

管路解析モデルによる施工条件が 推進力・推進管作用土圧に与える影響評価

地盤工学研究室
指導教員

品田 悟
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。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。

既往の研究²⁾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、実測データを用いて管路解析モデルの妥当性を検証した。

本研究は、その管路解析モデルを用いて、推進工法に関するパラメータスタディを行い、各パラメータが推進力・推進管作用土圧に与える影響を評価し、推進管の設計条件や、推力伝達材の最適仕様、最適施工条件について検討することを目的とする。

2.推進力算定モデル

図1に解析モデルを示す。解析では、推進管を半径方向32本の地盤ばね(図2)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

推進管は管長 $L=2.43\text{m}$ 、呼び径 3250mm 、厚さ

250mm である。解析延長は推進管28管分で、第1曲線部を含め 19.2m である。曲線半径 $R=50\text{m}$ 、曲線始点はPipe6の近傍、曲線終点はPipe18の近傍である。

4.標準値による解析

法線方向地盤変位分布を図3に示す。図から以下のことがわかる。曲線部の始点と終点では、推進管は曲線内側に変位している。曲線中央部では、推進管は曲線外側に変位している。曲線部では、曲線内側では推進管の中央部、曲線外側では推進管の端部で推進管はトンネル外側に変位している。推進管が切羽側に近づくにつれて

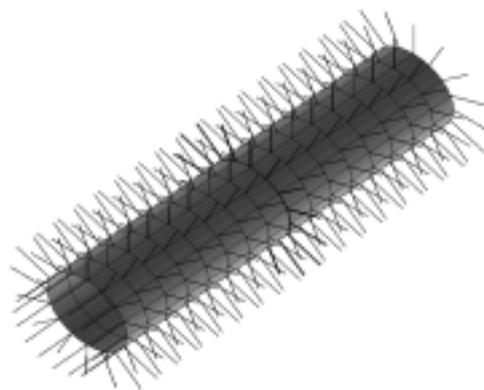


図1 解析モデル

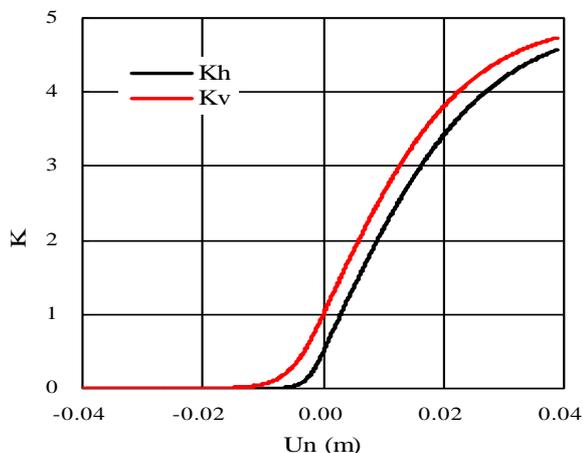


図2 地盤ばね特性

外側に押し込む変位が減少している。推進管は、全体的に上に変位し、上部で受働状態に、下部で主動状態となっている。なお、発進立坑では、推進管の軸直角方向変位を拘束しているため、変位は0になっている。推進管の上下の距離が縮まり、左右の距離が伸びていることから、推進管は、横長に変形している。また、先端では、円形を保持している。

これらは以下のように考えられる。

は、緩衝材の剛性が高いため、推進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のためである。は、推進管の剛性が高いため、曲線内側では推進管中央部が地山に近づき、曲線外側では推進管端部が地山と接触するからである。は、推進管の周面摩擦により推力が切羽に近づくと減少するために推進管を曲線外側へ押し込む力が弱くなるためである。は、浮力のためである。は、推進管に接触されているためである。

5. パラメータ

管路解析モデルを用いて表 1 パラメータ解析を行うことにより、各条件が推進力・推進管作用土圧に与える影響を評価する。

6. 解析結果

各パラメータの中で、パラメータの影響が顕著にみられた、余掘り量 U_{n0} の解析結果について述べる。余掘り量 U_{n0} を 5mm, 15mm とした解析結果の内、法線方向地盤変位分布を図 3, 4 に、推進力を表 2 に示す。これらの図表より以下のことが分かる。 U_n : U_{n0} が大きくなると、上部 U_n が増加し、その他の所で U_n が小さくなる。 F_R, F_J : U_{n0} が大きくなると、 F_R, F_J が減少する。これらは以下のように考えられる。

U_{n0} が増大すれば、幾何学的に U_n が減少する。

図 2 に示す地盤反力曲線からわかるように、 U_n が減少すれば、地盤反力 σ_n が減少する。その結果、 F_R, F_J も減少する。

7. まとめ

各パラメータスタディを行った結果管路解析モデルは、推進管周面変位分布、推進管周面地盤

反力分布、推進力、推進管周面摩擦抵抗力、継手部モーメントを合理的に表現できると確認した。

解析結果から、余掘り量は推進管周面抵抗に大きく影響することがわかった。

表 1 パラメータ

Case No.	条件	パラメータ	値
case 1	地盤条件	地盤反力係数 k (MN/m ³)	3, 8, 15, 30, 50
case 2		側方土圧係数 K_{H0}	0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00
case 3	推進条件	土被り h (m)	1D, 2D, 3D
case 4		余掘り U_{n0} (m)	0.005, 0.010, 0.015
case 5	構造物条件	管周面摩擦係数 μ	0.01, 0.05, 0.1, 0.2
case 6		EPS発泡倍率 FJ	2.0, 3.0, 4.0, 5.0
case 7	管路条件	緩衝材配置 (deg)	45, 67.5, 90
case 8		直進部の長さ L_s (m)	5, 10, 20
case 9	推進管条件	曲線中心角 α (deg)	10, 30, 60, 90
case 10		平面曲線半径 R (m)	50, 70, 90, 120, 150
case 11	推進管条件	推進管長さ L (mm)	400, 600, 800
case 12		推進管厚さ t (mm)	200, 250, 300

注: 下線は標準値を示す。
D = 推進管外径

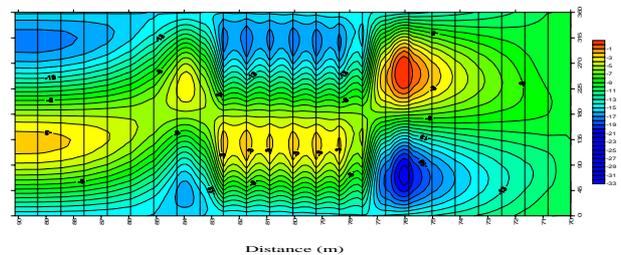


図 3 法線方向変位 ($U_{n0}=0.010m$)

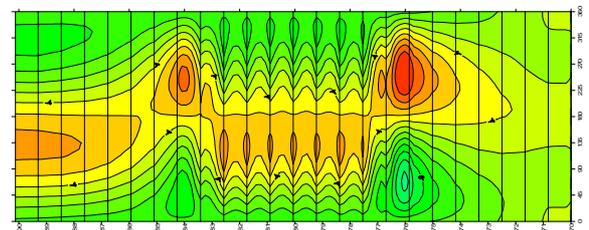


図 4 法線方向変位 ($U_{n0}=0.005m$)

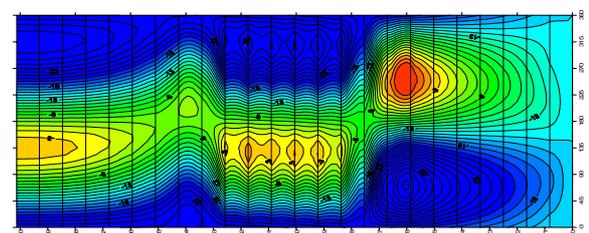


図 5 法線方向変位 ($U_{n0}=0.015m$)

表 2 推進力一覧

余掘り量	ジャッキ力 F_J	先端抵抗 F_f	推進管周面抵抗 F_R	F_R/L	F_R/A
m	kN	kN	kN	kN/m	kN/m ²
0.005	1457.02	1142.72	314.30	16.37	1.60
0.010	1265.18	1145.28	119.90	6.25	0.61
0.015	1227.07	1147.84	79.23	4.13	0.40