低発熱・収縮抑制型高炉セメントを使用したコンクリートへのC-S-H系早強剤の効果

BASFジャパン㈱ 正会員 ○本田 亮
BASFジャパン㈱ 正会員 佐藤 勝太
BASFジャパン㈱ 正会員 小山 広光
BASFジャパン㈱ 正会員 井元 晴丈

１．はじめに

コンクリートの凝結特性や初期強度発現性は，構造物の施工や工期に直接関係する重要な要素であり，コンクリートの硬化促進を図ることは，作業工程の効率化，生産性の向上，工期の短縮などにつながる．

一方，コンクリートを製造する上でCO_2排出量を削減するためには高炉スラグ等の副産物の利用が有効であり，近年では高炉セメントB種のJIS規格範囲内で化学成分と比表面積を調整した低発熱・収縮抑制型高炉セメント[1)]が開発され，普及し始めている．

今般，著者らが開発したカルシウムシリケート水和物のナノ粒子のサスペンションからなる新しい早強剤[2)]（以下，C-S-H系早強剤）を，低発熱・収縮抑制型高炉セメントを使用したコンクリートに適用することによって初期強度の発現が促進され，更なる品質の向上が期待できると考えられる．

本報では，低発熱・収縮抑制型高炉セメントを使用したコンクリートへのC-S-H系早強剤の効果について報告するものである．

２．試験概要

本試験は，低発熱・収縮抑制型高炉セメントを使用したスランプ15cmのコンクリートへのC-S-H系早強剤の効果を確認することを目的として，コンクリートの諸物性（フレッシュ性状，ブリーディング特性，凝結特性，強度発現性および乾燥収縮）について，既存の無機塩系硬化促進剤を対比に評価を行った．使用材料を表-1に，コンクリートの配合を表-2に示す．

表-1 使用材料

種類	記号	物性等
セメント	C	低発熱・収縮低減型高炉セメント（比表面積：3320cm²/g，密度：2.98cm²/g）
細骨材	S	大井川水系陸砂（密度：2.59g/cm³，粗粒率：2.57）
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩砕石（密度：2.66g/cm³，最大寸法20mm）
混和剤	AD	AE減水剤 高機能タイプ
早強剤	AC1	無機塩系硬化促進剤
	AC2	C-S-H系早強剤

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³) W	単位量 (kg/m³) C	AD	早強剤
50.0	45.0	157	324	Cx1.0～1.1%	なし AC1：Cx2% AC2：Cx0.5%, 1%, 2%

表-3 コンクリートのフレッシュ性状

AC 種類	AC 使用量 (Cx%)	AD 使用量 (Cx%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
なし	－	1.0	14.0	4.7
AC1	2.0	1.1	15.0	5.0
AC2	0.5	1.0	15.0	4.8
AC2	1.0	1.0	15.5	4.7
AC2	2.0	1.0	17.0	5.2

３．試験結果

フレッシュ性状の測定結果を表-3 に示す．AC1 を添加した場合は同等のスランプを確保するためにADの使用量が0.1%増加したのに対し，AC2を添加した場合は使用量の増加に伴い，スランプは増大する傾向を示した．

ブリーディング試験結果を図-1に示す．早強剤を添加することによってブリーディング量は減少した．AC2について，使用量を増加することによってブリーディング量は減少し，早強剤なしに対しCx0.5%で約30%，Cx1%で約55%，Cx2%で約70%低減した． AC1をCx2%使用したときのブリーディング低減効果は，AC2を

キーワード：カルシウムシリケート水和物，早強剤，高炉セメント，ブリーディング，凝結，圧縮強度
連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ケ崎市萩園2722 BASFジャパン㈱ 建設化学品事業部 tel.0467-59-5194

Cx1%使用したときとほぼ同等であった.

凝結試験結果を図-2 に示す. 早強剤を添加することによって凝結時間は 1～2 時間早くなり，AC2 の使用量の増加に伴い凝結時間は早くなる傾向を示した.

圧縮強度試験結果を図-3 に示す. AC2 を添加することにより圧縮強度は材齢 1 日において 16～48%増加し，材齢 28 日現在においても 4～6%増加した. AC2 について，材齢 28 日においても圧縮強度が増加した理由としては, AC2 が C_3S の初期水和反応に作用し水酸化カルシウムの生成を助長することによって, 高炉スラグの反応に影響を及ぼすためと考えられる.

長さ変化試験結果を表-4 に示す. 早強剤を添加することによって, 乾燥材齢 3 週現在における乾燥収縮は若干大きくなった. また，その挙動は AC1 と比較して AC2 の方が小さい傾向を示した. AC2 の使用量による影響は比較的小さいことが確認できた.

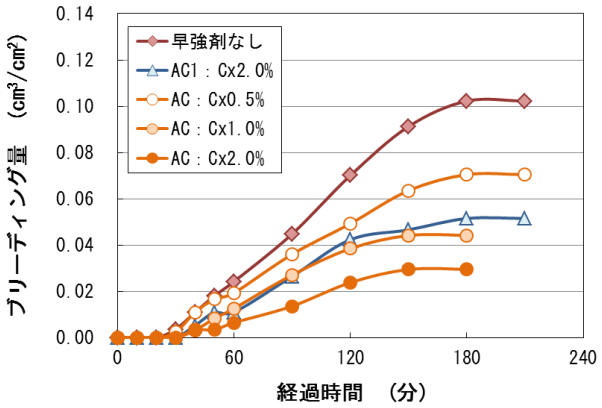

図-1 ブリーディング試験結果

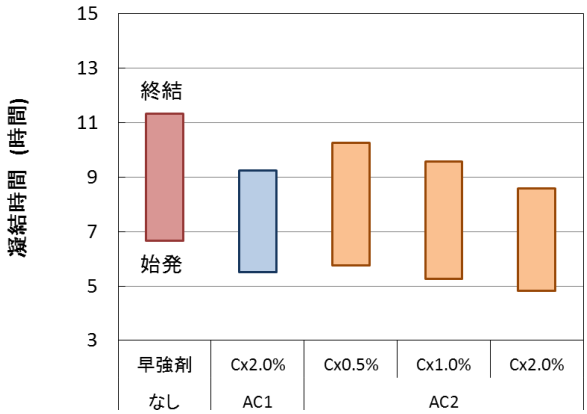

図-2 凝結試験結果

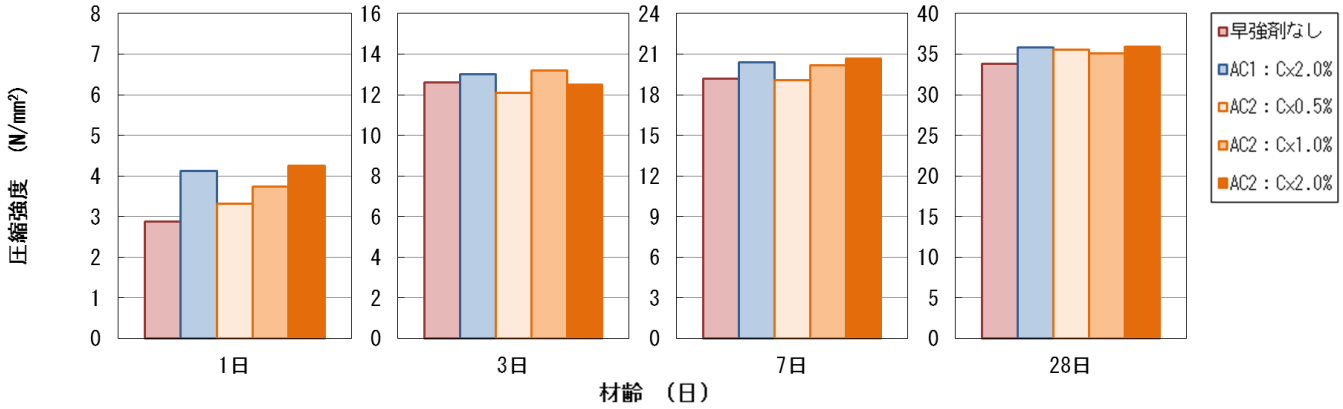

図-3 圧縮強度試験結果

4. まとめ

低発熱・収縮抑制型高炉セメントを使用したコンクリートへの C-S-H 系早強剤の効果について検討した. その結果，低発熱・収縮抑制型セメントに対し C-S-H 系早強剤は, 使用量の増加に伴いブリーディング量を減少させ，凝結時間を早くし，初期強度を増進させることを確認した. このことから，C-S-H 系早強剤は，低発熱・収縮抑制型高炉セメントと併用することによってコンクリートの品質を向上する効果が期待できると考えられた.

表-4 長さ変化試験結果

	長さ変化率 ($\times 10^{-6}$)	
	乾燥材齢 1 週	乾燥材齢 3 週
早強剤なし	-183	-426
AC1：Cx2.0%	-260	-527
AC2：Cx0.5%	-227	-480
AC2：Cx1.0%	-210	-457
AC2：Cx2.0%	-210	-447

参考文献

1) 久家立ほか：低発熱・収縮抑制型高炉セメントの建築部材への適用，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，2012

2) Imoto, H., et al., Effect of Calcium Silicate Hydrates Type Accelerator on the Hydration and the Early Strength Development of Concrete Cured at 20 and 5 Degrees Centigrade, SCMT3, Kyoto (2013) (投稿中)