

大和川線シールドトンネル覆工挙動における超近接併設影響に関する考察

阪神高速道路(株)
大阪府
(株)地域地盤環境研究所
鹿島建設(株)

正会員 ○伊佐政晃, 藤原勝也
正会員 陣野員久, 石原悟志
正会員 出射知佳, 長屋淳一
正会員 紀伊吉隆

1. はじめに 阪神高速大和川線は、延長約9.7kmの大部分にあたる約6.8kmが地下構造であり、このうち約3.9kmでシールドトンネルを採用している。本トンネルは、土被り厚の異なる直線区間だけでなく曲線区間があり、掘削径の異なるトンネルに近接した片側併設や両側併設など様々な条件下にあることから、大和川線シールド工事特有の施工条件に対応するため、「大和川線シールドトンネル設計マニュアル」¹⁾(以下、設計マニュアル)を制定し、詳細設計を実施した。ここでは、異なる施工条件下に設定した計測5断面において周辺地盤やトンネル挙動を測定し、後行トンネル掘進に伴う先行トンネル挙動の設計値と計測値との比較、検討したので、その結果について示す。

2. 計測5断面の特徴 計測5断面の計測位置を図1に、各計測断面の概要を表1に示す。シールド掘削対象地盤は、硬質な洪積粘性土地盤(N値10程度)と良く締まった洪積砂礫土地盤(N値60以上)が互層に堆積している。計測5断面では、後行シールド併設時における先行トンネル覆工作用圧と発生応力、トンネル内空変位を自動計測した。

3. 計測値の分析 図2に先行トンネル覆工発生曲げモーメントと内空変位の計測値および設計計算値を示す。なお、



図1 計測断面位置

表1 計測5断面の概要

	計測断面①	計測断面②	計測断面③	計測断面④	計測断面⑤
セグメント種類	先行:合成セグメント 後行:RCセグメント	先行:RCセグメント 後行:RCセグメント	③西行:合成セグメント ④東行:合成セグメント	①ONランプ:合成セグメント ②OFFランプ:RCセグメント	先行:合成セグメント 後行:合成セグメント
セグメント外径	12.23m	12.23m	12.30m	12.30m	12.30m
土被り	27.26m	16.03m	本線:26.45m, ONランプ:26.80m, OFFランプ:28.15m	17.64m	9.15m
併設トンネル間隔	0.995m(≒0.06D)	1.228m(≒0.1D)	片側併設:OFFと西行間隔2.34m 両側併設:東行と西行間隔1.76m, ONと東行間隔2.32m	1.124m(≒0.09D)	1.454m(≒0.11D)
平面線形	R=400m	R=3,000m	R=3,500m	R=1,400m→13,000m	R=1,400m
掘進地盤	上半:砂層,下半:粘土層	上:礫層,中:粘土層,下:砂層	砂・砂礫と粘土の互層	砂・砂礫と粘土の互層	砂・砂礫と粘土の互層
特徴	最深&曲線&超近接断面	転回立坑到達・再発進直近の直線断面	4連併設断面	近鉄交差前トライアル用の直線断面	近鉄交差部の直線断面
掘進状況	切羽圧	静止側圧よりやや大きめ	片側併設時:静止側圧よりやや大きめ 両側併設時:静止側圧相当	静止側圧よりやや大きめ	静止側圧よりやや大きめ
裏込め注入圧	全土被り圧相当	全土被り圧相当	全土被り圧よりやや大きめ	全土被り圧相当	全土被り圧相当

キーワード：シールドトンネル，大断面，超近接，併設影響
連絡先：〒590-0075 堺市堺区南花田口町 2-3-20 三共堺東ビル 5F TEL：072-226-4816

設計計算値は、設計マニュアルに準拠した設計手法²⁾により、後行シールド掘進に伴う先行トンネルへの併設影響は、掘削相当応力として(1)切羽前面での応力解放、(2)シールド通過時の応力解放、(3)裏込め注入時(テールボイド発生時)の応力解放を考慮し、先行トンネル覆工の増分断面力を2次元FEM解析から抽出し、それを2リングはりばねモデルに作用させて算出した。

計測断面①③では、シールド通過中においてSL(スプリングライン)付近で後行シールド側から押されて正曲げ(内側引張、外側圧縮)および縦長変形になるが、シールド通過後は、負曲げおよび横長変形に転じた。一方、計測断面②④⑤は、計測断面①③ほど顕著ではないが、シールド通過後に負曲げ、横長変形となる類似傾向を確認した。特に、計測断面①③は、計測断面②④⑤に比べて掘進深度が深く、施工時荷重による影響がより大きく受けていると考えられることから、シールド通過前後の挙動変化が大きい傾向が見られた。

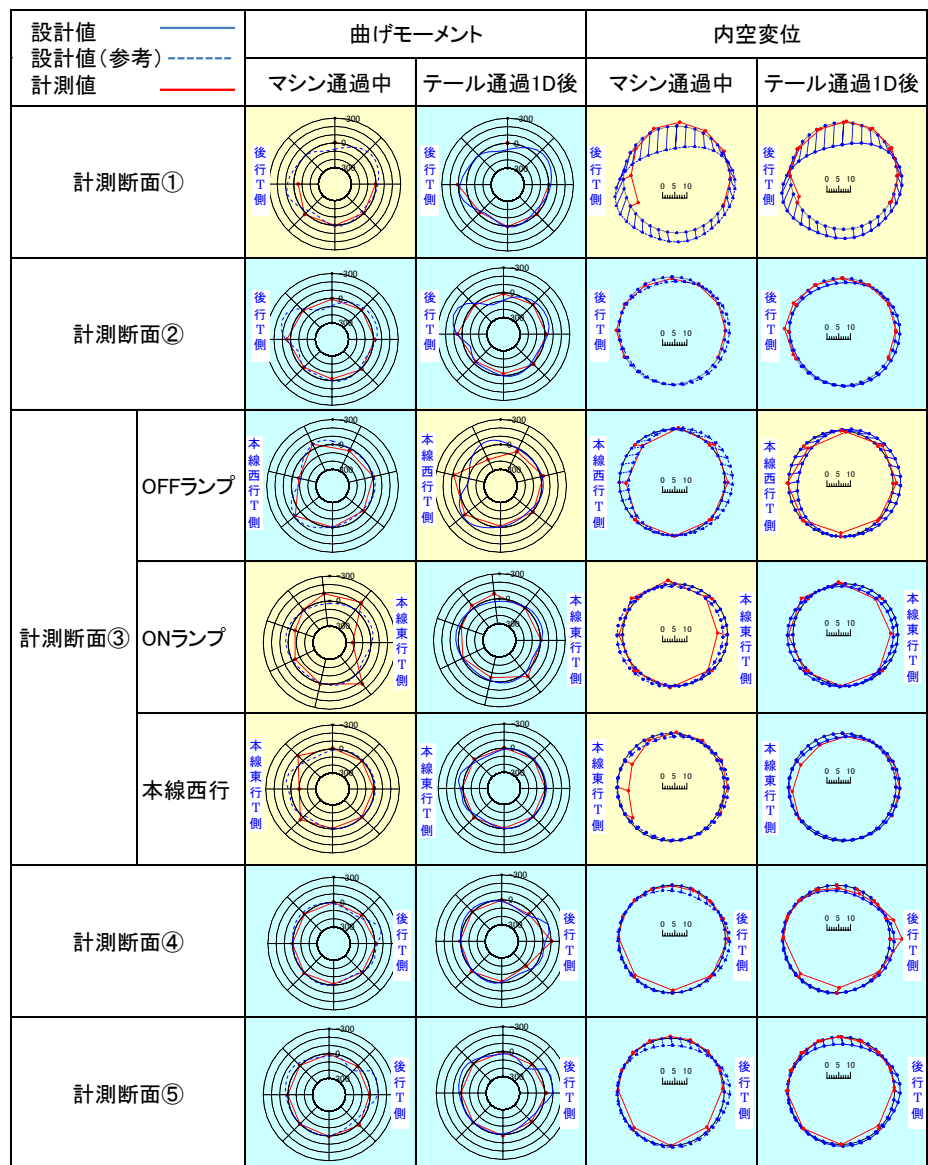


図2 発生曲げモーメントの計測値および設計計算値

4. 計測値と設計計算値の比較 図2の青色着色部の大部分は、施工深度が浅い計測断面②④⑤であり、計測値と設計計算値が概ね一致する傾向にある。一方、黄色着色部は、施工深度が深い計測断面①③であり、両者に若干の乖離が見られる。例えば、計測断面①における内空変位分布(設計計算値)は、トンネル全体が下側へ押し潰された形状を示しているが、これは、地盤剛性の差異(トンネル上半:砂層, 下半:粘土層)による影響が解析上顕著になったと考えられる。また、計測断面③のOFFランプは、シールド通過時に後行シールドからの裏込め注入圧の影響を大きく受けて正曲げおよび縦長変形を示すが、テール通過1D後にはその影響を受けたままの設計計算値に対して、計測値は裏込め注入圧が3次元的に分散して負曲げおよび横長変形方向に転じており、逆傾向が顕著になったと考えられる。

5. おわりに 大和川線シールドトンネル工事では、設計時の想定よりも大きな切羽圧(静止土圧相当)と裏込め注入圧(全土圧相当)で掘進したが、先行トンネル覆工発生応力は許容応力度内に収まり、安全に施工を完了した。特に、計測断面①③のようにシールド掘進深度が深い断面では、切羽圧等も相応に大きくなるため、併設シールド掘進時に後行トンネル側から押される方向に施工時荷重が大きく作用して、正曲げおよび縦長変形になるが、その後、負曲げおよび横長変形に転じることが確認できた。計測値と設計計算値が概ね一致している場合と、地盤構成やシールド施工条件によっては、設計計算値は計測値の傾向を適切に表現できない場合もあったので、今後さらに分析を進める予定である。なお、本検討は、「大和川線トンネル技術委員会」(委員長:大西有三 京都大学名誉教授)によりご指導いただいた。

参考文献 1)阪神高速道路(株):シールドトンネル設計マニュアル, 2011. 2)崎谷浄, 新名勉, 卜部賢一, 陣野員久, 長屋淳一: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, 第24巻, II-8, 2014.