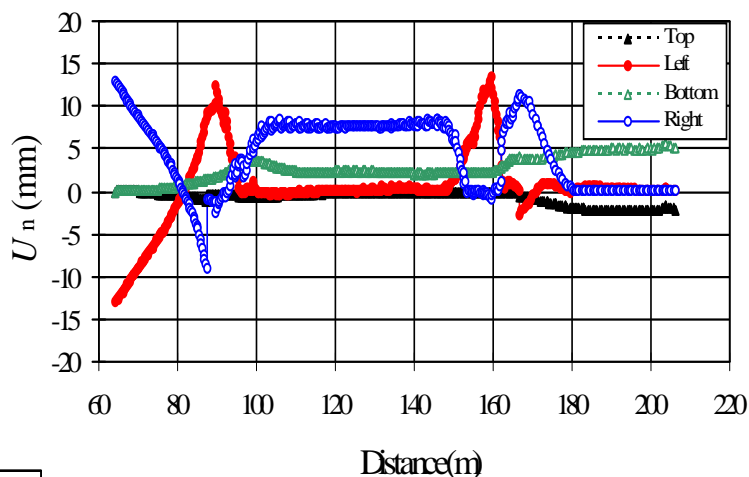
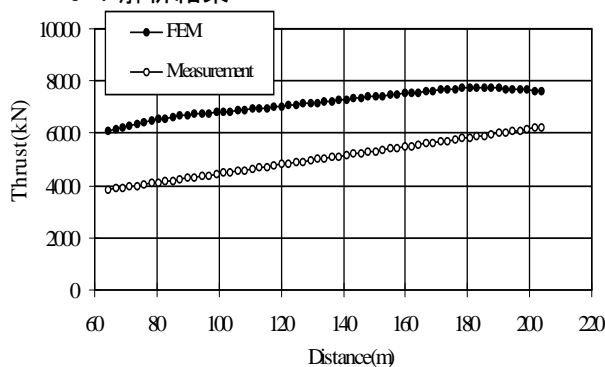


図-1 推力の解析値と計測値の比較

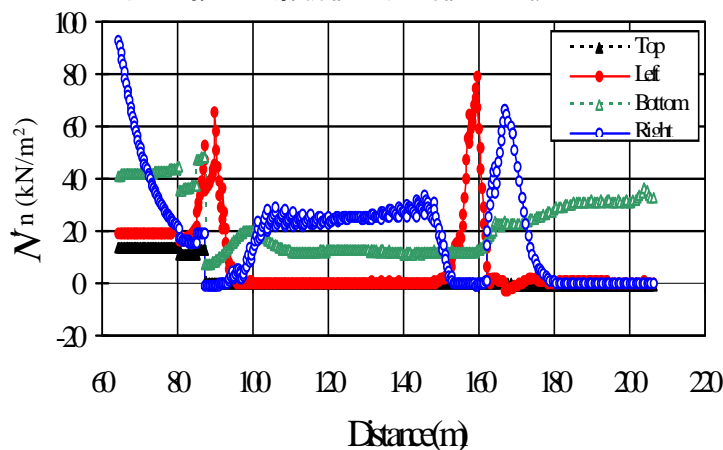


図-3 推進管における地盤反力の分布

図-2 推進管における地盤の変位

解析結果は現場計測値と同様傾向の推力を示す。そして解析の示す推進管の地盤反力と変位の分布は BC と EC において内側に、曲線区間では外側の変位が発生している。

5-2 結論

本解析は現場計測値を再現し、推進管の挙動を合理的に表現できる

5-2 参考文献

- 1) 日本下水道管渠推進技術協会：推進工法講座 基礎知識編，2004.
- 2) Mitsutaka Sugimoto, Auttakit Asanprakit: Stack pipe model for pipe jacking method *ASCE* (2010)