

[1056] 低粉じん型の湿式吹付けコンクリートに関する研究

正会員 ○竹内 恒夫(間組 技術研究所)
 畠山 修(間組 技術研究所)
 木川田一弥(間組 技術研究所)

1. はじめに

吹付けコンクリートは、NATMの普及に伴いその施工時に発生する粉じんが作業環境を悪化させ作業効率の低下などをきたすため、近年、低粉じん型吹付けコンクリートの要望が高まっている。

筆者らは、これまでスクイズ式の吹付け機を用いて、低粉じん型の吹付けコンクリート工法の技術を確認すべく、吹付け機の圧送特性¹⁾、急結剤とコンクリートが混合するノズルに着目したコンクリートの混合性状²⁾や吹付け方法と吹付け材料の組合わせ³⁾について検討してきた。

今回、これまでの技術を組合わせて吹付けコンクリート施工時の発生粉じんの極めて少ない湿式吹付け工法を開発した。本研究は低粉じん型に用いる液体急結剤の特性について粉体急結剤との比較を行い、吹付け実験を実施し、問題点の改良を行って新しい吹付けシステムを検討したものである。

2. 急結剤の性質

2.1 実験概要

湿式工法はあらかじめ全材料を練り混ぜてポンプや空気を用いてコンクリートを搬送し、急結剤を先端で添加するため水セメント比や練り置き時間が凝結時間に影響を与えることが考えられる。

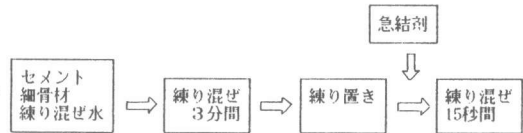


図-1 練りませ方法

図-1に湿式工法を想定した練り混ぜ方法を示す。急結剤は粉体および液体の2種類があり、その成分や添加量によっても凝結時間の影響があるため表-1に示す条件で実験を行った。

表-1 実験条件

項 目		条 件
水セメント比 (%)		55, 60
急結剤添加量 (C×%)		6, 10
急結剤の種類	粉体 液体	セメント鉱物系 アルミン酸塩系

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は大井川産川砂(比重2.63 FM=2.72)、急結剤は粉体と液体の2種類を用い、混和剤としてAE減水剤を使用した。

砂セメント比はS/C=3とし、試験温度は20±3℃とした。

測定項目はJIS R 5201 セメントの物理試験方法に示す凝結時間と強さ試験に準じて行った。

2.2 水セメント比と始発時間

図-2に水セメント比と始発時間の関係を示す。

水セメント比が増加するに従って粉体および液体急結剤の始発時間は遅くなる傾向となり、粉体よりも液体急結剤の方が遅い傾向となる。

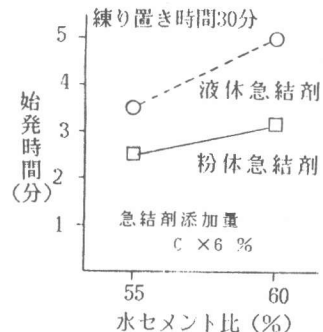


図-2 水セメント比と始発時間

2.3 急結剤添加量と始発時間

図-3に急結剤添加量と始発時間の関係を示す。

始発時間は粉体および液体急結剤とも急結剤添加量が増加するほど早くなる傾向を示す。また、粉体急結剤は、液体急結剤に比べ始発時間が約1分程早くなる傾向を示す。

一般に、急結剤の添加量は凝結時間を早めるが、コストの増加の原因ともなるため、一般に急結剤使用量はセメント重量の6~8%の範囲内で使用されているのが現状である。

2.4 液体急結剤の圧縮強度

図-4に水セメント比と圧縮強度の関係を示す。

圧縮強度は水セメント比が増加するほど低下する傾向を示し、材令1日の圧縮強度は60~78kg/cm²で材令3日で170~190 kg/cm²を示し、材令28日では300~320kg/cm²の範囲を示した。

2.5 練り置き時間と始発時間

図-5に練り置き時間と始発時間の関係を示す。

練り置き3~30分間の始発時間は粉体急結剤で約2~2.5分のものが液体急結剤ではこれよりも遅く約3.5分程度であり、いずれも練り置き時間にあまり影響をおよぼさないようである。

3. 急結剤種類と粉じん濃度

3.1 実験方法

2章までに始発時間のみに着目した結果を得た。しかし、本来は、粉じん濃度と始発時間の関係を明らかにしその中で、低粉じん化を検討する必要がある。

図-6に示すような方法で急結剤の種類による施工時の粉じん濃度を測定した。

試験は2車線道路トンネルの上部半断面相当(断面積約50m²)において、換気設備を停止した状態で吹付けを行った。吹付け量は2m³とした。測定項目は、粉じん濃度とし吹付け位置から5m離れた地点で1.5mの高さで0-ホリウムI7サンパ-で測定した。

3.2 粉じん濃度

粉体急結剤を用いた①の方法の場合、粉じん濃度は17.4mg/m³に対し、液体急結剤を用いた②の方法の場合は13.3mg/m³となった。いずれも吹付け開始後、5分もすると吹付け面の岩盤を識別できない状態であり、低粉じん型をめざすには別の吹付けシステムを考える必要が生じた。

粉じんを低減する方法は、MFLite-スなどの水溶性高分子材料をコンクリートに添加する方法があるがコンクリートの粘性が増加して施工が困難となることが考えられた。そこで、粉じん低減剤を別系統で添加する方法とした。

4. 低粉じん型の方法

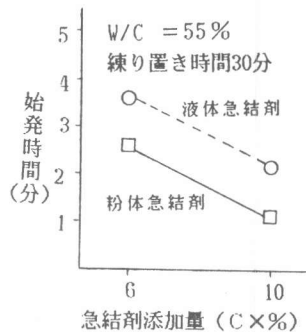


図-3 急結剤添加量と始発時間

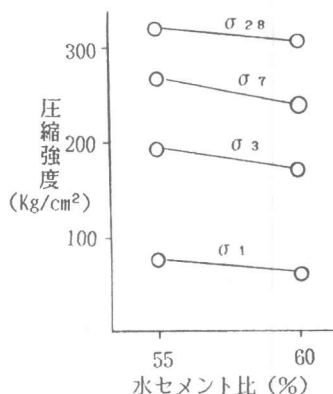


図-4 水セメント比と圧縮強度

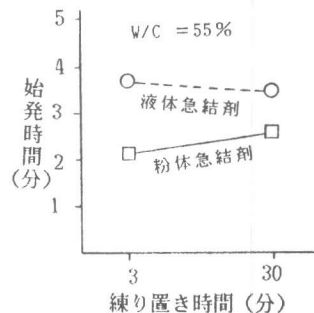


図-5 練り置き時間と始発時間

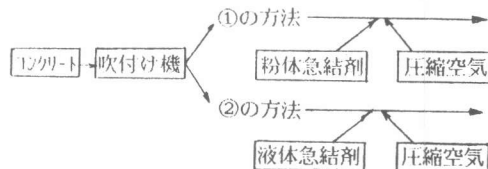


図-6 吹付け方法

4.1 吹付けシステム

吹付けシステムの系統を図-7に示す。本システムはコンクリート圧送、粉じん低減剤供給装置、液体急結剤供給装置と混合ノズルから成り立っている。

吹付け機は写真-1に示すスライ”式ポン”を用いたコンクリート圧送部と粉体供給装置とから成っている。コンクリートの圧送管は小口径(φ65mm)であり、圧送性改善のため流動化剤を後添加で使した。

ノズルは写真-2に示すように粉じん低減剤と液体急結剤がそれぞれ添加されるように2つの部分から成っている。

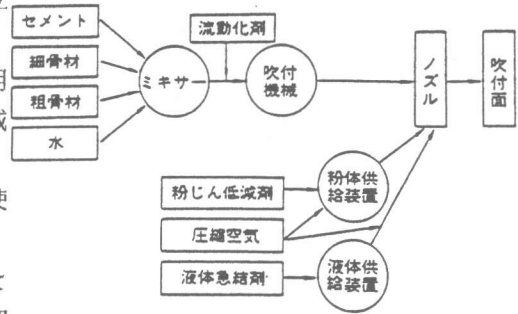


図-7 吹付けシステム

4.2 実験方法

実験で用いる粉じん低減剤は粉体の水溶高分子材料で吹付けコンクリート1m³ 当り900g程度と極めて量が少なくこれを定量供給することが困難なため約10kgのセメントおよび砂7号を増量材として用いた。流動化剤はセメント重量の0.2%使用し、液体急結剤はセメント重量の6~7%使用した。

測定項目は、粉じん濃度およびはね返りの2項目とした。粉じん濃度は、吹付け位置から5m離れた地点で1.5mの高さで粉じん濃度をデジタル粉じん計で測定し質量濃度に換算した。

はね返り率は1m初底部にシートを敷き、はね返ったコンクリート重量/吹付けた重量から求めた。

4.3 試験結果と考察

(1) 粉じん濃度

粉じん濃度の測定結果を図-8に示す。粉じん低減剤にセメントを増量材とした時の粉じん濃度は時間とともに増加し、吹付け終了時点で約6.5mg/m³であった。一方、砂を増量材にした場合は、同様に約2mg/m³と70%の低下を示した。これは、セメントの平均粒径が10μに対し砂の平均粒径が20μと多きいため、浮遊粉じんの発生割合がセメントの方が多くなったためと思われる。

(2) 強度

図-9に材令と圧縮強度の関係を示す。

液体急結剤の材令28日の圧縮強度は、約260kg/cm²と強度的に問題はない。



写真-1 吹付け機
(W1006×L3470 ×H1055mm)

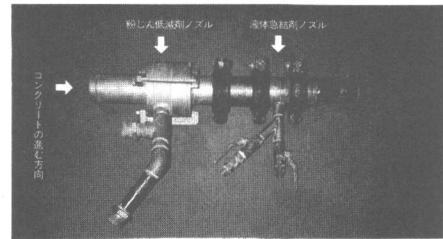


写真-2 吹付けノズル

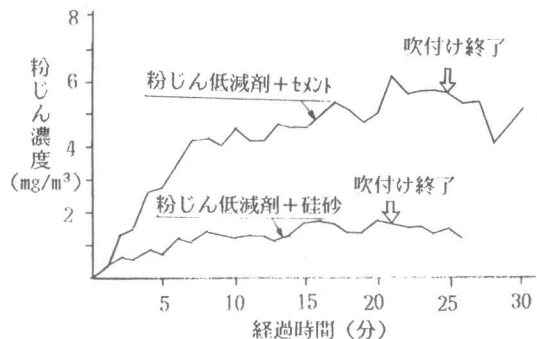


図-8 経過時間と粉じん濃度

(3) はね返り

はね返り率は粉じん低減剤に増量材としてセメントを混合した場合が22.4%に対し、珪砂を混合したものが18.8%と減少した。

(4) 作業環境

写真-3に吹付け作業中のトンネル坑内を示す。

吹付けコンクリートは、NATM工法の作業項目の中で粉じん発生が多い作業である。

粉じん濃度と環境条件を比較すると粉じん濃度 $10\text{mg}/\text{m}^3$ は吹付け開始5分もすると岩盤の観察もできない程であり、粉じん濃度 $5\text{mg}/\text{m}^3$ では吹付け開始10分程度から霧などがもやのような状態で吹付け位置10m前後でようやく岩盤などの観察もできる。これに対し、本工法は発生する粉じんも最大 $2\text{mg}/\text{m}^3$ と少なく、吹付け作業箇所から約50m離れた地点でも、換気装置を止めた状態で岩盤等がよく観察できる環境であった。

5. まとめ

低粉じん型吹付けコンクリートについてまとめると以下のようなになる。

- ① 従来の吹付けシステムでの粉じん濃度は、粉体急結剤を用いた場合は $17.4\text{mg}/\text{m}^3$ 、液体急結剤を用いた場合が $13.3\text{mg}/\text{m}^3$ でありいずれの場合でも低粉じんとは言えない。
- ② スイック式ポンプを用いたコンクリート圧送式に、粉じん低減剤供給装置、液体急結剤供給装置と混合ノズルを用いた吹付けシステムは、粉じん濃度が $2\text{mg}/\text{m}^3$ 以下となり極めて高い低粉じん効果が認められた。
- ③ 粉じん低減剤に珪砂7号を増量材として用いることにより、粉じん濃度の低減およびはね返り率の低減に効果がある。

6. おわりに

この工法は、昭和59年建設省告示第1520号の技術評価課題「高効率・低粉じん型吹付けコンクリート工法」に応募して評価（建技評第85206号）されたものである。

最後に、これまで低粉じん型吹付けコンクリートの開発に当って協力していただいた志和トシ初、馬瀬トシ初、油坂トシ初および各メカの関係各位に感謝する次第である。

参考文献

- 1) 竹内恒夫、喜多達夫；湿式吹付けコンクリートの特性に関する研究，第7回コンクリート工学年次講演会論文集，1985, PP.333～340
- 2) 竹内恒夫、喜多達夫、中内博司；吹付けコンクリートにおける急結剤とコンクリートの混合に関する研究，第8回コンクリート工学年次講演会論文集，1986, PP.901～904
- 3) 藍田正和、岩付宏行、竹内恒夫；種類の異なる急結剤を用いた吹付けコンクリートの施工について，土木学会第40回年次学術講演会講演概要集 第5部，PP.115～116

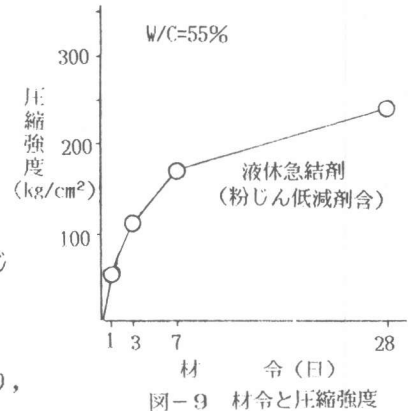


写真-3 低粉じん型の吹付け施工