

C-S-H 系早強剤を使用したフライアッシュコンクリートの
低温環境下におけるフレッシュ性状および初期硬化性状

BASF ジャパン(株) 正会員 〇井元 晴丈 東京大学 正会員 田中 泰司
BASF ジャパン(株) 正会員 作榮 二郎 東京大学 フェロー会員 石田 哲也
日本大学 正会員 岩城 一郎

1. はじめに

近年の震災復興や今後のインフラ整備の需要増加に対して、コンクリートの凝結・硬化を促進して施工・製造工程の効率化につながる早強剤(材)の使用が注目されている。一方、石炭火力発電所から発生するフライアッシュ（以下、FA と記す）は、コンクリートに使用することで、アルカリシリカ反応（以下、ASR と記す）の抑制や、塩分浸透の抑制など、耐久性能の向上に寄与することから、注目されている。しかし、FA コンクリートは、通常のコンクリートと比較して、凝結や初期強度発現性が低く、その特徴は低温環境下でより顕著となる。ここでは、低温環境下における FA コンクリートの凝結・硬化性能について、C-S-H 系早強剤²⁾による促進効果について検討を行い、フレッシュコンクリートの性状やブリーディング性状と併せて評価を行った。

2. 試験概要

使用材料を表 1 に、コンクリートの配合を表 2 に示す。使用材料および配合 F0 は、釜石道路向定内橋の床版の施工で用いられたものと同一のものをを用いた 1)。F2 および F4 は、F0 に単位水量置換で C-S-H 系早強剤をそれぞれセメント質量に対して 2.0%および 4.0%添加したものである。コンクリートは、環境温度 15℃、10℃および 5℃で練り混ぜ、練上がり時のスランプが 12±2.5cm、空気量が 6.0±0.9% となるように AE 剤と AE 減水剤の添加量により調整した。各種測定は、スランプ: JIS A 1101, 空気量: JIS A 1128, コンクリート温度: JIS A 1156, ブリーディング: JIS A 1123, 凝結時間: JIS A 1147, 圧縮強度: JIS A 1108 によった。なお、圧縮強度測定用供試体の養生は、1) 環境温度 10℃で封緘養生、2) 環境温度 10℃で 7 日間封緘養生した後に 0℃で封緘養生の 2 水準とした。

3. 試験結果

環境温度 15℃でのスランプおよび空気量の経時変化を、図 1 および図 2 にそれぞれ示す。C-S-H 系早強剤無添加の F0 と比較して、C-S-H 系早強剤を 2.0%および 4.0%添加した場合でも、スランプおよび空気量の経時変化に大きな相違は認められなかった。このことから、C-S-H 系早強剤を添加した F2 および F4 は、無添加の F0 と同様に、レディーミクストコンクリート工場での製造と運搬が可能

表 1 使用材料

材料種別	記号	概要
セメント	C	普通ポルトランドセメント (密度: 3.16 g/cm ³)
細骨材	S1	大船渡市日頃市中宿産砕砂 (密度: 2.65 g/cm ³)
	S2	遠野市上郷町早瀬川流域産砂 (密度: 2.59 g/cm ³)
	S3	青森県上北郡六ヶ所村倉内産陸砂細目 (密度: 2.61 g/cm ³)
粗骨材	G1	遠野市上郷町早瀬川流域産砂利 (密度: 2.68 g/cm ³)
	G2	大船渡市日頃市町中宿産砕石 (密度: 2.70 g/cm ³)
混和材	EX	石灰系膨張材 (密度: 3.16 g/cm ³)
	FA	フライアッシュ II 種 (密度: 2.23 g/cm ³)
AE 減水剤	CA1	変性リグニンスルホン酸化合物
	CA2	リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
早強剤	MXS	C-S-H 系早強剤 C-S-H ナノ粒子のサスペンション
水	W	茅ヶ崎市上水道水

表 2 コンクリート配合

記号	スラン プ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)									MXS 添加量 (C×%)
						C	EX	FA	W	細骨材			粗骨材		
										S1	S2	S3	G1	G2	
F0	12 ±2.5	6.0±0.9	54.8	42.4	43.3	283	20	62.5	155	456	111	185	303	707	0.0
F2			54.8	42.4	43.3	283	20	62.5	155	456	111	185	303	707	2.0
F4			54.8	42.4	43.3	283	20	62.5	155	456	111	185	303	707	4.0

キーワード フライアッシュ, C-S-H 系早強剤, ブリーディング量, 凝結性状, 強度発現性

連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 BASF ジャパン(株) 建設化学品事業部 T E L 0467-59-5182

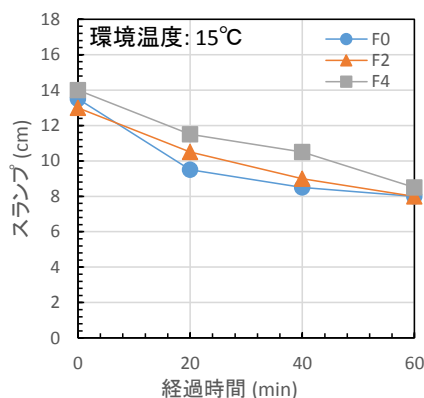


図1 スランプ経時変化

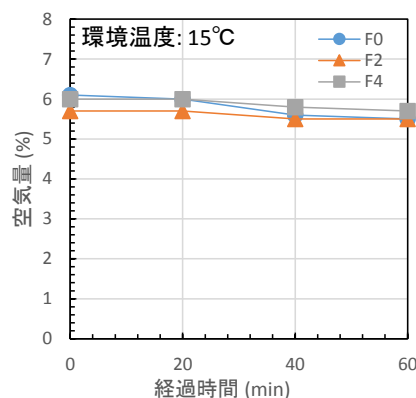


図2 空気量経時変化

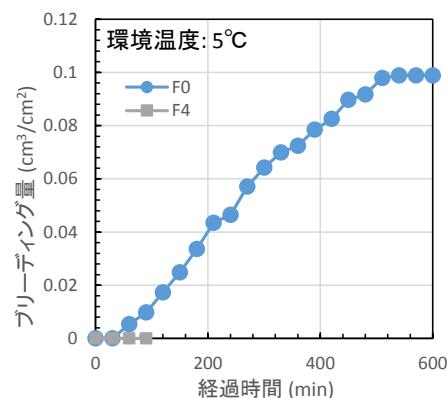


図3 ブリーディング量

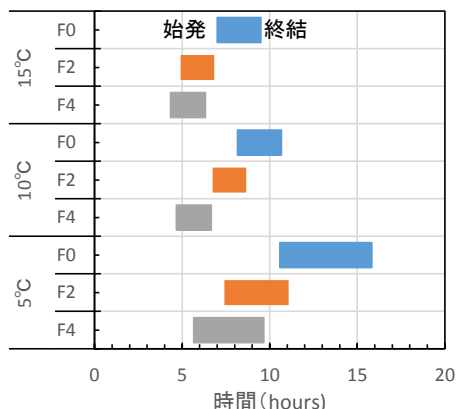


図4 凝結性状

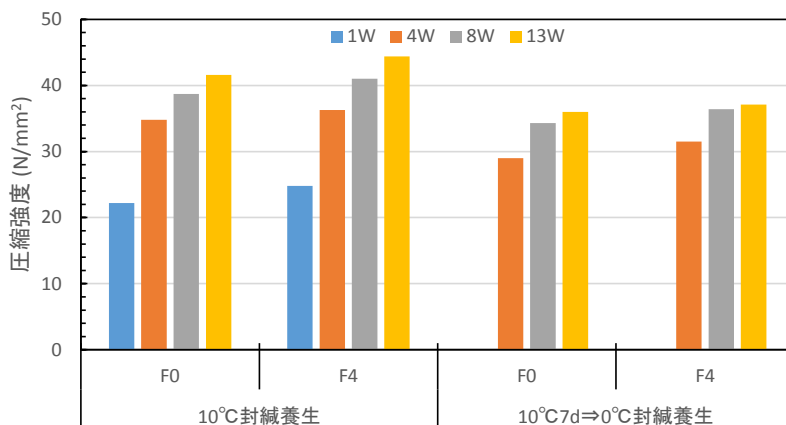


図5 強度発現性

であることが示された。環境温度 5°C における F0 および F4 のブリーディング量を図 3 に示す。C-S-H 系早強剤を 4.0% 添加することによりブリーディング量が著しく低減されることを確認した。なお、ブリーディングの低減により左官仕上げ性の低下が懸念されるが、コテ押さえすることにより表面に水が浮いてくるため、硬化前であれば問題なく仕上げ可能であることを確認した。凝結性状を図 4 に示す。C-S-H 系早強剤の添加により、いずれの環境温度においても、凝結が著しく促進されること、環境温度に応じて、添加量を調製することで凝結時間をコントロール可能であることを確認した。低温環境において左官仕上げ終了時間とシート養生など次工程に移行するまでの時間を大幅に短縮できることで、冬期施工においてコンクリート仕上げ面が初期凍害を受けるリスクを低減可能であることが示唆された。環境温度 10°C で練り混ぜた F0 および F4 の、10°C で封緘養生した場合と、10°C で 7 日まで封緘養生した後に 0°C で封緘養生した供試体の圧縮強度を図 5 に示す。いずれの温度条件においても、C-S-H 系早強剤無添加の F0 と比較して、C-S-H 系早強剤を添加した F4 は、長期的に強度発現性が低下することなく、いずれの材齢においても約 2N/mm² 程度、圧縮強度が高くなる傾向を確認した。

4. まとめ

低温環境下における FA コンクリートの凝結・硬化性能について、C-S-H 系早強剤による促進効果について検討を行い、C-S-H 系早強剤の添加により、1) 流動性保持性能は無添加と大きな相違は認められない、2) ブリーディングを大幅に低減、3) 凝結時間を著しく促進、4) 強度発現性を向上させることを確認した。

謝辞

本研究を遂行するに当たり多大なご指導とご助言をいただいた南三陸国道事務所の佐藤和徳事務所長、焼田暁建設監督官、大林組の榊原直樹氏、材料を提供いただいた(株)遠野レミコンの工藤和信取締役工場長に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 榊原直樹ほか：フライアッシュコンクリートを用いた高耐久床版の施工、橋梁と基礎, vol.49, No.9, pp.25-30 (2015)
- 2) 井元晴丈ほか：C-S-H 系早強剤を用いたコンクリートの初期硬化性状とブリーディング抑制効果、コンクリート工学年次論文集, Vol.36, pp.2248-2253 (2014)