

地盤凍結工法による貼付および組込凍結管を用いたテールシール交換時の止水防護

(株)精研 正会員 ○大畝 丈広
 (株)精研 伊藤 武生
 (株)精研 橋本 敏一

1. はじめに

近年のシールド工事に於いて、高水圧下での長距離掘進対応技術としてテールシール自体の耐久性向上に加えて、万が一、シールドマシンのテールシールの交換が必要になった場合に備えて、簡便な止水技術の開発および提案が行われている。本稿では、東京都内で掘進中の外径φ6,250mm シールドマシン（土被り 15.0m）のテールシールを交換する際に、止水防護として採用された地盤凍結工法の計画とその施工結果を報告する。

2. テールシール交換時の一般的な止水方法について

シールドマシン掘進中のテールシール交換時の一般的な止水方法として、シールドマシンに装着するタイプの機械的な遮水装置を用いた方法や、地上またはシールドトンネル内から地盤内に止水材を注入する地盤改良による方法が挙げられる（表 1）。

前者は過去に東京湾横断道路建設工事等で用いたシールドマシンに内蔵されたが、実際には使用されていない。後者は実績があるが、地上からの注入作業の可否やコストおよび工期がかかるなどの要因から、容易に採用されていない¹⁾²⁾。

3. 地盤凍結工法を用いた従来案との比較

地盤凍結工法を用いてテールシール交換作業を検討する場合、通常は地盤露出の有無を問わず、地中に埋設した凍結管を用いてテールシール部周囲に凍土を造成する計画（従来案：図 2(上)）を提案している。本工事は交換作業時に地盤の露出がなく、凍土の役割は耐力壁ではなく止水のみとなるため、事前にテールシール部に内蔵した組込凍結管と、新たに設置した貼付凍結管を用いて凍土を造成する計画を提案した（貼付および組込凍結管案：図 2(下)）。

表 2 に示した両案の比較検討の結果から、今回提案した組込凍結管および貼付凍結管を用いた止水方法のほうが、凍土量が少ないことにより凍結膨張圧が低減でき、加えて工期およびコスト面でも優位となる。

4. 計画経緯と実施工

本現場のシールドマシンの掘進では、①長距離掘進による摩耗、②急曲線掘進時シールドマシンとセグメントとのセリによる損傷、③急曲線掘進時テールシールへの裏込め注入材の固着によるテールシールの損傷が想定されていた。損傷時の対策として、施工期間短縮の観点から組込凍結管と、セグメント製作時に内蔵した凍結管を用いた地盤凍結工法による止水防護の技術提案がなされた。しかし、詳細検討を進めていく中でテールシールの損傷がシールドマシン掘進中のどの区間で発生するか想定することが難しく、本現場は多種のセグメントを使用するため、凍結管を内蔵させるセグメントの選定が困難である等の懸念事項が判明した。

表 1 止水方法比較表

	緊急遮水装置	地盤改良
概要	シールドマシンテール部に装備したゴムシール(補助ゴム膜)を膨らませ止水シールをセグメントに密着させ止水する(図1参照)	シールドマシンテール部付近の地盤にセグメントのグラウトホールもしくは地上から地盤改良材を注入し止水する
一般的な特徴	止水できるまでの工期が短い	止水できるまでの工期が長い
	施工費用は比較的安価	施工費用が高価
	装置作動後に地盤改良が必要	事前に特別な準備は必要としない
	シールドマシンテール部が長く曲線施工上不利 使用は一回限り	地上からの施工が必要になる場合もある 何回でも施工可能

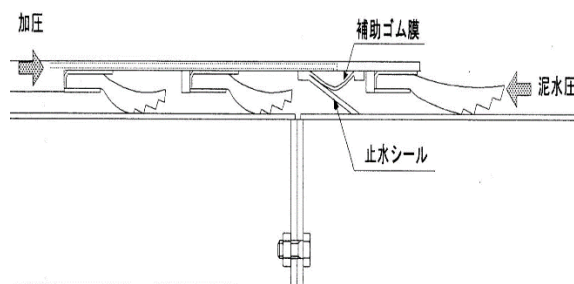


図 1 緊急遮水装置イメージ図

キーワード 地盤凍結工法, 貼付凍結管, 組込凍結管, 凍土, テールシール, シールドマシン

連絡先 〒112-0002 東京都文京区小石川 1-15-17 (株)精研 TEL03-5689-2351 FAX03-5689-2361

今回、テールシール損傷は発進直後の急曲線掘進時に発生し、以降の掘進での安全性を確保するため、急曲線区間終了後に交換する方針とした。ただし、同区間ではスチールセグメント（セグメント幅：0.3m）を使用しており、事前に凍結管を内蔵させることが困難であったため、貼付凍結管をセグメント内面に後付設置する方法を採用した。本工事は、図2(下)のように3段のテールブラシで構成されたテールシールのうち、一番切羽側のテールブラシを交換するため、組込凍結管とシールドマシンおよびスチールセグメント内面に設置した貼付凍結管を用いて凍土を造成する計画とした。スチールセグメントに設置する貼付凍結管は、セグメントボックス内に各1つ設置した。施工時の熱条件は、シールドマシン内設備等の放熱などの影響から、計画推定値より高いことが実測の地中温度から確認された。凍結対象土は、スチールセグメントから埋設した測温管の削孔時の排土状況から砂が介在した泥岩層と想定でき、テールシール近傍にテールボイド等の空隙や地盤の乱れ等も確認できなかった。地盤凍結工法において凍結範囲周辺での漏水は、凍土造成を阻害する要因となるため、本工事でもテールシールからの漏水が懸念されていたが、漏水は確認できなかった。凍土の健全性と止水性の確認のため、地中の各所に埋設した測温管内に測温点を配置した（図2(下)中に記載）。凍結設備の設置を7日間で施工し、凍結運転を開始した。凍土造成期間中は、地中温度の経時変化により凍土造成の状況を監視した(図3)。温度計測結果からは地下水流等の熱源による影響は見られなかった。凍土造成完了後のテールシール交換作業は5日間で完了した。

5. まとめ

本工事は緊急対策として技術提案された計画を施工し、地盤凍結工法の役割を果たすことで無事テールシール交換を終えシールドマシンは掘進を再開することができた。

本工事の特徴は以下のことが挙げられる。①テールシール部に内蔵した組込凍結管を用いることで凍結管を埋設することなく凍土を造成することができた②仮設期間の短縮と凍結設備の規模縮小が可能となった結果、従来の凍結管埋設案と比較して工期およびコスト削減が実現できた。本工事は土被りが小さい低水圧下での施工であったが、今後は、適用条件等の検討を重ねて品質向上させることで、高水圧下での施工に繋げていきたいと考える。

参考文献 1)有泉 毅ら：テールシール交換用止水装置の止水性能実験 トンネル工学研究論文・報告集第8巻，1998年11月報告 2) シールド工法編集委員会：地盤工学・実務シリーズ 29 シールド工法 地盤工学会 平成24年2月発行

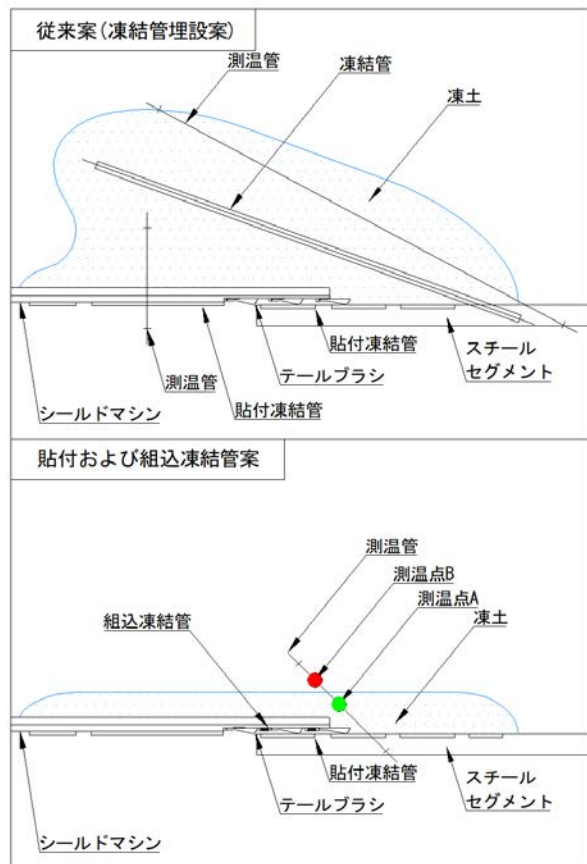


図2 地盤凍結工法によるテールシール交換の計画概要図 (上)：従来案，(下)：貼付および組込凍結管案

表2 比較表

	従来案(凍結管埋設案)	貼付および組込凍結管案
概要	セグメントから凍結管を埋設。シールドマシンおよびセグメントから測温管を埋設。シールドマシンおよびセグメントに貼付凍結管設置	セグメントに貼付凍結管設置。事前にテールシール部に凍結管を内蔵。セグメントから測温管を埋設
主な特徴	止水できるまでの工期(仮設～凍土造成完了)が長い	止水できるまでの工期(仮設～凍土造成完了)が短い
	施工費用が高価	施工費用が安価
	凍土量が多い	凍土量が少ない
	凍結設備が大きい	凍結設備が小さい
	再掘進時、測温管抜去が必要	再掘進時、測温管抜去が不要

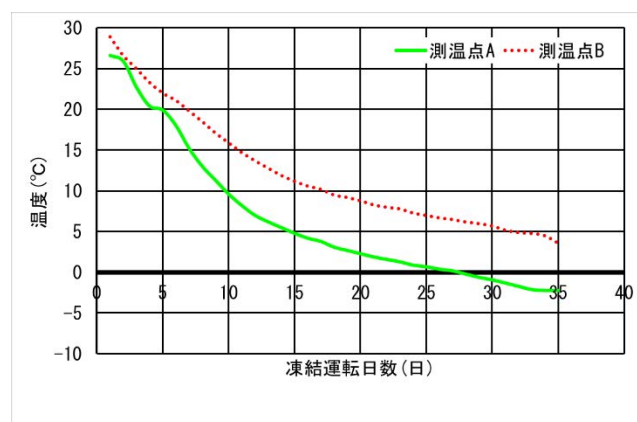


図3 測温点温度グラフ