

# 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 地盤工学研究室 松岡治  
 指導教員 杉本光隆, 玉井達毅

## 1. はじめに

近年では、シールドトンネルの覆工の解析に用いられているモデルは、はりばねモデルと連続体モデルの二種類がある。また、境界条件も応力境界と変位境界の二種類がある。連続体モデルに関して、現在は応力解放率を考慮した応力境界条件で解析を行うのが一般的である。また、はりばねモデルについて、応力境界条件と変位境界条件で覆工作用土水圧を解析し、比較した例を見ると、変位境界条件で解析した結果は明らかに現場の計測値と近似していた。変位境界を用いた解析法は軟弱地盤から硬質地盤にわたり、覆工作用土水圧、覆工の変位・断面力を表現できる。しかし、以上の研究ははりばねモデルのみによるものである。そこで本研究では、変位境界のはりばねモデルを拡張し、変位境界の連続体モデルを開発し、パラメータスタディを行い、妥当性の検討を目的とする。

する。

## 2. 解析モデル

### 2.1 解析モデル概要

連続体の地盤の中央に覆工を設置し、覆工と地盤をばねで連結したものとする。解析モデルを図1に示す。また、本解析モデルは、2Stepに分けて解析を行う。

#### ・1Step (初期応力解析)

地盤のみで解析

→トンネル掘削前の地盤の状況を解析

#### ・2Step (本解析)

トンネル覆工を設置し、トンネル覆工と地盤をばね要素で繋ぎ解析を行う。

→トンネル覆工や周辺地盤を再現して解析

各 Step ともに自重をかけて解析を行い、土水分離の解析を行う。Step の概要図を図2に示す。

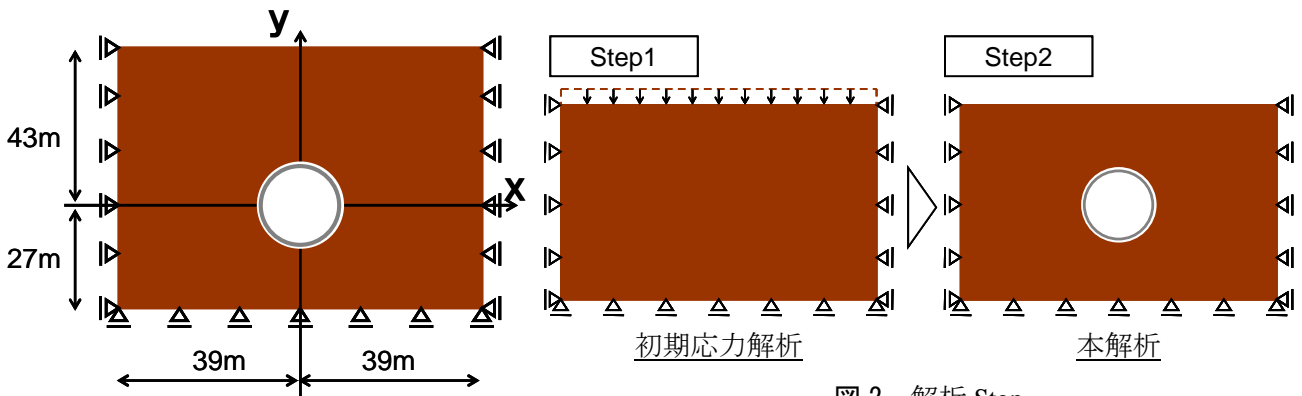


図1 解析モデル図

図2 解析 Step

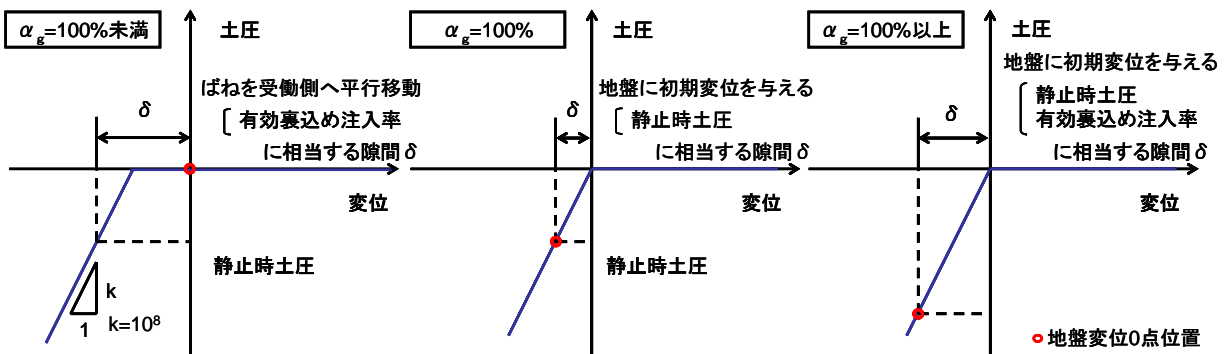


図3 有効裏込め注入率と土圧の関係

## 2. 2入力物性値

### 1) セグメント構造条件, 地盤条件

表1にセグメント構造条件, 表2に地盤条件を示す.

### 2) 解析ケース

有効裏込め注入率 $\alpha_g$ と変位の関係を図3に示す. 有効裏込め注入率は80%~110%まで5%間隔の7パターンを設定し, 地盤反力係数も10, 50, 100, 500, 1000, 5000, 10000の7パターンで設定し, 計49ケースの解析を行った.

### 3. 解析結果

地盤反力係数  $100\text{MN/m}^3$  の場合の覆工変位を図4, 5に, 曲げモーメントの値を図6, 7に示す. 覆工の変位モード, 値ともにはりばねモデルと連続体モデルで同様の結果を得られた. しかし, 曲げモーメント, 軸力共に同様な傾向を示しているが, 連続体モデルで比較的小さい値が出る傾向となった.

### 4. まとめ

変位や曲げモーメント, 軸力について傾向はおおまかに表現することができた. しかし, 値について誤差がでており, 連続体モデルで小さい値がでていた. これは, 地盤反力係数から地盤のヤング係数算出する際に, トンネル標準示方書(開削工法偏)・同解説の式1を用いたためと考えられる. 実際の値より小さくなっており, 変位が大きく発生し曲げモーメント大きく発生する場合や, 土圧が大きく発生したため軸力が大きくなったと考えられる.

$$k = 1.58\alpha ED^{-0.75} \quad \dots\text{式1}$$

$k$ : 地盤反力係数      $E$ : ヤング係数

$D$ : 直径      $\alpha = 1.0$

### 5. 今後の展望

- ・連続体モデルとはりばねモデルで同じ結果となる, 地盤反力係数  $k$  とヤング係数  $E$  の関係式を求める.
- ・節点数を増やし, より精度良く結果を求める.

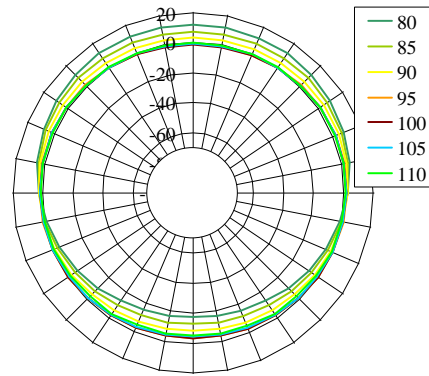


図4 連続体モデル 覆工変位(mm)

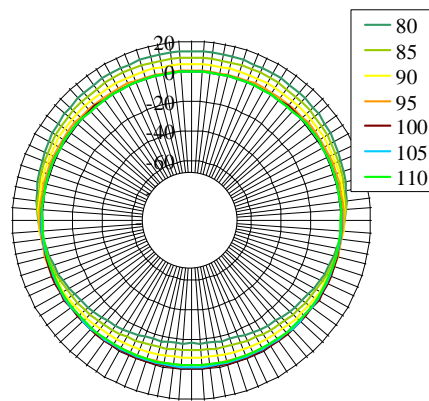


図5 はりばねモデル 覆工変位(mm)

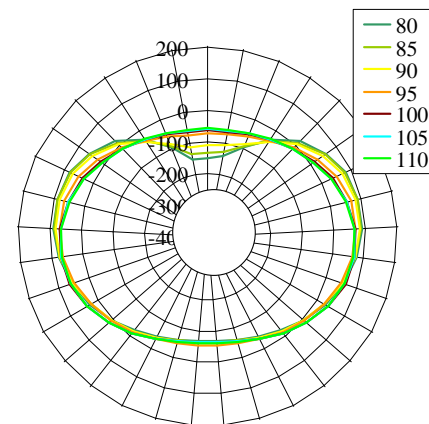


図6 連続体モデル 曲げモーメント(kN·m)

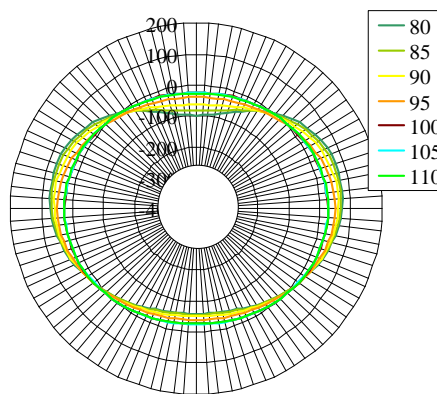


図7 はりばねモデル曲げモーメント(kN·m)