

C-S-H 系早強剤を用いたコンクリートにおける蒸気養生温度の影響

BASF ジャパン(株) 正会員 ○大野 誠彦
 BASF ジャパン(株) 正会員 馬場 勇介
 BASF ジャパン(株) 正会員 小泉 信一
 BASF ジャパン(株) 正会員 井元 晴丈

1. はじめに

コンクリート製品工場において、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の効率化や合理化につながる。これらを実現させるためには、コンクリートの硬化促進技術が必要不可欠である。著者らは、従来の促進メカニズムと異なり、カルシウムシリケート水和物(C-S-H)の種結晶を液相中に導入することで、硬化を促進させる早強剤(以下、ACX と記す)を開発した¹⁾²⁾。ACX を使用することで初期材齢の圧縮強度発現性が向上することから、蒸気養生温度を低減できる可能性がある。本報告では ACX を用い、強度発現性や細孔構造について評価し、蒸気養生温度の低減可能性について検討した。

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。試験温度は20℃とし、目標スランブを12±2.5cm、目標空気量は2.0±0.5%となるように混和剤使用量で調整した。なお、ACX の使用量はC×2%および4%とした。

試験項目は、スランブ(JIS A 1101:2005)、空気量(JIS A 1128:2005)、圧縮強度(JIS A 1108:2006)および水銀圧入法による細孔径分布³⁾とした。図-1 に蒸気養生条件を示す。蒸気養生の条件がACXを添加したコンクリートの強度発現性や細孔径分布に及ぼす影響を検討するため、最高温度を45℃および60℃の2水準とした。20℃で2時間前置きし、最高温度まで2時間で昇温、最高温度・98%R.H.で3時間保持後、2時間で20℃まで降温、24時間まで20℃保持の蒸気養生とし、材齢7時間、17時間で圧縮強度試験を行った。材齢14日の圧縮強度、細孔径分布を測定した供試体は作製から24時間後に脱型し、20℃・60%R.H.で14日まで気中養生して試験に供した。

3. 結果および考察

3. 1. 圧縮強度

図-2 に圧縮強度試験結果を示す。ACX を添加することで

表-1 使用材料

種類	記号	物理的・化学的性質
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:2.59g/cm ³ , F.M.:2.57
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩碎石 表乾密度:2.65g/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)			
		W	C	S	G
45.0	48.0	160	356	880	975

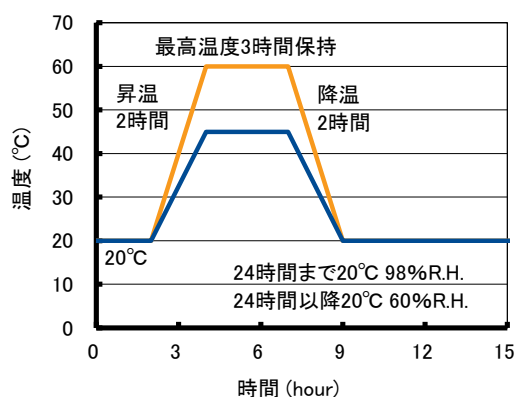


図-1 蒸気養生パターン

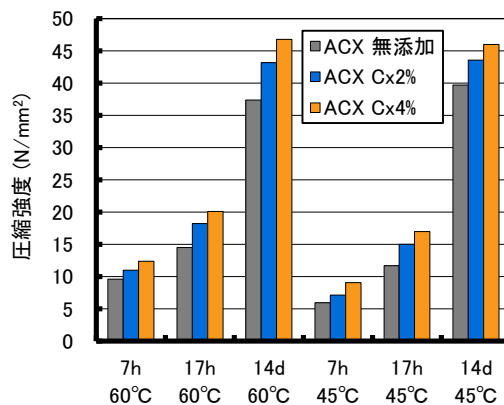


図-2 圧縮強度試験結果

キーワード C-S-H 早強剤 蒸気養生 細孔構造

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 TEL 0467-59-5182

いずれの材齢, いずれの養生温度においても圧縮強度の増進が認められ, 強度増進効果は ACX 使用量が多いほど大きかった. 強度増進効果は最高温度によらず, 同様であった.

図-3 に ACX 無添加, 最高温度 60℃と ACX C×4%, 最高温度 45℃の圧縮強度の比較を示す. 材齢 7 時間においても 17 時間においても ACX C×4%, 最高温度 45℃の条件の圧縮強度は ACX 無添加, 最高温度 60℃の条件のそれと概ね同様であり, 蒸気養生の最高温度低下によって減少する圧縮強度を ACX の添加により担保することができると考えられた. 材齢 14 日では ACX 無添加, 最高温度 60℃の圧縮強度が 37.4 N/mm², ACX C×4%, 最高温度 45℃のそれが 46.0 N/mm²であり, 蒸気養生後の強度増進効果も確認された. これらのことから ACX を使用することにより, 蒸気養生の最高温度を低下させることができると考えられた.

3. 2. 細孔構造

図-4 に最高温度 60℃の条件の, 図-5 に最高温度 45℃の条件の細孔径分布を示す. 最高温度によって細孔径分布は異なり, 45℃の条件の方がブロードな細孔径分布となった. この傾向は ACX を添加した場合でも同様であった. いずれの最高温度でも ACX の使用量の増加に伴い, 細孔径分布は小さい側にシフトし, 総細孔容積も小さくなることから, 緻密な構造となることが示唆された. 図-6 に ACX 無添加, 最高温度 60℃と ACX C×4%, 最高温度 45℃の細孔径分布の比較を示す. 材齢 7 時間, 17 時間までの両者の圧縮強度発現性は同様であったが, 材齢 14 日の細孔径分布は大きく異なることがわかる. ACX C×4%, 最高温度 45℃の硬化体がブロードで細かい側にシフトした細孔径分布を有しており, 0.01~0.1 μm 程度の細孔が ACX 無添加, 最高温度 60℃と比較して大幅に少ない. これらのことから, ACX の添加によって最高温度を低減することで, 緻密な硬化体が得られ, 物質透過抵抗性が向上することが期待される.

4. まとめ

- (1) ACX を添加することで初期強度を増進することができ, 最高温度低減による圧縮強度低下分を担保できる.
- (2) ACX の添加によって蒸気養生最高温度を低減することで, 緻密な硬化体を得られ, 高い耐久性を有することが期待される.

参考文献

- 1) 井元 晴丈ほか, C-S-H 系早強剤の凝結・硬化促進メカニズム, 土木学会第 68 回年次学術講演会, V-550, pp1099-pp1100, 2013.
- 2) 春日貴行ほか, C-S-H 系早強剤を使用したコンクリートの基本性能, V-551, pp1101-pp1102, 2013.
- 3) コンクリートの試験・分析マニュアル, 日本コンクリート工学協会, pp.125, 2000.

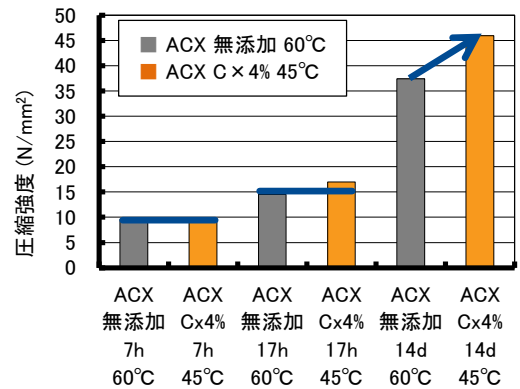


図-3 圧縮強度試験結果
(無添加 60℃・C×4% 45℃)

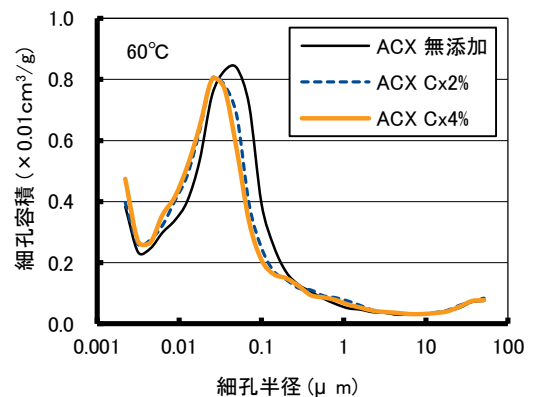


図-4 細孔径分布の比較 (60℃)

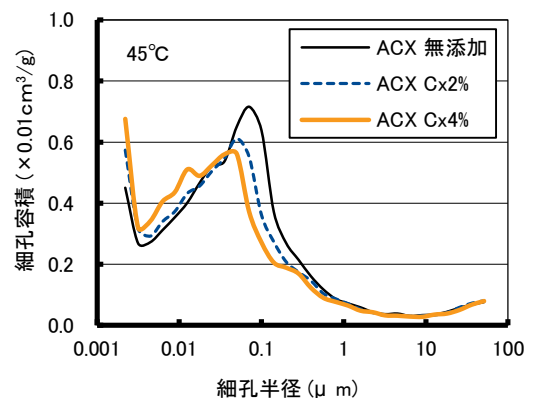


図-5 細孔径分布の比較 (45℃)

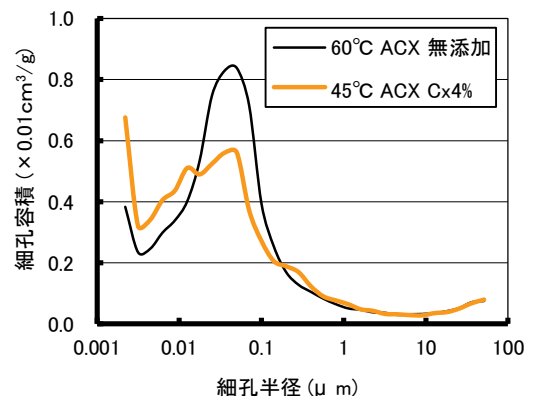


図-6 細孔径分布の比較
(無添加 60℃・C×4% 45℃)