

新型硬化促進剤を添加したコンクリートの強度発現に蒸気養生条件が与える影響

日産化学工業(株) 正会員 ○須藤 裕司
北見工業大学 フェロー 鮎田 耕一
北見工業大学 学生会員 田中 佑典

1. 目 的

コンクリート製品工場では蒸気養生を行い製品の早期出荷を図っているが、生産効率をさらに高めることが望まれている。そこで各種硬化促進剤が用いられてきたが、鉄筋腐食や硬化促進の点で問題があった。

本研究では、硫酸リチウムを主成分とした新型硬化促進剤を用いたコンクリートに、各種条件で蒸気養生を与えた場合の強度発現性状を従来の硬化促進剤と比較し、コンクリート製品への適用性を検討した。

2. 試 験

2.1 使用材料と配合： 配合は、 $W/C=36\%$ 、 $s/a=40\%$ 、単位セメント量 $450\text{kg}/\text{m}^3$ とした。硬化促進剤は硫酸リチウム、チオシアン酸カルシウム、塩化カルシウムを主成分としたものを使用し、添加量はそれぞれ $C \times 0.5\text{wt.}\%$ とした。また、比較のため硬化促進剤無添加のコンクリートも試験した。減水剤(メラミン系)、AE 剤(天然樹脂酸塩系)の使用量は、フレッシュコンクリートのスランプが $8.0 \pm 2.0\text{cm}$ 、空気量が $4.5 \pm 0.5\%$ になるように定めた。

2.2 蒸気養生： 表 1 に蒸気養生条件を示す。徐冷期間は等温養生終了後、最高温度 65 の場合には 30 分間、最高温度 85 の場合には 60 分間とした。また、蒸気養生時間は昇温を開始した時点から徐冷期間終了までを示す。

2.3 圧縮強度： 圧縮強度試験には $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用い、コンクリートをミキサから排出した直後に打込みを行った。供試体は打込み終了後直ちに蒸気養生槽に搬入し、蒸気養生を開始した。蒸気養生終了後は、供試体温度を室温(約 20)まで徐々に下げ、材齢 1 日に脱型した後、所定の試験材齢まで 20 水中で養生した。圧縮強度の測定は、蒸気養生終了時(徐冷期間終了時)と、材齢 14、28 日に行った。

3. 試験結果と考察

3.1 蒸気養生終了時の圧縮強度

図 1 に蒸気養生終了時の圧縮強度を示す。図 1 から、硫酸リチウムを用いた場合、無添加やチオシアン酸カルシウムを用いた場合と比べ、いずれの蒸気養生条件においても強度が高かった。また、塩化カルシウムを用いた場合と比べると、蒸気養生条件 No.1 では同等、昇温速度を速くした No.2 と最高温度を高くした No.3 では硫酸リチウムを用いたほうが強度が高かった。このことから、硫酸リチウム系硬化促進剤は他の硬化促進剤と比べ、昇温速度が速い場合や最高温度が高い場合に、セメントの初期強度発現に大きな影響を与える C_3S の水和反応を促進する効果があると考えられる。

表 1 蒸気養生条件

蒸気養生条件	前養生時間 (hr)	昇温速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{hr}$)	等温養生		徐冷期間 (hr)	蒸気養生時間 (hr-min)
			最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)	保持時間 (hr)		
No.1	0	20	65	1	0.5	3-45
No.2		30	65		1	3-00
No.3		30	85		1	4-10

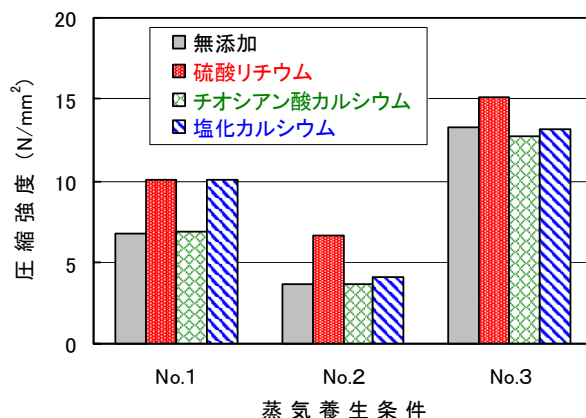


図 1 蒸気養生終了時の圧縮強度

キーワード： 硬化促進剤，硫酸リチウム，蒸気養生，強度発現，コンクリート製品

連絡先： 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 3-7-1 日産化学工業(株) 特殊材料部 TEL 03-3296-8070

3.2 昇温速度、最高温度が材齢 28 日の圧縮強度に及ぼす影響

材齢 28 日の圧縮強度に及ぼす昇温速度の影響を図 2 に、最高温度の影響を図 3 に示す。図 2 から、いずれの硬化促進剤を用いた場合でも、昇温速度 20 /hr の場合(蒸気養生条件 No.1)には 30 /hr の場合 (No.2)と比べて、材齢 28 日強度が 10N/mm² 程度高かった。また図 3 から、いずれの硬化促進剤を用いた場合でも、材齢 28 日強度に対する最高温度の影響(No.2, No.3)は認められなかった。このことから、材齢 28 日の圧縮強度に及ぼす硬化促進剤種類や最高温度の影響は小さく、昇温速度の影響が大きいことが明らかとなった。

3.3 硫酸リチウム系硬化促進剤のコンクリート製品への適用性

図 4 に硫酸リチウムを用いたコンクリートの蒸気養生終了時と材齢 14 日における、蒸気養生条件と圧縮強度の関係を示す。一般のコンクリート製品に必要とされる脱型時強度は、脱型作業等で製品が破損しない程度の 5N/mm² 以上であるとされている¹⁾。また、蒸気養生を行った製品に必要とされる材齢 14 日強度は、道路用製品などの一般製品で 30N/mm² 程度である²⁾。図 4 から、硫酸リチウムを用いたコンクリートはいずれの蒸気養生条件においても、一般の製品に必要とされる強度(脱型時：5N/mm² 以上、材齢 14 日：30N/mm² 以上)が得られる。蒸気養生期間を短縮しコンクリート製品工場の生産性を向上させるためには、製造を 1 日 3 サイクルとすることが望ましいが、蒸気養生時間が 3 時間以内だとそれが達成できる。以上から、硫酸リチウム系硬化促進剤を用い、昇温速度 30 /hr、最高温度 65 、保持時間 1 時間とすることで、一般の製品に必要な強度が得られ、かつ、コンクリート製品工場の生産性を向上できることが明らかとなった。

4. まとめ

蒸気養生期間の短縮を目的として新たに開発された、硫酸リチウムを主成分とした新型硬化促進剤を用いた本研究の範囲で、以下のことが明らかとなった。

- (1) 硫酸リチウム系硬化促進剤を用いたコンクリートは、昇温速度が速い場合(30 /hr)や、最高温度を高くした場合(85)に、初期の強度発現が従来の硬化促進剤を用いた場合より優れている。
- (2) 硬化促進剤の種類が、材齢 28 日の圧縮強度に及ぼす影響は認められず、昇温速度の影響が大きかった。
- (3) 硫酸リチウム系硬化促進剤を用い、昇温速度 30 /hr、最高温度 65 、保持時間を 1 時間とすることで、コンクリート製品の製造サイクルを 1 日 3 サイクルとすることが可能となり、製品工場の生産性が向上する。

【参考文献】

- 1) 松永嘉久、渡邊芳春、坂井悦郎、大門正機：超早強混和材の特性とコンクリート製品への適用、セメント・コンクリート論文集、No.52、pp.412-417(1998)
- 2) 日本コンクリート工学協会編：コンクリート便覧[第二版]、技報堂出版(1996)

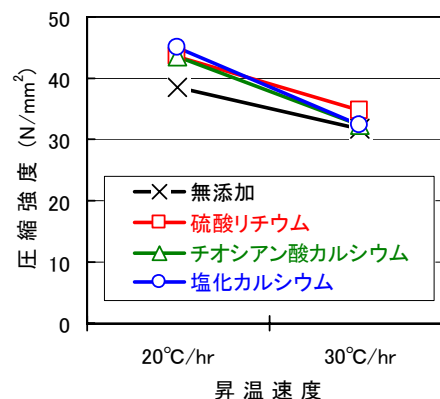


図2 昇温速度と材齢28日の圧縮強度（最高温度65℃）

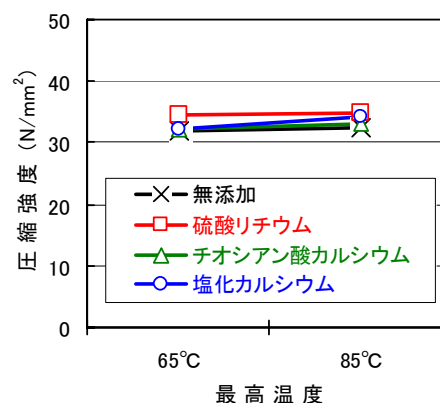


図3 最高温度と材齢28日の圧縮強度（昇温速度30°C/hr）

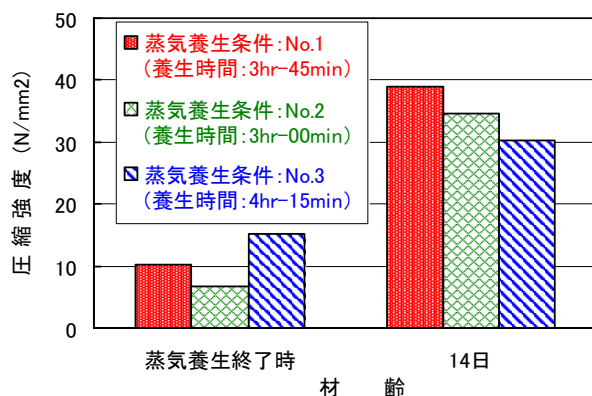


図4 硫酸リチウムを用いたコンクリートの材齢と圧縮強度