

鉄道複円形シールドトンネルの地盤ばねの設定手法に関する一考察

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 ○張 洋 坂田 智基 室谷 耕輔
(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 津野 究 藤田 輝一 木下 果穂

1. はじめに

複円形シールドトンネルは、複線や単線並列よりも掘削断面積を小さくでき、かつ複線よりも土被りを小さくできることから、鉄道トンネルにおいても都市部の地下埋設物が輻輳する箇所等で採用事例がある^{1),2)}。しかし、特殊断面であるため、はりばねモデルを用いた設計事例が蓄積されていないのが現状である。また、地盤ばねの設定に際して、鉄道シールド標準³⁾では複円形でのトンネル半径の設定方法が明記されていないこと、さらに、かもめ形セグメント(図-1、以後、かもめ部とする)の設置に伴う周辺地盤の緩みの影響を評価できていないことが課題である。

本研究では、地盤条件の異なる複円形シールドトンネルモデルを対象として、地盤ばね算出時のトンネル半径の設定及びかもめ部周辺地盤の緩みの影響に着目した試算を行い、断面力の比較検討を行う。

2. 検討モデル

図-1 に示すとおり、検討モデルは土被り 15m、片線の内径 6.6m(在来線トンネル程度を想定)の中柱を有する複円形シールドトンネルとし、地盤条件は一様地盤の砂質土(N=25)と粘性土(N=3)とする。また、図-2 に示すとおり、鉄道シールド標準に基づいて算出した荷重を設定して、はりばねモデルを用いて断面力の算出を行う。

3. 地盤ばねの評価手法

(1)トンネル半径の設定の影響:鉄道シールド標準では、「トンネル半径方向の地盤反力係数×トンネル半径(Rc)」の値が示されており、この値をトンネル半径(Rc)で除してトンネル半径方向の地盤反力係数を設定する。しかし、鉄道複円形シールドでのトンネル半径の設定は明記されていないため、図-3 に示す3 ケース(①トンネルの軸線半径、②軸線最大間隔の 1/2 と③軸線最大間隔)の地盤反力係数を設定して算出した断面力を比較する。

(2)かもめ部周辺地盤の緩みの影響:掘削に伴うかもめ部

下部の地盤の緩みの影響について、地盤反力係数を低減するとともに低減範囲を設定して断面力を比較する。地盤反力係数の低減については、図-3 に示すケース①の地盤反力係数を 1/2 に低減した値とする。地盤反力係数の低減範囲については、図-4 に示すかもめ部セグメントの範囲とトンネル中心間範囲の 2 ケースとする。

キーワード:鉄道複円形シールドトンネル、地盤ばね、地盤反力係数、かもめ形セグメント、はりばねモデル

連絡先:〒102-0083 東京都千代田区麹町 2-10-13 中央復建コンサルタンツ(株) TEL:03-3511-2006

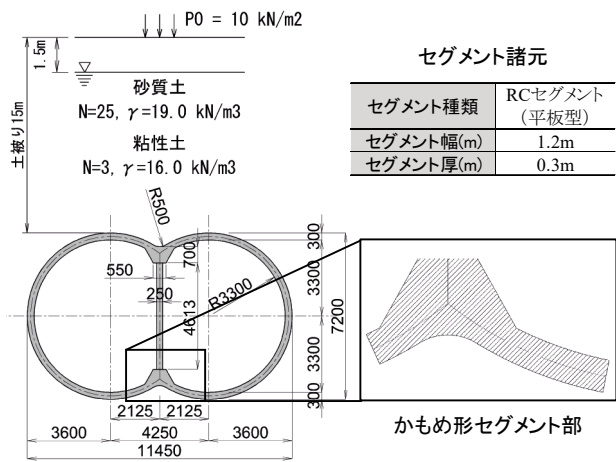


図-1 検討モデル

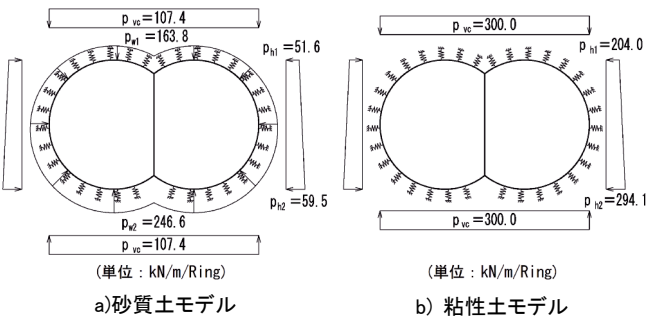


図-2 計算モデル

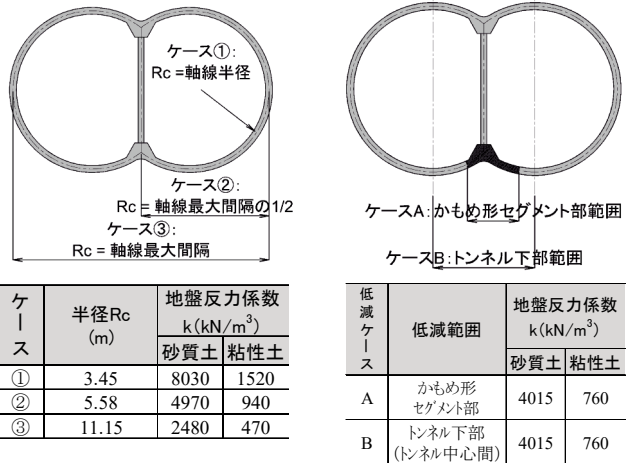


図-3 トンネル半径の設定の影響の検討ケース

図-4 かもめ部周辺地盤の緩みの影響の検討ケース

4. 断面力の比較

(1)トンネル半径の設定の影響: 図-5 にトンネル半径の違いを考慮した砂質土モデルの断面力図を示す. 断面力の発生モードはケースによらずほぼ同様の傾向を示している. なお, 粘性土モデルも同様の傾向であることを確認している.

図-6 に各ケースの最大断面力の比較を示す. 曲げモーメントとせん断力は, 地盤条件によらずケース③が最大となる. その増加率は, ケース①と比較した場合, 砂質土では曲げモーメントで約 1.19 倍, せん断力で約 1.24 倍, 粘性土では曲げモーメントで約 1.02 倍, せん断力で約 1.03 倍となっている. また, 軸力はすべてのケースで同程度となっている.

以上より, トンネル半径の設定の影響により最大曲げモーメント及びせん断力に差が生じ, 特に砂質土では 2 割程度の差が生じるため, 地盤反力係数算出時はトンネル半径の設定に留意する必要があると考えられる.

(2)かもめ部周辺地盤の緩みの影響: 図-7 に地盤反力係数の低減及びその低減範囲の違いを考慮した砂質土モデルの断面力図を示す. 各ケースの断面力の発生モードはケースによらずほぼ同様の傾向を示している. なお, 粘性土モデルも同様の傾向であることを確認している.

図-8 に各ケースの最大断面力の比較を示す. 曲げモーメントについては, 砂質土では地盤反力係数の低減を考慮することで約 1.06, 1.07 倍に増加する. また, 低減範囲の影響については, ケース A と B はほぼ同値であり, その影響は小さい. 一方, 粘性土では地盤反力係数の低減を考慮することで約 0.87, 0.93 倍に減少する. また, 低減範囲の影響は砂質土よりも大きくなる. せん断力については, 砂質土では地盤反力係数の低減の影響は小さく, 約 1.00, 1.03 倍である. また, ケース A と B はほぼ同値であることから低減範囲の影響も少ない. 一方, 粘性土では地盤反力係数の低減で約 0.93, 0.96 倍となり, 低減範囲の影響は砂質土より大きい結果となった. 軸力はすべてのケースで同程度となっている.

以上より, かもめ部下部の地盤反力係数の低減の影響については, 最大曲げモーメント及びせん断力が最大 1 割程度増加する結果となった. また, 低減範囲の違いの影響については, 最大断面力がほぼ同程度であるが, 粘性土では砂質土より大きい差を示しているため, 地盤反力係数の低減及びその低減範囲は適切に設定する必要があると考えられる.

5. まとめ

本研究では, 地盤条件の異なる複円形シールドトンネルモデルを対象として, 地盤ばねの設定手法について, トンネル半径の設定及びかもめ部周辺地盤の緩みの影響に着目した試計算を行い, 断面力の比較検討を行った. 今後は, 様々な特殊形状のトンネル及び地盤条件での試設計を実施して, 検討の深度化を実施する予定である.

参考文献

- 1)シールド工法技術協会: MF シールド工法—技術資料—, 2001.8
- 2)シールド工法技術協会: DOT 工法—技術資料—, 2001.8
- 3)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル, 2002.12

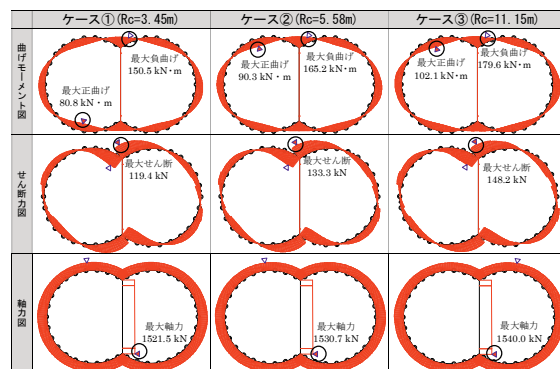


図-5 断面力図(トンネル半径の設定の影響 砂質土)

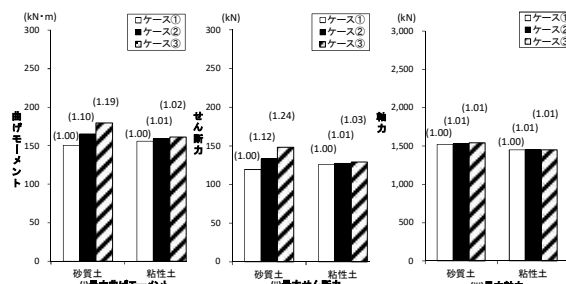


図-6 断面力の比較(トンネル半径の設定の影響)

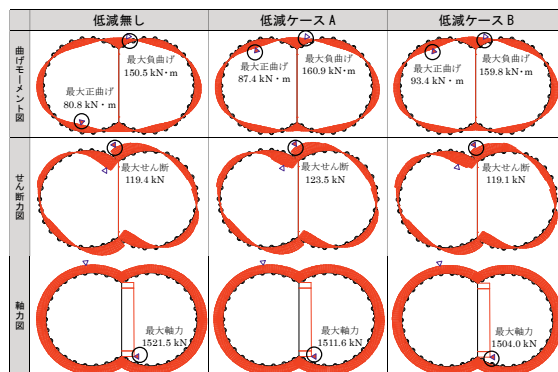


図-7 断面力図(かもめ部周辺地盤の緩みの影響 砂質土)

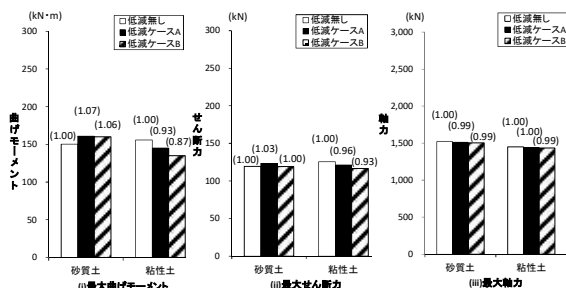


図-8 断面力の比較(かもめ部周辺地盤の緩みの影響)