

気液混合流体による地盤凍結工法の開発（その2：模擬地盤における実証実験）

ケミカルグラウト(株) 正会員 ○相馬 啓
ケミカルグラウト(株) 正会員 塩屋 祐太

1. 緒言

地盤凍結工法では、塩化カルシウムブラインを循環する冷凍システムを長く使用してきたが、CO₂の気液混合流体を循環する新しい冷凍システムを開発した。このシステムは従来システムと比較して、消費電力を削減できること、配管径が小さくなり、現場での作業性が向上すること、アルミマイクロチャンネルの適用により凍結管設置作業が容易となることが特徴として挙げられる。その1：小規模土槽における基礎実験において、同じ凍結期間で従来と同等以上の凍土を造成できることを述べた。今回の実証実験では、縦5m×横5m×深さ5mの実験立坑を使用して、凍土を造成する規模をより実工事に近づけて、単管凍結から平板凍結への移行を伴う鉛直凍結や貼付凍結による凍土造成状況を確認すること、アルミマイクロチャンネルの挿入を含む現場での設置作業の状況を確認することを目的とした。

2. 実験概要

実験立坑に砂と水を投入して模擬地盤を作成し、図1と図2に示すように、鉛直凍結管3本と貼付凍結管2列×2段、及び測温管を配置した。図3にシステム構成図を示す。CO₂は冷凍機の受液器から液体で凍結管に送られ、気化潜熱で地盤を冷却し、気液混合の状態を受液器に戻る。アルミマイクロチャンネルは凍結管に2枚挿入してある。冷却温度は-45℃とした。この時のCO₂圧力は0.8MPa程度となる。CO₂の総使用量は約30Lであり、従来の塩化カルシウムブラインを使用した場合の1/50となる。地上配管は全て外径20mm以下の銅パイプを使用した。表1に実験仕様を示す。

表1 実験仕様

項目	仕様	数量	単位
冷凍機	冷凍能力8kW	1	台
鉛直凍結管	全長:5.6m, 幅:50mm, 2枚挿入 ガイドパイプφ114.3	3	本
貼付凍結管	全長:0.5m, 幅:50mm	4	本
配管	銅パイプ 5/8B(19.05mm)	20	m
	銅パイプ 3/8B(12.70mm)	30	m
冷却温度	CO ₂ 圧力:0.8MPa	-45	℃
CO ₂ 総使用量		30	L
温度計測	白金抵抗体	52	点
流量計測	メイン・鉛直1系統・貼付1系統	3	箇所

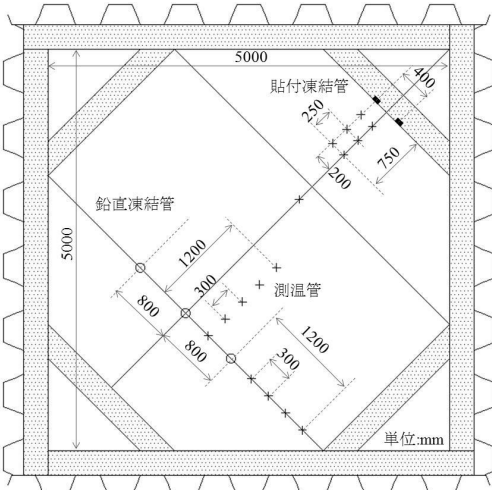


図1 実験レイアウト(平面図)

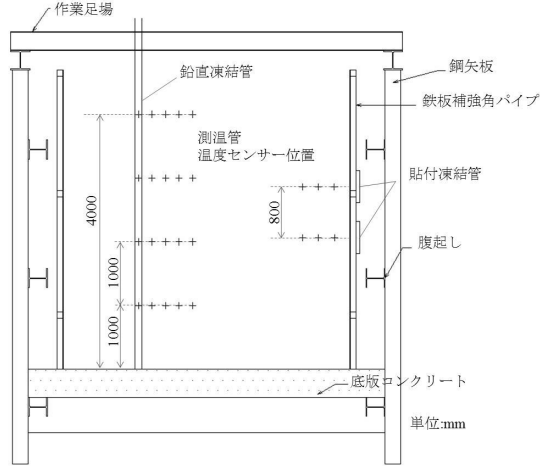


図2 実験レイアウト(断面図)

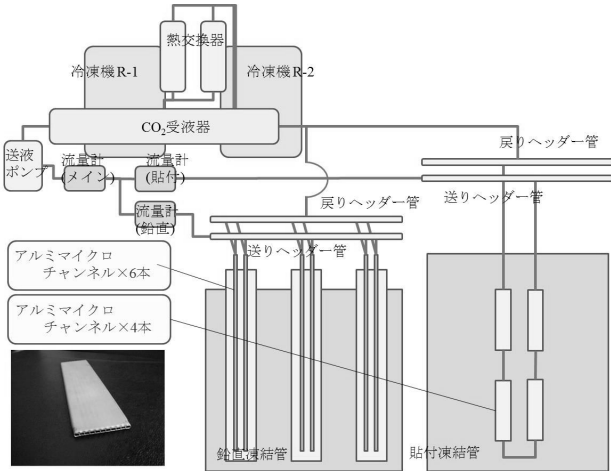


図3 システム構成図

キーワード 地盤凍結工法, CO₂, 高効率化, 簡略化, 実証実験

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-5 共同通信会館 ケミカルグラウト(株) TEL 03-5575-0471

3. 施工手順

図4に作業フローを示す。模擬地盤に埋設した $\phi 114.3\text{mm}$ のガイドパイプに、ロール巻状態で搬入した全長5.6m幅50mm厚さ5mmのアルミマイクロチャンネルを引き延ばしながら2枚挿入し、鉛直凍結管とした。重量は1m当たり300gであるので、人力で容易に挿入できた。挿入後、熱伝導性を高めるために、ガイドパイプ内に注水した。貼付凍結管は全長0.5mのマイクロチャンネルを土槽背面から押し当てて、隙間にモルタルを充填して設置した。地上配管は $\phi 19.05\text{mm}$ と $\phi 12.7\text{mm}$ の銅パイプを使用し、現場でフレア加工してナットで接続した。循環する CO_2 は少量であるので配管径も縮小され、従来のように鋼管を溶接する必要もなく、現場での作業が大幅に削減できた。気密試験では N_2 ガスを封入し、圧力 3.0MPa として、24時間圧力が低下しないことを確認した。 CO_2 は30kgボンベから内圧で充填した。

4. 実験結果

28日後に凍土を掘り起こした。図5に凍土コンター図、図6に掘り起こした凍土の写真を示す。鉛直凍結の片側凍土厚さは最大で1.31m、貼付凍結は最大で0.8mであった。測温管の温度データに基づく -5°C ラインと -10°C ラインも併せて示す。図7の凍土成長曲線より、従来式による計算結果と比較すると、鉛直凍結では、同等の速度で凍土が成長していることが分かる。約1ヶ月の運転期間中、 CO_2 は圧力・流量ともに安定していた。

5. 結言

実験結果より、本システムで従来と同等の凍土を造成できること、凍結管の設置や配管作業も簡略化できることを確認した。 CO_2 は少量で小さな流路を通過するだけで熱量を奪うことができるため、従来は凍結管を仕込めなかった場所からの施工等、新しい適用方法も考えられる。万一漏洩した場合の対策も含め、実施工に向けた開発を進めている。



図4 作業フロー

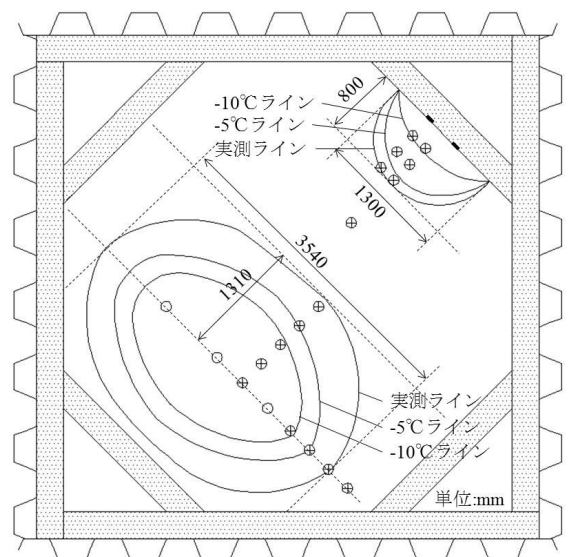


図5 凍土コンター(28日後)

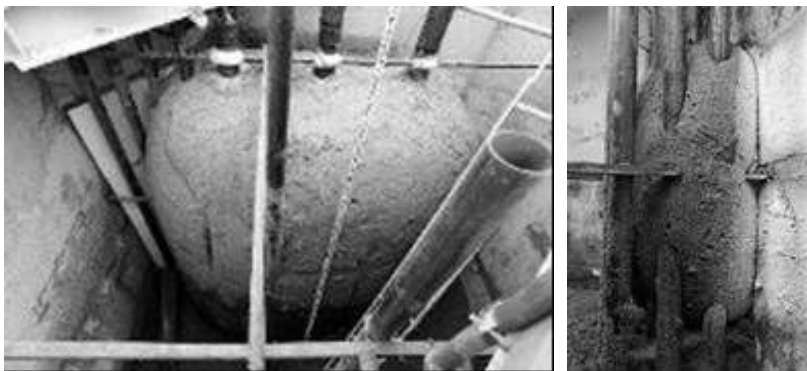


図6 掘り起こした凍土(左:鉛直凍結 右:貼付凍結)

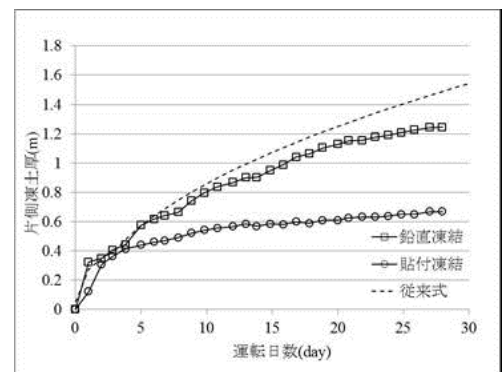


図7 凍土成長曲線

参考文献

- ・地盤凍結工法 計画・設計から施工まで 日本機械化協会編