

併設シールドトンネルの影響評価方法に関する検討

首都高速道路公団 正会員 ○田嶋 仁志 正会員 石田 高啓
 正会員 川田 成彦
 日本シビックコンサルタント株式会社 正会員 小林 靖典
 正会員 斉藤 正幸

1. はじめに

離隔の小さな大断面併設シールドトンネルの場合、先行トンネルに対して後行トンネル掘削による応力変化の影響が予測されることから、シールド覆工の設計では併設時の影響検討を行う必要がある。

併設トンネルの場合、後行トンネルを掘削することによって地盤応力の再配分が生じ、先行トンネル周辺地盤の応力状態が単設トンネルとは異なると考えられる。一方、併設トンネルの設計において、後行トンネルの施工による先行トンネルへの影響は、一般にFEM解析により検討されることが多い¹⁾が、大断面併設シールドトンネルの場合、検討手法が十分に確立されていないのが現状である。

そこで、本検討では、大断面併設シールドトンネルの影響評価方法を確認することを目的とし、実際の現場計測結果に対して弾性FEM解析および離隔が小さいことによる周辺地盤の塑性化の影響を考慮した弾塑性FEM解析を用いてフィッティング解析を行った。

2. 現場計測の概要

本検討を行うにあたり、首都高速中央環状新宿線SJ32西新宿工区の現場計測結果を用いた。SJ32西新宿工区は、中央環状新宿線で初めて施工されるシールド工事であり、トンネル外径 $\phi 13.0\text{m}$ 、片側延長約600mの大断面併設トンネルである。計測断面付近の線形は、先行トンネル、後行トンネルともにほぼ直線であり、トンネル離隔は約3.75m(0.29Do)である。計測断面の土質構成は、図1に示すように、N値50の良質な砂質土地盤が主体である。

SJ32西新宿工区における単設安定期計測曲げモーメントおよび併設安定期計測曲げモーメントを比較すると、図2に示す通りとなる。図2より、単設安定期の計測曲げモーメント分布は、横方向に広がる形状を示しているが、併設安定期では、さらに横方向に広がる傾向を示していることが読みとれる。したがって、併設の影響としては、後行トンネルが先行トンネルを引込むような応力状態になるといえる。また、曲げモーメントの最大値は、単設安定期(+Mmax=110kN・m, -Mmax=126kN・m)に対して併設安定期(+Mmax=150kN・m, -Mmax=221kN・m)となっており、単設時から併設時の曲げモーメントは、正曲げで約40kN・m(比率:1.36倍)、負曲げで約95kN・m(比率1.75倍)増加する結果となった。

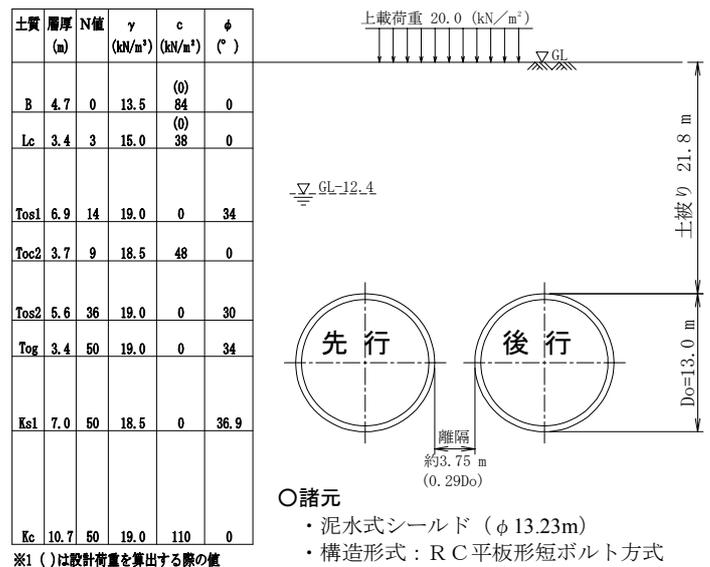


図1 計測断面の土質構成

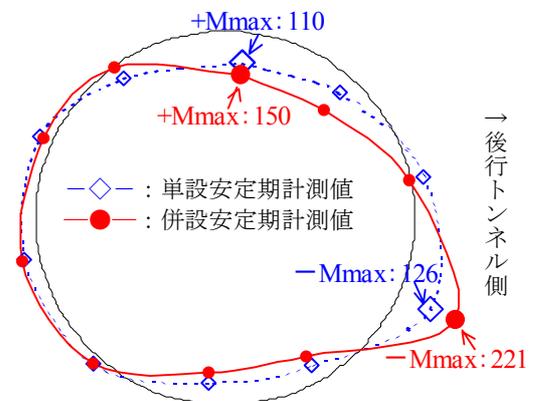


図2 併設の影響による断面力計測値の増減

キーワード：大断面シールドトンネル，併設トンネル，FEM解析，応力解放率

連絡先：〒100-8930 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1（日土地ビル） 首都高速道路公団 TEL 03-3539-9459

3. FEM解析によるフィッティング解析結果

FEM解析を用いてフィッティング解析を行うにあたり、解析ステップを以下のように仮定した。なお、本検討では、現場計測結果による併設増分断面力に着目して整合性を確認した。

(1)裏込め注入圧作用時：裏込め注入圧作用時については、先行トンネル覆工後、後行トンネルから裏込め注入圧を外側に作用させた場合の断面力の増分を裏注作用時の増分断面力とした。

(2)併設安定期：併設安定期については、先行トンネル覆工から後行トンネル掘削による応力解放 α を行った時点での断面力の増分を長期の増分断面力とした。

以上の(1)(2)を踏まえて設定した解析ステップを、図3に示す。FEM解析に用いる応力解放率 α は、図2に示した現場計測結果による併設増分断面力と整合するように、繰返し計算により求めた。なお、後行トンネルから外側に作用させる裏込め注入圧は、 0.4N/mm^2 （裏込め注入圧計測値） -0.276N/mm^2 （泥水圧計測値） $=0.124\text{N/mm}^2$ と仮定した。

以上の解析ステップを用いて、弾性FEM解析により算出した併設増分断面力と計測結果による併設増分断面力を比較したものを表1に示す。表1より、後行トンネルから外側に 0.124N/mm^2 を作用させた場合、裏込め注入圧作用時の正曲げモーメントの最大増分値 $171\text{kN}\cdot\text{m}$ は計測最大増分値 $157\text{kN}\cdot\text{m}$ とほぼ整合した。また、併設安定期曲げモーメント分布について、

応力解放率 α を52%とした場合、FEM解析値と計測値は全体的によく整合し、最大値についても解析値（ $+M_{\text{max}}=105\text{kN}\cdot\text{m}$ ， $-M_{\text{max}}=97\text{kN}\cdot\text{m}$ ）に対して計測値（ $+M_{\text{max}}=90\text{kN}\cdot\text{m}$ ， $-M_{\text{max}}=94\text{kN}\cdot\text{m}$ ）と、ほぼ近似した値を得た。

同様の解析ステップで、弾塑性FEM解析（Mohr-Coulumb法）を行った場合、応力解放率 α を18%程度と設定することで、表1に示す弾性FEM解析による曲げモーメント分布および最大値とほぼ同様の結果を得た。したがって、弾塑性FEM解析を用いると、計測結果に整合する応力解放率 α は、弾性FEM解析に比べ52%→18%と小さくなることが明らかとなった。

4. おわりに

今回の検討では、FEM解析を用いて応力解放率を適切に設定することで、弾性解析、弾塑性解析のどちらを用いても併設トンネルの影響を実現レベルでほぼ再現できることがわかったが、弾塑性解析を用いた方が、計測結果と整合する応力解放率は小さくなることが明らかとなった。なお、ここで得られた知見については、今後さらに他の現場計測結果との整合を図りながら、検討していく必要があると考える。

【参考文献】

- 例えば、鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル，鉄道総合研究所，1997.7.

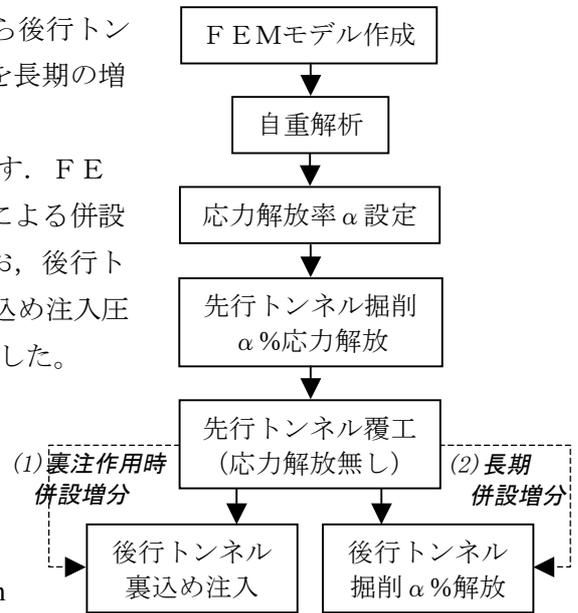


図3 FEM解析ステップ

表1 弾性FEM解析増分断面力と計測増分断面力との比較（応力解放率 $\alpha=52\%$ ）

	軸力 (kN)	曲げモーメント (kN·m)
裏込め注入圧作用時		
併設安定期		