

III-578

シリカフュームを添加した吹付けコンクリートの施工性改善について

日本鉄道建設公団 正会員 鬼頭 誠，末永 充弘

同 同 登坂 敏雄

佐藤工業株式会社 同 弘中 義昭 吉永 正雄

1 まえがき

湿式吹付けコンクリートにおいては、スランプ8～12cmの生コンクリートを径4～5インチのホースにより20～30m 圧送し、ノズル手前で急結剤を添加して地山に吹付ける。したがって、圧送圧力によりコンクリートが地山に吹付けられる際に、コンクリートが分離することに起因してリバウンドが発生したり、急結剤とコンクリートの混合が不十分となって粉塵が発生する等の問題が生ずる。また、コンクリートの材質面でも、粗骨材の多くがリバウンドにより失われたり、圧送による空気の混入により吹付け前のコンクリートに比べ強度低下を起こすといった問題が発生している。こうした吹付けコンクリートの諸問題を解決し、将来の永久覆工への適用を目的として、コンクリートにシリカフュームを添加する試みがなされている。筆者らも、従来の吹付けコンクリートの施工性の改善および高強度吹付けコンクリートの施工を目的として、シリカフュームを添加（混和）した吹付けコンクリートの開発を行ってきた¹⁾²⁾³⁾。今回、実施した吹付けコンクリートの施工実験において、細骨材の微粒分がホース内の材料の分離抵抗性に寄与していると考えられる新たな知見が得られたのでここに報告する。

2 吹付けコンクリートの性状

表-1は筆者らが現在までに実施した吹付けコンクリート施工実験におけるコンクリートの基本配合である。実験では、各配合にシリカフュームをセメント量の5%ないし10%添加している。また、表-2にコンクリートに使用した骨材の特性を示す。細骨材はトンネルAは川砂トンネルBとCは砕砂である。また、粗骨材は、3トンネルとも6号砕石である。

細骨材の粗粒率はトンネルA、Bは3.0前後であるのに対し、トンネルCは2.4と小さい。また、0.15mmフルイ通過量はトンネルCが14.0%と他の2トンネルに比べ圧倒的に多い。したがって、トンネルCの細骨材は通常のコンクリートに使用する細骨材に比べて、かなり微粒分が多い。また、実績率は3トンネルとも大差はないがトンネルCが一番大きな値を示した。

3 施工性の比較

3トンネルにおいて実施したシリカフュームを添加した吹付けコンクリートの施工実験での単位時間あたりの吹付け量は、トンネルA：7～8 m³/hr トンネルB：8～9 m³/hr，トンネルC：10～11 m³/hrであった。また、図-1に各トンネルごとの粉塵発生量の比較をシリカフュームの有無に分けて示す。図より、トンネルBおよびCの粉塵発生量はシリカフュームの添加により減少している。また、トンネルCの値はトンネルAおよびBに比べかなり低いことが分かる。このことは、トンネルCの配合にはシリカフュームを添加していないプレーンコンクリートの段階で、粉塵の発生を抑制する何等かの要因が存在することを示

表-1 配合表

トンネル	スランプ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	セメント (kg)
A	7～10	55.0	60.0	360
B	12～15	60.5	63.0	360
C	8～18	60.0	60.0	360

表-2 骨材の性質

骨材	試 験 項 目	A	B	C
細 骨 材	比重	2.54	2.69	2.58
	粗粒率	2.92	3.06	2.42
	0.15mmフルイ通過量 %	4.8	8.0	14.0
	洗い試験 %	2.7	2.4	6.7
	実績率 %	64.1	65.6	66.1
粗 骨 材	比重	2.60	2.70	2.65
	粗粒率	6.52	6.80	6.09
	実績率 %	58.2	57.9	55.9

唆している。つぎに、図-2に各トンネルごとのリバウンド率について図-1と同様に示す。図中のトンネルAおよびBのリバウンド率はほぼ同様の傾向を示し、シリカフュームなしで約30%、シリカフュームを添加することで20%前後に減少している。一方、トンネルCではシリカフュームを添加しない場合で、トンネルA、Bのシリカフュームを添加した場合と同様の値約20%が得られ、シリカフュームを添加した場合にはさらに減少して約16%となっている。これは粉塵の場合の傾向と同様で、シリカフュームによる減少効果と併せてプレーンコンクリートの時点でリバウンドを抑制する要因が存在していることが推察される。

4 粉塵量・リバウンド率を抑制する要因の検討

吹付けコンクリート輸送時モデルを図-3のように考える。施工性の向上は図-3の連続性が必要である。ホース内のコンクリートには、圧縮空気による分散力が常に作用し、粗骨材とモルタルおよび細骨材とセメントペースト間の結合力が弱ければ、材料間の分離が生じて空気が貫通し、空吹きの状態となって施工性が低下するものと考えられる。一方、この分散力に対抗可能な分離抵抗性を確保するためには、粗骨材の空隙を密実に充填する良質のモルタル(セメントペースト)が必要である。また、分離抵抗性が大きいことは相反するがホース壁との摩擦抵抗を小さくして流動性を向上させることも必要である⁴⁾。

このようなことに対して、今回は細骨材の微粒子の増大とシリカフュームのベアリング効果が材料の粘性、流動性向上に寄与し、施工性の大幅な改善を促し、粉塵発生量、リバウンド率を抑制する要因となったものと考えられる。

5 あとがき

施工性の改善に細骨材の微粒子とシリカフュームの添加が有効であることが十分推察された。このような混合材料の圧送には再混合も含めて極力材料分離を抑制する方策が肝要であると考えられる。設計にあたっては適性粒度の他、0.15mm以下の細骨材からセメント粒子までの間の材料粒度についても考慮する必要があるものと考えている。今後は、長期強度の確認、施工性改善のメカニズム、微粒子に必要な性状の検討の他、積極的な適用方等について検討を行っていきたい。

〔参考文献〕1) 鬼頭、末永、種池、弘中：シリカフュームを添加した吹付けコンクリートの施工実験、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集、第Ⅲ部門、1991.9

2) 末永、羽根、久渡、橋本：耐久性に富む高強度吹付けコンクリートの施工—北陸新幹線加越トンネル—、トンネルと地下、Vol. 22, N012, p15~23, 1991.12

3) 鬼頭、末永、弘中、伊藤：シリカフュームを添加した吹付けコンクリートの性能、シリカフュームを用いたコンクリートに関するシンポジウム講演論文報告集、p145~152, 1993

4) A. M. Neville : コンクリートの特性、技報堂出版

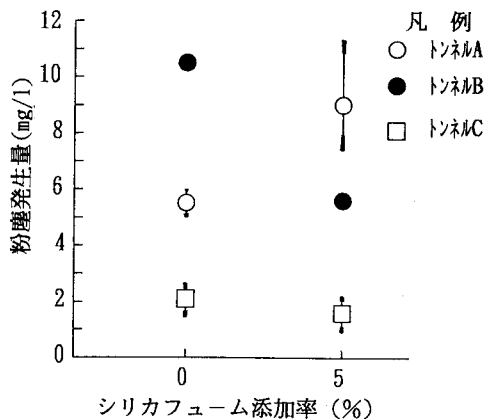


図-1 粉塵発生量の比較

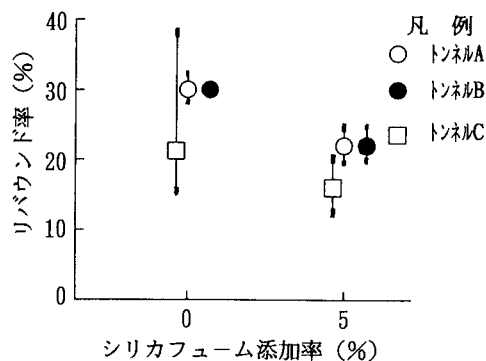


図-2 リバウンド率の比較

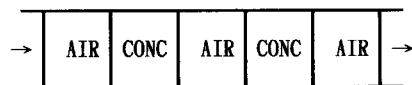


図-3 ホース内の吹付けコンクリートの輸送モデル