

吹付けコンクリート用液体急結剤の添加システムの最適化に関する検討

ポゾリスソリューションズ(株) 正会員 ○西堀 裕介

碓川 公喜

正会員 高森 秀

正会員 馬場 勇介

ニシオティーアンドエム(株)

北 俊介

1. はじめに

近年、山岳トンネルの NATM の吹付けコンクリートでは、急結剤に求められる性能が高度化している。厚生労働省による規制、SDGs さらには工事の省力・省人化、合理化の観点から、安全かつ粉じん・廃棄物発生量を低減できるアルカリフリー液体急結剤に期待が寄せられている。アルカリフリー液体急結剤はヨーロッパで開発されたものであるが、ヨーロッパと日本では材料、配合、吹付け機の仕様、施工の考え方、要求性能等が異なることから、日本の条件に合わせて、1) 急結剤そのものの性能、2) その性能を十分に引出す吹付けシステム、3) 液体急結剤の性能に合わせた適切な吹付け方法（業界の理解）の3つを改善し、そのバランスを最適化する必要がある。

本稿では、模擬トンネルにおいて、近年新たに開発した液体急結剤（ソリューションタイプ）を用いたコンクリート吹付け実験を行い、当該急結剤に適したシステムについて検討した。

2. 試験概要

吹付け試験は、試験環境温度（外気温）がトンネル坑内の一般的な温度と同等の $15 \pm 2^\circ\text{C}$ となる時期を選定し、12月に大阪で実施した。コンクリートの配合は、W/C: 42.0%, s/a: 60.0%, W: 189kg/m^3 , C: 450kg/m^3 とした¹⁾。写真-1に模擬トンネルの状況を、写真-2に使用した吹付け機を示す。本試験では、図-1に示す吹付けシステムをベースに、シリーズ1では急結剤添加部（写真-3～写真-5）に関する検討を行い、シリーズ2では急結剤添加部からノズル先端までの最適な長さ等について検討した。試験項目は写真-6に示すペネトレーションニードル試験（EN 14488-2 Method A）および吹付け性状の目視観察とした。

3. 試験結果および考察

3. 1 シリーズ1

液体急結剤の添加部には、シャワーリング（ $8\text{mm} \times 10$ 穴、 $8\text{mm} \times 16$ 穴）および Y 字管（1インチ）をそれぞれ用い、各2回試験を行いそのバラツキについて評価を行った。なお、添加位置は固定管よりも切羽側とし、ノズルは550mmの長さのものをを用いた。測定したペネトレーション

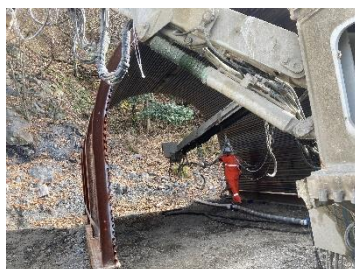


写真-1 模擬トンネル



写真-2 吹付け機

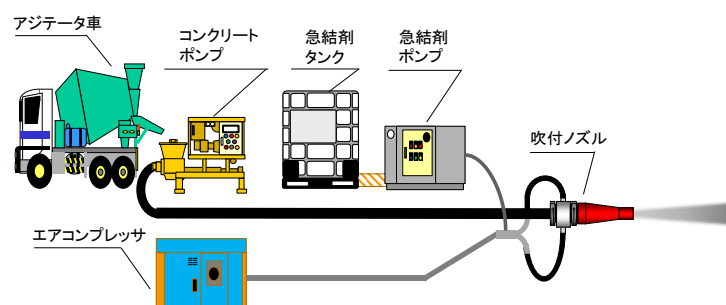


図-1 液体急結剤を用いた吹付けコンクリートの施工システム



写真-3 シャワーリング添加システム



写真-4 シャワーリング



写真-5 Y字管添加システム



写真-6 ペネトレーション試験

キーワード 液体急結剤、吹付けコンクリート、添加システム、シャワーリング、ノズル、凝結時間

連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722

ポゾリスソリューションズ(株) 混和剤営業本部 UGC 営業部 TEL0467-84-9640

ニードルの試験結果をプロクター貫入抵抗値に換算した結果を図-2に、その結果の変動係数（各時間における12回の測定結果のバラツキ）を図-3に示す。なお、換算には著者らのこれまでの蓄積データを直線回帰した計算式（図-4）を用いた。Y字管（記号：Y）では、2回の結果のバラツキが大きく、また各測定時間における結果のバラツキも大きかった。一方シャワーリングでは10穴（記号：8-10）、16穴（記号8-16）の場合もバラツキは比較的小さく高い再現性が得られた。Y字管はコンクリート配管の1方向から急結剤を添加する為、バラツキが大きかったものと考えられる。またシャワーリングの穴の数によって急結剤の噴出圧力異なり、コンクリートとの混合性や均一性が異なるものと予想したが、差異は認められなかった。穴が閉塞した場合のリスクを勘案すると、穴の数の多い16穴の方が施工の時のトラブル回避の観点から適していると判断された。

3. 2 シリーズ2

急結剤添加部からノズル先端までの最適な長さ等について検討した。試験水準および試験結果を表-1および図-5に示す。添加部からノズル先端までの長さが長くなることにより、急結剤とコンクリートの混合距離・時間が長くなり、結果的に凝結はやや早くなる傾向にあった。しかし、セメントと急結剤の反応が既に始まりかけているものをノズルから吐出することから、はね返り量や粉じんもやや多い傾向にあった。ノズル先端からのコンクリートの広がり角度等も含めトータルの性能を総合的に判断すると、水準550のものが最適であると考えられた。

4. まとめ

近年新たに開発した液体急結剤（ソリューションタイプ）に適した吹付けシステムの最適化を行った。その結果、本試験の範囲内では、1) 液体急結剤の添加部はシャワーリング 8mm×16 穴がコンクリートの凝結のバラツキやトラブルのリスクが小さいこと、2) 液体急結剤添加部からノズル先端までの長さは 550mm が最適であると判断された。なお、こうした最適なシステムは、使用する材料・配合・環境条件によっても左右されることから、本結果をベースに現場ごとに適切に調整する必要がある。

参考文献

- 1) 長澤智也ほか：液体急結剤を用いた吹付けコンクリートの性状に及ぼす配合の影響，令和5年度土木学会全国大会第78回年次学術講演会，第VI部門，2023.9（投稿中）

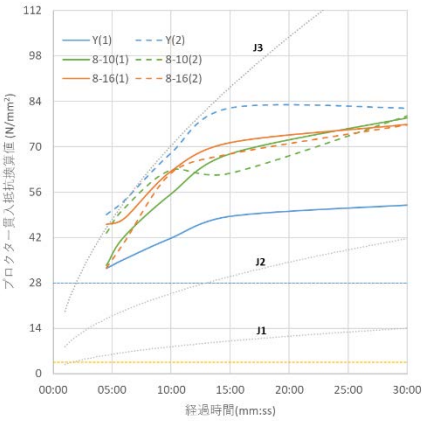


図-2 プロクター貫入抵抗換算値

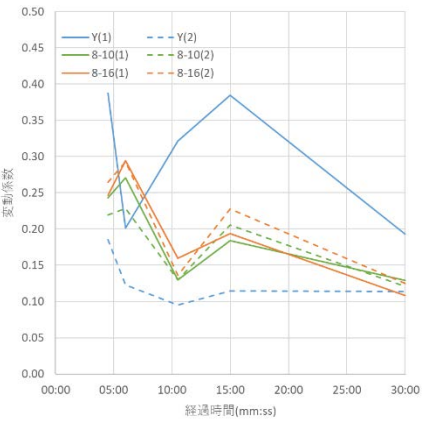


図-3 変動係数

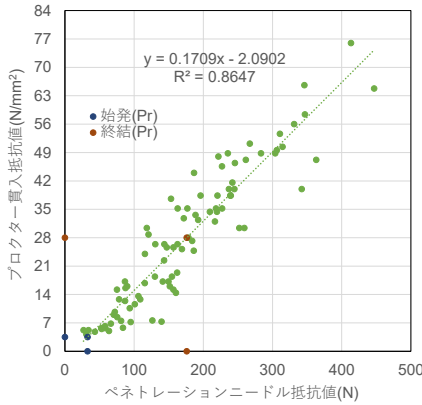


図-4 各測定方法の相関性

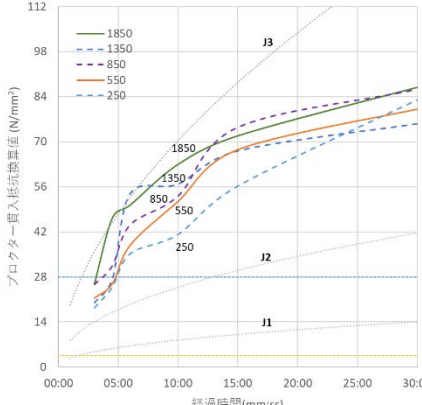
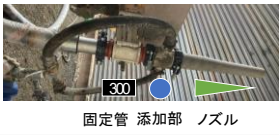
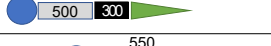
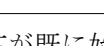


図-5 プロクター貫入抵抗換算値

表-1 急結剤の添加位置およびノズルの長さの最適化試験結果

急結剤添加位置からノズル先端までの長さ (mm)		凝結	はね返り・粉じん	配管のコレステロール	コンクリートの広がり角度	総合評価
1850		◎	△	△	◎	△
1350		◎	△	△	◎	△
850		○	○	◎	◎	○
550		○	◎	◎	◎	◎
250		△	◎	◎	△	△