

推進管挙動と推進管作用土水圧に関する現場計測結果の数値解析

地盤工学研究室 東川正和

指導教員 杉本光隆

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。このため、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直接考慮することができない。

既往の研究で、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、管軸方向のひずみ、推進管偏差について述べる。

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 $GL-1.0\text{m}\sim-5.0\text{m}$ 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。

推進管の管軸方向、周方向ひずみを、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、管内外周面で計測した。

3. 計測結果と考察

(1) 管軸方向内周面ひずみの時系列変化

図-2 に計測管 No.18 の A 断面（発進立坑側の管端部）における管軸方向内周面ひずみの時系列の変化を示す。この図から以下のことがわかる。

- 1) 推進力伝達材が設置された上下 90° の範囲で、圧縮ひずみが増加している。
- 2) 曲線中央付近から曲線終点にかけて、推進力伝達材が設置されている上下部分から曲線内側で圧縮ひ

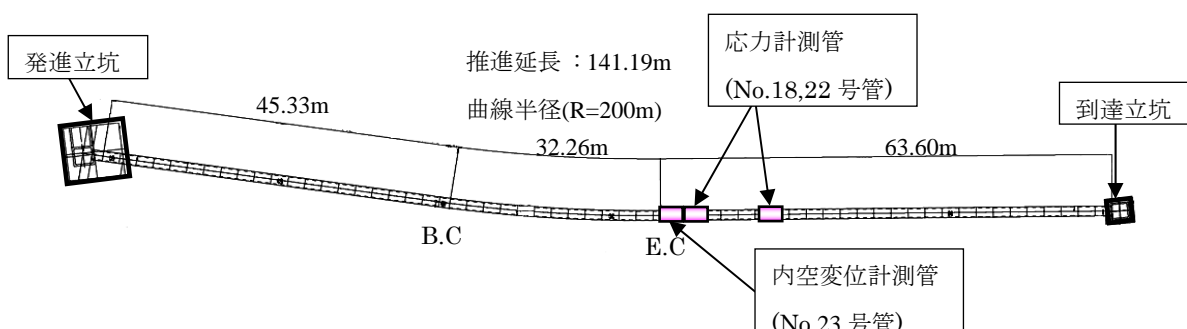


図-1 現場平面図（到達時）

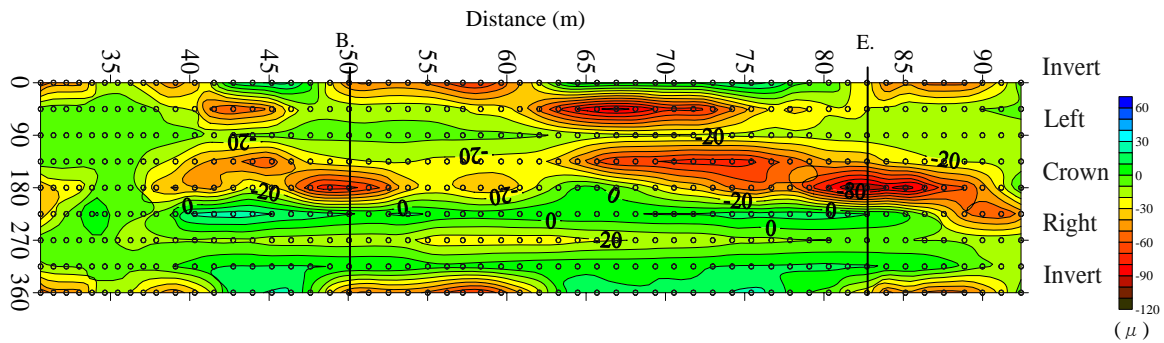


図-2 管軸方向内周面ひずみの時系列変化（計測管 No. 18, A 断面）（-：圧縮，○：計測位置）

ずみが増加している。

(2) 推進管の偏差

図-3 に計測管 No.18 の掘進機後胴後端との水平偏差を示す。

この図から以下のことがわかる。

- 1) 推進管は掘進機後端から、掘進距離 40m で外側を通過し、曲線始点通過後内側となり、その後、掘進距離 60m で外側、62～65m で内側、70m～80m で外側を通過する。曲線終点で内側を通過した後、外側に移動する。
- 2) 曲線終点付近で曲線始点と同様の傾向を示す。

4. 数値解析

現場計測より得られた物性値を入力し、数値解析を行った。

図-4 に推進管偏差，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、曲線始点近傍で曲線内側 15mm となり、曲線部では曲線外側 7mm となり、曲線終点(EC)近傍で曲線内側 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と考えられる。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と考えられる。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、推進管がさらに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、曲線始点通過後まで増加する。曲線内でほぼ一定となった後曲線終点通過後は 0 となった後、曲線内向きとなる。

4. 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が確認された。

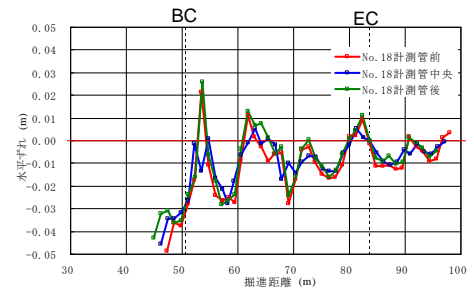


図-3 推進管の水平偏差（+：左向き）

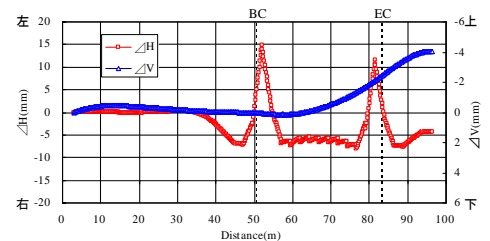


図-4 推進管偏差

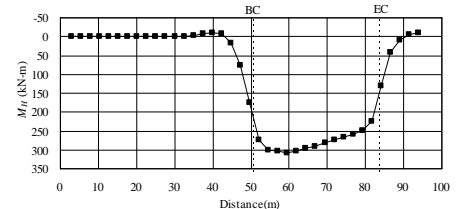


図-5 水平曲げモーメント