

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

長岡技術科学大学 学生会員 ○赤井勇司

長岡技術科学大学 学生会員 Akatwijuka Ronald

正会員 杉本光隆

1. はじめに

推進工法の管路の設計において、管種の選択や推進設備について検討する際に、推力を精度良く算定することは安全性や経済性の面で重要である。

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地盤との摩擦などの、推進諸抵抗値の総和である。

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、これによりできる管と地山との隙間を余掘りという。地山に管を圧入するという推進工法の機構上、余掘りが推進力へ与える影響は大きいと考えられる。

従来の推進力算定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、静止土圧が管に作用すると仮定している。その代わりに、土圧として緩み土圧を用い、推進力低減係数 β を土質別に与えている。しかし、この方法では、余掘りを直接考

慮することができず、合理的とは言えない。

著者らは、余掘りを考慮できる全周地盤ばねモデルを用いた管路解析モデル¹⁾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。本研究では、本モデルの妥当性を検証することを目的として、軟弱粘性土の推進工法現場における、推進管の挙動および推進管作用土水圧の現場計測結果と、管路解析モデルの解析結果とを比較した。

2. 現場概要

検討対象の現場は放流渠建設工事である。本工事の概要を以下に示す。

- ・推進工法：泥土圧式分割式推進工法
- ・推進管：呼び径 3500mm
曲線半径 R=200m
推進延長 224.460m
- ・地盤：粘性土地盤
- ・土被り：8～9m（地下水位以下）

計画線形を図1に示す。解析対象は、曲線部とその前後の直線部に位置する敷設推進管 No.28 から No.88 である。

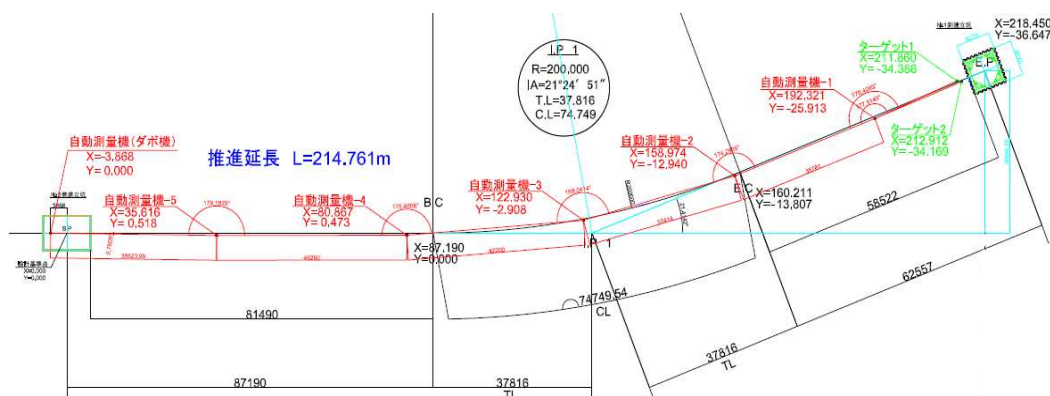


図1 計画線形

キーワード 管路解析モデル, 全周地盤ばね, インターフェイス要素

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-6309

現場計測項目は、掘進機の位置・方位角を含む通常の掘進データである。

3. 管路解析モデル

(1) 解析モデル

本研究では、推進管を周方向に 32 本の地盤ばねによって支えられるシェル要素、推進管継手部と先端抵抗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)を設定した。推進管の構成要素は、推進管、地盤、推進管継手部、先端抵抗、管周面抵抗である。

(2) 地盤反力曲線による余掘りの評価方法

地盤反力曲線は、トンネル掘削面と推進管外周面との距離と推進管に作用する土圧の関係を表している。本解析に用いる地盤ばねは、地盤反力曲線を表現するもので、以下の特徴を有する。

- 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。
- ② トンネル掘削面変位が 0 のとき、土圧は静止土圧である。これを表現するために、地盤ばねに静止土圧相当の初期荷重を導入する。
- ③ 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間に隙間ができ、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、余掘りに相当する初期変位を、強制変位として地盤ばね外周面に導入する。

4. 解析結果

図 2 に推力の解析値と計測値を示す。この図から、推力の解析値は計測値を表現できている。

図 3 と図 4 に推進管の計画線形からの偏差 U_n と地盤反力 σ_n の解析値を示す。なお、 U_n と σ_n は、それぞれがトンネル外側に圧縮である。

これら図から以下のことがわかる。

- ① 推進管右端（曲線外側）の位置 U_n は、BC と EC では計画線形より曲線内側となり、曲線区間で曲線外側となる。左端の位置は、BC と EC で曲線外側となり、曲線区間でほぼ 0 となる。
- ② 推進管右端（曲線外側）の地盤反力は BC ではほぼ 0、曲線区間では圧縮側となる。推進管左端（曲

線内側）の地盤反力は、BC と EC で圧縮側となり、曲線区間でほぼ 0 となる。

- ③ U_n と σ_n は対応関係にある。

5. まとめ

今回の解析結果から、本解析モデル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ことがわかった。

参考文献

- 1) M. Sugimoto, A. Asanprakit: Stack pipe model for pipe jacking method, J. of construction engineering and management, ASCE, Vol.136, No.6, pp.683-692, 2010.

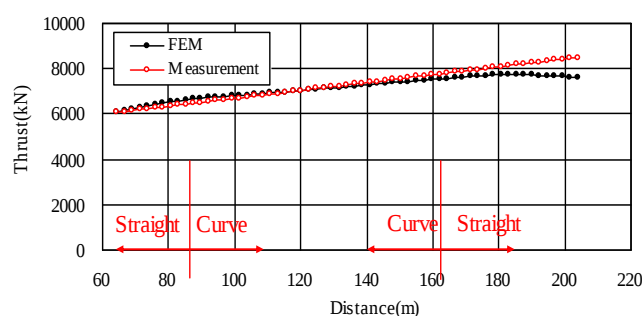


図 2 推力の解析値と計測値

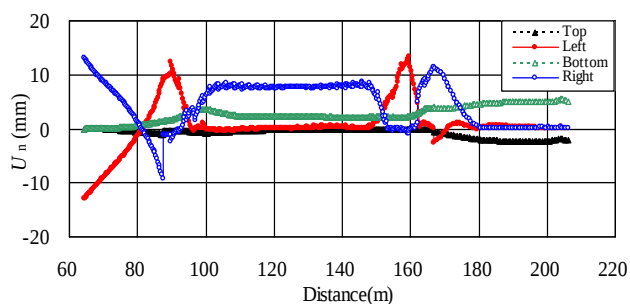


図 3 地盤変位分布

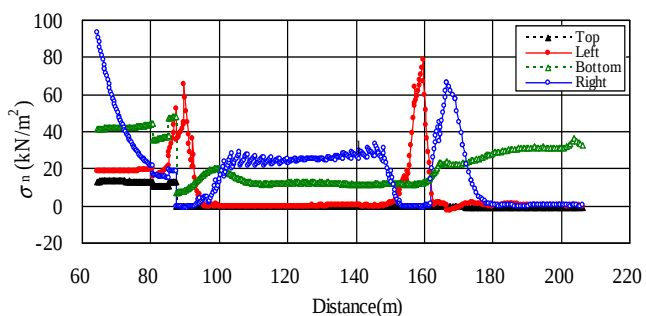


図 4 地盤反力分布