

液体窒素を用いたシールド掘進機スクリュウコンベヤの応急止水技術

鹿島建設(株)	正会員	上本 勝広
	正会員	吉田 輝
	正会員	吉川 正
ケミカルグラウト(株)		神 俊章

1. はじめに

シールド工事では、地盤内の土砂、礫によるスクリュウコンベヤの閉塞や損傷により掘進不能となる事例が報告されている。これらのトラブルに対しては、切羽またはスクリュウコンベヤの切羽に近い位置において止水が必要となるが、これまで当該部の止水工として薬液注入工法が採用されてきた。しかし、薬液注入工法では掘進機のチャンパー内部またはスクリュウコンベヤ内部に改良土が付着し、再掘進時にトラブルを引き起こすケースが報告されており、また、高水圧が作用する大深度では確実な止水効果が期待できないことから、高水圧下においても確実に短期間で止水可能な技術が求められている。そこで、筆者らは液体窒素を用いた応急止水技術を提案している。本報告では、本技術の概要ならびに現場適用事例に関して報告する。

2. 液体窒素を用いたシールド掘進機スクリュウコンベヤの応急止水技術

液体窒素を用いたシールド掘進機スクリュウコンベヤの応急止水技術は、機器として液体窒素、フレキシブル凍結管、冷熱伝導材を用いて、短期間で確実な止水を簡易に行う技術である。本技術の特長を以下に示す。

液体窒素（沸点： -196°C ）を用いるため、対象部の土砂、泥水を急速凍結でき、短期間で止水が可能である。

フレキシブル凍結管を用いるため、任意の凍結対象形状に合わせて設置可能である。

フレキシブル凍結管と凍結対象部は線接触となるが、熱伝導性に優れた冷熱伝導材により面的な冷却が可能である。

凍結により止水を行うため、高水圧下においても確実な止水効果が期待できる。

解凍後、凍土は元の土砂の状態に戻るため、再掘進時にトラブルは生じない。

3. 現場適用事例

3.1 概要

泥土圧式シールド（シールド外径 2430mm，セグメント内径：2000mm）のスクリュウコンベヤ（外径 355mm）の軸が損傷し、掘削不可能となった事例の修復時に本技術を適用した。対象地山は細砂であり、作用水圧は 0.17MPa である。

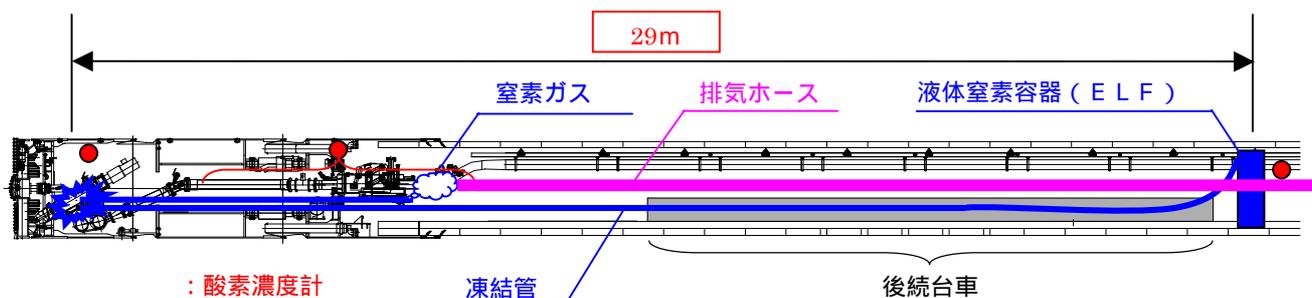


図-1 応急止水用機器の配置図

キーワード：応急止水，液体窒素，シールド工法，大深度地下

連絡先：〒182-0007 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 0424-89-7692

現場適用時の機器配置を図-1に示す。修復完了後、直ちに再掘進を可能とし、工期遅延を最小限に抑えるため、後続台車等の撤去は行わず、液体窒素容器（ELF）を凍結対象部（切羽部）から離れた位置に設置し、そこから供給を行った。

3.2 酸欠に対する安全性の確保

液体窒素は、気化後体積が600～800倍になるため、狭い空間で使用する場合には、酸欠に対する安全性の検討および酸素濃度計測が不可欠である。そこで、応急止水凍結に要する時間当りの液体窒素使用量と換気設備能力から坑内での酸素濃度を試算した。検討の結果、20%程度の酸素濃度を確保可能であることを確認した。実際、凍結対象部である切羽付近、フレキシブル凍結管排気口付近、液体窒素容器設置付近の3箇所に設置した酸素濃度の計測値は常時20.8～20.9%であった。

3.3 修復工

凍結対象部のフレキシブル凍結管、冷熱伝導材、断熱材の設置状況を図-2、写真-1、2に示す。凍結対象部（外径360mmのスクリュウコンベヤ）の周辺部は非常に狭隘であったが、フレキシブル凍結管であるため、スムーズな設置が可能であった。

凍土造成状況、維持運転時の施工管理を行うため、スクリュウコンベヤには熱伝対を設置した。図-3に凍結時における熱伝対の温度経時変化を示す。泥土の温度はスクリュウコンベヤ半径方向には、巻付けたフレキシブル凍結管に近い外周部が中心部より低温であり、スクリュウコンベヤ軸方向では、安全性を考慮して液体窒素を切羽側から注入したため、切羽側が坑口側より低温となった。凍土造成に要した時間は約4時間、液体窒素使用量は約110kg（ELF約1本分）であった。この液体窒素使用量は計算式による予測とほぼ同等であった。

今回の修復作業は破断した軸部（写真-3）の接合であるため、上半部を溶接後、下半部溶接のため一度解凍し、スクリュウコンベヤを反転した後、再凍結、溶接という手順で応急止水凍結を2セット実施した。再凍結時においても一度目の凍結時と同様に止水工を完了することができた。

4. おわりに

提案する応急止水技術の適用によって、シールド掘進機のシールドコンベヤの修復作業全体を約4日という短期間で実施した。また、再掘進時においても薬液注入工法を適用した場合に懸念されるような閉塞もなく、無事に掘進を再開することができた。今後、本技術が水平展開され、同種のトラブルが効率的に解決されれば幸いである。

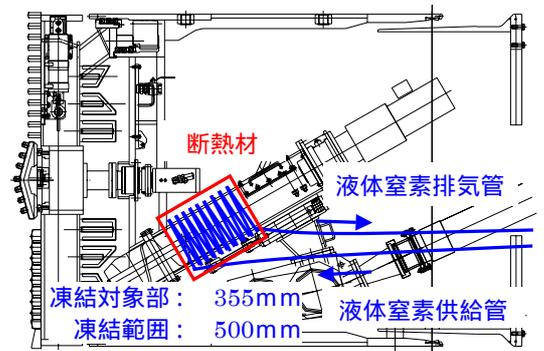


図-2 凍結対象部機器配置図



写真-1 冷熱伝導材設置状況



写真-2 断熱材設置状況

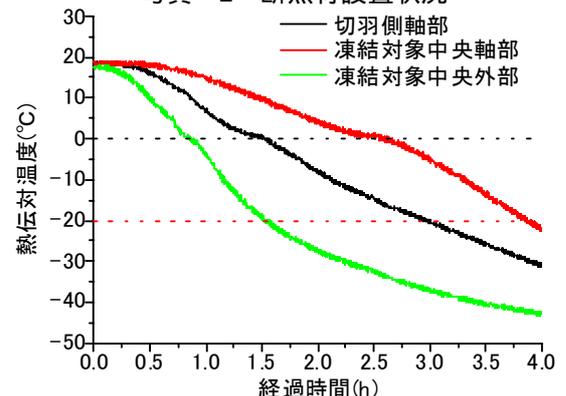


図-3 凍土造成時温度経時変化

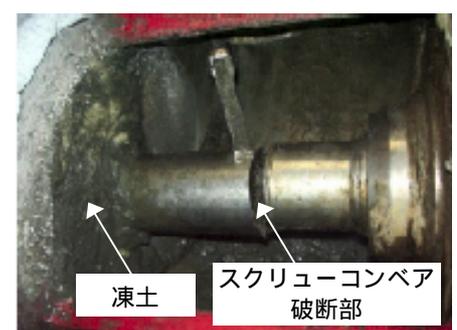


写真-3 スクリューコンベヤ破断部