

凍結技術を用いた水中部の仮設ドライアップ工法の開発

東亜建設工業（株） 正会員 ○宮沢 明良
 （株）精研 松能 功
 信幸建設（株） 川合 信也
 東亜建設工業（株） 正会員 羽瀨 貴士
 東亜建設工業（株） 正会員 守分 敦郎

1. はじめに

今後国内では建設後 50 年以上経過する構造物が飛躍的に増加するため、老朽化した構造物の補修・補強工事も増大すると考えられる。港湾・護岸・河川構造物の干満帯から水中部での補修・補強工事において、鋼製函体を使用してドライな作業空間を構築する仮設工法による施工があるが、複雑な形状の構造物に対する止水の確実性が課題となっている。そこで、水を含んだ柔軟な止水材を地盤凍結工法の技術を応用して凍結させることで、止水効果を確保する工法について検討を行った。本文では、本工法による止水性について大型水槽実験及び実海洋環境実験により検証した結果を示す。

2. 本工法の概要と特徴

本工法は、図-1 および図-2 に示すように、補修・補強対象構造物に対して鋼製函体・止水材(柔軟なスポンジ状)・凍結管(ステンレス製など)を配置して、凍結管内に冷媒として液体窒素(LN₂: -196℃)あるいはブライン(塩化カルシウム溶液: -25℃)を流通させることにより、海水あるいは河川水を吸水した止水材に凍結体が造成され、鋼製函体と対象構造物との間を止水するものである。函体内を排水しドライ空間を確保した後についても、凍結体の温度管理を実施して冷媒の供給を制御することで止水効果を維持することができる。

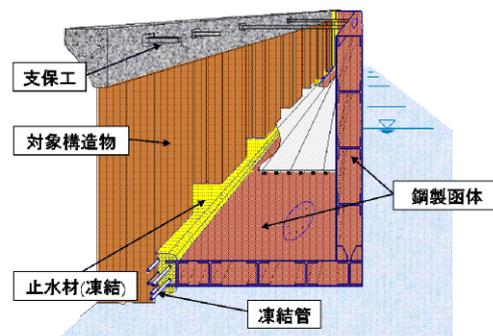


図-1 本工法の概要図(矢板式護岸の例)

本工法により、次の特徴を期待できるものと考えられる。

- ① 柔軟なスポンジ状の止水材を凍結させることで、複雑な形状の構造物に対する確実な止水が可能となる。
- ② 施工前の温度解析と施工中の温度測定管理を実施することにより、凍結体の性状を把握して止水効果を確認するため、確実な止水性と安全性が確保できる。
- ③ 凍結に液体窒素(LN₂)を使用することで、早期に止水効果が得られるため、本工事への着工が短縮される。
- ④ 凍結には海水や河川水を利用するため水質への影響がない。

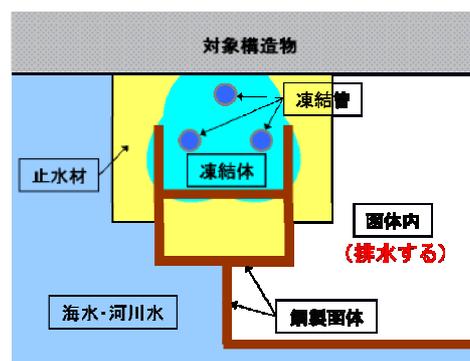


図-2 止水部の断面図

3. 止水性確認実験

3. 1 大型水槽での実験概要

図-3 (左) に示した側面と上面が開口となる鋼製函体(W0.6m×L1.6m×H2.0m)に止水材と凍結管(φ25 mm×3本)を配置して、図-3 (中) に示すように大型水槽(W1.8m×L3.7m×D1.8m)内に設置した。水槽内および鋼製函体内に水道水で満たした状態で、冷媒として冷凍機で冷却したブライン(-25℃)を凍結管に流通させて吸水した止水材に凍結体を造成した。熱電対により止水材内部の温度測定を行って温度変化と経過時間を計測し、函体内を排水して凍結による止水性とドライ状態の維持を確認した。

キーワード 補修, 補強, 仮設, 鋼製函体, 止水材, 凍結

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1丁目3 東亜建設工業(株) 技術研究開発センター TEL045-503-3741

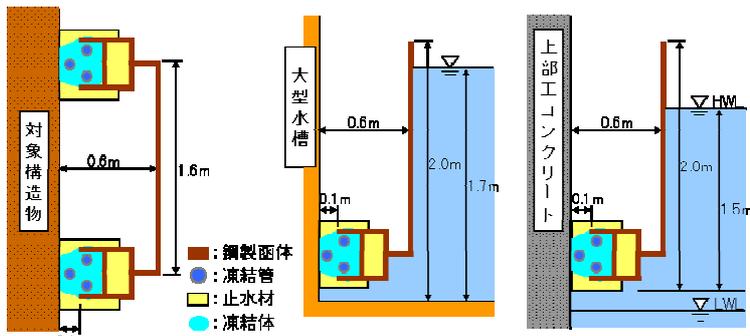


図-3 (左)鋼製函体平面図 (中)大型水槽実験断面図 (右)実海洋環境実験断面図

3. 2 大型水槽実験結果

図-4に凍結開始を基点とした止水材内部温度の経時変化を示す。凍結時は測定温度を確認しながら、最も温度低下(凍結速度)が遅い測温点③が -3°C に到達した時点で止水効果を得る凍結体が造成されたと判定した。函体内を排水して内外の水位差 1.7m が生じてても止水部分での函体内への水の流入は確認されず、十分な止水性が確認できた。冷媒の供給を継続し函体内部をドライな状態に維持できることも確認した。本実験では凍結時間に約63時間を要したが、これは図-5に示す事前温度解析結果の60時間とほぼ同等の凍結時間であり、解析により概ね予測可能であることを確認できた。また、冷凍機的能力により凍結時間は短縮することが可能であると考えられる。

3. 3 実海洋環境での実験概要

図-3(右)に示すように、岸壁上部工コンクリートに同様の鋼製函体・止水材・凍結管を配置して、函体上部を支保工で仮固定した。冷媒として液体窒素(-196°C)を使用して海水を吸水した止水材に凍結体を造成した。凍結時は、潮位変動(干満差 2.0m)での函体内外の水位差が生じないように、函体底部に設置したバルブを開いた状態とした。さらに熱電対により温度測定を行い、函体内を排水して凍結による止水性とドライ状態の維持を確認した。

3. 4 実海洋実験結果

図-6に凍結開始を基点とした止水材断面内部温度の経時変化を示す。本実験では海水の凍結温度が -2°C であることを考慮して、最も温度低下(凍結速度)が遅い測温点③が -10°C に到達した時点で凍結体が造成されたと判定した。函体内を排水して内外の水位差 1.5m が生じてても函体内への流入は確認されず、実海洋環境においても十分な止水性が確認できた。本実験では凍結時間が3.5時間であり、図-7に示す事前温度解析結果3.1時間とほぼ同等であり、液体窒素(LN_2)を使用することで急速凍結が可能であることを確認した。

4. まとめ

以上より、仮設ドライアップ工法の止水方法において、柔軟な止水材を凍結させることにより十分な止水効果を発揮することを実験的に確認することができた。今後は、様々な形状に対する確実な止水性の実証データを蓄積するとともに、更なる止水性・安全性の向上や凍結速度の向上などを検討していく予定である。

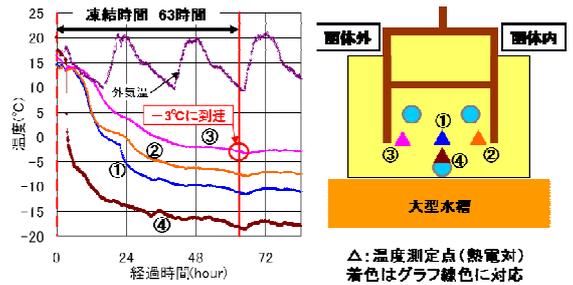


図-4 大型水槽実験温度計測結果

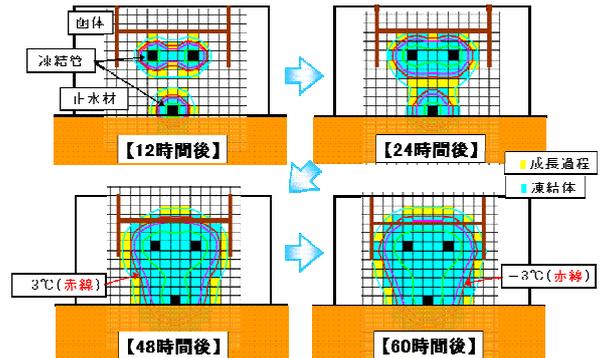


図-5 事前温度解析結果(大型水槽)

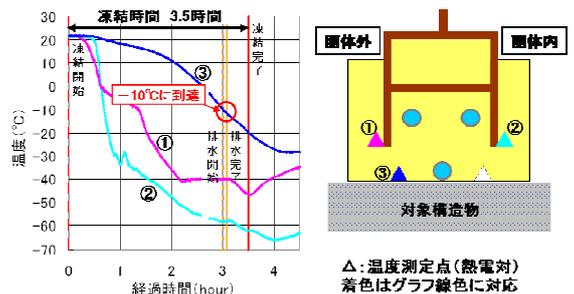


図-6 実海洋実験温度計測結果

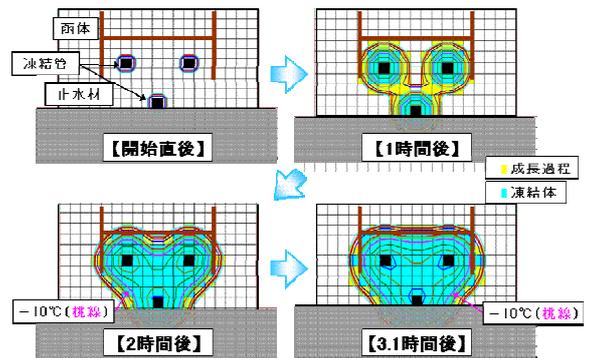


図-7 事前温度解析結果(実海洋)