

Ⅲ-B 391

鋼材間を部分凍結した連続壁に関する基礎実験

熊谷組技術研究所 正会員 新谷 剛 鶴飼 達郎
熊谷組技術研究所 正会員 西山 勝栄 伊藤 洋

1. はじめに

筆者らは、鋼材間を部分凍結させることにより高度な止水性を持ち、かつ急速施工が可能な連続止水壁を構築する工法の開発を行っている。鋼材間の基本的な止水効果に関しては、基礎実験によりその効果を確認している^{1),2)}。本論では、凍結による連続止水壁の構築条件について検討するため、鋼材間の流速を変化させて基礎実験を行い、まず、鋼材間の流速と凍結止水時間について検討した。つぎに、凍結止水のために必要な液体窒素使用量について検討した。その結果、興味ある知見が得られたので、ここに報告する。

2. 実験方法

図-1に実験装置の概要を示す。実験装置は、大別して、①実験土槽、②上流側タンク、③下流側タンク、④上流側オーバーフロー器、⑤下流側オーバーフロー器、⑥計測装置、⑦凍結システムからなる。実験土槽の中央部には鋼材を模擬した鋼板を間隔 $l=10\text{cm}$ で設置してある。凍結システムは、凍結治具、温度センサ、電磁弁、液体窒素タンクからなり、温度センサで温度設定することによって電磁弁が自動開閉し、液体窒素流入量を調節できるシステムになっている。温度センサでの設定温度は -40°C とした。実験手順は、まず、土槽内に珪砂を地盤深さ 60cm 程度に充填し、鋼板から相対距離 $d=5\text{cm}$ の位置に凍結管と補助鋼材からなる凍結治具を挿入する。つぎに、土槽の上流側と下流側に設置したオーバーフロー器により一定の動水勾配を設定し、流量測定により所定の流量を確認した後、凍結管内に液体窒素を流入させる。実験期間中は、経時的に漏水量、地中温度及び液体窒素使用量を測定する。液体窒素の使用量は、ロードセルにより液体窒素タンクの重量を測定し、その減少量より求める。実験は、初期設定流量を $0.04\sim 0.77\text{ l/min}$ （鋼材間の流速 V で $1.1\times 10^{-3}\text{ cm/s}$, $2.8\times 10^{-3}\text{ cm/s}$, $7.2\times 10^{-3}\text{ cm/s}$, $1.3\times 10^{-2}\text{ cm/s}$, $2.1\times 10^{-2}\text{ cm/s}$ ）と変化させて、計5ケースについて実施した。液体窒素の流入は、8時間を限度とした。漏水が停止したケースについては、漏水停止1時間経過後に液体窒素の流入を停止し、止水後の漏水量及び温度を測定した。

3. 実験結果

図-2は、漏水量の経時変化を示したものである。凍結止水時間は、地下水流速により差が現れるが、流速が $1.3\times 10^{-2}\text{ cm/s}$ 以下のケース1～4で6時間以内に漏水が停止したが、流速が $2.1\times 10^{-2}\text{ cm/s}$ のケース5においては、8時間経過後しても、完全止水には至らなかった。この結果より、少なくとも地下水流速が $1.3\times 10^{-2}\text{ cm/s}$ 程度の地盤に対しては、凍結による連続止水壁の構築が可能であることがわかる。図-3は、地下水流速と凍結止水時間及び液体窒素使用量との関係を示したものである。両者の関係には相関関係がみられるが、流速が $7.2\times 10^{-3}\text{ cm/s}$ 以上になると、凍結止水時間が長くなり、鋼材間 10cm あたりの液体窒素使用量が急激に増加する傾向があることがわかる。これより、合理的な止水壁

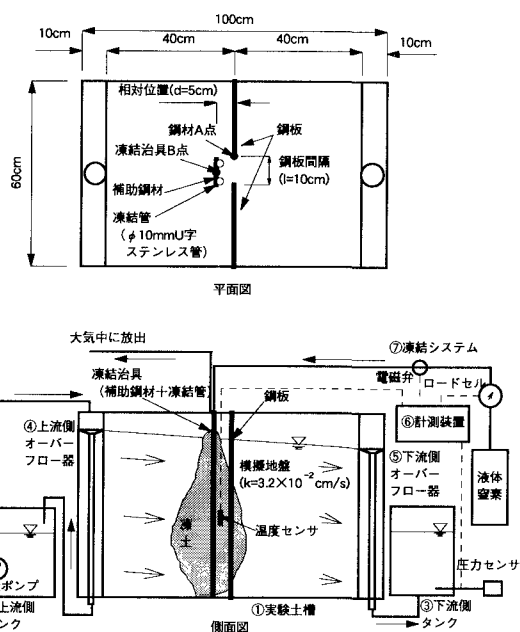


図-1 実験装置の概要

キーワード：凍結、連続止水壁、地下水

茨城県つくば市鬼ヶ窪1043、(株)熊谷組技術研究所 TEL 0298-47-7502、FAX 0298-47-7480

構築のためには、鋼材間の流速に応じた対応が必要であることがわかる。つぎに、図-4は、ケース3における鋼材温度の経時変化を示したものである。測定点は、図-1に示す2点を選んだ。A点での温度は、実験開始直後から低下し始めて、液体窒素停止時には約-9℃に達した。液体窒素停止後は急激に上昇し、停止後約1時間で0℃となり、それから約4時間後、ゆっくりと上昇し始めて、約20時間後に初期の温度に戻った。一方、B点での温度は、実験開始直後から急激に低下し始めて、液体窒素停止時には約-30℃に達した。液体窒素停止後は急激に上昇し、停止後約2時間で0℃となった。それから約6時間後、ゆっくりと上昇し始めて、約20時間後に初期の温度に戻った。ここで、B点において温度が0℃となった時間は、凍土が溶けだして漏水が再び始まった時間とほぼ同時であることがわかる。この結果より、B点の温度変化から凍結止水時間を判断できるものと考えられる。図-5は、ケース4における液体窒素使用量及び凍結治具温度の経時変化を示したものである。凍結止水のために必要な液体窒素使用量について検討するために、止水壁の構築が可能なケースのうち初期流速が最大であるケース4において、止水後に凍結管から凍結治具B点に温度センサを切り替え、温度センサで温度設定することによって電磁弁を自動開閉させて、間欠的に液体窒素を流入し、凍土を維持した。温度上限値は、漏水が再開しないように-5℃に設定した。液体窒素の間欠運転は、漏水停止から1時間後に開始し、2時間半継続した。その結果、鋼材間10cmあたりの凍結止水に必要な液体窒素使用量は、連続運転を続けた場合と比較すると、実験開始から間欠運転終了までの使用量で約11%削減できることがわかった。

以上、凍結による連続止水壁の構築条件について検討したが、鋼材間に凍土形成するための限界流速を確認でき、また、止水後に液体窒素の間欠運転により凍土を維持する方法が、凍結止水に必要な液体窒素使用量の削減に効果的であることがわかった。今後は実験データを蓄積することにより、鋼材間の流速に応じた合理的な温度設定方法について検討していく予定である。

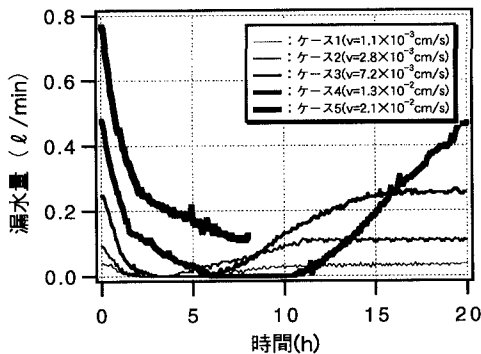


図-2 漏水量の経時変化

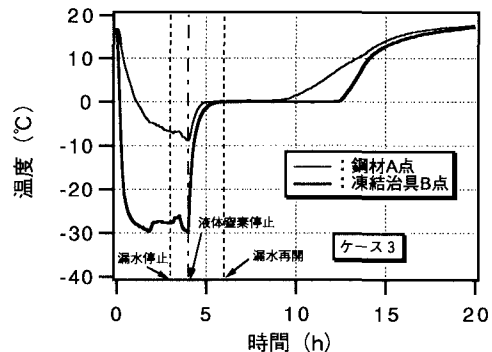


図-4 鋼材温度の経時変化

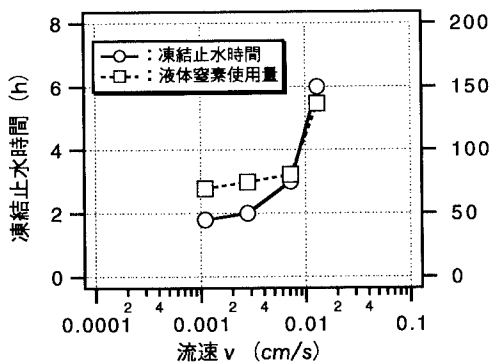


図-3 流速と凍結止水時間・液体窒素使用量との関係

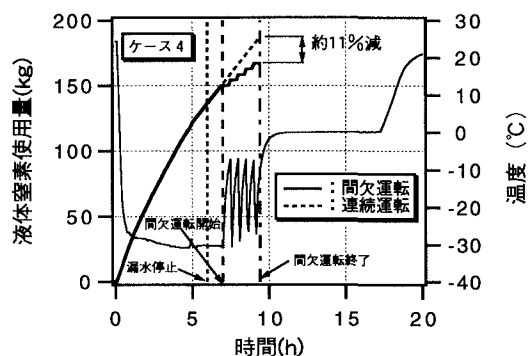


図-5 液体窒素使用量と凍結治具温度の経時変化

- 参考文献 1)伊藤洋ほか：鋼板継手部の凍結による高度止水壁工法の開発，熊谷組技術研究報告、第54号，pp.113～120，1995. 10.
2)鶴飼達郎ほか：山留め鋼材間の部分凍結に関する基礎実験，土木学会第52回年次学術講演会，pp. 630～631，1997. 9.