

凍結地盤内に注入するシールド裏込注入材の強度発現に関する検討

鹿島建設(株)技術研究所 正会員 真鍋 智, 正会員 五十嵐 寛昌
住友大阪セメント(株) 正会員 青山 要, 正会員 脇山 哲也

1. はじめに

シールド掘進時に発生するテールボイドへの裏込注入は、地盤沈下の抑止やトンネルの止水確保、トンネル覆工体の变形防止の目的で重要である。シールド発進部の地盤改良として凍結工法を用いた工事で、シールド通過後に凍土内に注入される裏込材は、低温環境下で強度発現不良が生じる可能性が指摘されている。この対策として筆者らは、低温環境下でも必要強度を確保しながら、同時に流動性を維持する裏込注入材の開発を行った。今回は、裏込注入材料の固化前、および固化後における特性確認実験を通じた検討の内容を報告する。

2. 低温環境下での裏込注入材の性能劣化

覆工体周囲の凍土の温度は、-10 から 0 程度と推定され、裏込注入材が凍土と接することで注入材の温度が急激に低下することが予想される。低温環境下での裏込注入材の性能劣化要因には、次の2点が挙げられる¹⁾。

(1) 低温下での固化不良；低温環境下での水和反応による強度発現の不良

(2) 裏込注入材の凍結；裏込注入材の配合水の凍結膨張による材料の分解
以上のことから、材料が凍結した後の解凍時にも分解せずに、所定の強度発現を確保する材料の検討を行った。

3. 凍結地盤用裏込注入材の開発

低温環境下では、凍結融解による強度低下を考慮し、W/C を極力小さくする必要があり。二液タイプの従来型裏込注入材では、通常 W/C=250%程度であり、W/C=100%まで小さくした場合、二液混合後の流動性は悪く充填が困難になるものと考えられる。これらを背景に、W/C を抑えても流動性が確保できる特殊混和剤を用いた凍結地盤用裏込注入材を開発した。

凍結地盤用裏込注入材では、特殊混和剤の影響により、まだ固まらない注入材料が粘弾性の高い特殊ミセルを形成し、レオロジー的特性を有する状態になり、同時に独立した微細な気泡が連行される。この効果により、写真-1 右上（材料混練後に 5mm ふるいで流下した状況）に示すように、従来の二液タイプの裏込注入材と異なり A 液と B 液を混練した直後でも強いゲル化は起こらず、数時間、粘性を有するゼリー状を呈し、安定した流動性が得られる。低温環境下でも自由水の凍結による体積膨張による内部圧力を緩和する補助空間を提供することにより、強度発現不良を抑えることが可能である。

4. 凍結地盤用裏込注入材の特性確認実験

4.1 固化前の特性確認

本材料の粘性は、ニュートン流体として評価する試験、例えば流下時間測定、回転粘度計では評価できないことから、写真-1 に示すようなモルタルポンプを用いた圧送実験を行った。表-1 に示す配合で A 液と B 液を混合してから行った材料圧送実験の結果、モルタルポンプで内径 25mm の配管内にて約 100m の圧送が可能であり、注入箇所への充てんに必要な流動性を有することを確認した。A 液と B 液を別配管で圧送すれば、さらに長距離圧送にも対応できるものとする。

表-1 従来型裏込注入材と凍結地盤用裏込注入材の配合

注入材名	固化材名	A 液 (1m ³ 当たり配合; kg, %)					B 液 (同左)	
		固化材	助材	安定剤	特殊混和剤 a	水	急硬材	特殊混和剤 b
従来型裏込注入材	特殊固化材	300	60	4		773	90	
凍結地盤用裏込注入材	セメント系固化材	737			14.8	737		14.8

キーワード：シールド工法，裏込注入，凍結工法

連絡先：鹿島建設(株)技術研究所土木技術研究部 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL0424-89-7067

住友大阪セメント(株)セメント営業技術部 〒102-8465 東京都千代田区六番町 6 番地 28 TEL03-3221-4787



写真-1 凍結地盤用裏込注入材の混練状態（右上）と圧送実験状況

また、時間経過に伴う材料の流動性の低下状況を確認する目的で、JIS R 5201 に示されるフローコーンを用いてのフロー値を測定したところ、図-1 に示すように4~6時間程度の流動性保持が確認できた。

4.2 固化後の特性確認

従来型裏込注入材と、凍結地盤用裏込注入材を比較検討した。室内試験では、表-1 の配合で作製した供試体の一軸圧縮試験を行った。供試体は、常温 20℃ 養生用と低温-10℃ 養生用の2種類を作製した。前者は20℃の恒温室で1日、7日、28日間養生とし、後者は-10℃の冷凍室に7日間保管した後、20℃の恒温室に移して解冻させ、1日、7日、28日間養生とした。従来型裏込注入材では、写真-2 のように供試体が凍結した後、凍結融解時の材料の分解が確認された。一方、凍結地盤用裏込注入材は、写真-3 のように凍結融解時にも材料の分解は確認されなかった。

一軸圧縮試験結果を図-2、図-3 に示す。従来型裏込注入材は、常温では凍結地盤用裏込注入材より高い強度特性を示すが、凍結融解後は強度低下が著しく、裏込注入材として要求される強度を発現しない状態となることを確認した。一方、凍結地盤用裏込注入材は、安定したフロー値が得られるとともに、凍結融解後の7日強度が約600kN/m²であり、凍結融解による強度低下や材料の分解を抑えることが確認できた。

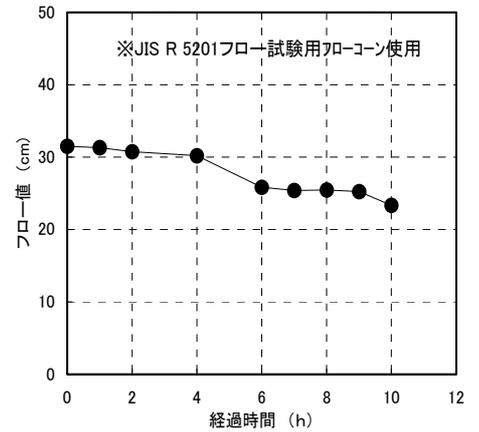


図-1 凍結地盤用裏込注入材のフロー試験結果



写真-2 従来型裏込注入材の凍結状況（左）と融解時の分解状況（右）
写真-3 凍結地盤用裏込注入材の解凍時の状況

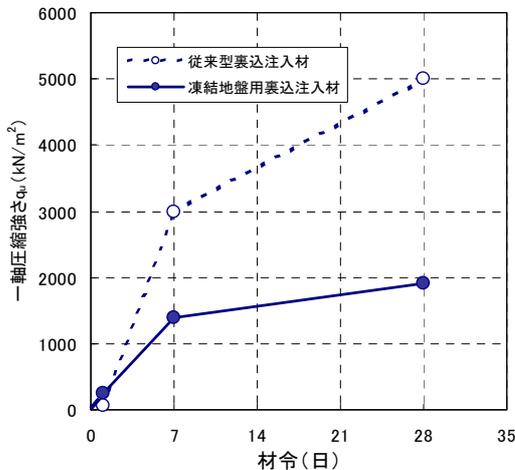


図-2 20℃で養生した供試体の一軸圧縮試験結果

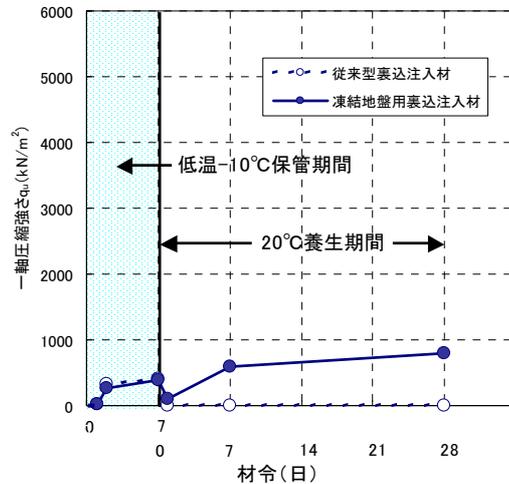


図-3 -10℃低温環境に7日間置かれた供試体の一軸圧縮試験結果

5. 実験結果の評価と考察

今回の実験を通じた検討から以下のことが確認できた。

- (1) 凍結地盤内の低温環境下では、従来型裏込注入材料では、強度発現の不良を起こす。
- (2) 今回開発した凍結地盤用裏込注入材は、低温環境の影響で発現強度は若干低下するが、一般の地盤と同程度の強度 ($q_u=600\text{kN/m}^2$) を確保し、同時に注入時の流動性持続効果があることが確認できた。

6. まとめ

凍結地盤内における低温環境下での強度発現不良の抑止と、流動性持続を両立することは、これまで困難とされてきたが、今回開発した材料によって実用化の目処がつけられた。今後、適用地盤条件との照合や、材料の混練・貯留方法、圧送設備等の具体的検討を行い、実施工への適用を図りたい。

【参考文献】

1) 岡田 清；コンクリートの耐久性，朝倉書店，pp.17~25，1986