

硬化促進剤を用いたコンクリートの初期性状に関する研究

Study on the Early Properties of Concrete Using Accelerators

北見工業大学大学院 ○学生会員 田中 佑典 (Yusuke Tanaka)
日産化学工業(株) 正 会 員 須藤 裕司 (Yuhji Sudoh)
北見工業大学 フェロー 鮎田 耕一 (Koichi Ayuta)
北見工業大学 正 会 員 猪狩平三郎 (Heizaburoh Igari)

1. 研究目的

硬化促進剤はセメントの水和反応を促進し、コンクリートの凝結・硬化速度を速めるとともに、添加量によってそれらの速度をコントロールもできるので、①寒中コンクリートで、凍害に耐え得る強度を早期に発現させ、養生期間を短縮する、②製品工場での型枠の使用回転率を高め、加熱養生に消費される熱量を節減する、③凝結遅延性のある減水剤、AE 減水剤と併用し凝結遅延性を改善する、などの目的で用いられている。最も代表的な硬化促進剤として知られている塩化カルシウムは、優れた凝結・硬化促進性能を有するとともに安価なことから広く用いられてきたが、塩化物イオンを含んでいるためコンクリート中の鋼材を腐食させるので鉄筋コンクリートには用いられない。

このため、塩化物イオンを含まない硬化促進剤が開発されてきたが、従来の塩化カルシウムを主成分とする硬化促進剤に比べ、やや性能面で劣るとともに、コスト高であることから、より経済的で早強性の硬化促進剤の開発が望まれている。

そこで本研究では、アルカリ硫酸塩やチオシアン酸カルシウムを主成分とした硬化促進剤を用いたコンクリートの初期性状を、塩化カルシウムを主成分としたそれと比較検討した。

2. 実験内容

2.1 使用材料及び配合

表 1 に使用材料を示す。配合は、水セメント比 45%、単位セメント量 350kg/m³、細骨材率を 40%とし、アルカリ硫酸塩、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硬化促進剤の添加量はそれぞれ C×0.2、0.5、1.0、2.0%とした。また、配合名は硬化促進剤無添

加のものを普通とし、アルカリ硫酸塩を C×0.2、0.5、1.0、2.0%添加したものは、それぞれアルカリ 0.2、0.5、1.0、2.0 とした。同様に、チオシアン酸カルシウム、塩化カルシウムの配合名を、チオ 0.2、0.5、1.0、2.0、塩カル 0.2、0.5、1.0、2.0 とした。

2.2 練混ぜ及び打込み

コンクリートの練混ぜには、容量 50 リットルの強制練りミキサを用いた。練混ぜは、細骨材、粗骨材、セメントで 30 秒間空練りし、各硬化促進剤を添加した練混ぜ水（無添加の場合は練混ぜ水だけ）を加え 120 秒間練混ぜの手順で行った。ミキサから排出後、円柱供試体型枠(φ10×20cm)に 2 層に分けて打ち込み、各層を棒形振動機を用いて締め固め、木づちで型枠の側面を軽く叩き仕上げた。

2.3 養生

材齢 24 時間までの供試体は、型枠のまま所定の材齢まで恒温恒湿室(室温 20℃、相対湿度 90%)に置き、材齢 24 時間以降のものは 24 時間後に脱型し所定の材齢まで標準養生(20℃、水中)を行った。

2.4 試験方法

① スランプ

JIS A 1101「コンクリートのスランプ試験方法」に準拠して測定した。

② 空気量

JIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法(空気室圧力法)」に準拠して、練上がり直後の空気量を測定した。

③ 圧縮強度

供試体の作製は、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準拠した。

圧縮強度は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験

表 1 使用材料

セメント (C)	普通ポルトランドセメント 密度：3.16g/cm ³ 、比表面積：3360cm ² /g
細骨材 (S)	札内川産幕別町依田 川砂 表乾密度：2.61g/cm ³ 、吸水率：1.64%、粗粒率：2.65
粗骨材 (G)	札内川産幕別町依田 川砂利 表乾密度：2.63g/cm ³ 、吸水率：1.61%、粗粒率：6.39
硬化促進剤	アルカリ硫酸塩、チオシアン酸カルシウム、塩化カルシウム

表 2 圧縮強度試験結果

配合名	圧縮強度(N/mm ²)								
	材齢 6 時間	材齢 12 時間	材齢 18 時間	材齢 24 時間	材齢 2 日	材齢 3 日	材齢 7 日	材齢 14 日	材齢 28 日
普通	0.2	2.5	5.8	8.8	14.6	19.7	30.4	40.3	40.7
アルカリ0.2	0.3	2.8	5.8	9.1	15.2	20.8	31.6	40.4	44.4
アルカリ0.5	0.3	2.8	6.7	10.2	16.6	22.0	33.3	41.6	45.5
アルカリ1.0	0.5	3.6	7.5	10.9	18.8	22.8	32.8	39.1	43.5
アルカリ2.0	0.8	5.0	8.9	11.3	19.9	24.6	33.2	40.7	45.2
チオ0.2	0.5	4.7	8.2	11.3	20.7	24.7	35.6	39.2	47.3
チオ0.5	0.6	5.0	8.9	11.9	22.1	26.5	38.5	43.4	49.1
チオ1.0	0.6	5.9	9.2	13.4	22.0	26.8	38.5	44.8	46.8
チオ2.0	1.6	7.1	11.8	14.7	23.6	31.1	38.8	45.9	50.6
塩カル0.2	0.4	4.2	7.8	10.5	18.8	23.5	34.4	39.4	44.6
塩カル0.5	0.5	5.5	9.5	12.8	22.0	27.2	36.8	43.7	47.4
塩カル1.0	1.5	7.2	12.1	14.3	24.0	27.2	38.7	40.4	44.5
塩カル2.0	4.2	10.2	16.0	18.3	28.3	31.2	41.2	41.3	45.3

表 3 フレッシュ性状

配合名	スランプ(cm)	空気量(%)
普通	6.0	1.7
アルカリ 0.2	5.0	1.8
アルカリ 0.5	5.5	1.7
アルカリ 1.0	2.5	1.8
アルカリ 2.0	2.0	1.6
チオ 0.2	6.0	1.6
チオ 0.5	5.5	1.8
チオ 1.0	3.0	1.8
チオ 2.0	3.5	2.2
塩カル 0.2	3.0	1.9
塩カル 0.5	3.5	1.8
塩カル 1.0	3.0	2.2
塩カル 2.0	1.5	2.2

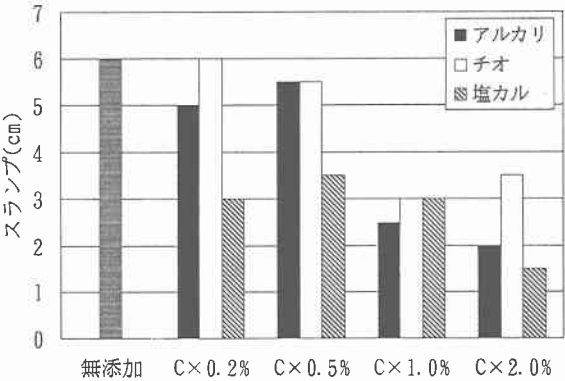


図 1 スランプ

方法」に準拠し、φ10×20cm の円柱供試体を各配合ごとに3個用い、材齢6、12、18、24、48、72時間、7、14、28日に測定した。

3. 試験結果及び考察

表2に圧縮強度試験結果を、表3にフレッシュ性状を示す。

3.1 硬化促進剤の添加量がスランプに及ぼす影響

図1に各硬化促進剤を用いたコンクリートのスランプを示す。この図から、アルカリ硫酸塩を用いたコンクリートは添加量C×0.5%までは普通コンクリートとほぼ同じスランプであるが、C×1.0%以上添加するとスランプが大きく減少した。チオシアン酸カルシウムを用いたコンクリートも同様に、添加量がC×1.0%以上からスランプが大きく減少した。このことから、他の混和剤を使用して流動性を増さない限り、アルカリ硫酸塩、チオシアン酸カルシウムの添加量はC×0.5%程度が限度であるといえる。塩化カルシウムを用いたコンクリートについて

は、添加量C×0.2%からスランプが大きく減少していることから、塩化カルシウムの使用はコンシステンシーに悪影響を及ぼすといえる。

3.2 初期材齢における強度発現性状

図2から図5に、各硬化促進剤を用いたコンクリートの材齢72時間までの圧縮強度を添加量別に示す。この図から、アルカリ硫酸塩を用いたコンクリートの圧縮強度は、塩化カルシウムを用いたコンクリートと比べて、添加量がC×0.2、0.5%の場合、材齢48時間で3N/mm²、添加量がC×1.0、2.0%の場合、材齢18時間で6N/mm²程度下回り、塩化カルシウムを用いたコンクリートより高い促進性能は得られなかった。また、チオシアン酸カルシウムを用いたコンクリートの圧縮強度は、塩化カルシウムを用いたコンクリートと比べて、添加量がC×0.2、0.5%の場合同等以上の値を示し、添加量がC×1.0、2.0%場合、材齢48時間まではやや下回っていたが、材齢72時間で同等の値を示した。添加量がC×0.2、0.5%の場合、前述のスランプも考慮すると、塩化カルシウムを用いたコンクリートと比べて有効であるといえる。

3.3 材齢28日までの強度発現性状

図6から図9に、各硬化促進剤を用いたコンクリート

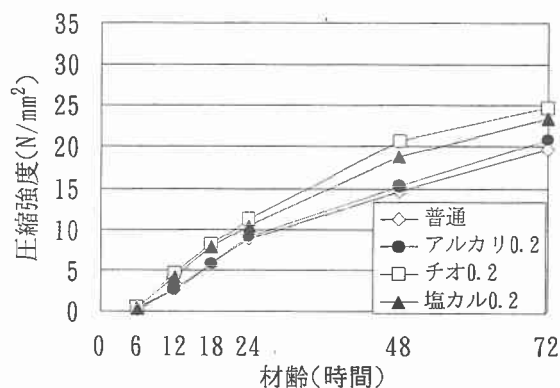


図2 材齢 72 時間までの圧縮強度(C×0.2%)

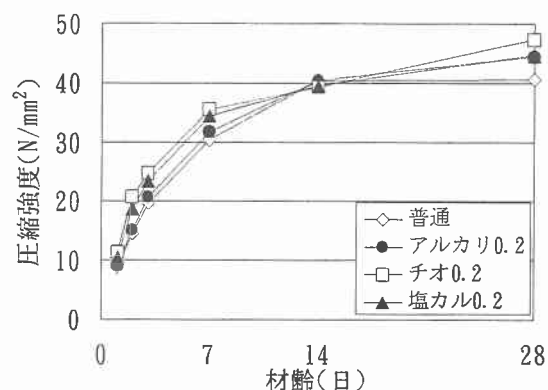


図6 材齢 28 日までの圧縮強度(C×0.2%)

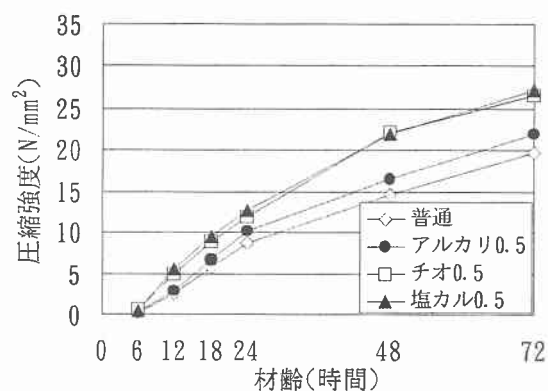


図3 材齢 72 時間までの圧縮強度(C×0.5%)

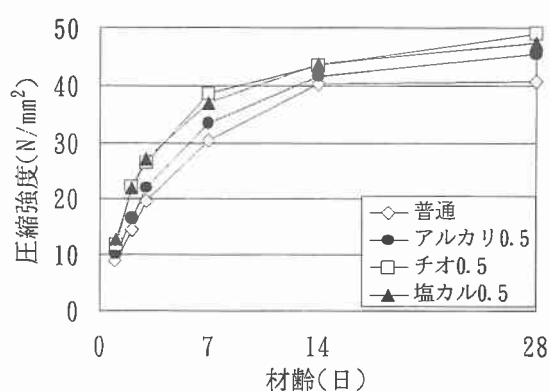


図7 材齢 28 日までの圧縮強度(C×0.5%)

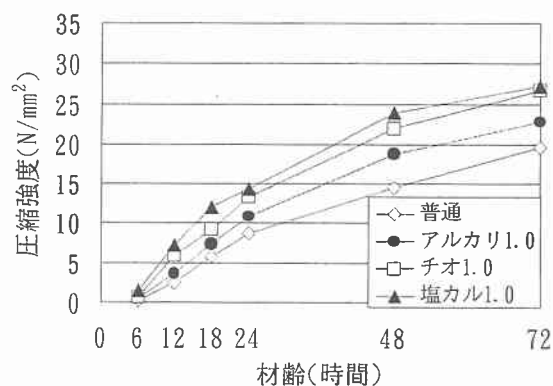


図4 材齢 72 時間までの圧縮強度(C×1.0%)

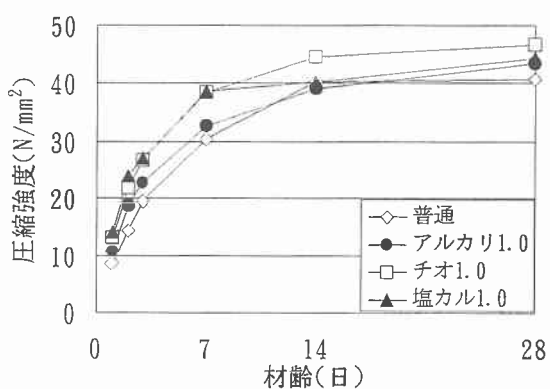


図8 材齢 28 日までの圧縮強度(C×1.0%)

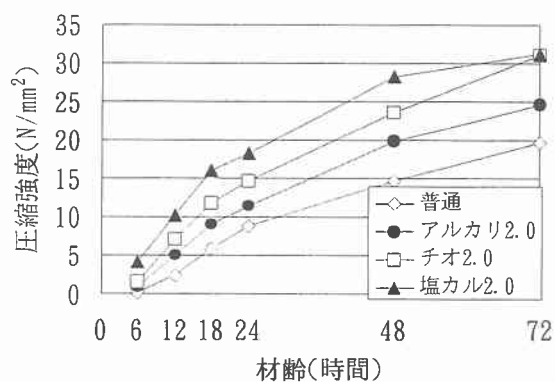


図5 材齢 72 時間までの圧縮強度(C×2.0%)

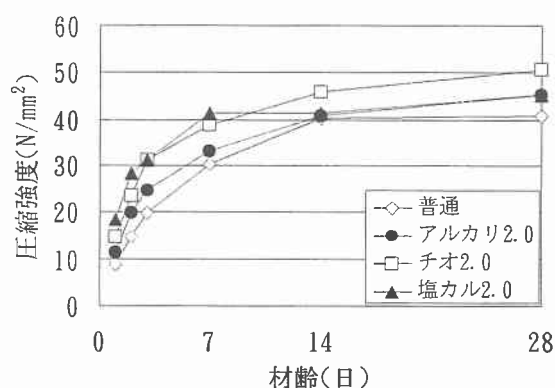


図9 材齢 28 日までの圧縮強度(C×2.0%)

の材齢 28 日までの圧縮強度を添加量別に示す。この図から、アルカリ硫酸塩を用いたコンクリートの圧縮強度は、塩化カルシウムを用いたコンクリートと比べて、材齢 7 日までは下回っているが、14 日以降ではほぼ同等の値を示している。また、チオシアン酸カルシウムを用いたコンクリートの圧縮強度は、塩化カルシウムを用いたコンクリートと比べて、材齢 7 日では同等、材齢 14 日以降では添加量が $C \times 0.2$ 、 0.5% の場合で同等、添加量が $C \times 1.0$ 、 2.0% の場合では上回った。このことから、アルカリ硫酸塩、チオシアン酸カルシウムを用いたコンクリートの材齢 7 日以降の強度発現性能は、塩化カルシウムを用いたコンクリートと同等といえる。

4. 結論

塩化カルシウムに代わる硬化促進剤として、アルカリ硫酸塩やチオシアン酸カルシウムを主成分とした硬化促進剤を用いたコンクリートの初期性状を、塩化カルシウムを用いたコンクリートと比較した結果、本実験の範囲で以下のことが明らかとなった。

(1)アルカリ硫酸塩、チオシアン酸カルシウムを主成分とした硬化促進剤は添加量 $C \times 0.5\%$ 程度まではコンシステンシーにあまり影響を及ぼさない。塩化カルシウムは微量の添加であってもコンシステンシーが増加し、スランプが低下する。

(2)初期材齢の圧縮強度を塩化カルシウムを用いたコンクリートと比較すると、アルカリ硫酸塩を用いたコンクリートはやや低く、チオシアン酸カルシウムを用いたコンクリートは添加量 $C \times 0.2$ 、 0.5% の場合に同等以上となった。

(3)アルカリ硫酸塩、チオシアン酸カルシウムを用いたコンクリートの材齢 7 日以降の強度発現性状は、塩化カルシウムを用いたコンクリートと同等である。

今後はアルカリ硫酸塩及びチオシアン酸カルシウムを用いたコンクリートの蒸気養生における促進効果の実験を行うとともに、促進メカニズムの解明を進めていく計画である。