

大断面・曲線施工の泥土圧式シールド掘進時における施工時荷重の影響

阪神高速道路(株) 正会員 ○西原 知彦, 新名 勉, 崎谷 淨
 鹿島・飛鳥建設工事共同企業体 正会員 玉田 康一, 岩住 知一
 (株)地域 地盤 環境 研究所 正会員 長屋 淳一, 譽田 孝宏

1. はじめに 阪神高速大和川線は、阪神高速道路 4 号湾岸線と同 14 号松原線を結ぶ延長約 9.7km の自動車専用道路である。このうち阪神高速道路(株)が施工する大和川線シールドトンネルは、セグメント外径 $D=12.23\text{m}$ 、最小離隔約 $1.0\text{m}(=0.08D)$ 、延長約 2.0km の大断面かつ超近接、長距離の併設施工となる。既往事例の少ないシールドトンネル工事であるため、併設影響を考慮した「大和川線シールドトンネル設計マニュアル¹⁾(以後「設計マニュアル」)」に基づいて詳細設計をおこなった。その上で、本設計思想の妥当性検証を目的に、計測断面を 5 断面設けてトンネル覆工挙動を把握し、実測値と設計値との比較および検証を実施している。本稿では、曲線区間に設定した計測断面で得られた計測結果に基づき、単設シールド掘進に伴う施工時荷重の影響について検討した。

2. 計測断面の概要 図 1 に計測断面付近の平面図と土質縦断図、図 2 にトンネル覆工計測位置図を示す。本計測断面は、最小平面曲率 $R=400\text{m}$ の曲線施工区間にあり、下り勾配から上り勾配に転じる最深断面でもある。掘進土層は、上半は洪積砂層(Ds7 層, N 値=30~60 以上)、下半は洪積粘土層(Dc6 層, N 値=10 程度)である。土被り厚は 27m 程度であり、地下水位は GL-12m 程度である。トンネル覆工計測の項目は、トンネル覆工作用圧、トンネル覆工発生応力およびトンネル内空変位であり、自動計測(計測頻度: 1~5 分)を実施した。なお、各セグメントピースの初期値は組立直前の船形に置かれた状態とした。図 3 にセグメント構造条件および荷重条件を示す。これらの諸条件を踏まえ、「設計マニュアル」に準拠して設計値を算出した。

3. トンネル覆工計測結果と設計値の比較 図 4 にトンネル覆工作用圧、トンネル覆工発生応力から算出した断面力およびトンネル内空変位について、各施工段階における計測値と設計値の比較を示す。

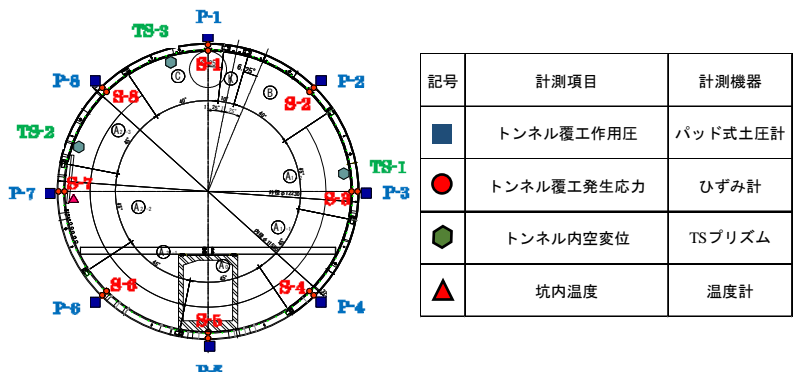
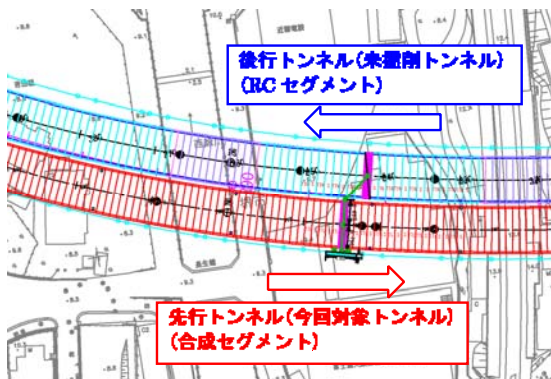


図 2 トンネル覆工計測位置図(向かって右側が曲線外側)

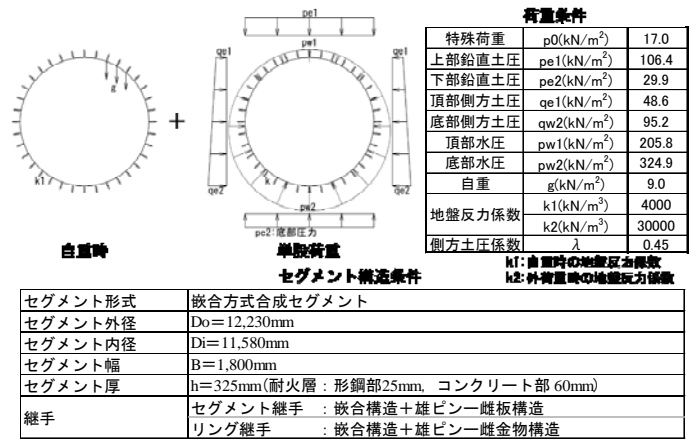
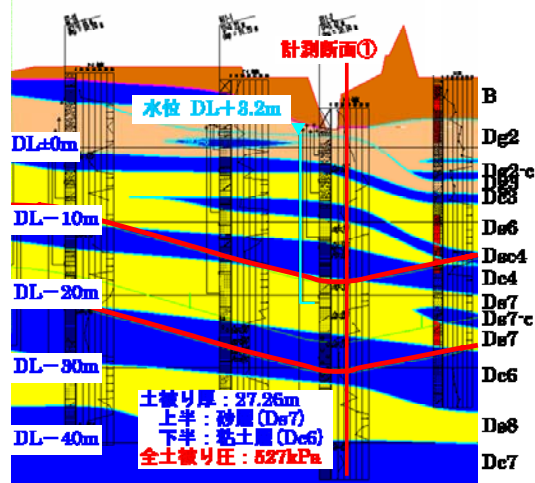


図 3 セグメント構造条件および荷重条件

図 1 計測断面付近の平面図と土質縦断図

キーワード シールドトンネル, 大断面, 超近接, 曲線施工, 施工時荷重

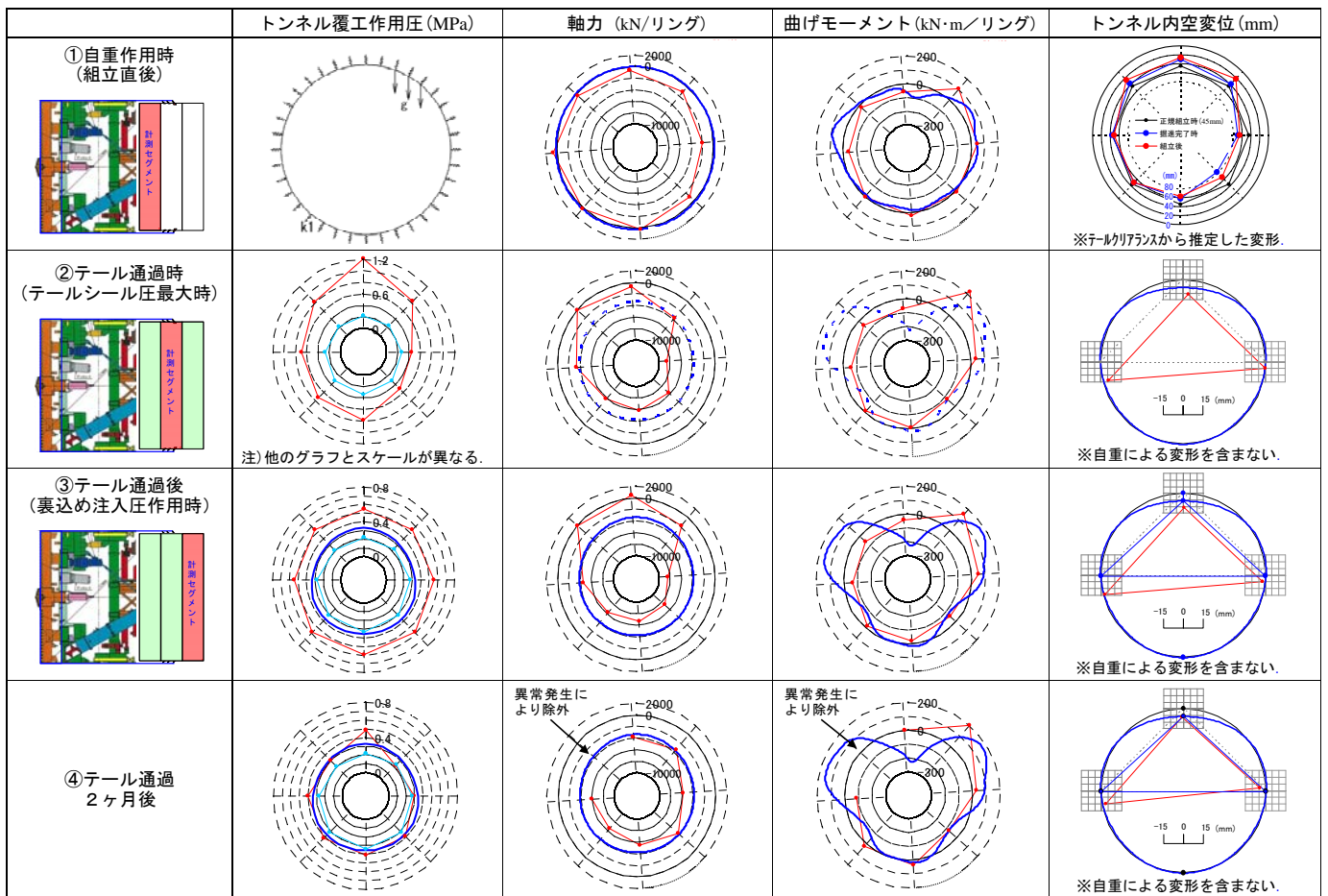
連絡先 〒590-0075 堺市堺区南花田口町 2-3-20 阪神高速道路(株)建設事業本部堺建設部設計課 TEL072-226-4590

①自重作用時(計測セグメント組立直後)において、テールクリアランスは、トンネル天端部および曲線施工外側上部と内側上部において小さく、曲線施工外側スプリングライン部とその下部で大きくなった。これは、前リングのセグメント形状に合わせて、計測セグメントを組み立てたことによるところが大きいと考えられる。

②テール通過時(テールシール圧最大時)の挙動については、テールブラシがセグメント表面に作用し、トンネル覆工作用圧は最大 1.2[MPa]まで上昇している。これに伴ってトンネル内空変位が押しつぶされた挙動を示し、断面力が①自重作用時の分布形状を維持したまま大きくなる傾向を示した。つまり、施工時荷重(ここではテールシール圧他)の影響が大きいことが伺える。

③テール通過後(裏込め注入圧作用時)において、セグメントに裏込め注入圧 0.5[MPa] (全土被り圧相当)による均等圧が作用している。一方、セグメント発生応力から算出した軸力は、トンネル下半の圧縮応力が大きくなる歪な軸力分布を示し、設計時の想定軸力とは大きく異なり、テール通過時に発生した断面力が残存する結果となった。

④テール通過 2ヶ月後には、トンネル覆工作用圧は経時的に減少して設計土圧相当に収束している。一方、軸力は徐々に均一分布形状に近似し、最終的には設計値よりも大きい、比較的良い対応関係を示している。曲げモーメント分布は、大局的には軸力分布の傾向と類似した結果になった。なお、単設時におけるセグメント発生応力は最大 60[N/mm²]であり、許容圧縮応力度 215[N/mm²]に対して 28%程度であり、トンネル覆工の安全性は確保できていることを確認した。



*) 赤実線：計測値，青実線：設計値，水色実線：トンネル覆工作用水圧

図4 トンネル覆工作用圧，トンネル覆工発生断面力，トンネル内空変位に関する計測値と設計値の比較

5. おわりに セグメント作用圧や発生応力は、前リングの変形履歴に大きく依存することが判明し、さらに、テールシール圧や裏込め注入圧などの施工時荷重の影響を大きく受けることも確認できた。最終的なトンネル覆工発生応力は、許容応力度内に収束しているものの、テール通過時におけるこれら施工時荷重の影響は、設計上考慮できていない。今後、施工時荷重の影響も含めて「設計マニュアル」の検証を進める予定である。

謝辞 本稿の検討では、「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)」よりご指導頂いた。ここに付記して謝意を表します。

参考文献 1)志村敦，藤原勝也，辻野博史，岩住知一：超近接長距離併設シールドトンネルの設計，トンネルと地下，Vol.41，No.11，pp.43-50，2010。