

推進工法の推力算定に関する研究

地盤工学研究室 藤井 良大
指導教官 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、推進力低減係数を土質別に与えている。

本研究では既往の研究²⁾において開発した余掘りを考慮できる全周地盤ばねモデルを用いて解析モデルを開発し、解析結果を力学的に検証することで、提案する推力算定モデルの妥当性を検証する。

2. 推進力算定モデル

解析モデルは、推進管を半径方向 16 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. 解析条件

図-1 に解析モデルを示す。開発した推進力算定モデルの妥当性を検証するために、以下に示すような仮定の現場を設定して検討を行った。土質は粘性土で N 値=5。推進延長は推進管 20 管分で直線部 8.55 m、曲線部 40.335 m、 $R=100$ m、中心角=22.5°、曲線始点は Pipe4 の中心とした。推進管は管長 $L=2.43$ m、呼び径 1000 mm とした。

4. 解析結果

(1) 地盤変位・地盤反力分布

図-2 に法線方向地盤変位・地盤反力分布を示す。この図より、次のことがわかる。1) 曲線始点部 Pipe4

で曲線内側に大きく変位している。2) 曲線外側では管端部で地盤反力が大きくなっている。3) 切羽に近づくにしたがって外側への地盤変位が小さくなっている。これらは次のように考えられる。1) 推進管継手部の剛性が高いため曲線始点部で内側に変位している。2) 曲線を通過する場合、管の剛性が高いため曲線外側では管端部が地山にあたり中央部で隙間ができるため管端部に土圧が集中する。3) 管の周面抵抗により、切羽に近づくにつれて推力が減少し、管を曲線外側に押し込む力が弱くなる。

(2) 管端部土圧分布(曲線最大土圧部)

図-3 に地盤反力が最大となる推進管の曲線外側管端部の地盤反力分布を示す。今回のケースでは、偏圧分布長は従来設計に用いられている $1/4L$ よりも長い $3/8L$ となり、分布形状は 2 次曲線分布となった。

(3) 管軸方向応力分布

図-4 に曲線始点部での管軸方向応力分布を示す。曲線内側で圧縮応力が作用しているのは、曲線推進時は管の曲線内側で推力が伝達されるためである。そのため、曲線内側で応力集中を生ずる。これに伴い、管は曲げを受けるため、曲線外側では引張応力が作用すると考えられる。

(4) 管周面抵抗力

表-1 に従来モデルおよび本解析モデルで算出した



図-1 解析モデル

周面抵抗力を示す。従来モデルでは 566 kN、本解析モデルでは 1260 kN となり従来モデルの約 2 倍となった。従来モデルは余掘りを緩み土圧と推進力低減係数で、滑材による摩擦低減を μ' とで評価しているが、本モデルでは余掘りを地盤ばねで評価し、滑材による低減を μ' のみで評価している。このため、大きい周面抵抗力となったと考えられる。また、 $\mu' = 1$ を考えない場合 ($\mu' = 1$) は 1620 kN と、本解析モデルの方が小さくなり、本解析モデルが余掘りの効果を表しているといえる。したがって、滑材による摩擦低減を考慮した μ' を設定するとともに、今後多くのケーススタディーを行う必要があると考える。

5.まとめ

本研究により以下の結論を得た。

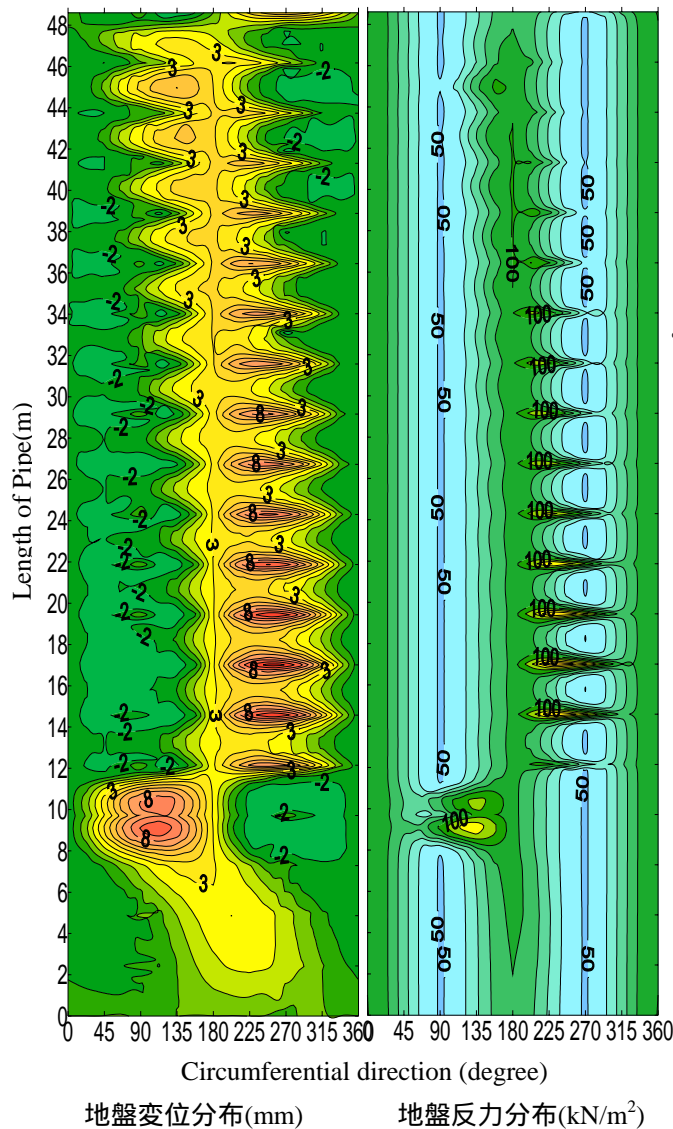


図-2 地盤変位分布と地盤反力分布

- 1) 合理的な推進力算定解析モデルを開発した。
- 2) 本解析では曲線部の管端部にかかる偏圧は、分布範囲が従来設計に用いられている $1/4L$ から $3/8L$ に、分布形状が三角形分布から 2 次曲線分布となった。
- 3) 滑材による摩擦低減を考慮した μ' を設定する必要がある。

参考文献

- 1) 社団法人日本下水道協会：下水道推進工法の指針と解説，社団法人日本下水道協会，2000.
- 2) 岡崎麻里・杉本光隆・A.Sramoon：大深度地下シールドトンネル用セグメントの設計方法に関する一考察，第 58 回土木学会年次学術講演会講演概要集，-433,2003.9.

表-1 周面抵抗力

	従来モデル		本解析モデル
	$\mu' = 0.35$	$\mu' = 1$	
周面抵抗力 F_2 (kN)	566	1620	1260

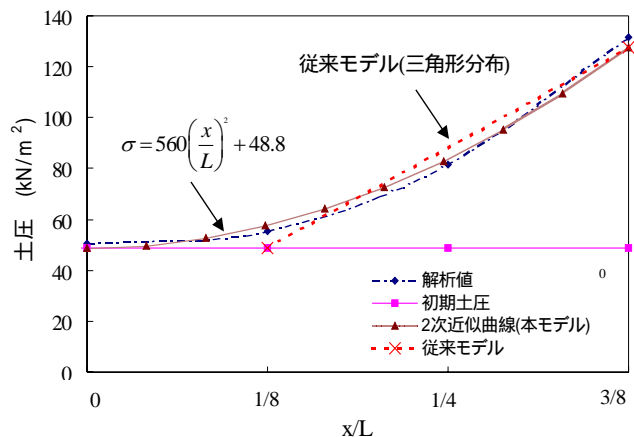


図-3 管端部土圧分布(曲線最大土圧部)

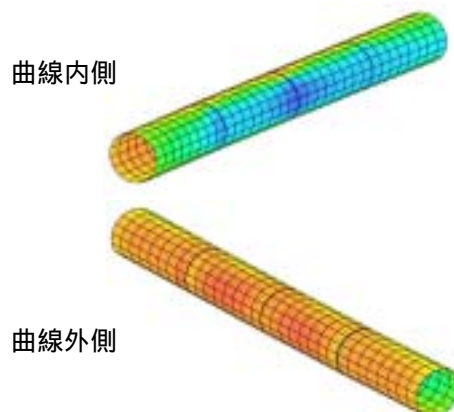


図-4 管軸方向応力分布