

## 新規 C-S-H 系硬化促進剤を使用した高炉セメントコンクリートの凝結と強度発現性

ポゾリス ソリューションズ(株)	正会員	○井元 晴丈
ポゾリス ソリューションズ(株)	正会員	Chandra Kiran Vinukonda
ポゾリス ソリューションズ(株)	正会員	三森 耀介
ポゾリス ソリューションズ(株)	正会員	小泉 信一

## 1. はじめに

近年、建設業界では、持続可能な発展に向けて、構造物の更なる耐久性向上、環境対策としてのエネルギーの効率化、CO<sub>2</sub>削減および工期短縮等による工事全体のコスト削減が求められており、主要な建設材料の一つであるコンクリートにおいても対応が求められている。コンクリートの性能の一つである凝結・硬化性状は、コンクリート打設後の仕上げ時間や脱型時間などに影響を及ぼす。よって、凝結・硬化性状を促進することは、施工工期の短縮や製造工程の効率化につながる。筆者らは、アルカリフリーを特徴とする C-S-H 系硬化促進剤を新たに開発した。ここでは、CO<sub>2</sub>排出量削減対策として利用されている高炉セメントを使用したコンクリートの凝結特性と強度発現性に及ぼす新規 C-S-H 系硬化促進剤の効果について、従来品と比較・検討を行った。

## 2. 試験概要

使用材料の種類および物理的性質を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。セメントは高炉セメント B 種を用いた。硬化促進剤 (AC1 および AC2) は、いずれも C-S-H のナノ粒子 (粒子サイズ: 数十~数百 nm) を有効成分とし液体中で安定的に分散させた液状のサスペンションであり、AC1 はアルカリフリーを特徴とする新規開発品、AC2 は従来品<sup>1)</sup>である。試験温度は 20℃とし、コンクリートの目標スランプおよび空気量はそれぞれ 18±1.5cm および 2.0±0.5%とした。水セメント比 (W/C) は、40%とした。所定のスランプおよび空気量を満足するように高性能減水剤 (SP) 使用量を調整した。AC1 および AC2 は、単位水量の一部として、質量置換で添加した。フレッシュコンクリートの練混ぜには、パン型強制練りミキサ (容量 55L) を用いた。試験項目および試験方法を表-3に

表-1 使用材料の種類と物理的性質

材料	記号	種類および物理的性質
練混ぜ水	W	上水道水
セメント	BB	高炉セメント (B 種) (密度:3.04 g/cm <sup>3</sup> , 比表面積:3,750cm <sup>2</sup> /g)
細骨材	S	大井川水系陸砂 表乾密度: 2.59g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩碎石 表乾密度: 2.67g/cm <sup>3</sup> , 最大寸法: 20mm
混和剤	SP	高性能減水剤 ポリカルボン酸エーテル系化合物
硬化促進剤	AC1	C-S-H 系硬化促進剤 (新規開発品) 密度: 1.15 g/cm <sup>3</sup> , Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub> : 0.1%
	AC2	C-S-H 系硬化促進剤 (従来型) 密度: 1.07 g/cm <sup>3</sup> , Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub> : 1.4%

表-2 コンクリートの配合

記号	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		硬化促進剤	
					W	BB	種類	C×%
B40-0							-	-
B40-AC1-2	18.0 ±1.5	2.0 ±0.5	40.0	42.2	165	413	AC1	2.0
B40-AC1-4								4.0
B40-AC2-4							AC2	4.0

示す。圧縮強度は、図-1に示す蒸気養生と、標準養生 (20℃水中養生) を施した供試体 (φ10×20 cm) を用いて測定した。

## 3. 結果と考察

C-S-H 系硬化促進剤を使用した高炉セメントコンクリートのフレッシュ性状を表-4に示す。従来型の AC2 を使用した場合には、無添加の場合と同等のフレッシュ性状を得るための SP 添加量は、著しく低下するが、AC1 を使用した場合は、SP 添加量の低下は僅かであることが確認された。この理由としては、AC1 と

キーワード C-S-H 系硬化促進剤, アルカリフリー, 高炉セメント, 凝結, 圧縮強度, 蒸気養生

連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 ポゾリス ソリューションズ(株) TEL 0467-84-9640

表-3 測定項目および測定方法

測定項目	測定方法
スランプ	JIS A 1101
空気量	JIS A 1128
コンクリート温度	JIS A 1156
凝結時間	JIS A 1147
圧縮強度	JIS A 1108 供試体寸法: φ10×20 cm 測定材齢: (蒸気養生) 7h, 16h, 14d, (標準養生) 8h, 16h, 24h, 3d, 7d, 28d

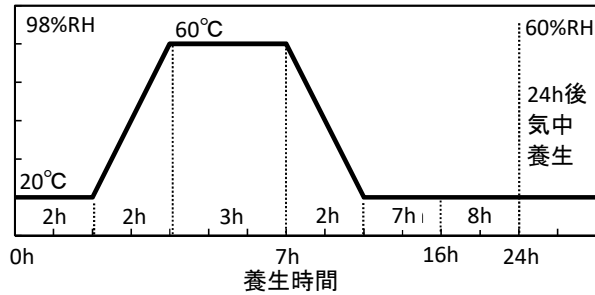


図-1 養生方法 (蒸気養生)

表-4 フレッシュコンクリートの性状

記号	W/C (%)	硬化促進剤		SP (C×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
		種類	C×%				
B40-0	40.0	-	-	0.600	19.0	1.8	20
B40-AC1-2		AC1	2.0	0.525	19.0	1.5	20
B40-AC1-4			4.0	0.450	19.0	1.7	20
B40-AC2-4		AC2	4.0	0.150	18.5	1.8	20

AC2 とともに、C-S-H のナノ粒子を安定して分散させるために分散剤が必要量添加されているが、新規開発した AC1 は、安定化に必要な分散剤量が AC2 よりも少ないため、SP 添加量に及ぼす影響が少ないものと推察される。

図-2 に凝結性状の測定結果を示す。AC1, AC2 とともに凝結の促進が確認され、AC1 を C×2.0% 添加した場合と AC2 を C×4.0% 添加した場合で同等であった。図-3 と図-4 に、それぞれ蒸気養生と標準養生

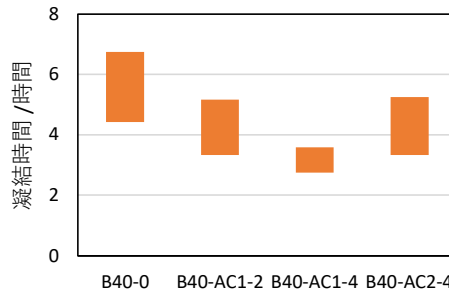


図-2 凝結時間

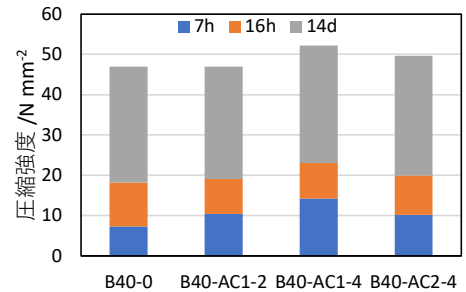


図-3 圧縮強度 (蒸気養生)

における圧縮強度測定結果を示す。初期材齢における圧縮強度は、いずれの養生方法においても、無添加のものよりも促進されていることが確認できる。その促進効果は、凝結促進と同様に、AC1 を C×2.0% 添加した場合と AC2 を C×4.0% 添加した場合で同等であった。さらに、蒸気養生の材齢 14 日と標準養生の材齢 28 日においても、C-S-H 系硬化促進剤を添加したもののほうが圧縮強度は高い値を示しており、初期の硬化促進以降の強度発現性に悪影響を及ぼさないことを確認した。以上のように、新規開発したアルカリフリーの AC1 を、高炉セメントを使用したコンクリートに添加しても、AC2 の半分の添加量で同等の凝結促進と初期強度発現性の向上を付与できることを確認した。

4. まとめ

高炉セメントを使用したコンクリートの凝結特性と強度発現性に及ぼす新規 C-S-H 系硬化促進剤の効果について、新規開発したアルカリフリーの AC1 は、従来品の AC2 の半分の添加量で AC2 と同等の凝結促進と初期強度発現性の向上を付与できることを明らかにした。

参考文献

1) 小山広光, 井元晴丈: C-S-H 系早強剤の作用機構と適用事例, コンクリート工学, Vol.57, No.1, pp.20-23, 2019.1

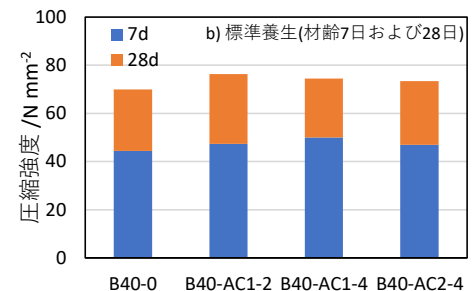
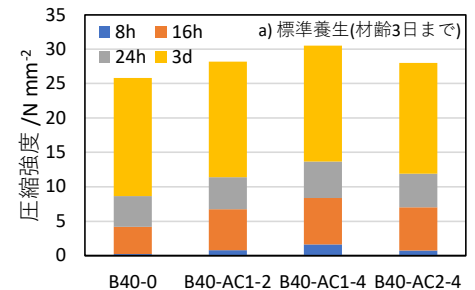


図-4 圧縮強度 (標準養生)