

液体急結剤を用いた吹付けモルタルの凝結特性に関する検討

ポゾリスソリューションズ(株) 正会員 ○馬場 勇介 滝口 勉
鈴木 正也 崔 靖
正会員 高森 秀

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。しかし一方で、液体急結剤は従来の粉体急結剤と反応メカニズムが異なることから、吹付け直後の付着性能が異なることが指摘されている¹⁾。付着性能は凝結時間と強い関係性があると考えられるが、その凝結時間に影響を及ぼす W/C 等の配合要因や急結剤使用量の影響を定量的に研究した事例^{2),3)}は少ない。また、従来の一般的な吹付けコンクリートでは、コンクリート温度が低い場合に付着性が低下することが経験的に広く知られているが、液体急結剤を用いた場合のコンクリート温度が付着性に及ぼす影響度合いも明確でない。

そこで本稿では、液体急結剤を用いた系の基礎データを把握する目的で、トンネル坑内の温度を模した室内においてモルタル吹付け試験を行い、W/C、モルタル温度や急結剤使用量が凝結性状および付着性能に及ぼす影響を評価した。また、付着性向上に関する対策の方向性についても併せて検討した。

2. 試験概要

使用材料として、モルタルの製造には普通ポルトランドセメント、大井川水系陸砂（表乾密度：2.58g/cm³、粗粒率：2.60）および高性能減水剤を用いた。また、モルタルの吹付けには、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。本稿では、W/C およびモルタル温度が吹付けモルタルの凝結性状に及ぼす影響を明らかにするため、配合は W/C45.0%（S/C：2.64）、40.0%（S/C：2.25）、35.0%（S/C：1.88）の3水準とし、また練混ぜ水の温度を調整し、モルタルの練上がり温度を 10、15、20℃とした。練混ぜには公称容量 55 リットルの強制練りパン型ミキサーを用い、練上がり直後のフロー（JIS R 5201）を 230 ±10mm とした（写真-1）。モルタルの吹付けには、写真-2 に示すモルタル用ロータリーポンプ、液体急結剤用ポンプおよびコンプレッサーから構成される吹付けシステムを用い、吐出量 0.6-0.7m³/h で圧送したモルタルに先端のノズル手前で液体急結剤を添加（写真-3、写真-4）して吹き付けた（写真-5）。試験項目は、凝結試験（JISA 1147）および写真-6 に示す室内に設置した天端面（コンパネ裏面、寸法：45 ×45cm）への吹付け状況の目視観察とした。液体急結剤の使用量はセメント質量の 9、11% とし、試験温度はトンネル坑内の一般的な温度よりやや低めを想定し 12℃程度とした。

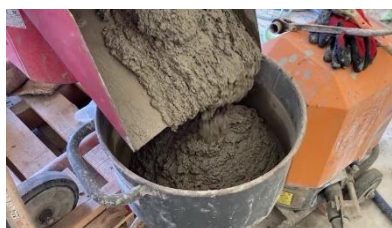


写真-1 モルタルの練上がり状況



写真-2 吹付けシステム



写真-3 ノズル・急結剤添加部



写真-4 急結剤添加部

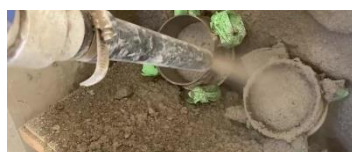


写真-5 モルタルの吹付け状況



写真-6 天端の吹付面

キーワード 液体急結剤、吹付けコンクリート、凝結時間、モルタル、低温、アルカリフリー
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

3. 試験結果および考察

3. 1 凝結時間

本稿では凝結時間の指標として終結時間を用いた。図-1 に W/C と終結時間の関係を、図-2 にモルタル温度と終結時間の関係を示す。W/C が高いほど、またモルタル温度が低いほど終結が遅く、特に W/C45%, 10℃, 使用量 9% の条件では、大幅に遅延する傾向にあった。一方、W/C を低下させるほど、モルタル温度を増大させるほど、また液体急結剤の使用量を 9% から 11% に増大させることで明確に終結が早くなる傾向にあった。現場でのコンクリートの付着性能は、凝結特性と強い関係性があると思われるが、十分な付着性を確保するためには、施工できる範囲で、W/C、コンクリート温度および急結剤使用量の3項目を適切なバランスで組み合わせることが有効であることが確認された。

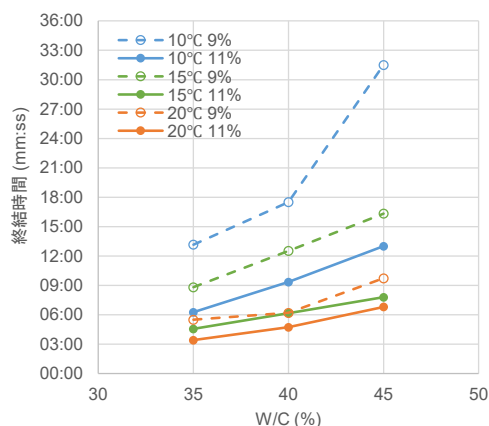


図-1 W/C と終結時間の関係

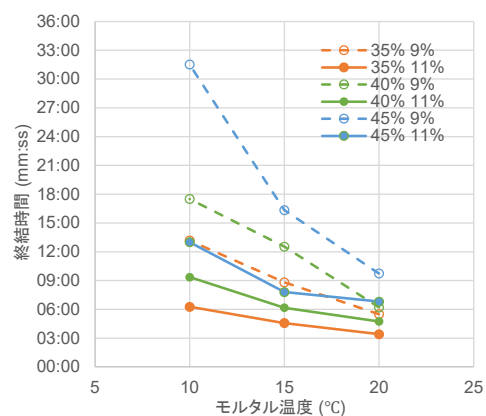


図-2 モルタル温度と終結時間の関係



写真-7 吹付け状況 40% 10℃



写真-8 吹付け状況 40% 15℃



写真-9 吹付け状況 40% 20℃



写真-10 吹付け状況 35% 15℃

3. 2 天端への吹付け性状

W/C40%の条件で、モルタル温度が吹付け性状および吹付け厚さに及ぼす影響について検討した。天端への吹付け性状および吹付け厚（安全に実験できる範囲）の状況を写真-7～写真-9 に示す。モルタル温度が低い 10℃では、吹付け厚は 5-10cm 程度であったが、モルタル温度の増大に伴い、吹付け厚が大きくなり、15℃では 10-15cm 程度、20℃では 15-20cm 程度となった。また、冬期間に現場でコンクリート・モルタル温度を 20℃程度まで確保できない場合を想定し、15℃の条件で W/C35%の配合を実施した（写真-10）。吹付け厚は 15-20cm 程度となり、W/C40%, 15℃よりもより高い付着性を示し、W/C40%, 20℃と同程度となった。これらの傾向は、3.1 で示した終結の早さと相関関係が認められた。やむを得ずコンクリート・モルタル温度を十分に確保できない場合、付着性を確保するためには、W/C を数%低下させることが有効であることが示唆された。

4. まとめ

一般的の吹付けコンクリートと同様に、液体急結剤を用いた系においても、コンクリート・モルタル温度が付着性に及ぼす影響は大きいことから、十分な温度を確保する必要があることが確認された。また、W/C も付着性に及ぼす影響が大きいことから、骨材の表面水管理を適切に行うとともに、冬期間などにやむを得ずコンクリート・モルタル温度を十分に確保できない場合には、W/C を数%低下させることが付着性向上に有効であることが示唆された。

参考文献

- 1) (公社) 土木学会：吹付けコンクリート指針（案）トンネル編，コンクリートライブラリー121 号，2005
- 2) 清水哲史ほか：新しい液状急結剤「メイコ SA163」について，エヌエムビー研究所報，No.14，pp.47-59，2002
- 3) 清水哲史ほか：低アルカリ型液状急結剤「メイコ SA163」を用いた吹付けコンクリートの施工性，強度発現性ならびに現場適用例，エヌエムビー研究所報，No.15，pp.48-60，2004