

大型アジテータ車にてシリカフュームスラリーを後添加したコンクリートの実構造物への適用

(株)福田組 正会員 ○井貝 武史
新潟大学 正会員 佐伯 竜彦
新潟大学 正会員 斎藤 豪

1. はじめに

高炉セメント B 種にシリカフュームを混和した 3 成分系結合材を用いることにより、コンクリートの塩分浸透抵抗性が大きく向上することが報告されており、塩害劣化の激しい地域ではその普及が望まれている。筆者らはスラリー化したシリカフュームをトラックアジテータで外割後添加する方法²⁾による普及の検討を行っている。これまで検討は、小型トラックアジテータを用いて検討を行ってきた。

本実験では、実構造物を対象に、大型トラックアジテータを用いてシリカフュームスラリーを外割後添加して製造したコンクリートの試験施工を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 構造物の概要

構造物は、新潟県村上市に建設するレディーミクストコンクリート工場の外構コンクリートを対象とした。なお、施工時期は秋季(10 月)である。

2.2 使用材料および配合

使用材料およびその物性値を表 1 に、コンクリートの配合を表 2 に示す。工場の標準配合に外割でシリカフュームスラリー(以降、SFS と表記)を後添加した。後添加する SFS は、水粉体比 1:1 の市販品であり、セメントの 6%(質量比)となる

量を添加した。表 2 に添加後の水結合材比(W/B)を併せて示す。

2.3 施工方法

試験には、大型トラックアジテータ(最大積載容量 4.5m³、ドラム高速回転速度 10rpm、ドラム通常回転速度 1.5rpm)を使用した。

施工方法は、レディーミクストコンクリート工場にて 4.0m³のコンクリートを練混ぜ、大型トラックアジテータへ積込みを行った。練混ぜを行った工場の外構コンクリートを施工対象とするため、運搬時間は掛からないが、試験施工であることから、一般的な現場への運搬時間を想定し、その場で 15 分間ドラムの通常回転速度にて待機した。15 分経過後、SFS 添加前のフレッシュ性状の確認を行った。その後、SFS をロータリーポンプ(最大吐出量 45L/min、最大吐出圧 3.5Mpa)にて投入し、5 分間ドラムの高速回転による攪拌を行い、各ドラム排出位置(前半、中盤、後半)において、フレッシュ性状の測定および供試体(φ100×200mm の円柱供試体)の作製を行った。円柱供試体は 2 日後に脱枠し、材齢 28 日まで標準養生(20±3℃、水中)を行った。

硬化コンクリートの試験項目は、圧縮強度試験(材齢 28 日、各 9 本)および酸素拡散試験を行った。

表 1 使用材料

材料名		記号	適 用
結合材	高炉セメント B 種	BB	密度 3.05 g/cm ³ ，比表面積 3,780 cm ² /g
	シリカフュームスラリー	SFS	水粉体質量比 1：1，比重：1.4
細骨材	粗砂	S ₁	表乾密度 2.58 g/cm ³ ，吸水率 2.02 %
	細砂	S ₂	表乾密度 2.58 g/cm ³ ，吸水率 2.10 %
粗骨材	砕石	G	表乾密度 2.62 g/cm ³ ，吸水率 1.70 %，最大粗骨材寸法 25 mm
混和剤	AE 減水剤	Ad	変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物の複合体

表 2 コンクリートの配合

SL (cm)	AC (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						外割後添加量 SFS (kg/m ³)	添加後 W/B (%)
				W	C	S ₁	S ₂	G	Ad		
12	4.5	52.0	40.9	148	285	452	301	1106	2.850	17	53.3

キーワード シリカフュームスラリー，3 成分系結合材，大型トラックアジテータ

連絡先 〒951-8668 新潟県新潟市中央区一番堀通町 3-10 (株)福田組 TEL 025-226-6010

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状

表 3 に、フレッシュ性状試験結果を示す。SFS 後添加によりスランプ(SL)の低減が見られるが、目標範囲(12±2.5cm)を満足した。また、空気量(AC)も多少の変動は見られるものの、目標範囲(4.5±1.5%)を満足する結果であった。SFS 添加後(ドラム排出位置後半)では、構造物への打込み等により練混ぜ完了からおよそ1時間が経過しており、多少のスランプロスが見られたが、目標スランプ範囲内であり、十分な施工性を有することが確認できた。

3.2 硬化コンクリートの特性

(1) 圧縮強度

図 1 に、圧縮強度試験の結果とその変動係数を示す。試験結果より、小型トラックアジテータを用いたこれまでの検討²⁾と同様に、SFS の後添加によりおよそ 9%の圧縮強度の増加が確認された。また、変動係数は、SFS 添加前後で差異はなく、大型トラックアジテータにおいてもバラツキが小さいことが確認された。

(2) 酸素拡散試験

塩化物イオンの拡散性状は、空隙構造と電気的作用の両者の影響を受ける一方、酸素拡散性状は、空隙構造の影響のみを受けるため、両者は単純な比例関係ではないものの、相関関係があること³⁾が示されている。

そこで、白川ら⁴⁾の方法を参考に、酸素拡散試験を行った。供試体は、材齢 1 年の円柱供試体の中央部から切り出した φ100×50mm の試験片を、厚さ 50mm のゴム板に装着し、供試体とゴム板との境界部をシールし、温度 50℃で恒量となるまで乾燥させたものを用いた。測定は 2 供試体を用い、その平均を各水準の値とした。

図 2 に、SFS 添加前を1とした場合の SFS 添加後の酸素拡散係数の比を示す。試験結果より、酸素拡散係数の比は 0.37～0.53 と、SFS の後添加により酸素拡散係数 D_{O_2} が低下することが確認された。これまでの検討²⁾において、SFS の後添加による塩化物イオン拡散係数の比は 0.41～0.51 程度であり、本検討の範囲においても、同程度に拡散係数の低減を図れることが確認できた。また、ドラム排出位置での大きな差異は見られなかった。

4. まとめ

本検討の範囲で得られた結論は以下の通りである。

1) 標準配合に SFS を後添加した場合においても、所定のフレッシュ性状、圧縮強度および耐久性を確保することが可能であることが分かった。

表 3 フレッシュ性状試験結果

標準配合 (添加前)	SFS 添加後(ドラム排出位置)			外気温 (OT)
	前半	中盤	後半	
SL=14.0cm AC=4.6% CT=23℃	SL=11.5cm AC=3.9% CT=23℃	SL=10.5cm AC=3.8% CT=23℃	SL=9.5cm AC=3.6% CT=23℃	18℃

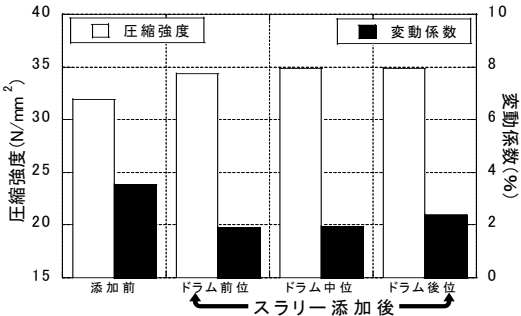


図 1 圧縮強度試験結果

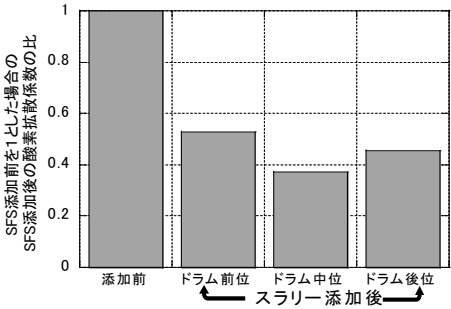


図 2 酸素拡散係数の比

2) 大型トラックアジテータ(4.0m³ 積載)においても、SFS 後添加による 3 成分系コンクリートの製造が可能であることが確認できた。

謝辞：本研究は、(一社)北陸地域づくり協会の研究助成事業を受けたものです。実験の実施にあたり、デンカ(株)、エルケムジャパン(株)、新潟県生コンクリート工業組合よりご協力を頂きました。ここに記して深く謝意を表します。

【参考文献】

1) 佐伯竜彦ほか:各種シリカフュームを用いたセメント系硬化体の塩分浸透抵抗性,セメント・コンクリート論文集, No.68, pp. 352-359, 2014

2) 井貝武史ほか:トラックアジテータにシリカフュームスラリーを後添加して製造したコンクリートの基礎的性状,コンクリート工学論文集, Vol.33, pp.15-21, 2022

3) 菊地道生ほか:酸素および塩化物イオンの実効拡散係数によるセメント系硬化体におけるイオン移動性状の評価,セメント・コンクリート論文集, No.64, pp.346-353, 2010

4) 白川敏夫ほか:セメント硬化体中への気体の拡散係数測定方法の提案,日本建築学会構造系論文集, 第515号, pp.15-21, 1999