

推進管挙動に関する現場計測結果の数値解析

長岡技術科学大学 学 ○岩田諒介, 東川正和, Le Gia Lam

長岡技術科学大学 正 杉本光隆, 福田組 石塚千司

1. はじめに

推進工法における推進力は、掘進機先端部の地山への貫入あるいは掘削による抵抗と、推進管外周面と地山の摩擦等の推進抵抗の総和である。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、推進管と地山との摩擦抵抗である。推進工法では、先導体による掘削径は管外径よりも大きく、これによりできる推進管と地山との隙間を余掘りという。地山に推進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いては、余掘りを緩み土圧と低減係数を用いて考慮しているため、摩擦抵抗と付着力に大きな影響を与えられ余掘りを直接考慮することができない。

既往の研究で¹⁾、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、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。本研究は、推進工法現場で施工時の推進管の挙動及び推進管に発生するひずみを計測し、この管路解析モデルの妥当性を検証することを目的とする。これらの内、本論文では、推進管挙動について述べる。

2. 現場概要

本工事は、呼び径 1500mm、曲線半径 $R=200\text{m}$ 、推進延長 141.19m の管路を、泥土圧式推進工法で、地下水位 GL-1.0m ~ -5.0m の砂質地盤に、土被り 2.09~3.19m で構築する工事である。計測用推進管は No.18 と No.22 号管である。図-1 に到達時の現場平面図を示す。

現場計測項目は、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、推進管ひずみ、推進管の内空変位、計測管後端継手部の目開きである。なお、推進管のひずみについては、推進管 1 本につき軸方向に 3 断面、周方向に 45° 間隔に 8 ヶ所、管内外周面で、管軸方向、周方向ひずみを計測した。

3. 計測結果

計測管 No.18 の掘進機中胴後端軌跡からの水平・鉛直偏差を図-2、図-3 に示す。これら図から以下のことがわかる。

- 1) 水平偏差は、推進距離 45m で掘進機より 35mm 曲線外側を通過し、曲線始点(BC)通過後約 25mm 曲線内側となり、その後、推進距離 60m で 20mm 曲線外側、62~65m で 17mm 曲線内側、70m~80m で約 20mm 曲線外側を通過する。曲線終点(EC)で 5mm 曲線内側を通過した後、25mm 曲線外側に移動する。
- 2) 鉛直偏差は、曲線始点(BC)付近で 18mm 上側となり、その後減少し、距離 58m で 10mm 下側となった後、約 10mm 上側となりほぼ一定となる。

これらは、余掘り 15mm を有するトンネル掘削面内の推進管のマクロな挙動と、曲線前後を含む曲線部での中折れ操作による掘進機軌跡のミクロな挙動が複合した結果である。

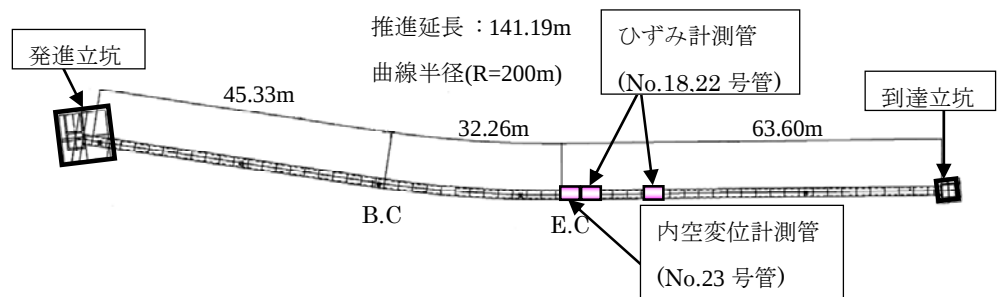


図-1 現場平面図（到達時）

キーワード 推進工法, 現場計測, 数値解析, 推進時, 推進管

連絡先 〒940-2188 長岡市上富岡 1603-1 長岡技術科学大学 TEL0258-46-6000(代表)FAX0258-47-9600

4. 数値解析

現場の条件を用いて、数値解析を行った。図-4 に推進管のトンネル中心からの偏差、図-5 に継手部のクッション材に発生する水平曲げモーメントを示す。これらの図から以下のことがわかる。

1)水平偏差は、推進距離 35m 位まで変形前のトンネル掘削面のほぼ中心となっているが、曲線始点(BC)より 5m 位手前で曲線外側 7mm に、曲線始点直後で曲線内側 15mm に、曲線部では曲線外側 7mm となり、曲線終点(EC)直前で曲線内側 12mm に、曲線終点通過後 5m 位で曲線外側 7mm となり、その後、変形前のトンネル掘削面の中心に漸近する。これは、推進力伝達材によって継手部が曲げ剛性を有しているためと考えられる。

2)鉛直偏差は、推進距離 0m から 40m までトンネル掘削面の中心より約 0.2mm 上となっている。曲線始点近傍ではほぼ中心となり、その後、推進距離 60m から上に移動し、推進距離 90m では、約 4mm 上となる。これらは、推進距離 60m 位までは、地下水位面が推進管より下であること、推進管の自重が掘削土砂の自重より小さいことから、推進管が上に若干移動した、曲線始点近傍では、直線より幾何学的制約が厳しくなることから中心に移動した、また、推進距離 60m 位から、水圧が推進管に作用しだし、推進距離 95m 付近で、推進管は地下水位面の下となることから、浮力のために、推進管が上に移動した、と考えられる。

3)水平曲げモーメントは、掘進距離 40m までおよそ 0 で、その後、曲線内向きとなった後、曲線外向きとなり、曲線始点直後まで急増する。曲線内で漸減した後、曲線終点直前から急減し 0 となった後、曲線内向きとなる。これらは、推進管の中折れ角に対応している。

5. まとめ

管路解析モデルによる解析結果と実測データを比較し、管路解析モデルの妥当性を確認した。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(B)(一般)「長距離・急曲線推進のための管路全体系を対象とした推進メカニズムの理論的解明」の一部として行ったものである。

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, 683-692, 2010.

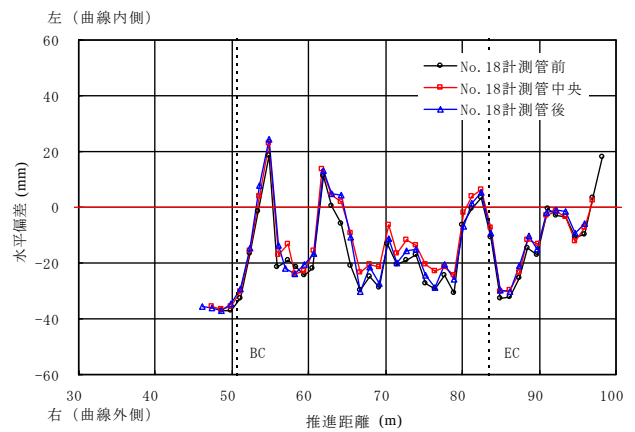


図-2 推進管の水平偏差

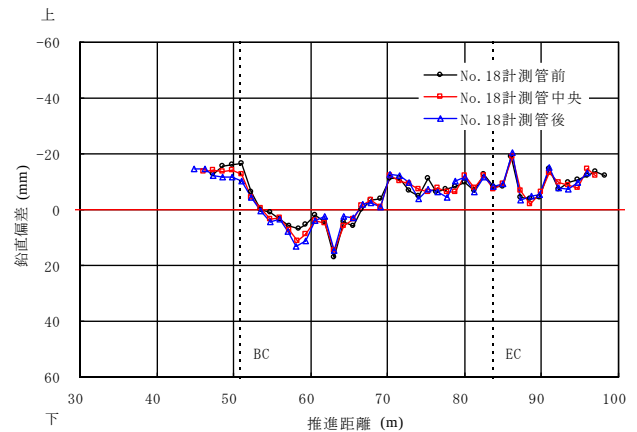


図-3 推進管の鉛直偏差

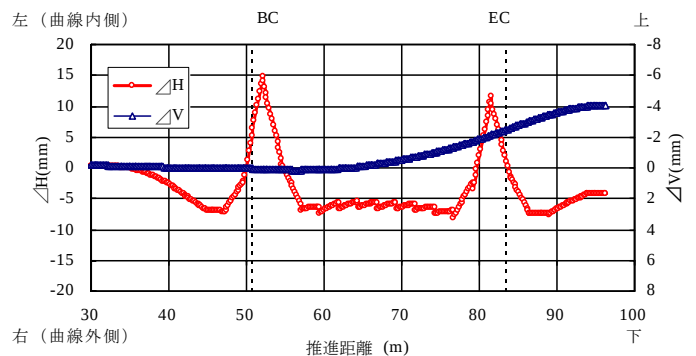


図-4 推進管偏差

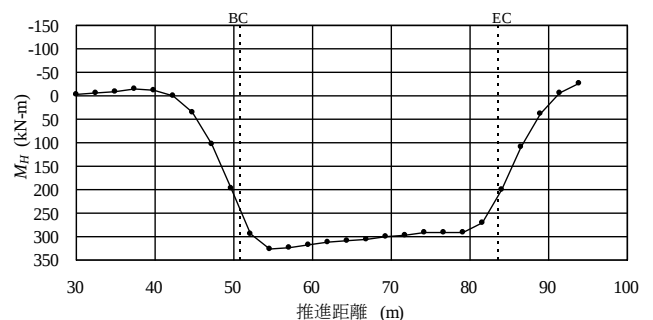


図-5 水平曲げモーメント