

フライアッシュコンクリートの低温環境下の硬化促進

太平洋マテリアル株式会社 正会員 ○郭 度連
太平洋マテリアル株式会社 中田和秀

1. はじめに

フライアッシュを用いたコンクリートは、長期強度の増進、アルカリシリカ反応の抑制や塩分浸透の抑制など、耐久性能の向上が期待でき、近年の震災復興やインフラの長寿命化で注目されている。一方、フライアッシュコンクリートは凝結の遅延に伴う仕上げの遅れ、初期強度の遅延等が課題になっており、特に低温環境下ではこの傾向はさらに顕著になる。冬季施工の場合は仕上げのタイミングが深夜になるなど、フライアッシュコンクリートの普及に妨げになっている現状である。

コンクリートの硬化促進剤としては様々な無機化合物、有機化合物が知られており¹⁾、無機化合物としては硝酸塩、亜硝酸塩、チオシアン酸塩、有機化合物としてはアルカノールアミン等が実際に使用されている。

本研究ではセメントの初期水和及び初期発熱を促進する早強性石灰系膨張材²⁾と亜硝酸系混和剤を併用することで、低温環境下のフライアッシュコンクリートの硬化促進を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。フライアッシュは結合材の20%をセメントの内割で添加している。亜硝酸系の促進剤は単位水量の内割として10kg, 20kgを添加した。全ての材料は5℃、相対湿度70%の恒温恒湿室で温度調整を行った後、練混ぜを行った。硬化促進剤のアジ車での添加を想定し、単位水量から10kg, 20kgを引いた水量で練混ぜを行い、硬化促進剤を後添加にした。試験体の24時間までの初期養生は5℃気中環境の他に、養生箱を用いて行った。養生箱はφ100mm円柱試験体よりマスである構造体の温度履歴を模擬するためのものである。水和反応による自己発熱量の保持を目的に、φ100mm円柱試験体が6本入る程度の内寸30×40×25cmの発泡スチロール箱を用いた。試験体は24時間で脱型し、引き続き5℃の水中養生を行った。

測定項目としては、貫入針によるコンクリートの凝結試験(JIS A 1147)、圧縮強度(JIS A 1108)、熱電対によるコンクリートの温度履歴測定を行った。

3. 実験結果と考察

図-1にコンクリートの凝結試験結果を示す。FA-0kgの始発は約11時間であるが、FA-10kgは約5時間、FA-20kgは約3時間で、始発がそれぞれ6時間、8時間短縮されており、大幅な凝結の促進効果が認められる。すなわち、コンクリートの始発を最終仕上げのタイミングと仮定すれば、硬化促進剤を用いることによって、低温環境下の凝結遅延による仕上げの遅れが解消できることを示唆している。

表-1 コンクリートの使用材料

水	W	佐倉市水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³
細骨材	S	掛川産山砂、表乾密度2.61g/cm ³
粗骨材	G	桜川産2005砕石、表乾密度2.64g/cm ³
減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系化合物
硬化促進剤	F-L	無機カルシウム塩系
フライアッシュ	FA	フライアッシュⅡ種、密度2.21g/cm ³
膨張材	N-EX	早強性石灰系膨張材、密度3.16g/cm ³

表-2 コンクリートの配合およびフレッシュ性状

水準	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								フレッシュ性状	
				W	F-L	C	FA	N-EX	S	G	SP	Slump(cm)	練上がり温度
FA-0kg	50.5	38	44.3	160	—	317	79	25	738	957	B×0.7%	20.0cm	9.0℃
FA-10kg				150	10							16.5cm	9.6℃
FA-20kg				140	20							12.0cm	9.9℃

キーワード：フライアッシュコンクリート、低温環境、硬化促進、亜硝酸系促進剤、早強性石灰系膨張材
連絡先 〒285-0802 千葉県佐倉市大作2-4-2 TEL. 043-498-3921 FAX. 043-498-3925

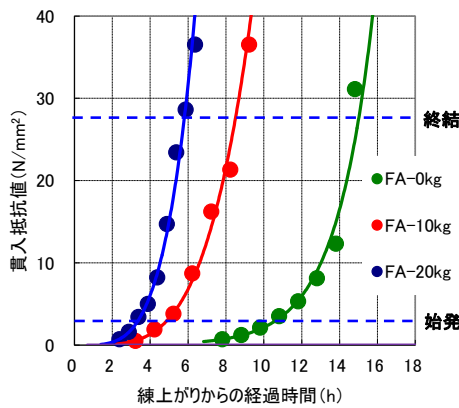


図-1 コンクリートの凝結

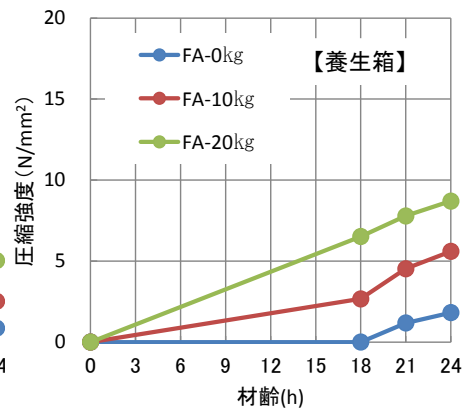
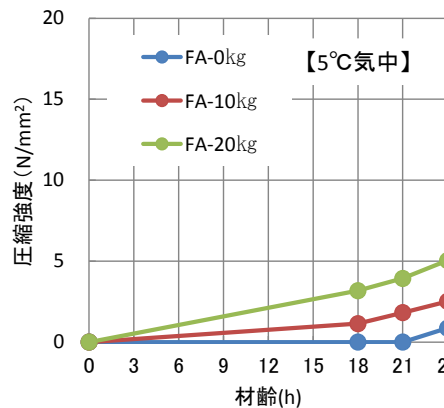


図-2 24 時間の圧縮強度

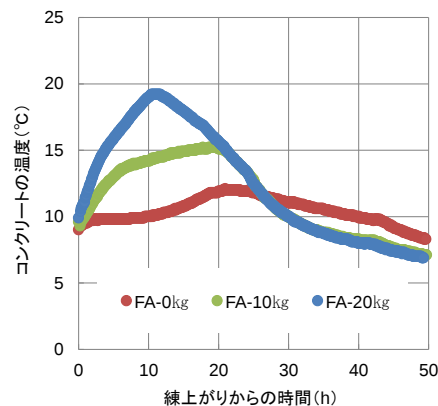


図-3 コンクリートの温度履歴

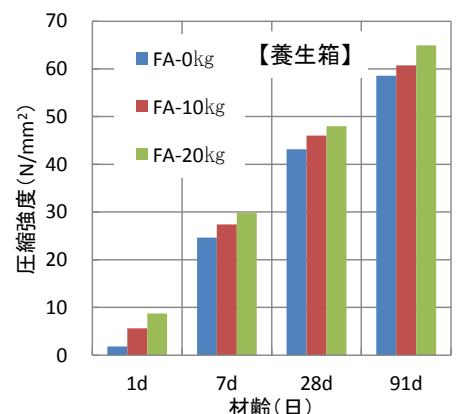
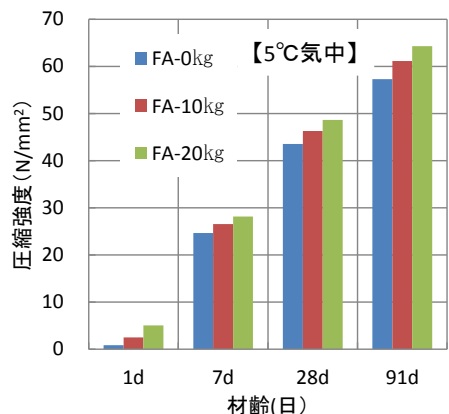


図-4 91 日までの圧縮強度

図-2 に 24 時間までの圧縮強度を示す。5℃気中の FA-0kg の 18 時間、21 時間は脱型できず、24 時間では 0.9N/mm^2 である。FA-10kg は 24 時間で 2.5N/mm^2 、FA-20kg は 24 時間で 5.0N/mm^2 、18 時間でも 3.2N/mm^2 は発現している。一方、構造体コンクリートにより近いと考えられる養生箱を用いた場合は、セメントの水和反応による発熱を保持し、5℃気中より圧縮強度の発現は早くなる。FA-10kg は 24 時間で 5.6N/mm^2 、FA-20kg は 18 時間で 6.5N/mm^2 に達しており、はりや柱の型枠の取外し可能強度 5N/mm^2 を超えている³⁾。

図-3 に養生箱の円柱試験体の中心の温度履歴を示す。FA-0kg では約 21 時間で最高温度に達し、最高温度は約 12°C である。一方、FA-10kg では練上がり直後から徐々に温度は上昇しており、約 19 時間で約 15°C の最高温度に達している。FA-20kg ではさらに温度上昇は早く、約 10 時間で 19°C に達している。硬化促進剤の添加によってフライアッシュコンクリートの水和は促進されていることが温度履歴からも明らかである。

5℃水中養生における 91 日までの長期材齢の圧縮強度を図-4 に示す。24 時間までの 5℃気中と 5℃養生箱の初期材齢の圧縮強度の差はあるものの、7 日、28 日、91 日ではその差はほとんど認められない。また、全ての材齢において FA-0kg に比べて FA-10kg、FA-20kg の圧縮強度の優位性はそのまま維持されており、硬化促進剤の添加が悪影響を及ぼすことはないようである。

亜硝酸系の混和剤は硬化促進や防錆効果等のメリットが多くあるが、スランプの低下が大きい、温度依存性が高い、乾燥収縮が大きくなる等の課題もある。今回は促進効果を確認しており、上述の課題も含めて今後は長期的な耐久性への影響を検討する予定である。

4. まとめ

フライアッシュコンクリートの課題である低温環境下の硬化遅延を改善するため、早強性石灰系膨張材と亜硝酸系の促進剤を併用した結果、十分な硬化促進効果が実験的に確認できた。

参考文献

- 1) 笠井芳夫編著、コンクリート総覧、技術書院、pp.138, 1998
- 2) 佐久間隆司・辻幸和・石森正樹、早強型膨張材の配合設計と適用性に関する研究、コンクリート工学論文集、No.16, Vol.1, pp.67-75, 2005
- 3) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準仕方書「施工編」、pp.152, 2012