

新しい地盤凍結技術ICECRETE工法の合理化に関する研究 その1

—実証実験による最適配管方式の検討—

ケミカルグラウト株式会社 正会員 ○小池 遼太郎 正会員 相馬 啓 正会員 塩屋 祐太
 一般財団法人先端建設技術センター 正会員 吉川 正 正会員 橋立 健司 河原 一弘
 成和リニューアルワークス株式会社 正会員 西 征一郎

1. はじめに

地盤凍結工法は、地盤改良工法の一つであり、軟弱な地盤や滞水性の地盤を一時的に人工凍結させる工法である。原理は地盤中の所定の位置に凍結管（冷却液を循環させるパイプ）を埋設し、これに冷却液を循環させることで凍結管の周囲を冷却し、地中の間隙水を氷結させて凍土を形成するものである。

ICECRETE工法は、一次冷媒にアンモニア（ NH_3 ）、二次冷媒に液化炭酸ガス（ LCO_2 ）を使用する新しい凍結システムで、地盤凍結を行う工法である（図-1）。使用する冷媒はどちらも自然冷媒であり、自然環境にも配慮した工法となっている。凍結管にはICチャンネル（アルミ扁平多孔管）を採用し、注水したガイドパイプにICチャンネルを2枚挿入して使用する（写真-1、図-2、図-3）。現在、大規模地中拡張や接続工事での地盤凍結工法の採用を視野に入れ、ICECRETE工法の更なる高度化に向けた研究・開発を行っている。今回、「新しい地盤凍結技術ICECRETE工法の合理化に関する研究」と題して、ICECRETE工法の合理化と最適化に向けた現状の課題を抽出し、実証実験を行った。本報文では、実験の全体概要と抽出した課題について説明し、成果の一部を報告する。

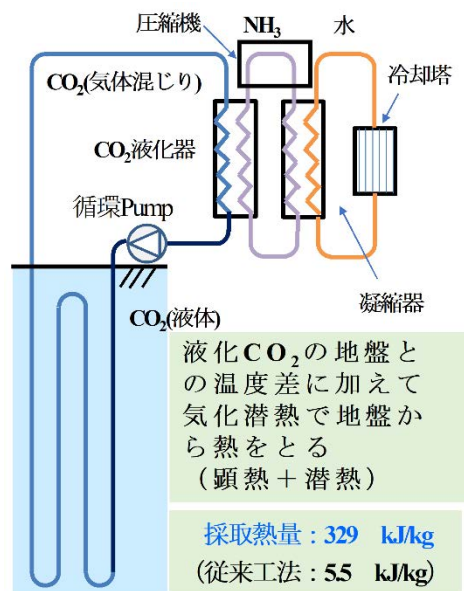


図-1 ICECRETE 工法システム図

2. 実証実験の内容と確認項目

今回の実証実験の内容と確認項目を以下に示す。

1) 配管の最適化

ICECRETE 工法における、施工手間の縮小や配管数の削減を目指し、最適な配管方式を確認するため、凍結管への接続方式をパラメータとして実証実験を行った。また、液化炭酸ガスの配管内の流動特性を理論的に解析し、実測値と比較した。

2) 貼付凍結管の凍土予測

構造物と凍土の固着を目的とする、貼付凍結の背面の凍土の出来形を測温管を使用せずに把握するべく、壁面温度と凍土の相関性を確認した。

3) ICチャンネルの強制解凍

ICチャンネルに加温した不凍液（温ブライン）を循環し、解凍時間や圧力損失について、従来方式と比較検証を行った。

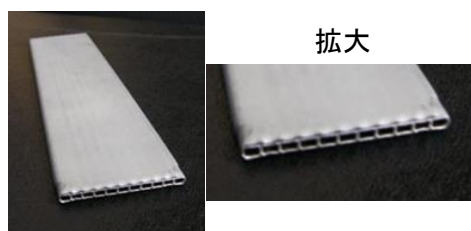


写真-1 ICチャンネル

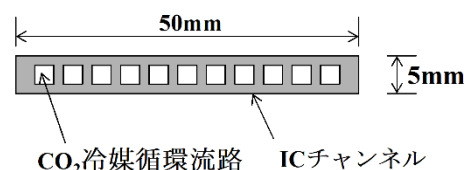


図-2 ICチャンネル構造

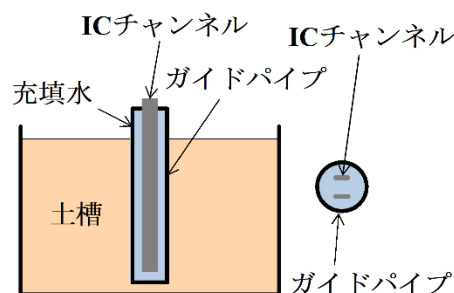


図-3 凍結管構造図



写真-2 実証実験ヤード全景

キーワード ICECRETE, NH_3 , CO_2 , 直列配管

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-5 ケミカルグラウト（株） TEL 03-5575-0511

3. 実験方法

上記の項目について、模擬土槽を使用して検証した。実験準備として、水槽に 90A の SGP 管を凍結外管として設置し、50A の SGP 管を測温管として設置した。また、水槽内には砂と水を高さ 50cm 毎に投入しながら、パイプレーターにより締固めを行った。対象土は砂層を想定し、粒径 2mm 以下の洗砂を使用し、各土槽で容積含水率を 0.3 m³/m³ に設定した。凍土の造成は 2 週間行った。模擬土槽による実験状況を写真-3、凍結プラント設置状況を写真-4、そして模擬土槽作製状況を写真-5 にそれぞれ示す。

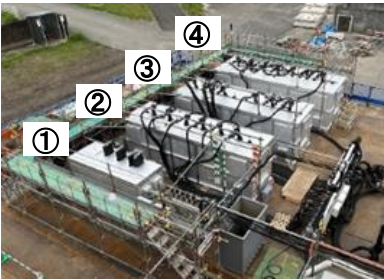


写真-3 模擬土槽



写真-4 冷凍設備設置



写真-5 水槽内土砂投入・締固め

4. 実験内容

実験内容・確認事項及び実験仕様を表-1 に示す。本実験は、「配管の最適化」に関する課題に焦点を当て、模擬土槽①、②より結果を確認する。従来は1本の凍結管に対して冷媒の循環を1系統（並列配管）で行っていたが、本実験では1系統で複数本の凍結管（直列配管）に循環させることで、凍土の出来形にどのような影響が出るのか検証した。直列配管が可能であれば、凍結管へ供給する配管数を減少することができ、工期短縮及び労務費や材料費の削減に寄与することができる。本実験は、以下の2caseに分けてそれぞれ実証実験を行った。
case1（模擬土槽①）：直列配管において、1系統につき7本の凍結管を循環した際の凍土の出来形確認。
case2（模擬土槽②）：並列配管で循環した場合と、直列配管で循環した場合の凍土の出来形比較。

表-1 模擬土槽毎の実験内容・確認事項及び実験仕様

模擬土槽	実験内容・確認事項	実験仕様	報告
①	凍結管直列循環運転の最適仕様	24 m³水槽 凍結管 7本	その1
②	直列循環と並列循環の比較運転による凍土造成効率	20 m³水槽 凍結管 3本×2 ケース	その1
③	凍結管直列運転、循環量の違いによる凍土造成効率	16 m³水槽 凍結管 2本×3 ケース	—
④	貼付け凍結管による凍土造成状況と壁面温度の変化	5 m³水槽 貼付け凍結管 10本	その3

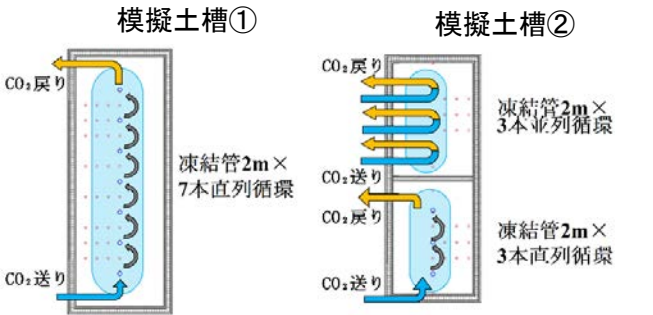


図-4 模擬土槽の実験内容

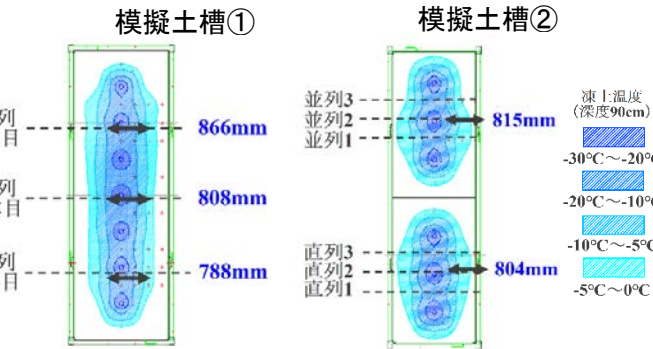


図-5 凍土温度コンター図

6. まとめ

本実験において、ICECRETE 工法の「配管の最適化」を目的とした実証を行った。実証結果より、直列配管の実用可能性が確認された。実現場においても、10m×2 本（計 20m）の直列配管による循環に成功している。今後、1 系統で送液可能な限界凍結長の検証も進めながら、直列配管を行っていくことで施工性の向上とコスト削減に寄与していく方針である。

なお、本実証実験は一般社団法人施工技術総合研究所に実験場所のご提供、並びにご支援を頂いた。

参考文献

- 1)塩屋ら：新しい地盤凍結技術 ICECRETE 工法の合理化に関する研究 その2,土木学会第 78 回年次学術講演会,2023.9,
- 2)西ら：新しい地盤凍結技術 ICECRETE 工法の合理化に関する研究 その3,土木学会第 78 回年次学術講演会,2023.9