

推進管の継手実大曲げ実験の数値解析

長岡技術科学大学 学 〇大森絵美, 瀧瀬真輝, Huynh Ngoc Thi 正 杉本光隆
藤村ヒューム管株式会社 中村勝則

1. はじめに

推進工法では、全ての推進管が掘進機とともに前進することになるので、掘進メカニズムを解明するためには、掘進機と全ての推進管からなる管路の全体系を考慮することが必要となる。

上記を踏まえて、管路の全体系を対象として、地盤と推進管の相互作用を考慮に入れた推進メカニズムを理論的に表現できる管路解析モデルを開発してきた¹⁾。しかし、上記管路解析モデルのうち、新たに開発した曲げ剛性を有する推進管継手モデルは、実測データを用いて検証されていない。そこで、本研究では、推進管の継手曲げ実大実験²⁾により、直線・曲線推進時に推進力伝達材が推進管に与える影響を解明するとともに、実験結果に基づき、推進管継手モデルの妥当性を検証することを目的とする。本報告では、これらの内、推進管に発生する軸方向ひずみについて述べる。

2. 実験概要

(1) 実験設備

長手方向 13m、短手方向 4m、深さ 2m のピットの中に、反力 BOX2 個、推進管架台を設置した後、その架台の上に推進力伝達材を介して推進管 2 本、その側方にコンクリート製の側方反力体 4 個を厚さ 1cm のゴム板を介して設置し、それらを、推進管軸方向は上下 2 本のジャッキ（最大載荷荷重 1.5MN／本）で、推進管横断方向は左右 4 本ずつ合計 8 本のジャッキ（最大載荷荷重 200kN／本）で支持した。その後、左右 4 本ずつ合計 8 本の PC 鋼棒で、反力 BOX 間を固定した。

推進管は管長 2.43m、呼び径 800mm、厚さ 80mm である。また、推進力伝達材は発泡倍率 2 倍の発泡スチロール製で、推進管の接合部には厚さ 10mm の推進力伝達材を 4 枚重ねて、推進管の両端部には厚さ 10mm の推進力伝達材 1 枚を、それぞれ上下 90° ずつの範囲に設置した。

(2) 計測項目

計測項目を表-1 に示す。推進力伝達材が継手部の上下 90° ずつの範囲にのみ設置されていること、曲線部では曲線内側の推進力伝達材に応力集中が発生すると

考えられることから、接合部近傍、曲線内側のひずみを重点的に計測した。これらの計測により、推進管に発生するひずみ・応力・断面力、推進管の変形、および、隣接する推進管の相対的な変位を把握した。

(3) 実験ケース

実験ケースを表-2 に示す。推進力が推進力伝達材を介して伝達されるときに推進管に対する影響を、曲線部と直線部で比較できるように実験ケースを設定した。曲線の曲げ角度は、本実験で使用した推進管の開口差から定まる最大曲げ角度（曲線半径 38.6m に相当）とした。

(4) 実験方法

Case1（曲線）では、推進力伝達材の特性から規定される推進管の許容推進力をもとに 1000kN まで、Case 2（直線）では、推進管の許容推進力の 90%にあたる 2700kN まで、載荷することとし、載荷・除荷を 2 度繰り返した。

表-1 計測項目

計測項目			計測方法	点数
A	荷重	軸方向	荷重計	2
B		側方	荷重計	8
C	推進管	角度	トランシット	—
D		継手間隔	変位計	4
E		ひずみ	ひずみゲージ	352
F		たわみ	レーザー変位計	12
G	側方反力体	変位	変位計	16
H	PC 鋼棒	ひずみ	ひずみゲージ	16
合計				410

表-2 実験ケース

Case	線形	曲げ角度	軸方向最大載荷荷重
1	曲線	3.61°	1000kN
2	直線	0.00°	2700kN

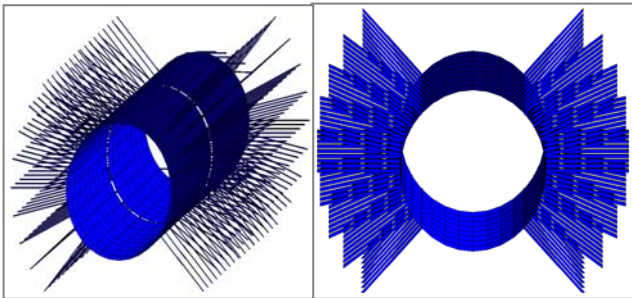


図-1 解析モデル(右：断面図)

3. 解析概要

(1) 解析モデル

図-1 に解析モデルを示す。解析では、推進管をシェル、推進管継手部と推進管両端部を圧縮ばねとせん断ばねを用いてモデル化した。また、左右の側方反力体設置位置で、推進管を半径方向 18 本の地盤ばねによって支えると同時に、推進管は架台上に設置されているので、推進管下端を水平ローラーとした。

(2) 解析条件

解析ケースは、実験ケースと同様とした。

4. 実験結果と解析結果の比較

Case1 の軸方向ひずみ分布の実験結果と解析結果を図-2 に示す。両者は同様の傾向を示し、以下のことがわかる。

- 1) 接合部近傍の a 断面では、曲線内側の推進力伝達材が設置されている範囲 (165-180, 0-45 度) で軸方向ひずみは大きく、157.5, 22.5 度近傍で上下それぞれの最大値を取り、曲線外側の推進力伝達材が設置されていない位置 (270 度) で最小値を取る。
- 2) 接合部から離れるにしたがい、曲線内側の軸方向ひずみの集中は、若干緩和され、推進力伝達材が設置されていない範囲でひずみが若干増加する。

3) 接合部と反対側の推進管端部の e 断面では再び、推進力伝達材の設置範囲で軸方向ひずみが大きくなる。

4) 実験結果では、接合部近傍の a 断面より b 断面の軸方向ひずみが大きくなっている。これは、a 断面が鋼製の埋込カラーの内側にあるため、コンクリートの軸方向ひずみが減少したと考えられる。

5. 結論

管路解析モデルを用いて軸方向ひずみの傾向を適切に再現できることから、推進管継手モデルの妥当性を確認できた。

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。ここに、謝意を表する。

参考文献

- 1) M.Sugimoto and Autakit Asanprakit: Stack pipe model for pipe jacking method, J.of construction engineering and management, Vol.136, No.6, ASCE, pp.683-692, 2010.
- 2) 桜井俊裕, 杉本光隆, 中村勝則, 陳剣, Le Gia Lam: 推進管の継手曲げ実大実験による推進力伝達材が推進管に与える影響の検討, トンネル工学報告集, Vol.20, pp.387-393, 2010.

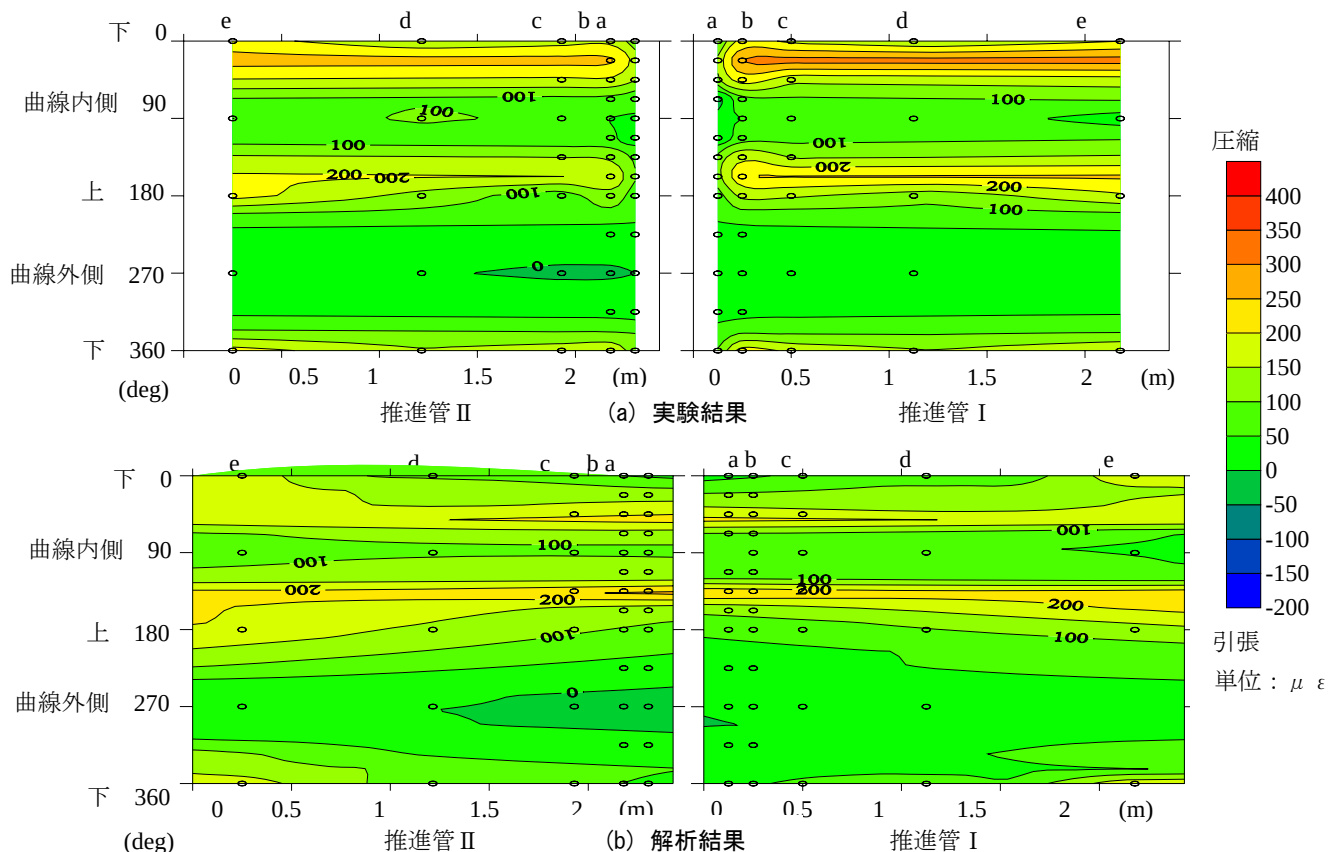


図-2 推進管内面の軸方向ひずみ分布 (Case 1, 曲線, 載荷荷重 1,000kN)