

大断面・超併設・長距離シールドトンネルの併設影響に関する一考察

阪神高速道路（株） 正会員 ○藤原 勝也，平野 正大
 大阪府 正会員 陣野 員久，石原 悟志
 (株)地域地盤環境研究所 正会員 長屋 淳一，出射 知佳
 鹿島建設（株） 正会員 紀伊 吉隆
 大鉄工業（株） 正会員 石垣 兄太

1. はじめに

阪神高速大和川線は大阪都市再生環状道路の一部を形成する大阪南部に位置する臨海部と内陸部を結ぶ延長約9.7kmの路線である。本路線は、大部分に地下構造形式を採用しており、その約6割（路線全体の約4割）をシールドトンネル構造で建設中である。本シールドトンネルの区間は、当初、全て開削工法で計画していたが、近年のシールド技術の発展に伴い、地表面の重要交差施設の状況、経済性や工期等を考慮し、シールド工法へ変更している。そのため、当初計画していた開削工法幅にシールドトンネル構造を収めた結果、全線にわたり上下線間の併設離隔距離が1m程度（トンネル外径比で0.08D）の超近接・長距離シールドトンネルとなっている。今般、大和川線シールドトンネルはすべての掘進を終え、併設影響に関するデータを得たのでその速報を紹介する。

2. 設計上の課題と設計手法

シールドトンネルが併設施工される場合、先行トンネルは後行トンネル施工時の影響を受け、狭い範囲の地盤を複数回掘削することによるトンネル周辺地盤の応力再配分が生じ、トンネル覆工に生じる断面力は単設トンネルの場合と異なる。従来、併設トンネルの影響検討は応力解放率による2次元FEM解析にて行われている。しかしながら、従来手法では、トンネル掘削時の各施工段階における地山の応力解放を解放率（ α ）のみで全体を評価するため、既往事例の少ない当該シールドトンネルにおいて適切に α を設定することが困難であった。また、 α の設定値で解析結果は大きく左右され、掘進時の地山状況、施工時荷重による影響等を明確に考慮することが困難であること等の課題があった。そこで、大和川線シールドトンネルでは、掘進時の実際の地山状況を加味し、掘進時の各施工段階（切羽通過時、マシン通過時、裏込め注入時）における掘削相当応力を直接考慮した2次元FEM逐次解析により併設影響を評価することを試みた（以下、「大和川線手法」という）。設計手法の詳細については、過年度各報告論文を参照いただきたい^{例えば1,2)}。なお、本シールドの施工深度は、土被りは概ね10~30m程度であり、シールドの位置する深さは、N値30~60以上の良く締まった砂質土および礫質土と、N値10~27の比較的硬い粘性土の互層状の地盤である。また、セグメント等の諸元は表-1に示すとおりである。

表-1 トンネル諸元

施工区間	阪神高速道路(株) 施工区間(本線)		大阪府 施工区間(本線)
シールド外径	12.47m		12.54m
セグメントの種類	合成セグメント, RCセグメント		合成セグメント
セグメント外径	合成セグメント	12.23m	12.30m
	RCセグメント	12.23m	
セグメント内径	合成セグメント	11.58m	11.58m
	RCセグメント	11.32m	
セグメント厚	合成セグメント	325mm	360mm
	RCセグメント	455mm	
セグメント幅	合成セグメント	1800mm	1800mmおよび 1400mm
	RCセグメント	2000mm	

3. 大和川線手法の検証の試み

覆工設計の安全性と、設計で算定した併設影響度合いを確認するため、シールド通過断面にはあらかじめ図-1に示すような計測機器を設置し、作用圧の変化、覆工に発生する応力変動、内空変位、地盤変位を確認した。これらの計測断面は、大和川線シールドの施工深度や曲線施工など施工条件の異なる5か所に設けた。

4. 併設影響計測結果

施工における切羽圧は静止土圧+水圧相当、裏込め注入圧は全土被り相当圧を管理目標値とし、実際の施工においても同程度の圧力で掘進した。計測機器および施工時のマシン情報から得られた値を整理し、併設増分

キーワード 大断面、近接併設シールド、併設影響、施工時荷重

連絡先 〒590-0075 堺市堺区南花田口町 2-3-20 阪神高速道路（株）堺建設部 TEL072-226-4794

に着目した断面力，内空挙動について一整理を行った結果を表-2 に示す．ここで示す設計値は，施工計画における諸条件を考慮した設計解析の結果である．

併設影響の計測結果は，軸力についてはマシン通過時にいずれの計測断面も後行シールド側の圧縮力が増加し，テール通過後も圧縮力が残留する結果となった．また，内空変位については，マシン通過中は後行トンネルからの押付け力により後行トンネル側のスプリングライン付近が内側へ変位し，曲げモーメントはマシン通過中に正曲げ（内側引張，外側圧縮）となり，テール通過後は後行トンネル側へ変位し，曲げモーメントも負曲げ方向（内側圧縮，外側引張）へ変化する傾向となった．計測値と設計値との比較においては，傾向を定性的に表現できているものの，定量的には乖離も見られた．設計値との差がみられる部分については，設計計算において先行トンネル側部地盤は応力解放せず，逆に押し出す傾向が顕著であったことや，FEM解析において，介在する粘性土による変位量を過大に評価してしまう傾向がみられたことなどが原因のひとつであるとされており，今後検証が必要である³⁾．

5. おわりに

本稿では，既往事例の少ないシールドトンネルの併設影響に着目した傾向について一考察を述べた．本件のような施工深度かつ良質な地盤にシールドトンネルを構築する場合，大和川線手法はその併設影響を定性的に表現できたと考えている．しかしながら，設計値との比較においては乖離も見られることから，今後，設計・施工条件の違いや設計モデルにおける考え方，施工時荷重の影響などについて分析・検証を深めていく予定である．

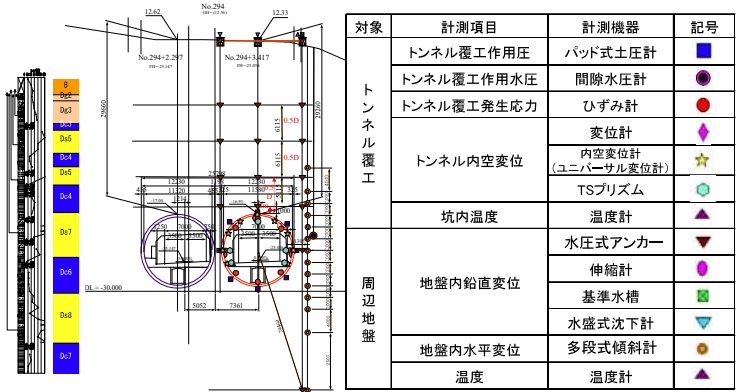


図-1 計測状況事例

表-2 計測結果と設計値との比較

(赤)計測値 (青)設計値

計測断面	軸力		曲げモーメント		内空挙動		FEM解析における荷重条件
	マシン通過中	テール通過1D後	マシン通過中	テール通過1D後	マシン通過中	テール通過1D後	
計測断面① 土被り 27.26m 切羽圧(中央・計測値) 0.49MPa	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	0.5 (30%)
計測断面② 土被り 16.12m 切羽圧(中央・計測値) 0.35MPa	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	0.5 (30%)
計測断面③ 土被り 26.45m 切羽圧(中央・計測値) 0.45MPa	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	0.5 (30%)
計測断面④ 土被り 17.64m 切羽圧(中央・計測値) 0.33MPa	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	0.5 (30%)
計測断面⑤ 土被り 9.15m 切羽圧(中央・計測値) 0.26MPa	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	後行T側	0.5 (30%)

参考文献

- 1) 卜部，陣野，石垣，長屋，稲垣：大断面，超近接シールド掘進に伴う併設トンネルへの影響に関する分析，トンネル工学報告集，Vol24 II 7
- 2) 崎谷，新名，卜部，陣野，長屋：大断面，超近接併設シールドトンネル設計手法の提案，トンネル工学報告集，Vol24 II 8
- 3) 陣野，石原，新名，出射，譽田：超近接する後行シールドの掘進条件の違いが先行トンネル覆工挙動に与える併設影響，トンネル工学報告集，Vol26 P II 8