

VI-45

同時注入冷却システムの開発（その1）

ー 冷却による注入材の硬化遅延特性の確認試験 ー

佐藤工業(株) 正会員 倉木 修二
 佐藤工業(株) 正会員 出村 肇
 佐藤工業(株) 正会員 岩藤 正彦
 立花マテリアル(株) 藤本 勇一

1. はじめに

シールド工事では、シールドテール部の地山を早期に安定させるために、同時裏込め注入が行われている。この場合、シールド掘進停止時には残留注入材の硬化による注入管の閉塞を防止するため、1リング分の掘進が終了する度に、注入管内を清水で洗浄して注入材を排出している。その結果、シールド施工中は多数回の洗浄排出作業を要し、作業工数が多く、同時裏込め注入の作業が繁雑となる。また、洗浄には大量の洗浄水を要し、その排水はトンネル坑内に流れ込むために、排水処理および坑内清掃の困難性とコスト増大を招いていた。そのため、必要に応じて注入材の強度発現時間を遅延できれば、注入管の洗浄作業を大幅に削減できると考えられる。よって、強度発現時間を遅延する方策として、注入材を冷却した場合の硬化遅延特性を試験で確認し、さらに同時注入管と冷却設備の試験機を製作して、注入材が充填された同時注入管に対する冷却の制御と効果について検証試験を行った。本報告はこれらの試験結果について述べるものである。

2. 試験の概要

2-1 材料冷却試験

注入材の温度低下による硬化特性の確認、および注入管内の温度分布（冷却効果）を把握し、注入管を製作するための基礎的データを収集することを目的とした。試験項目および試験に使用した注入材の配合を表1、表2に示す。また、図1に供試体の温度センサー設置状況を示す。

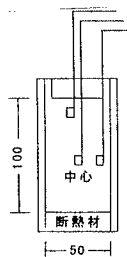


図1 温度センサー設置状況図

表1 試験項目

試験項目	試験目的	試験方法
冷却試験	冷却温度、冷却時間の違いによる注入材の温度変化の把握	供試体(φ50mm×100mm)内に設置した温度センサーによる測定
硬化遅延特性試験	養生温度の低下による注入材の付着強度と圧縮強度の把握	貫入試験機と一軸圧縮試験機による測定

表2 注入材配合表

A液				B液
固化材	助材	安定材	水	急硬剤
260 kg	60 kg	3 L	809 L	80 L

2-2 冷却・再注入機能試験

材料試験の結果、養生温度を低下させると注入材の硬化速度を低下させることができ、本システムの実用化は可能であると判断した。そのため、注入材が充填された同時注入管の冷却制御方法と、その効果を把握することを目的に、本冷却システムの試験機を製作して検証試験を行った。検証項目は、注入管内注入材の冷却効果および再注入圧力の確認である。

キーワード：シールドトンネル，裏込め注工，裏込め注入材，冷却

連絡先：佐藤工業(株) 東京都中央区日本橋本町4-12-20 tel:03-3661-4794 fax:03-3668-9484

3. 試験結果およびその考察

3-1 材料冷却試験

①冷却試験結果

冷媒温度の違いによる注入材の温度変化分布の試験結果を図2に示す。A・B液をショットした20℃の注入材を0℃、-10℃、-20℃でそれぞれ冷却した結果、0℃では45分、-10℃では30分、-20℃では20分で、注入材が0℃まで低下した。また、注入材は-1℃以下になると凍結することも確認した。

②硬化遅延特性試験結果

試験結果を図3に示す。本試験は、A・B液をショットした注入材を0℃および20℃で養生し、養生温度の違いによる注入材の付着強度と一軸圧縮強度を確認した。試験の結果、養生温度を0℃に設定すると、20℃に設定した場合に比べて一軸圧縮強度の発現は極めて遅く、さらに付着強度は全く発生しなかった。しかし、その後常温に戻すと20℃養生と同様に強度が発現することを確認した。

以上の試験の結果、冷媒温度を0℃～-5℃間に設定し注入材の温度を0℃に保つと、注入停止時間が数時間程度であれば同時注入管の閉塞は発生しないと判断した。よって、冷媒温度の管理値を0℃～-5℃間に設定して、以後の試験を実施した。

3-2 冷却・再注入機能試験

①注入材の冷却効果および再注入圧力の確認

注入材を冷却している同時注入管内に長時間滞留させた後、排出・再注入が可能であることを確認した。試験の結果、冷却保持時間が6時間でも再注入は可能であり、最大排出圧力は0.25MPaであった。また再注入後には管内に残留物もなく、当システムの実機への適用は可能と判断した。

②注入材の凍結・解凍による除去の確認

注入材を同時注入管内で意図的に放置固化させ、固化した注入材を凍結・解凍した後、再注入して除去回収した。試験の結果、固化放置した時間が短い場合には1回で、放置時間が長い場合は数度凍結・解凍を繰り返すことで、固化した注入材を回収することができた。このことから同時注入管が閉塞した場合は、注入材の強度が発現する前に速やかに凍結・解凍すれば同時注入管の閉塞は容易に解除できると考えられる。

4. おわりに

注入材は冷却する事により、その付着強度や一軸圧縮強度の発現を遅延させることができた。このことから、注入材を適切に冷却する事により、同時注入管を閉塞させることなく、注入管内に注入材を長時間滞留させておくことが可能となった。さらに一旦閉塞した注入管も、管内の注入材を強制凍結・解凍することで、容易に解除できることが判明した。今後、今回の試験で得た知見を用いて、実工事に本システムを適用していく予定である。

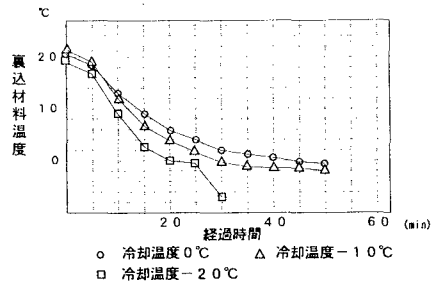


図2 冷却試験結果

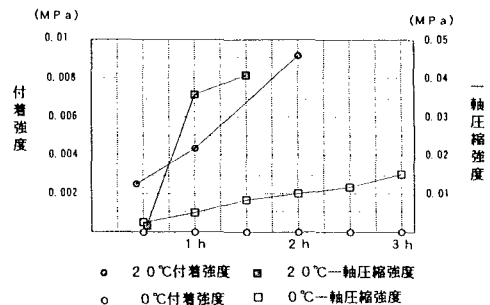


図3 硬化遅延特性試験結果

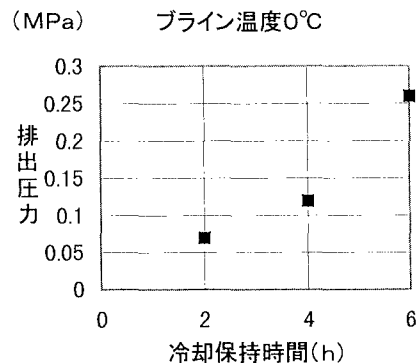


図4 再注入圧力確認試験結果