

東京地下鉄13号線新宿工区シールド工事におけるセグメント挙動計測 ～ トンネル形状保持システムの有効性と FAKT 継手の実証 ～

東京地下鉄株式会社 西村 聡

○福田隆二

清水建設株式会社 西井成実 原忠 安井克豊

日本シビックコンサルタント(株) 斉藤正幸 奥尾展保 堤 直樹

1. はじめに

地下鉄13号線は、池袋～渋谷間の延長8.9kmを結ぶ路線で、平成19年度開業へ向け、現在建設を進めている。このうち新宿工区は、新宿七丁目駅～新宿三丁目駅間を結ぶ延長約490mの泥水式単線シールドである。トンネル外径は6.6m、セグメントの分割数は6等分割で、桁高320mmのRC平板形セグメントで構成される。技術的な特長として、鉄道トンネルとして過去最大幅となる1.6m幅のセグメントを採用したこと、セグメントを効率良く組立てるために、トンネル内面の平滑性を確保しつつセグメント組立後に継手部に締結力をもたせる自己締結型のワンパス継手（以後「FAKT」という）を採用し高速施工を実現していること、シールド機には、幅広セグメントを精度良く組み立てることを目的としたテール内形状保持システム（以後TKS）を装備して施工時荷重の影響度の軽減を図っていることが挙げられる。

本稿では、セグメント挙動計測結果の中から特徴的なものを紹介するとともに、これら新技術の有意性について考察する。

2. 構造概要

(1) 自己締結型継手(FAKT)

図-1にはFAKT継手の締結状態イメージ図を示す。セグメント継手は雄雌ナックル構造で、曲げモーメントは作用しないが、軸力とせん断力が作用する構造である。リング継手は、雄雌嵌合継手でジャッキによる押込みのみで締結される。さらに中央部2箇所リング継手には連結材を配置して、中心間隔を端部継手中心間隔より小さく設定することで、添接セグメントを締結することにより自動的に継手に締結力が導入される構造となっている。

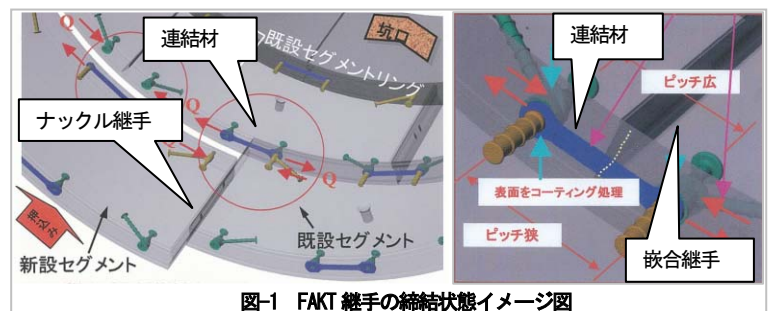


図-1 FAKT 継手の締結状態イメージ図

(2) テール内形状保持システム (TKS)

TKSは、図-2に示すように組立完了直後のセグメントがシールドのテール内部で無支持状態となり、掘進時の推進力によって変形、破損することを防止する目的で配備されたものであり、シールドテールスキンプレートに膨張収縮自在な膨張体を設置し、膨張体を膨らませることによりセグメントリングを周囲から支持する機構である。

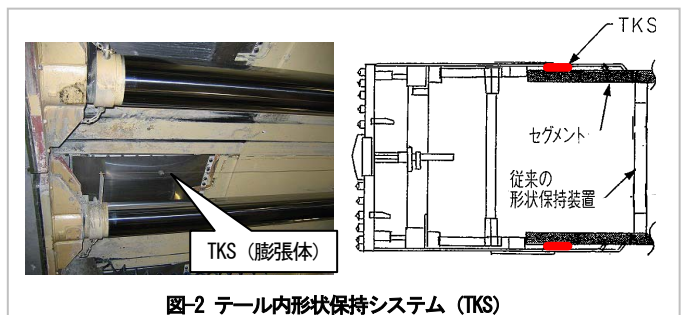


図-2 テール内形状保持システム (TKS)

3. 計測概要

セグメント計測は、千鳥組の影響を確認するため2リング連続して設けた計測用セグメントに対して実施した。図-3には主な計器の配置を示す。今回報告する主な計測結果は、セグメントリング組立直後の断面形状、掘進中のテールクリアランスの変化、セグメント継手の目開き変位、リング継手の連結材の応力である。

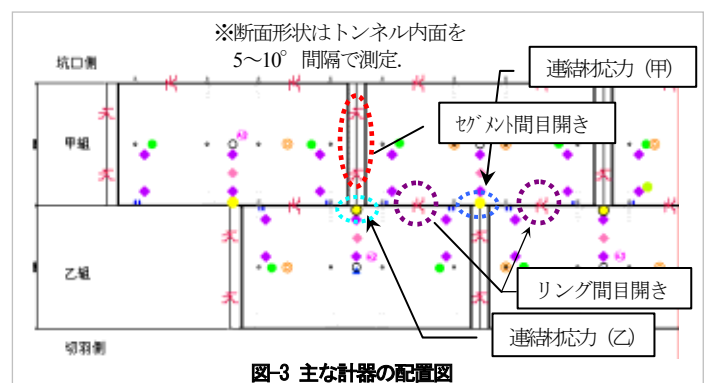


図-3 主な計器の配置図

Keywords 鉄道シールドトンネル、幅広セグメント、自己締結型継手、施工時荷重、テール内形状保持システム

連絡先 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-26-2 日本シビックコンサルタント(株)事業統括本部 TEL:03-5604-7551 FAX:03-5604-7558

4. 計測結果

(1) 計測リング組立完了からテール脱出までのセグメント挙動

図-4は、セグメント組立後と掘進完了後の断面形状を示す。その結果、組立後に縦置き卵形の形状となっていたが、掘進にともなうテールブラシによる拘束力の影響を受けてほぼ真円に矯正されている。図-5には、組立完了後のセグメント継手の目開き量の分布と、掘進時の目開き量の変動状況を示す。これらの結果から、組立後の目開き量は2.4～5.9mmに達しており、切羽側の目開き量は坑口側より大きく、セグメントリングはいわゆるラップ状に組立てられていると推測された。また、掘進にともない切羽側、坑口側ともに継手が閉じる方向に移行するが切羽側の変化量の方が大きい。これは、切羽側の組立時の目開き量が坑口側に比べて切羽側が大きかったものがテールシールの拘束によって概ね均一になるようとしていることによると考えられる。

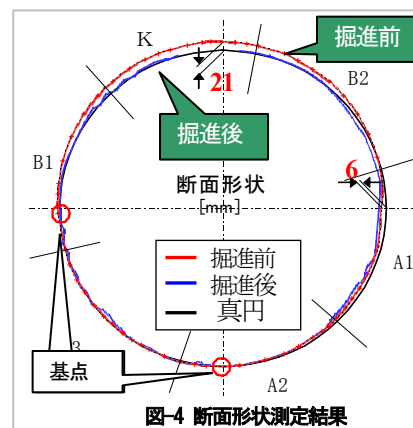


図-4 断面形状測定結果

(2) TKS のトライアル

掘進中のTKSの使用がテール内にあるセグメントの揺動抑制に効果的か否かを確認するため、連続する2リングの計測リングにおいて、TKSの圧力を100% (0.35Mpa)とした場合と使用しなかった場合とで比較した。図-6は、計測リング掘進時のテールクリアランス測定結果で、●印はTKSをストローク440mmまで使用した場合、▲印はTKSを使用しなかった場合を示す。

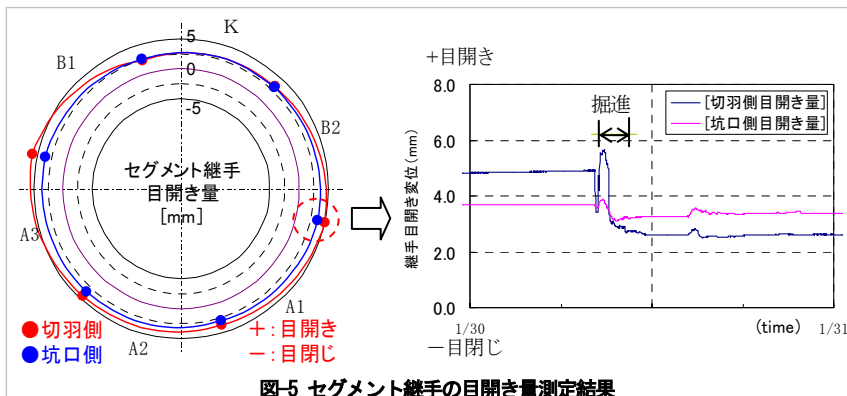


図-5 セグメント継手の目開き量測定結果

その結果、TKS未使用の場合には、ストローク0～200mmにおいてクリアランスが数センチオーダーではあるが縮小する傾向が見られるが、使用した場合には膨張体があるためにクリアランスが縮小する方向へは変位していない。すなわち、TKSの有効ストロークまでは、膨張体が拘束体となりテール内でいわゆるラップ状の変形を防ぐのに効果的であったと考えられる。

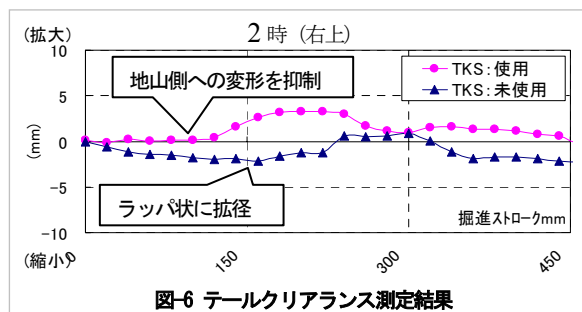


図-6 テールクリアランス測定結果

(3) FAKT 継手の挙動

図-7は、リング間の継手端部を結ぶ連結材応力の経時変化を示す。その結果、次リングの組立により連結材に約100N/mm²の応力が発生し、組立によって既設リングのセグメント継手を締結する効果のあることが確認された。次々リング掘進時の引張応力の増加は、添接リングのテールブラシ圧や裏込注入圧による変形の影響を受けて生じたものと考えられ、千鳥組の添接効果がある程度認められる結果となった。

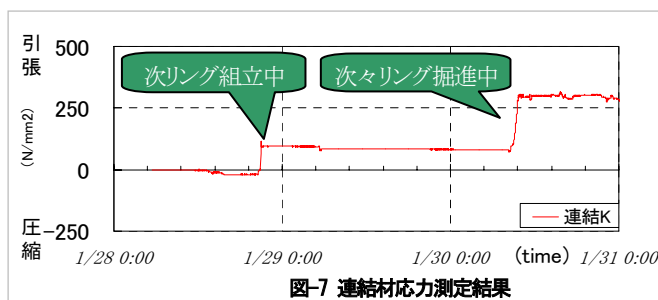


図-7 連結材応力測定結果

5. まとめ

今回の計測結果から分かったことを以下にまとめる。

- ① セグメントの幅広化によって、組立完了直後のセグメントリングは切羽側端部がラップ状に拡張しており、テールブラシを通過する時に縮径する傾向が認められた。
- ② TKSの有効ストロークまでは、膨張体が拘束体となりテール内でいわゆるラップ状の変形を防ぐのに効果的であった。今後、TKSの有効ストロークを伸ばす装置の開発が望まれる。
- ③ FAKT 継手については、隣接リング組立によるセグメント継手の自己締結効果と千鳥組の添接効果がある程度認められた。

6. おわりに

FAKT 継手や幅広セグメントの有効性については、今後、内部応力の測定結果などと合わせてさらに分析を進めていきたい。