

夏期環境下における C-S-H 系早強剤の強度増進効果

BASF ジャパン(株) 正会員 ○佐藤 勝太
BASF ジャパン(株) 正会員 大島 正記
BASF ジャパン(株) 正会員 小泉 信一
BASF ジャパン(株) 正会員 杉山 知巳

1. はじめに

プレキャストコンクリートにおいて、早期表面仕上げ、早期脱型、蒸気養生時間の短縮、蒸気養生温度の低減などは生産性向上につながる。著者らは、カルシウムシリケート水和物を有効成分とする早強剤(以下、ACXと称す)を開発し、プレキャストコンクリートでの効果を検証した結果、ACX多量の添加により蒸気養生を行うことなく、所定の強度が得られることを報告している¹⁾。

本研究は、プレキャストコンクリートでの生産性向上に関する検討の一環として、夏期環境下におけるACXの強度増進効果を確認し、蒸気養生過程省略の可能性を検討した。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を、表-2 にコンクリートの配合を示す。コンクリートの配合は水セメント比(以下、W/Cと称す)を45%、40%および35%とし、各W/CでACX無添加とC×4% (W/C=40%のみC×8%も追加)を比較検討した。図-1 に養生条件を示す。(1)は標準期において蒸気養生した場合を想定したもの、(2)は夏期に蒸気養生を実施しない場合を想定したものである。試験項目は、スランプ(JIS A 1101)、空気量(JIS A 1128)、コンクリート温度(JIS A 1156)および圧縮強度(JIS A 1108)とした。なお、圧縮強度試験の材齢は、封かん養生による材齢7時間および24時間、気中養生とした材齢7日および14日とした。図-2 に実際の各養生条件におけるコンクリート温度と温度プログラムを示す。養生条件に依らず、材齢約3時間以降にセメントの水和発熱によってコンクリート温度は雰囲気温度よりも高い傾向を示した。また、図-3 に式-1を用いて算出した材齢7時間、材齢24時間以降20℃一定と仮定した際の材齢7日および14日までの積算

表-1 使用材料

	記号	種類	物性
練混ぜ水	W	上水道水	-
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	大井川水系陸砂	表乾密度：2.57g/cm ³
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩碎石	表乾密度：2.67 g/cm ³ M.S.：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
	ACX	C-S-H 系早強剤	C-S-H 系ナノ粒子のサスペンション

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (C×%)		スランプ (cm)	空気量 (%)
		W	C	S	G	SP	ACX		
45.0	46.0	160	356	835	1020	0.75	-	9.5	2.4
						0.55	4.0	9.5	2.4
40.0	45.0	160	400	802	1017	0.75	-	9.5	2.4
						0.55	4.0	8.5	2.3
						0.10	8.0	8.5	2.3
35.0	44.0	160	457	763	1009	0.75	-	9.5	2.3
						0.55	4.0	9.0	2.2

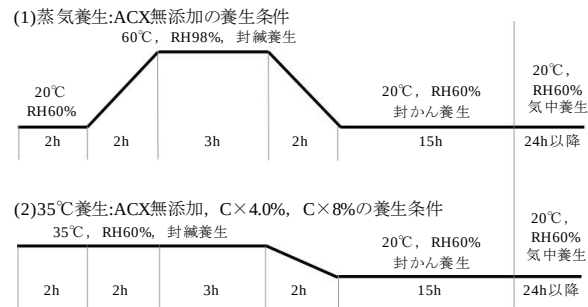


図-1 養生条件

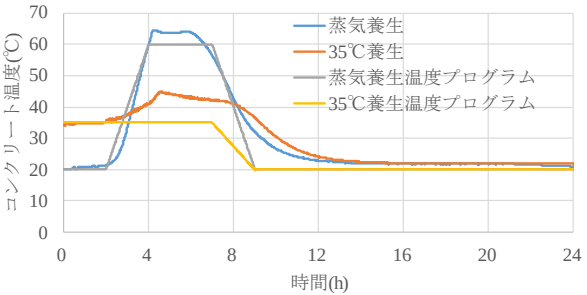


図-2 養生条件によるコンクリート温度の違い

キーワード C-S-H 系早強剤、蒸気養生、35℃養生
連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 BASF ジャパン(株) Tel:0467-59-5182

温度を示す。各材齢における積算温度は何れの養生方法も概ね同等であった。

$$M = \int (\theta + 10) \Delta t \quad (1)$$

ここに、M：積算温度 (°C・時)

θ ：コンクリート温度 (°C)

t：時間 (h)

3. 実験結果

図-4 に材齢 7 時間の圧縮強度試験の結果を示す。ACX 無添加の 35°C養生は、何れの配合においても蒸気養生よりも初期強度発現性は低い傾向を示した。蒸気養生の積算温度は、35°C養生の積算温度と概ね同等であることから、蒸気養生の方が最高温度は高いため初期強度発現性に寄与したことが考えられる。これに対して、ACX を C×4.0%添加することにより蒸気養生より高い初期強度発現性を得られることから ACX の添加量を低減できることが示唆された。また、W/C=40%(C/W=2.50)において ACX を C×8.0% 添加することで蒸気養生の W/C=35%(C/W=2.86)と同等の初期強度発現性を得られることからセメント量が低減できる可能性も示唆された。

図-5 に材齢 14 日の圧縮強度試験の結果を示す。積算温度は何れの材齢においても概ね同等であるが、35°C養生した供試体の方が蒸気養生した供試体よりも高い強度発現性を示した。既往の報告²⁾においても、蒸気養生に比べ 20°C標準養生の方が材齢 14 日強度は高い傾向にあることから、今回も同様に養生時の最高温度を下げることで強度増進に寄与したと考えられた。

図-6 に積算温度と圧縮強度の関係を示す。材齢の進行に伴い 35°C養生と蒸気養生の強度差が大きくなる傾向にあった。また、高温環境下で ACX を使用しても初期強度増進効果が得られ、その後も強度増進効果の停滞は確認できなかった。また、その傾向は W/C=35%および 45%においても同様であった。

4. まとめ

- (1) 35°C環境下で養生した場合、ACX を C×4.0%添加することで蒸気養生をかけずに、標準期において蒸気養生を施した場合と同等以上の初期強度発現性が得られた。このことから、高温環境下において蒸気養生過程を省略できる可能性が認められた。
- (2) 養生時に最高温度を下げることで長期材齢においても強度増進効果が得られた。

参考文献

- 1) 作樂二郎ほか：C-S-H 系早強剤を多量に添加したコンクリートの養生条件の違いによる強度発現性，土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集，V-151，pp.301-302，2016
- 2) 小泉信一ほか：C-S-H 系早強剤と早強ポルトランドセメントを併用したコンクリートの強度発現性，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.154-159，2014.714

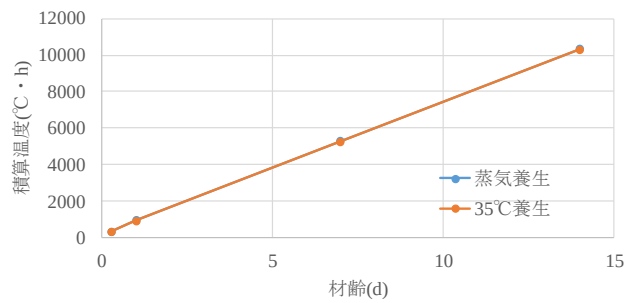


図-3 養生条件による積算温度の違い

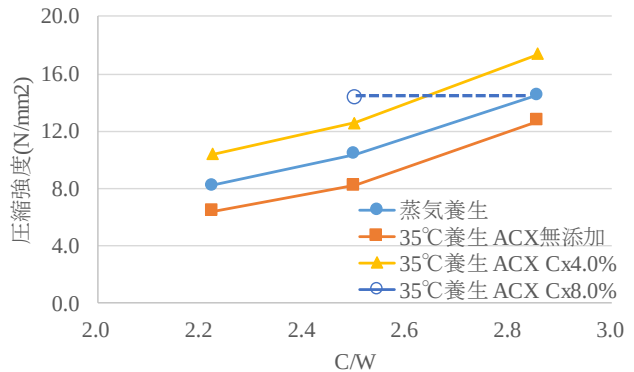


図-4 材齢 7 時間の圧縮強度試験結果

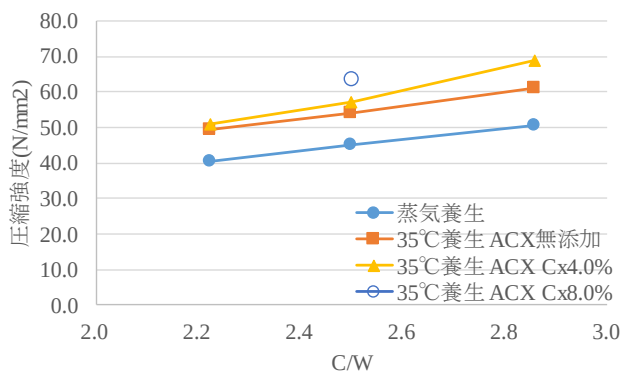


図-5 材齢 14 日の圧縮強度試験結果

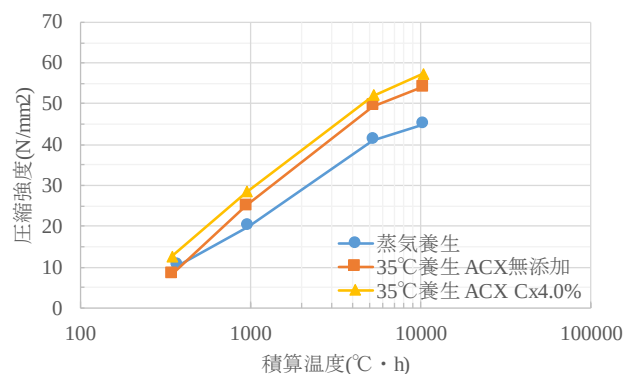


図-6 積算温度と圧縮強度の関係 (W/C=40%)