

# 混和材が吹付けコンクリートの施工性およびリバウンドに及ぼす影響

熊谷組 技術研究所 正会員 石関嘉一  
 青木建設 研究所 正会員 駒田憲司  
 東京大学 生産技術研究所 正会員 西村次男  
 東京大学 国際・産学共同研究センター フェロー会員 魚本健人

## 1. はじめに

ここ数年、吹付けコンクリートの高品質、高強度化の開発が行われるようになり、シリカフューム、フライアッシュや石灰石微粉末等の混和材が使用されつつある。しかしながら、これらの混和材を使用した吹付けコンクリートの施工性について検討した研究は、充分に行われていないのが現状である。本研究は、混和材が吹付けコンクリートの施工性およびリバウンド率にどのような影響を及ぼすか検討をした。混和材料として、シリカフューム微粉末、フライアッシュおよび石灰石微粉末を使用し、吹付け時における施工性を測定した。また、吹付けコンクリートに用いたモルタルを使用してレオロジー試験を実施しモルタルの塑性粘度を測定した。その結果、混和材が吹付けコンクリートの空気流量およびリバウンド率に影響を及ぼすことが明らかとなった。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および配合

使用材料を表 - 1、配合を表 - 2 および実験水準を表 - 3 に示す。単位結合材量は $360\text{kg/m}^3$ とし、単位水量と細骨材率 (s/a) は、事前に実施した室内試験により決定した。

粗骨材最大寸法は $15\text{mm}$ とし単位粗骨材量は、全ての配合とも $703\text{kg/m}^3$ に一定とした。混和材の置換方法は、結合材置換と細骨材置換の2方法とした。結合材置換は、シリカフューム (以下SF) とし、細骨材置換はフライアッシュ (以下FA) および石灰石微粉末 (以下LS) とした。なお、コンクリートの練り混ぜはコンクリートプラントで行い、アジテータトラックで30分程度運搬したものを使用した。

### 2.2 実験方法

吹付け実験は湿式吹付けとし、吹付け方法は空気圧送方式<sup>1)</sup>を用いて行った。リバウンド率測定は、箱供試体採取時に測定した。測定方法および計算方法は、トンネル技術協会の方法<sup>1)</sup>に準じて実施した。空気流量はコンプレッサー出口にフロー式流量計を取り付け測定した。なお、吹付けコンクリートの吐出量は $8.0\text{m}^3/\text{hr}$ と一定にし脈動がなくスムーズな吹付け作業を行った。

モルタルは、吹付け実験終了後吹付け実験に使用した材料を用いて、新たに練混ぜを実施した。配合は、吹付け実験に使用した配合から粗骨材を抜いたものとし、ワーカビリティの調整は、ミニスランブコーンを用いて混和材無添加配合のフロー値を基準として、フロー値が $\pm 10\text{mm}$ となるように高性能減水剤を用いて調整した。レオロジー試験は、B型粘度計を用いて各配合の塑性粘度を測定した。

表 - 1 使用材料

材料	名称	記号	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
セメント	普通ポルトランドセメント	C	3.16
細骨材	千葉県君津市産山砂	S	2.61
粗骨材	東京都八王子産 6号碎石	G	2.66
混和剤	高性能減水剤 (ホリガ <sup>®</sup> リオレス誘導体)	AD	1.05
混和材	シリカフューム	SF	2.20
	フライアッシュ	FA	2.27
	石灰石微粉末	LS	2.71
急結剤	セメント鉱物系粉体急結剤	CA	2.57

表 - 2 配合

水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単用量 (kg/m <sup>3</sup> )				スラフ <sup>2)</sup> (cm)	空気量 (%)
		セメント	水	細骨材	粗骨材		
56.9	60.0	360	205	1035	703	12	2

表 - 3 実験水準

実験要因	実験水準	
吹付けシステム	空気圧送式	
結合材量	360(kg/m <sup>3</sup> )	
混和材の種類	無添加	
	シリカフューム	結合材置換 ( 5, 10, 15% )
	フライアッシュ	細骨材置換 ( 10% )
	石灰石微粉末	細骨材置換 ( 5, 10, 15% )
急結剤の種類	加ソル <sup>®</sup> アルミネート系粉体急結剤	
急結剤添加率	B = 360(kg/m <sup>3</sup> )の配合 : B × 7.0%	

キーワード：吹付けコンクリート、混和材、空気流量、リバウンド、塑性粘度

連絡先：茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043(株)熊谷組技術研究所 TEL0298-47-7501 FAX0298-47-8507

### 3. 実験結果

#### 3.1 空気流量とリバウンド率

図 - 1 ~ 3 に配合要因別の空気流量とリバウンド率を示す。図 - 1 と図 - 2 より混和材の置換率の増加とともに空気流量が減少し、それにともないリバウンド率も減少している。また、図 - 3 においても同様な結果が得られた。

これは、空気流量が増大することにより

ノズルから吐出する際のコンクリート速度が大きくなり、付着面への衝突エネルギーの増大によってリバウンド率が増加する。加えて、空気流量が増加することで配管内のコンクリート流速が早くなり、急結剤とコンクリートの混合性能が悪化してしまうため、コンクリートの凝結性能が著しく低下してしまうと考えられる。

#### 3.2 塑性粘度と空気流量

図 - 4 ~ 6 に配合要因別の塑性粘度と空気流量を示す。図 - 5 と図 - 6 より多少のばらつきがあるものの混和材の添加率が 5% 上がる毎に塑性粘度は大きくなり、空気流量は減少している。一方、図 - 6 においても同様な結果が得られた。これは、結合材の比表面積が大きくなること

や単位粉体量が増加することにより塑性粘度が増加したものと考えられる。

通常ポンプ圧送の場合、塑性粘度が大きくなるとともに管内摩擦抵抗が大きくなり、管内圧力は増大する。今回の吹付け実験においても、混和材の置換率が大きくなるにつれて、管内圧力は上昇する傾向にあった。つまり、塑性粘度が上昇すると管内圧力が大きくなる。また、それにともない空気流量が低下し、リバウンド率も低下すると考えられる。

#### 4. まとめ

本実験結果より以下のようにまとめられる。

吹付けコンクリートに混和材を添加することによって空気流量は低下し、それとともにリバウンド率も低下する。

吹付けコンクリートに混和材を添加することによって、モルタルの塑性粘度が増加しその結果、空気流量が低下する。

#### 参考文献

- 1) トンネルの吹付けコンクリート, (社) 日本トンネル技術協会, pp.98-173, 1996.2
- 2) コンクリート総覧, 技術書院 pp.294-300

謝辞: 本研究は、東京大学国際・産学共同研究センターにおける共同研究「高品質吹付けコンクリートの開発」の成果であり、関係各位の御協力に感謝いたします。

配合要因別の空気流量とリバウンド率

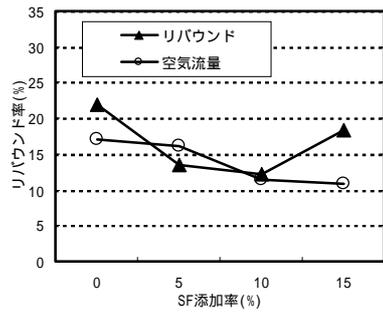


図-1 SF 結合材置換率の変化

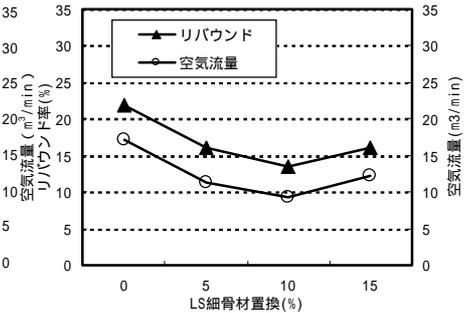


図 - 2 LS 細骨材置換率の変化

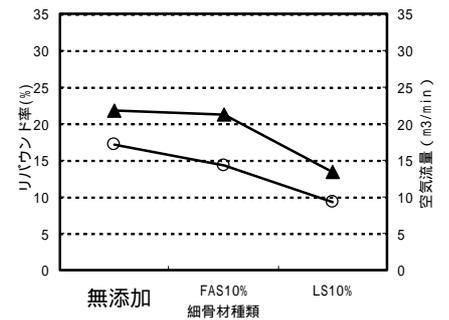


図 - 3 混和材別細骨材置換率 10%

配合要因別の塑性粘度と空気流量

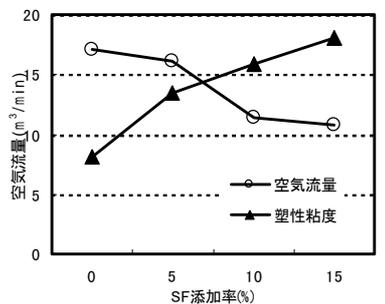


図-4 SF 結合材置換率の変化

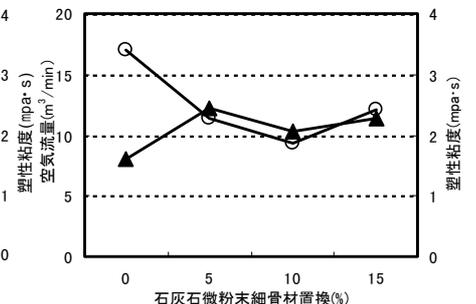


図 - 5 LS 細骨材置換率の変化

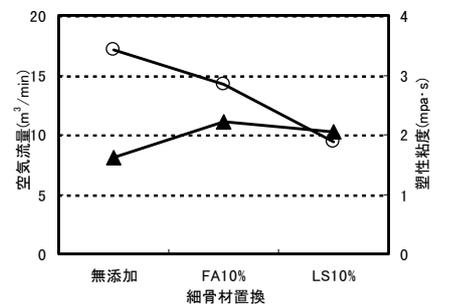


図 - 6 混和材別細骨材置換率 10%