

粉じん低減を目的に実施した実大模擬トンネルでの吹付け試験（その7） 液体急結剤の使用条件が吹付けコンクリートの性状および強度発現性におよぼす影響

(株)エヌエムビー 正会員 清水 哲史
 (独)土木研究所 F会員 波田 光敬
 (株)鴻池組 坂口 武
 (株)フジタ 正会員 三河内 永康
 (株)カテックス 市川 健作

1.はじめに

液体急結剤を使用した吹付けコンクリートは、施工面において粉じんの発生が少ないこと、付着性がよくはね返りが少ないこと、仕上げ面が滑らかであること等の長所を有しているが、旧来の液体急結剤は強度の立ち上がりが遅いこと、湧水部への付着性が悪いこと、また、強アルカリ性を有するものは、アルカリやけどを起こす恐れがあることなどの問題を有していた。これらの問題点を解消するために、ヨーロッパから技術導入され、国内で改良された水溶性アルミニウム塩を主成分とした新たな液体急結剤が使用されるようになり、特に低粉じん吹付けコンクリートへの効果が国内各所のトンネル施工現場から報告されている。

本報告は、平成14年度～平成16年度にかけて独立行政法人土木研究所「ずい道建設における吹付け作業時の発生粉じん量の低減技術および局所集じんシステムの開発に関する共同研究」の一環として、水溶性アルミニウム塩を主成分とした液体急結剤を用いた吹付けコンクリートの吹付け性状および強度発現性能について、ベースコンクリートの配合条件や吹付けコンクリートの施工条件を変化させて行った試験の内、主に粉じん濃度の測定結果を報告するものである。

2.試験概要

(1) 吹付けシステム

試験に使用した吹付けコンクリートのシステムは、ベースコンクリートをノズル元までポンプ圧送し、吹付けノズルで液体急結剤と吹付け用の圧縮空気急結剤を混合して空気式の湿式吹付け機により吹付ける方式である。野間ら¹⁾は吹付け時の総圧送エア量と粉じん濃度・はね返り率の間に相関性があると報告しているが、この方式は従来国内で一般に使用されているほぐしエアを使用するシステムに比べ総圧送エア量は50%程度以下であり、この点からも、粉じんの発生を抑制できるシステムである。

(2) 使用材料および試験方法

表1に使用材料を示した。なお、ベースコンクリートの製造は、近隣のJIS工場で行い、吹付け試験を行った(独)土木研究所の模擬トンネルまでの運搬時間は30～40分であった。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	鹿島産陸砂 葛生産砕砂
粗骨材	岩瀬産砕石
ベース混和剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤
液体急結剤	水溶性アルミニウム塩系

(3) 試験要因と水準および検討項目

表2に試験要因と水準を示した。試験条件の共通項目は、ベースコンクリートの目標スランプは吹付け開始時に20cmとし、液体急結剤の添加量はセメント質量に対して10%、坑内換気条件は換気量/集じん量を1000/1260m³/min.とした。また、ケース

表-2 検討要因と水準

試験ケース	要因	水準
1	β-スコンクリートの単位セメント量	360, 380, 400, 420, 450 (kg/m ³)
2	使用細骨材の種類	山砂 + 砕砂の混合, 砕砂単独
3	β-スコンクリートのスランプ (1: 単位水量の変動)	20, 15, 25 (cm)
4	β-スコンクリートのスランプ (2: β-ス混和剤量の変化)	20, 15, 25 (cm)
5	換気量 (換気量/集じん量)	1500/1800, 1000/1260, 600/900 (m ³ /min.)

3は施工現場の細骨材表面水率の変動の影響を把握するために、試験的に単位水量を変動させたケースであり、ケース4はベースコンクリートの水セメント比を変化させずに混和剤の使用量でスランプを変化させて、粉じん濃度への影響を検討したものである。

キーワード：山岳トンネル、吹付けコンクリート、粉じん濃度、液体急結剤、換気量

連絡先：〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 TEL 0467-87-8080 FAX 0467-82-6299

3. 試験結果

図 1 にベースコンクリートの単位セメント量と粉じん濃度の関係を示した。今回の試験結果では、単位セメント量と粉じん濃度の関係において、 $C=400\text{kg/m}^3$ の配合で最も粉じん濃度が小さくなった。なお、これらの粉じん濃度は、模擬トンネルで実施したコンクリート吹付け試験で基準とした無対策 ($C=360\text{kg/m}^3$ で粉体急結剤を使用した場合)の粉じん濃度の 20~40%程度に低減される結果であった。図 2 に使用細骨材の影響を示した。この結果から、砕砂を単独で使用した条件においても、特に粉じん濃度が増加することがないことがわかった。図 3 にベースコンクリートのスランプの影響を示した。今回の試験結果では単位水量を変化させたケースと混和剤量を変化させたケースで粉じん濃度への影響がやや異なった傾向を示したが、粉じん濃度はいずれも 3mg/m^3 以下となっており、スランプの影響はほとんど受けないといえる。また同様に、図 4 に換気量の影響を示したが、換気量/集じん量を $600/900\text{ m}^3/\text{min}$ まで低減した場合でも粉じん濃度は 3mg/m^3 以下であり、液体急結剤を用いた吹付けコンクリートは、発生粉じん量を大幅に低減できる工法であると言える。以下に今回の試験より得られた粉じん特性以外の知見をまとめる。

- (1)スランプロス低減型のベース混和剤を用いた場合、製造から 90 分後程度まで、ベースコンクリートのスランプロスはほとんど認められず、良好なポンプ圧送性が確保された。
- (2)はね返り率は 9~15%程度と良好な結果が得られた。
- (3)湧水箇所への付着性は、液体急結剤の添加量をセメント質量に対して 15%程度まで増加させることにより充分確保できることが確認された。
- (4)超初期の強度発現性をヨーロッパで使用されている針貫入試験により確認した結果、オーストリアのガイドラインに示される「J2 レンジ」を満足する強度発現性を有しており、一般的なトンネルにおいて施工上問題ないことが確認された。

(5)強度発現性は材齢 24 時間の管理値 5N/mm^2 および材齢 28 日の管理値 18 N/mm^2 をすべての配合で充分上回った。

【謝辞】本稿は(独)土木研究所との共同研究の成果の一部であり、試験に携わっていただいた関係各位に深謝致します。

【参考文献】

- 1)野間, 大下, 波田, 嵯峨: 粉じん低減を目的に実施した実大模擬トンネルでの吹付け試験(その 10)吹付け時の総圧送エア量と粉じん濃度・はね返り率の関係について 第 60 回土木学会年次学術講演集 2005 投稿中

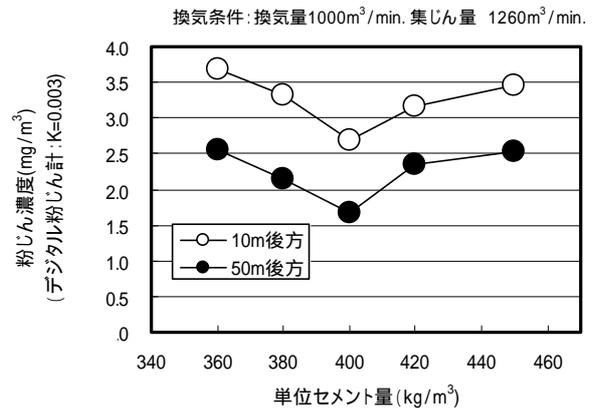


図 - 1 単位セメント量と粉じん濃度の関係

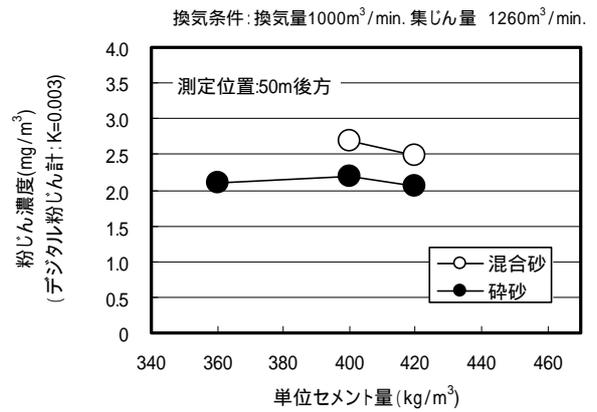


図 - 2 細骨材の種類と粉じん濃度の関係

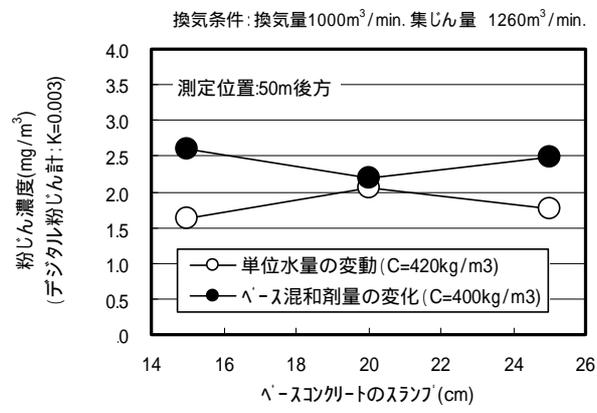


図 - 3 ベースコンクリートのスランプと粉じん濃度の関係

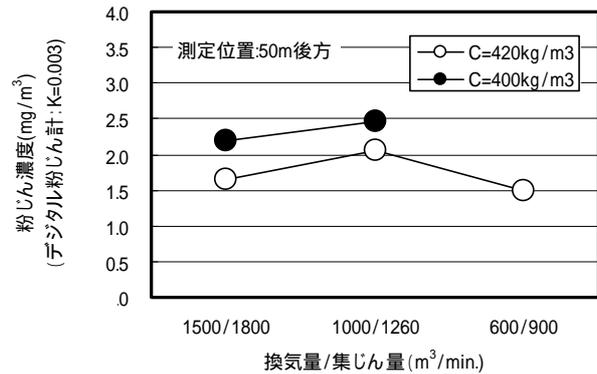


図 - 4 換気条件と粉じん濃度の関係