

各種混和材料の組合せによるコンクリートの耐久性実験

戸田建設株式会社 正会員 ○沖田 佳隆
 日本大学生産工学部 正会員 河合 紘茲
 戸田建設株式会社 正会員 土田 克美
 戸田建設株式会社 正会員 村井 和彦

1. はじめに

昨今、コンクリートの早期劣化やトンネル覆工コンクリートの剥落など、コンクリート構造物の耐久性低下が社会問題にまで発展している。コンクリート構造物の耐久性を向上させ、長寿命化を図ることは新設・既設構造物にかかわらず、重要な課題である。土木学会コンクリート標準示方書においても性能照査型設計へ移行したことから、要求性能を満足すれば使用実績の少ない材料や組合せについても、適用される可能性が大きい。ただし、新設構造物は施工段階から想定される種々の環境条件に対して、高い耐久性が求められていくと考えられる。そこで、混和材料の組合せにより、コンクリートの耐久性向上効果の確認実験を行った。

2. 実験概要

2-1 着目点と使用材料

コンクリートの耐久性を高める項目として、①ひび割れ（温度、乾燥収縮）の低減、②劣化因子（塩分、炭酸ガス）の浸透抑制③剥落防止等が挙げられる。そこで、これらの項目に有効と考えられる混和材料（表-1）を選定した。

表-1 実験に用いた混和材料

着目点	目的	混和材料
①ひび割れ低減	温度抑制、体積変化抑制	膨張材、収縮低減剤
②劣化因子浸透抑制	塩化物イオン拡散係数小、水密性、凍結融解	高炉セメント、ポリマー
③はく落防止	はく落防止	短繊維（再生 PET、PVA）

材料の組合せは、日本コンクリート工学協会委員会報告書¹⁾等を参考に以下のように設定した。

【ケース1】膨張材（エトリンガイト系）＋収縮低減剤＋短繊維（再生 PET、PVA）

①膨張材と収縮低減剤を組み合わせると圧縮応力が増大することが期待される。

②繊維と膨張材を組み合わせることによって、収縮抵抗ばかりでなく、硬化体組織の緻密化（繊維の拘束効果）による不浸透性の改善が期待できる。

【ケース2】膨張材＋アクリル酸系ポリマーエマルジョン（以下、P A E）＋短繊維

この組合せに関しては、以下の効果が期待される。

①膨張材は収縮低減等を期待し、P A Eは中性化防止、緻密化（接着効果により短繊維の拘束期待）、耐凍結融解性を目的とする。

②今回使用した P A E は、粒子が細かく（一般品 $0.3 \sim 3 \mu\text{m}$ に対して $0.05 \sim 0.2 \mu\text{m}$ ）、セメント分散性に優れることから、繊維混入後も良好なワーカビリティが得られると考えた。

2-2 実験方法

表-2 に示す配合を基本とし、ベースコンクリートのスランプを 20cm、短繊維混入後のスランプ 16cm を目標として、混和材料の組合せ配合を設定した（表-3）。なお、膨張材、収縮低減剤は標準使用量、P A E については $C \times 3.0\%$ とした。

表-2 基本配合

配合 No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
			水	セメント	細骨材	粗骨材
No. 0 (プレーン)	55.0	45.9	178	324	812	984

練混ぜは、短繊維を除く材料を強制 2 軸ミキサで練混ぜた後、傾胴式ミキサに移し替えて短繊維を投入し再度練混ぜた。

キーワード 混和材, 膨張材, 収縮低減剤, アクリル酸系ポリマーエマルジョン, ひび割れ, 耐久性

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 (株) 戸田建設 土木工事技術部 TEL 03-3535-6309 FAX 03-3535-1524

測定は以下の項目について実施した。

- ①強度試験、②長さ変化試験、③中性化試験、④塩分浸透試験、⑤スランプ

3. 実験結果

図-1に圧縮強度、図-2に長さ変化、図-3に中性化深さ、図-4に塩分浸透深さの実験結果を示す。

- ①圧縮強度について：PAEを使用した配合は5～11%強度が増加した。収縮低減剤を使用した配合はプレーンコンクリートと同等であった。いずれの配合も短繊維を混入した空気連行の影響は見られない。
- ②長さ変化について：収縮低減剤を添加した配合は、添加しない配合に比べて長さ変化率が19～30%低減され期待通りの効果が得られた。PAE配合についても同様の効果が得られた。
- ③中性化について：すべての配合で、プレーンコンクリートより10～20%中性化深さの低減が図れた。中性化促進期間16週での中性化速度係数はベースで3.64 (mm/√週)、収縮低減剤配合3.0 (mm/√週)、PAE配合3.3 (mm/√週)となった。
- ④塩分浸透深さについて：プレーンコンクリートの塩分浸透深さと比較して、PAE配合では平均50%、収縮低減剤配合では平均35%の抑制効果が得られた。

4. まとめ

- ①膨張材と収縮低減剤は長さ変化試験より、併用した方が効果的である。ただし、膨張材単独でもその効果は大きい。
- ②圧縮強度はPAE配合が効果的であったが空気量が2%前後、収縮低減剤配合は4%前後であり、その差が圧縮強度に影響している。
- ③中性化に対する効果は全般に10～20%低減可能。
- ④塩分浸透については、どの配合も効果的であった。これは、膨張材を用いることで細孔が減少することが寄与していると考えられ、PAE配合が顕著な点は、膨張材と共に細孔内に樹脂層が形成される相乗効果によるものと考えられる。
- ⑤圧縮強度と共に割裂引張試験も実施したがベースコンクリートとほぼ同様であった。短繊維量も少ないことから、緻密化へ繋がる拘束効果を得るには本試験以上の繊維量が必要と思われる。
- ⑥PAE配合は、短繊維添加後もワーカブルであったが、収縮低減剤配合は消泡剤による空気量調整に留意する必要がある。なお、短繊維添加後のスランプダウンは4.0～5.0cmとなった。

【参考文献】1)「膨張コンクリートによる構造物の高機能化／高耐久化に関するシンポジウム」、(社)日本コンクリート工学協会、2003年9月 2)大濱・出村「ポリマーセメントコンクリート／ポリマーコンクリート」、シーエムシー出版

表-3 実験配合

配合 No.	膨張材	収縮低減剤	PAE	再生 PET	PVA
プレーン	—	—	—	—	—
No. 1	20kg	C×2%	—	0.5vol%	—
No. 2	20kg	—	C×3%	0.5vol%	—
No. 3	10kg	C×2%	—	0.5vol%	—
No. 4	10kg	—	C×3%	0.5vol%	—
No. 5	20kg	C×2%	—	—	0.1vol%
No. 6	20kg	—	C×3%	—	0.1vol%
No. 7	10kg	C×2%	—	—	0.1vol%
No. 8	10kg	—	C×3%	—	0.1vol%

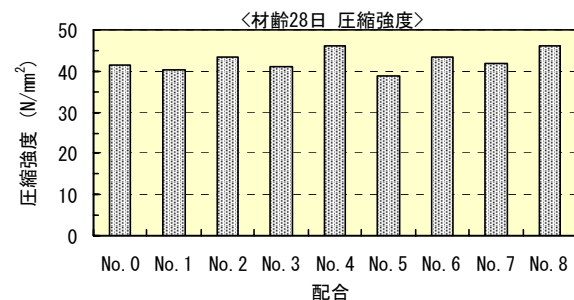


図-1 圧縮強度試験結果

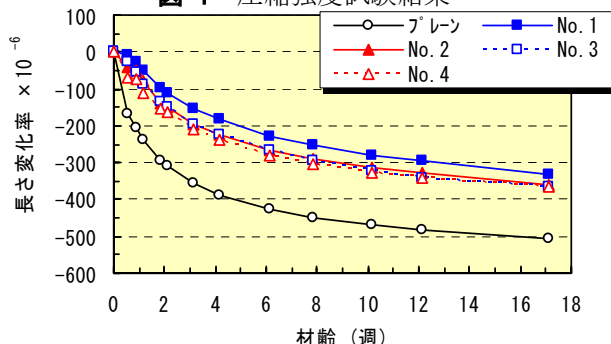


図-2 長さ変化試験結果

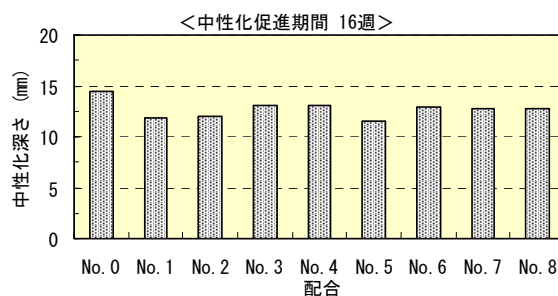


図-3 中性化促進試験結果

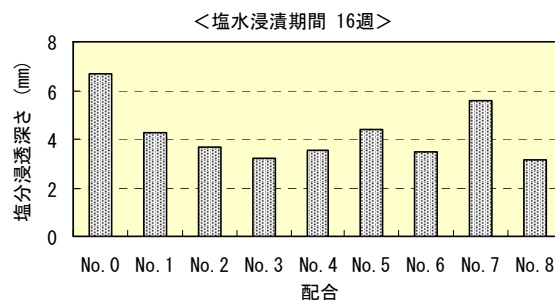


図-4 塩分浸透試験結果