

## 硬化促進剤を用いたコンクリートの耐久性向上に関する研究

芝浦工業大学 学生会員 ○末木 博  
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

### 1. 研究背景・目的

コンクリートの打込みにおいて、養生期間の短縮は全体的な工期の短縮につながり、人件費の抑制など建設コスト削減に大きく貢献する。「コンクリート標準示方書」によると、脱型の目安は経済性や効率性の観点から所要の強度が得られる期間を基準としている。しかし、打込み環境の違いや混和剤などの化学や技術発展が進む中、脱型の目安を強度のみで判断するのは困難である。脱型までの養生期間を短縮する方法として、硬化促進剤を使った方法がある。

本研究では、建設現場での硬化促進剤の使用を想定し、養生期間を同一に判断した場合における、耐久性を把握することを目的とした。そこで、硬化促進剤の添加の有無におけるコンクリートの圧縮強度試験と耐久性試験、硬化促進剤の関係性を調査するために凝結試験を行った。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料及び配合

表-1 にコンクリートの計画配合を示す。使用したセメント種類は、普通ポルトランドセメント(N)、高炉スラグ微粉末(BFS)を 50%置換した高炉セメント B 種(BB) の 2 種類とした。水セメント比は、全ての配合において 50%とし、各配合において硬化促進剤を無添加あるいは 2%添加したものを用意した。

#### 2.2 凝結試験

凝結試験は、「コンクリートの凝結時間試験方法 JIS A 1147」に準じた。コンクリートに硬化促進剤を添加し、貫入抵抗値から凝結特性を把握した。

#### 2.3 圧縮強度試験

コンクリートの圧縮強度試験は、「コンクリートの圧縮強度試験方法 JIS A 1108」に準じた。圧縮試験は、初期材齢を中心に材齢を 0.8, 1, 3, 7, 28 日設け、7 日までの初期強度発現性を特に注視した。

表-1 コンクリートの計画配合/フレッシュ性状

セメント種類	使用量 (%) 硬化促進剤	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					フレッシュ性状	
				W	OPC	BFS	S	G	slump (cm)	Air (%)
N	0	50	48	170	340	0	839	955	21.5	4.9
	2							19.0	3.5	
BB	0	50	48	170	170	170	833	948	18.5	4.1
	2							19.0	4.4	

### 2.4 真空吸水試験

耐久性を評価するために真空吸水試験を行った。100×100×50 mm の供試体を、硬化促進剤の添加の有無によって 2 体ずつ用意した。圧縮強度試験で一定の材齢をそれぞれ設定し、設定した材齢に達した時点で封緘養生を終了させた。材齢 28 日目まで、温度 20℃湿度 60%の恒温室で静置し、40℃の乾燥炉に 5 日間入れ、供試体の一面を開放させ、真空ポンプで 1 時間吸水、1 時間真空のまま放置し、割裂後、吸水深さを計測した。同一材齢で耐久性を判断するために設定した材齢は、N, BB ともに材齢 3 日および 7 日で測定した。

### 3. 試験結果

#### 3.1 凝結試験

図-1 に、凝結試験の結果を示す。これは、凝結の始発と終結の時間を表している。いずれのセメントも、硬化促進剤を添加しているものの方が、無添加のものより凝結が早まっている。

#### 3.2 圧縮強度試験

図-2 に N コンクリートの圧縮強度試験結果、図-3 に BB コンクリートの圧縮強度試験結果を示す。初期の強度に注目すると、N, BB 共に硬化促進剤を添加したものと無添加のものでは、強度発現に大きな差がなかった。初期強度の 5 日以降において、N では硬化促進剤の強度増進がみられた。しかし、BB では硬化促進剤の強度増進はみられなかった。

#### 3.4 真空吸水試験

図-4 に、真空吸水試験の結果を示す。N, BB ともに設定した 2 つの材齢の試験体、ともに硬化促進剤を添加することで、無添加より真空吸水深さが小さくなっている。N, BB のセメント種類によって比較すると N

キーワード 硬化促進剤, 耐久性, コンクリート, 貫入抵抗, カロリーメータ

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 Tel : 03-5859-8356 E-mail : ah12046@shibaura-it.ac.jp

より BB の方が、特に 3 日は吸水深さが顕著に現れている。しかし、BB の 7 日では吸水深さが他に比べ著しく小さい。また、N では 3 日と 7 日で吸水深さの大きな差はない。

**4. 考察**

凝結試験の結果より硬化促進剤によって凝結が早まっていることがわかった。また、真空吸水試験の結果より耐久性が向上していることもわかった。セメント種類の違いでは、BB の 3 日と 7 日の吸水深さの変化分は、N の 3 日と 7 日の吸水深さの変化分に比べ、大きな差になっている。これは高炉スラグ微粉末の反応の遅延に対して、硬化促進剤が効果を発揮したと考える。しかし、圧縮強度試験の結果から、凝結に伴って必ずしも強度が向上しているとは言えない。

以上のことより、硬化促進剤の添加により耐久性が向上した理由は、強度に影響がある空隙よりも、耐久性に影響がある空隙に効果を発揮したと考える。一方で N において、5 日以降の圧縮強度は、硬化促進剤を添加したもののほうが強度を發揮している。今後、細孔径の空隙分布と強度や耐久性との関連性の検討が必要である。

**5. まとめ**

本研究で得られた結果を以下に記す。

- 1) 硬化促進剤によって凝結が早まっていることを把握した。
- 2) コンクリートの圧縮強度試験結果から、硬化促進剤による大きな強度増進はみられなかった。
- 3) 硬化促進剤によって耐久性が向上していることを把握した。

**6. 参考文献**

- 1) 小山広光, 井元晴丈, 小泉信一, 土屋正: C-S-H ナノ粒子を含有する早強剤の特性と効果について 日本コンクリート工学会誌 コンクリート工学 Vol.53, No.7 テクニカルレポート
- 2) 井元晴丈, 花房賢治, 小泉信一, 杉山知己: 高炉セメントを使用したコンクリートの強度発現性に及ぼす C-S-H 系早強剤の効果 第 69 回セメント技術大会講演要旨 1204 p54.55

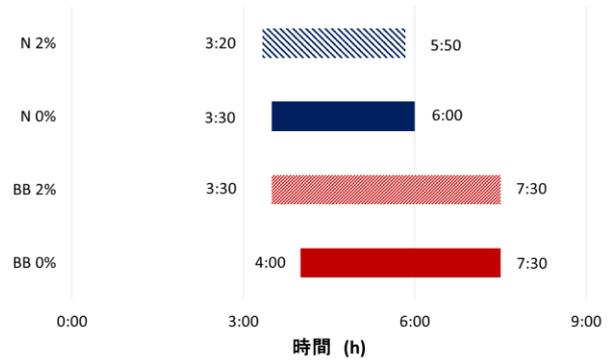


図-1 凝結試験結果

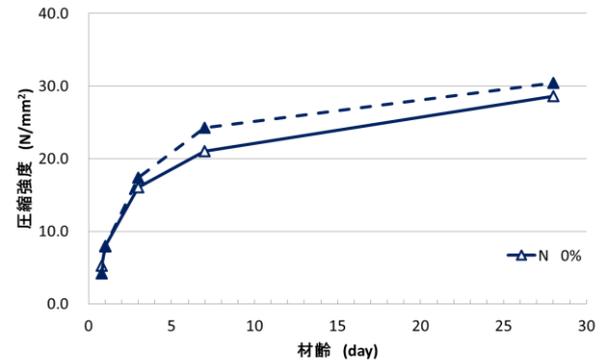


図-2 N コンクリートの圧縮強度試験結果

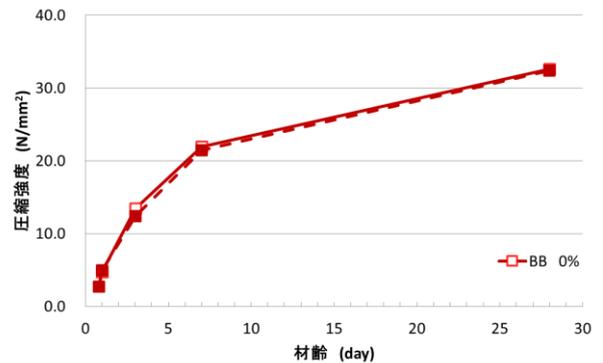


図-3 BB コンクリートの圧縮強度試験結果

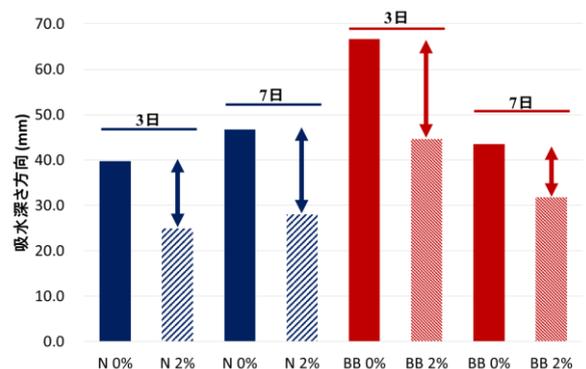


図-4 コンクリートの真空吸水試験結果