

道路シールドトンネルにおける施工時荷重の現場計測

首都高速道路㈱ 神奈川建設局 ○正会員 津野 和宏 正会員 松崎 久倫
日本シビックコンサルタント㈱ 正会員 斉藤 正幸 正会員 新井 孝弘

1. はじめに

シールド工法は、施工技術の向上によって、それまでの実績を超えた大断面、大深度等の施工が増加している。さらに、コスト縮減を目指し、施工の高速化やセグメントの幅広化、一次覆工省略等の合理化が進んでいる。

一方で、建設時に施工時荷重の影響によるセグメントの損傷事例が確認されることが多くなっている。セグメントの損傷は、トンネル本体構造物の耐久性を低下させ、維持管理費を増加させる要因となることから、ライフサイクルコストを低減させるために極力防止すべきである。

首都高速道路株式会社では、これまでに道路シールド用セグメントの「合理的な構造の検討」や「製造方法の合理化検討」等を実施してきた。そのなかで合理的なセグメント構造を実施工へ適用するために解決しなければならない課題として、施工時荷重の影響を把握し、セグメント構造の選定や施工計画の立案等を適切に行う必要があると考えている。そこで施工時荷重の影響を把握することを目的として、現場計測を実施した。本稿では、この現場計測結果のうち、施工時荷重によるシールドトンネルの変形について報告する。

2. 現場計測概要

(1) 工事概要

シールド工事は、渋谷区初台1丁目（初台立坑）～目黒区青葉台四丁目（松見坂到達立坑）までの延長2.66kmのトンネル併設工事である。トンネル周辺の地質構成は、上総層の粘性土（Kc）を主体として、到達立坑付近で砂・礫質土層（Kc）となっている。セグメントは外径φ11.83m、シールド工法は泥水式工法が採用されている。図-1に工事平面図、図-2に地質縦断図を示す。計測は、先行する外回りトンネルで実施した。

(2) 計測概要

計測は、施工時荷重に着目した場合のセグメントの三次元的かつ時系列の変形挙動を把握するために、表-1 に示すトータルステーションを用いた3方向変位計測とした。

この計測によって対象となるセグメントリングの天地左右の絶対変位が把握できる。さらに 45° 位置をレーザー照射形の変位計によって同様に計測を行った。このとき、初期の組立形状を正確に把握しておくことが、原因の特定や後の解析評価に有効であることから、組立後にセグメントリングの断面形状を初期値として測定した。この他に継手の変位、セグメントの応力および土圧や水圧などの作用荷重を測定している。

3. 計測結果と考察

(1) セグメントリングの形状

直線部と曲線部のセグメント組立後の断面形状を図-3 に示す。

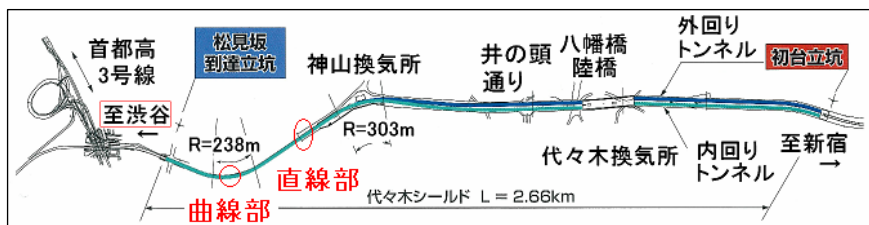


图-1 工事平面图

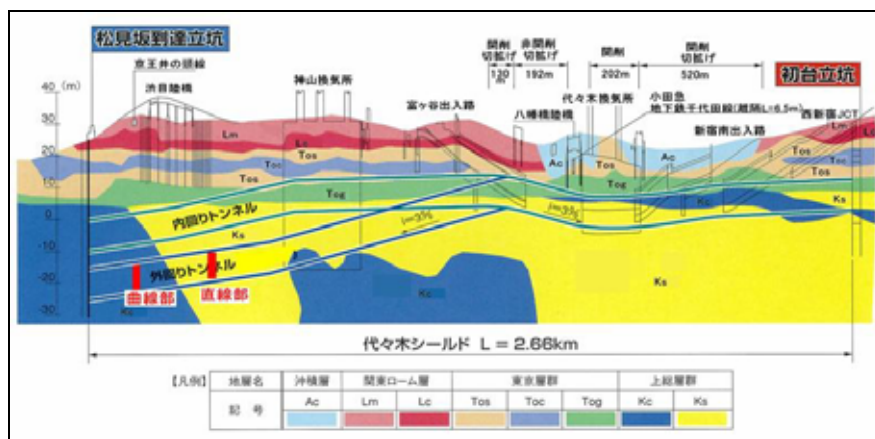


圖-2 地質縱斷圖

キーワード 施工時荷重，道路シールド，現場計測

連絡先 〒221-0013 横浜市神奈川区新子安 1-2-4 首都高速道路（株）神奈川建設局 T E L 045-439-0734

表-1 計測項目

計測項目	計測機器
セグメントリング変位	トータルステーション
	レーザー照射形変位計
	セグメント間目開き・目違い計
セグメントリングの形状	横断面形状測定器
リング継手変位	リング間目開き・目違い計
セグメント発生応力	周方向・軸方向鉄筋計
セグメントに作用する荷重	土・水圧計
セグメントとシールドの関係	テールクリアランス

曲線部では、直線部に比較して変位がやや大き目であり、組立が完了した段階で斜めにつぶれ、左上方へ約 25mm 広がっている。これは、前リングの変形形状の影響による組立精度の低下によるものと思われるが、管理値である 55mm より十分小さい値である。

(2) セグメントリングの変形

変形が顕著となった曲線部のトータルステーションによる 3 方向のセグメント変形の経時変化を図-4 に示す。また、変形がほぼ完了した 3 リング推進後の変化量と初期断面形状を考慮した分布図を図-5 に示す。なお、45° 方向変位は、レーザー照射形変位計によるものである。

図-4 より、セグメントリングは、テール内で拘束を受けることで内側に縮小する。特に線形の内側では、変化が大きく、推進中に約 7mm 内側へ変形する状況が確認された。これは、曲線の内側でテールエンドクリアランスが減少すること等によって、テール部の拘束圧が高まり、セグメン

トに作用する荷重が大きくなったためと思われる。トンネル軸方向の変形は、推進時に約 2mm 圧縮され、次リング組立時にジャッキを解放することで戻される。これより、ジャッキの拘束力やシールド材の反発力によって、推進時はもとより組立時にもセグメントは三次元的に大きく挙動しているということが判る。また、約 3 リング推進の段階まで来ると挙動が収束している。これは、ボイド内への裏込注入によって地山に支持されるためと思われる。

図-5 において、鉛直・水平では、設計値に比較して大きな変形は無いが、図中矢印で示すように 45° 方向つぶれる形となり、左上方から右下方に直径が +16mm (100.14%) となっている。この付近は、組立時に負の曲げモーメントが発生しており、リング継手とセグメント継手に目違いが大きいことが確認されていることから、組立誤差の影響が残留しているものと思われる。真円度は直径の 0.2% 未満と小さいことからひび割れ等も生じておらず、耐久性には影響がないと思われる。

4. まとめ

当該地盤のように自立性の高い固結粘性土地盤では土圧の作用が小さいことから、セグメントに発生する応力や変形量において、施工時荷重の影響が占める割合は比較的大きいものとなる。今回、断面の変化を連続して計測することで、組立時、掘進時の変形要因を確認することができた。セグメント組立時の状態は、その後の変形や応力の発生状況に大きな影響を与えていることから、組立精度の改善を図ることで、施工時荷重の影響を軽減できる可能性がある。

今後、本件の計測結果を利用して、更に施工時荷重の検討、構造解析等の分析を進め、道路シールドセグメントの設計に反映させていく予定である。

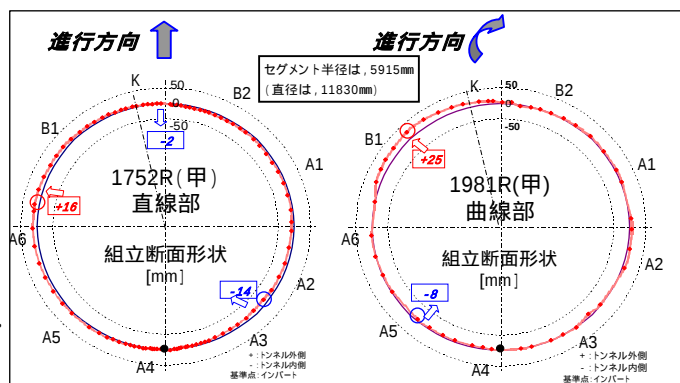


図-3 セグメントリングの形状

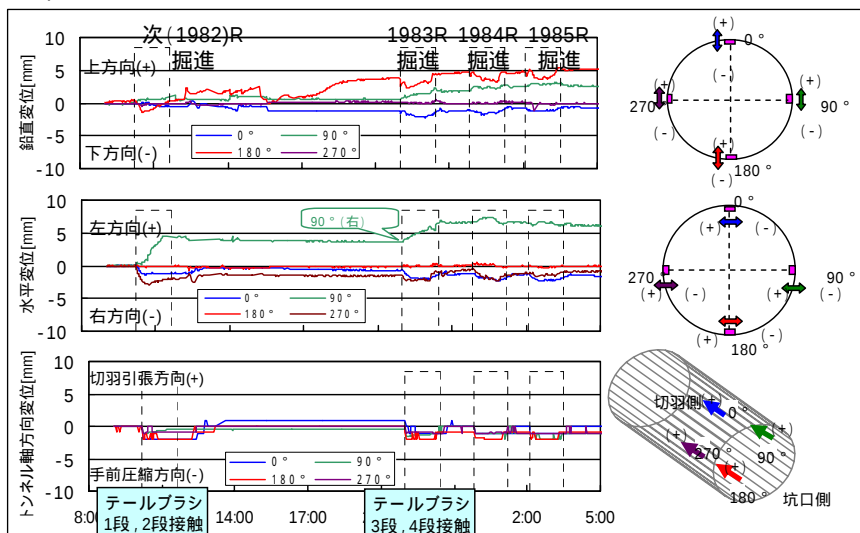


図-4 セグメントの 3 方向変位経時変化

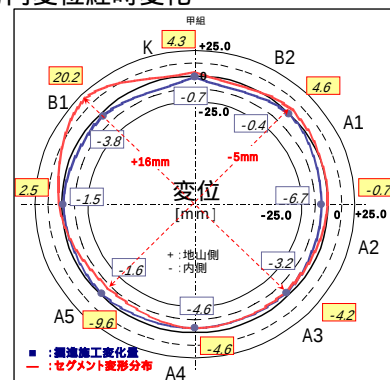


図-5 出来高変形