

## 1. はじめに

シールド覆工設計における解析手法は、はり-ばねモデルと連続体モデルに大別され、広く用いられてきた。しかし、この両モデルには整合性がなく、境界条件も異なることから統一的な解析モデルが求められていた。これまでに、変位境界のはり-ばねモデルを拡張した2次元FEMモデルを開発し、パラメータスタディによって解析モデルの妥当性を確認した<sup>1)</sup>。しかし、2次元モデルではセグメント継手、リング継手の効果やセグメントを千鳥組みした際の添接効果を評価できない。そこで本研究では、セグメント継手、リング継手を有する2リングの3次元モデルを開発し、パラメータスタディによってモデルの妥当性を検討する。

## 2. 解析モデル

本解析モデルの概要を図-1に示す。3次元ソリッド要素でモデル化した地盤の中央付近に、図-2に示すような2リングの覆工を設置し、掘削面と覆工をばね

要素で連結したモデルである。また、本研究では解析を3段階に分けて行った。以下に、逐次解析の概要と、図-3に逐次解析の概要図を示す。

### 1) Phase1

地盤のみの状態で初期応力解析を行う。

### 2) Phase2

掘削に伴う除荷の影響を表現するため、トンネル掘削地盤に対し、覆工に相当する単位体積重量を与えて自重解析を行う。

### 3) Phase3

トンネルを掘削し、2リングの覆工と各種ばね要素を設置して解析を行い、覆工の変位・断面力などを求める。

## 3. 解析条件

解析ケースは、地盤反力係数  $k$  と有効裏込注入率  $\alpha_g$  を変数として、 $k=0, 7, 50, 150 \text{ MN/m}^3$  の4パターン、 $\alpha_g=80\sim 110\%$ まで10パターン、計40ケースの解析を行った。

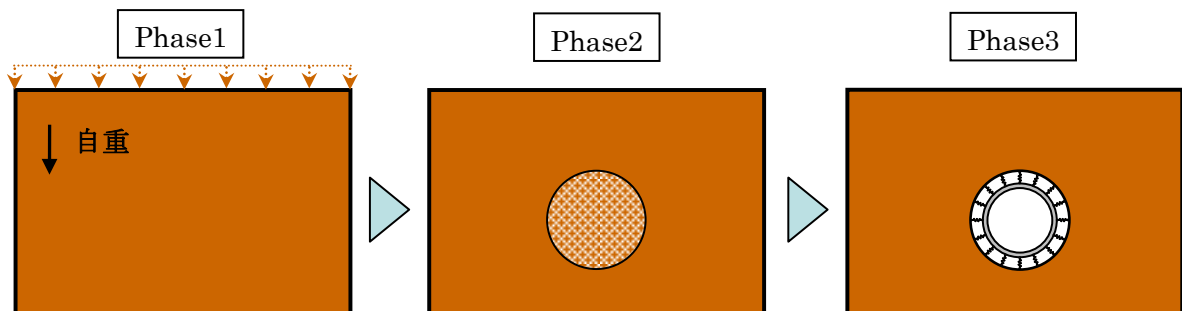
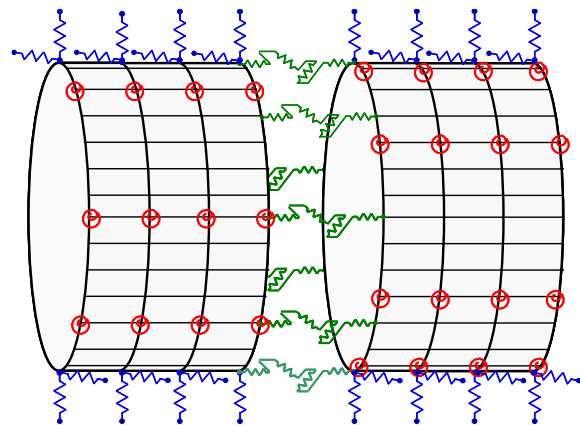
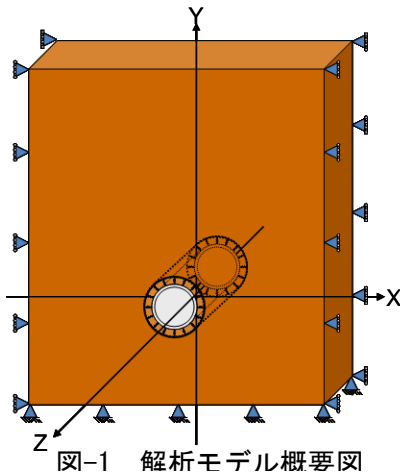
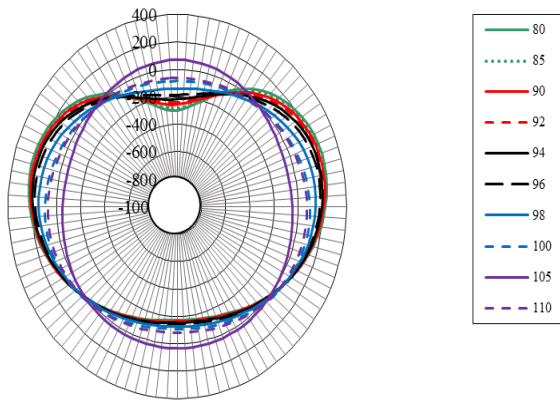
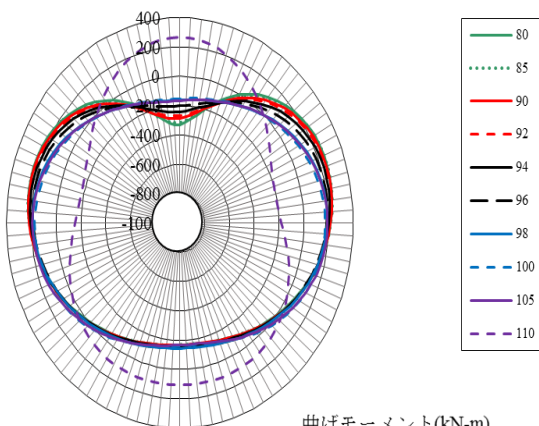


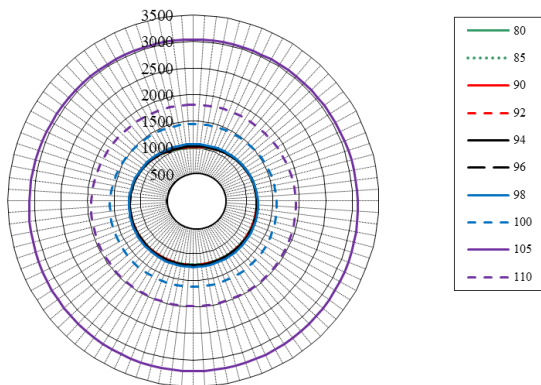
図-3 逐次解析の概要図



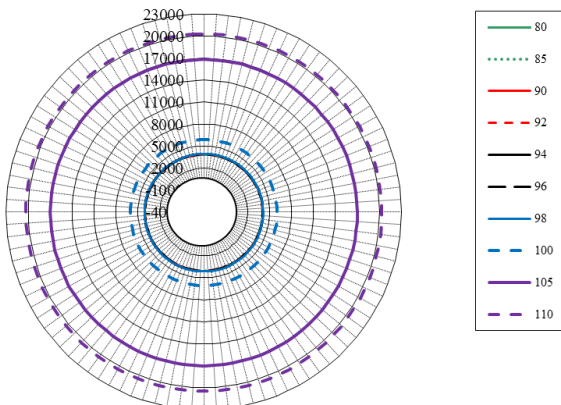
曲げモーメント(kN-m) ( $k_n=0\text{MN/m}^3$ )



曲げモーメント(kN-m)  
( $k_n=50\text{MN/m}^3$ )



軸力(kN) ( $k_n=1\text{MN/m}^3$ )



軸力(kN) ( $k_n=50\text{MN/m}^3$ )

#### 4. 解析結果と考察

- セグメント変位を感度分析、  
各ケースの変位が結構同じ、覆工全周のトンネル内側への変形は 25mm となる

- 曲げモーメントを感度分析

$\alpha_g \leq 100\%$  と、 $M$  の分布は円形に近づく

$\alpha_g > 100\%$  と、 $M$  の分布に凹凸があり、セグメント継手の影響が現れる

- 軸力を感度分析

$\alpha_g < 100\%$  と、 $M$  の分布は円形に近づく

有効裏込注入率  $\alpha_g$  が大きくなると  $N$  も大きくなる。特に  $\alpha_g > 100\%$  で  $N$  は急増する

#### 5. まとめ

はり-ばねモデルとの比較により、本解析モデルの妥当性を確認することができた。今後は、はり-ばねモデルと FEM モデルで同様の結果が得られるような  $k$  と  $E$  の換算式の導出、モデルの多リング化を目指す。

#### 参考文献

- 1) 松岡治, 杉本光隆: 連続体 FEM によるトンネル覆工設計法に関する研究, 長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文
- 2) 赤井勇司, 杉本光隆: 地盤の応力再配分を考慮したシールド覆工の設計法に関する研究, 長岡技術科学大学工学研究科修士論文, 2015