

収縮低減型高性能減水剤を使用した超高強度コンクリートの自己収縮特性

太平洋セメント（株） 正会員 ○中崎 豪士
太平洋セメント（株） 正会員 前堀 伸平
太平洋セメント（株） 正会員 三谷 裕二
太平洋セメント（株） 正会員 谷村 充

1. 目的

コンクリートの超高強度化が進む中、低水結合材比下で顕在化する自己収縮制御の重要性が増している。自己収縮の抑制に効果的な混和材料としては、膨張材、収縮低減剤が挙げられ、著者らは過去に、超高強度域における有効性を報告している^{1) 2)}。本稿では、最近になって開発された収縮低減型高性能減水剤に着目し、膨張材と併用する場合も含めて、自己収縮低減効果を検討した。

2. 実験方法

使用材料を表-1に示す。セメントにはシリカフェュームプレミックスセメントを用い、混和剤には、いずれも超高強度コンクリート用の高性能減水剤(SP I)と収縮低減型高性能減水剤(SP II)を用いた。また、膨張材には超高強度コンクリートに適することが確認されている²⁾比表面積の大きい膨張材を使用した。コンクリートの配合を表-2に示す。圧縮強度 150N/mm²超を想定し、水結合材比は13%とした。膨張材の使用量は20および30kg/m³の2水準とした。スランプフローの目標を75±5cmとし、混和剤の添加量を調整した。試験は自己収縮・膨張ひずみを中心に、凝結時間および圧縮強度を検討した。自己収縮ひずみの測定は、供試体(100×100×400mm)の中央に設置した埋込型ひずみ計を用いて行い、コンクリートの線膨張係数を10×10⁻⁶/℃として温度ひずみを補正した。

養生条件は20℃一定養生および温度履歴養生の2水準とした。温度履歴養生は1m角の柱部材の中心部で生じる温度履歴を模擬したものであり、最高温度は90℃に設定した。供試体の脱型は、20℃一定養生では材齢1日で、温度履歴養生では材齢7日で行い、供試体の全露出面をアルミ箔粘着テープ(厚さ0.1mm)でシールし、20℃の恒温室内で養生を継続した。

3. 実験結果

フレッシュ性状、凝結時間および圧縮強度(温度履歴養生・材齢7日)を表-3に示す。混和剤の添加量を調整することにより、いずれの配合も目標としたスランプフローが得られた。凝結時間は、混和剤の種類によらず膨張材を混和した配合が早まる傾向(始発・終結とも2.5時間～3.5時間程度)となった。

表-1 使用材料

材料	記号	種類/物性値
セメント	C	シリカフェュームプレミックスセメント/ 密度: 3.07g/cm ³ , 比表面積: 6160cm ² /g
膨張材	EX	石灰系膨張材/ 密度: 3.19g/cm ³ , 比表面積: 4920cm ² /g
細骨材	S	静岡県掛川市産山砂/ 表乾密度: 2.56g/cm ³ , 吸水率: 2.24%
粗骨材	G	茨城県桜川市産碎石/ 表乾密度: 2.64g/cm ³ , 吸水率: 0.51%, 実積率: 60%
混和剤	SP I	高性能減水剤(ポリカルボン酸系)
	SP II	収縮低減型高性能減水剤(ポリカルボン酸系)

表-2 コンクリートの配合

記号	W/(C+EX) (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
			W	C	EX	S	G
SP I	13	30.0	150	1154	-	351	840
SP I-EX20		30.1	150	1134	20	352	
SP I-EX30		30.1	150	1124	30	352	
SP II		30.0	150	1154	-	351	
SP II-EX20		30.1	150	1134	20	352	
SP II-EX30		30.1	150	1124	30	352	

※単位粗骨材かさ容積=0.53m³/m³

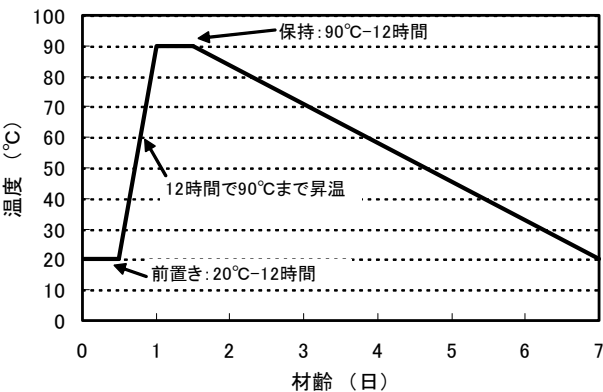


図-1 温度履歴パターン

【キーワード】 自己収縮, 超高強度コンクリート, 収縮低減型高性能減水剤, 膨張材, 温度履歴養生

【連絡先】 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント中央研究所 TEL043-498-3804

圧縮強度は、SP II を使用した配合が幾分小さくなる傾向が認められた (2~5%程度)。

20℃養生における自己収縮・膨張ひずみの経時変化を図-2 に示す。自己収縮・膨張ひずみの起点は凝結始発とした。SP I の自己収縮ひずみは、有効材齢 40 日の時点で約 480×10^{-6} に達した。一方、SP II では約 330×10^{-6} であり、自己収縮ひずみが約 150×10^{-6} 低減された (低減率: 約 30%)。また、膨張材の効果に着目すると、混和剤種類によらず、20kg/m³ 混和で約 120×10^{-6} (低減率: 約 30%)、30kg/m³ 混和で約 200×10^{-6} (低減率: 約 40%) であった。

温度履歴養生における自己収縮・膨張ひずみと有効材齢の関係を図-3 に示す。SP I の自己収縮ひずみは、材齢初期から 20℃養生の場合より大きな収縮が生じ、有効材齢 40 日 (実材齢 7 日) で 660×10^{-6} となった。一方、SP II の自己収縮ひずみは約 300×10^{-6} にとどまり、20℃養生の場合よりも低減効果が大きく表れた (低減率: 約 50%)。また、膨張材の効果は、混和剤種類によらず、自己収縮ひずみは 20kg/m³ 混和で約 150×10^{-6} (低減率: 約 20%)、30kg/m³ 混和で約 300×10^{-6} (低減率: 約 50%) 低減され、20℃養生の場合よりも大きな収縮低減効果が得られた。以上のことから SP II は高温度履歴を受ける場合にも有効に作用し、膨張材と併用した場合においても、養生条件によらず、十分な自己収縮低減効果が発揮された。

本検討と同配合・同一養生条件で実施した収縮低減剤添加コンクリート (主成分: 低級アルコールアルキレンオキシド付加物, 添加量: 6kg/m³, 図中記号: SR)¹⁾ と SP II の比較を図-4 に示す。膨張材の有無によらず、SP II は SR と比較して遜色のない収縮低減効果を有していることがわかる。

4. まとめ

収縮低減型高性能減水剤を使用した超高強度コンクリートの自己収縮特性を検討した結果、膨張材の有無によらず、20℃一定養生だけでなく、実部材同様の温度履歴養生においても、十分な収縮低減効果が発揮された。また、その効果は、収縮低減剤を使用した場合と同程度であった。

【参考文献】

- 1) 前堀伸平ほか: 超高強度コンクリートの自己収縮制御に関する検討, 第 19 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.353-356, 2010
- 2) 谷村充ほか: 超高強度コンクリートの自己収縮制御における膨張材の適用性, 土木学会第 64 回年次学術講演会, pp.881-882, 2009

表-2 フレッシュ性状・凝結・圧縮強度

記号	湿和剤量 (C+EX) (%)	フレッシュ性状		凝結時間 (h-min)		圧縮強度 (温度履歴・材齢7日) (N/mm ²)
		スランブフロー (cm)	空気量 (%)	始発	終結	
SP I	1.05	75.0	1.4	11-05	14-05	186
SP I-EX20	1.20	77.0	1.4	8-30	11-25	191
SP I-EX30	1.30	78.0	1.2	8-20	11-10	194
SP II	1.125	75.0	1.5	11-40	14-50	175
SP II-EX20	1.275	78.0	1.4	8-50	12-10	189
SP II-EX30	1.325	78.5	1.3	8-25	11-25	182

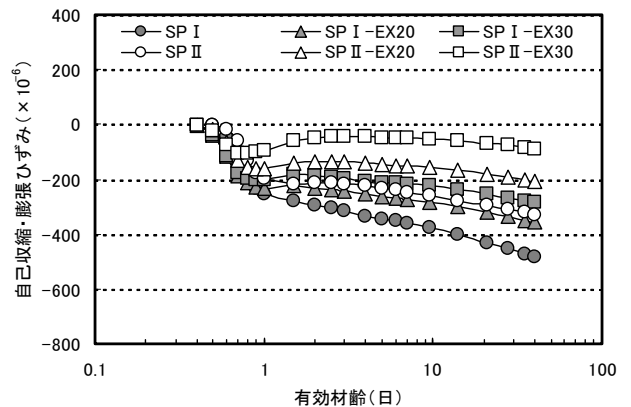


図-2 自己収縮・膨張ひずみと有効材齢の関係 (20℃養生)

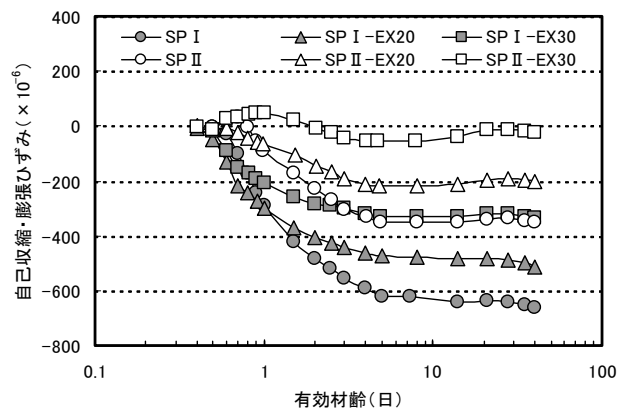


図-3 自己収縮・膨張ひずみと有効材齢の関係 (温度履歴)

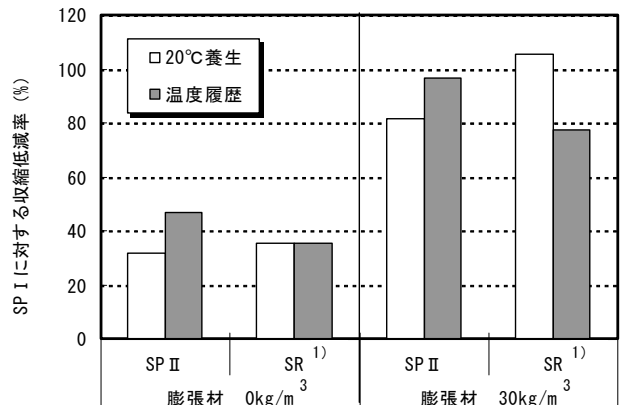


図-4 SP I に対する収縮低減率 (有効材齢 40 日)