

# 施工時荷重によるセグメント挙動の数値解析

長岡技術科学大学 地盤工学研究室 垣内祐輝  
指導教員 杉本光隆

## 1. はじめに

施工時にセグメントに作用する荷重については、定量的な検討を含め未解明な点が多い。そこで、急曲線部を掘進中のシールドが、セグメントに与える施工時荷重の解明を目的として、シールド、セグメント、地盤を一度に解析できる統合モデルを開発してきた<sup>1)</sup>。同モデルにより、セグメントの縦長の変形、曲線外側への剛体変位を表現できることを確認した。しかし、計測値と比較して、解析値のセグメント変形が円形に近くなった。これは、設定した地盤ばねが軟らかかったこと、裏込め注入の硬化過程を考慮に入れていないこと等のためと考えられる。そこで本研究では、裏込め注入の硬化過程を考慮に入れて、曲線掘進の逐次解析を行い、曲線掘進時のセグメント挙動を検討することを目的とする。

## 2. 解析条件

### (1) 解析モデル

解析モデルを図-1に、メッシュ図を図-2に示す。解析モデルは、シールドトンネルを周方向に32分割、軸方向に30cm間隔に分割した。既往の研究では裏込め注入材の固結部分と未固結部分を分けて解析を行ったが、本研究では時間の経過とともに裏込め注入材の弾性係数を変化させた。セグメントリングは、既往の研究<sup>2)</sup>で用いた三次元はりばねモデルで表現した。このモデルは、セグメントをシェル要素で、セグメント継手を回転ばねで、リング継手を軸方向ばねと半径・周方向せん断ばねで、モデル化している。シールドは、前胴、後胴をそれぞれガーダー部、スキンプレート部、テール部に分け、シェル要素でモデル化した。

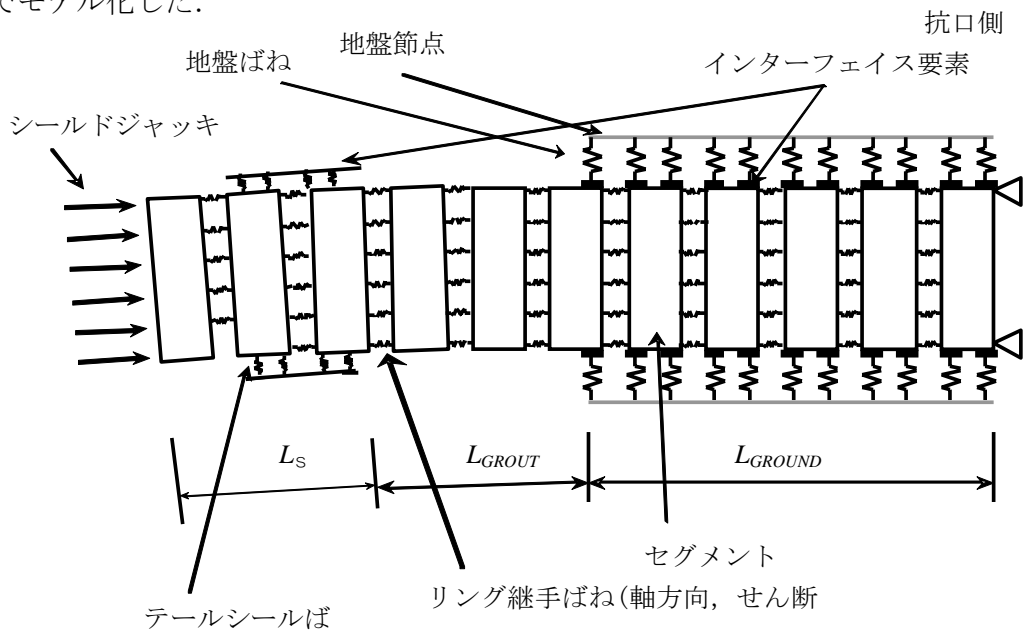


図-1 解析モデル

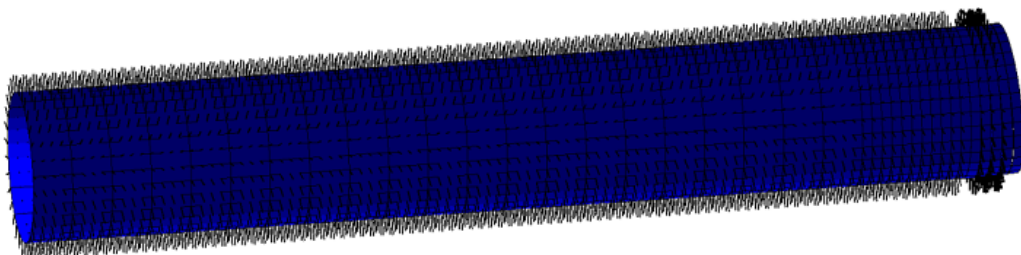


図-2 解析メッシュ

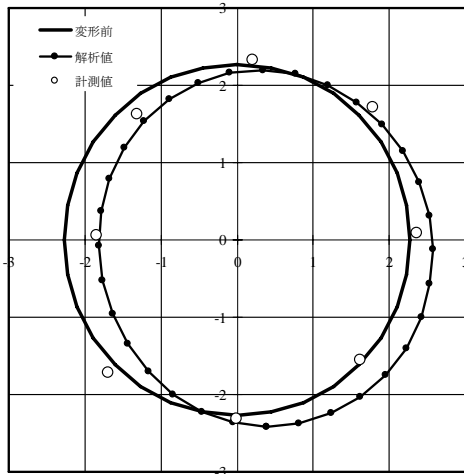


図-3 セグメント変位(Step2-Step1)

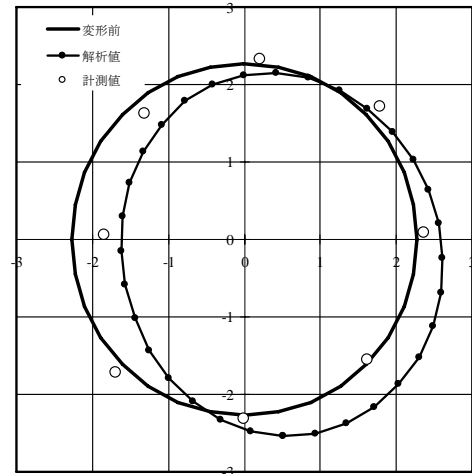


図-4 セグメント変位(Step3- Step1)

## (2) 入力物性値

入力物性値は、はりばねモデルを用いているので、そのまま入力した。また、セグメント継手の回転ばね、リング継手の半径・周方向せん断ばねのばね値は既往の研究<sup>3)</sup>により、リング継手の軸方向ばねのばね値はトンネル全体の軸方向曲げ剛性（有効率0.3）と等価となるように、それぞれ設定した。また、地盤ばねには、地盤ばね特性を設定した。インターフェイス要素については、セグメント法線方向にセグメントと地盤ばねが剛結に近くなるように大きな垂直剛性を、せん断方向には地盤反力係数の3分の1のせん断剛性を、それぞれ設定した。また、摩擦特性は、シールドの設計に用いられる動摩擦係数（経験値）を用いた。また、テールシールドばねには、シールドとセグメントの競りを表現できるように、バイリニア型のノンテンションばねを用いた。

## (3) 解析手順

テール部には、テールクリアランスに応じた力が作用すること、セグメントの変位計測は、曲線開始部分のリング組立後、シールド停止中から開始されているので、計測されたセグメントの変位は、掘進前を初期値（変位ゼロ）とした変位であることから、以下の手順で解析した。1) 施工時荷重を載荷せず、解析を行う。2) 施工時荷重を載荷し、解析を行う。3) 地盤ばねのばね値を変更し、施工時荷重を除荷する。セグメントリングを1つ追加して、2)と同じ操作をする。4) 3)で求めた計測断面のセグメント変位から、1)で求めた計測開始時点の計測断面のセグメント変位を減じて、セグメント変位を算出した。

## 3. 解析結果

図-3、図-4に Step1, Step2 の解析結果を示す。Step1 より Step2 で変位が増加していることから、Step2 で、Step1 の裏込め注入材のばね値を増加させることにより、逐次解析で変位が累積できていることがわかる。また図-4より、セグメントの縦長の変形、曲線外側への剛体変位を表現でき、既往の研究では計測値より解析値が小さくなったが、本研究では、解析値は計測値とほぼ同等の変位量となった。よって逐次解析の有用性が示された。

## 4. 今後

今後は、裏込め注入の硬化過程をより正確に表現して逐次解析の段階を増やし、曲線掘進時のセグメント挙動を検討する予定である。

## 参考文献

- 1) 伊藤隼人, Auttakit Asanprakit, 陳劍, 杉本光隆：急曲線部においてシールド施工時荷重がセグメント挙動へ与える影響評価，第 65 回土木学会年次学術講演会講演概要集 III, III-442, 2010.
- 2) 松本貴士, A. Asanprakit, 杉本光隆, 粥川幸司, 津坂治：施工時荷重がセグメント挙動に与える影響の定量的評価方法に関する検討，トンネル工学論文集, Vol.18, pp.53-65, 2008.
- 3) 鉄道総研：鉄道構造物等設計標準・同解説－シールドトンネル，丸善，pp.161-162, 1997.