

収縮低減剤・膨張材を用いた超高強度コンクリートの自己収縮応力の検討

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
同上 正会員 三谷 裕二 同上 正会員 谷村 充

1. はじめに

圧縮強度 120N/mm² 超級の超高強度コンクリートの実用化が進展する中、極低水結合材比の条件で顕在化する自己収縮の制御に関心が高まっている¹⁾。高強度コンクリートの自己収縮低減策としては、膨張材や収縮低減剤が効果的であることが過去に多く報告されている(例えば²⁾) が、圧縮強度 120N/mm² 超級を対象とした知見は少ない。本研究では、水結合材比 13%の超高強度コンクリートを対象に収縮低減剤、膨張材を単独使用もしくは併用した場合の自己収縮応力の制御効果を実験的に検討した。

2. 実験概要

使用材料を表-1、コンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートの種類は、膨張材混和(30kg/m³、記号: EX)、収縮低減剤添加(6kg/m³、記号: SR)、膨張材・収縮低減剤併用(記号: ES)のほか、膨張材・収縮低減剤を使用しない配合(記号: PL)の4水準とした。コンクリートのスランプフロー: 75±7.5cm、空気量: 2.0%以下を目標値として減水剤の添加量を調整した。

実験項目は自己収縮応力および圧縮強度とした。断面中心に D22 鉄筋(軸方向に溝切り加工し中央部にひずみゲージを貼付)を配置した 100×100×760mm 供試体(鋼材比 3.5%)を作製し、鉄筋のひずみを測定した。供試体は JCI 自己収縮研究委員会の試験方法(案)を参考に、コンクリートの変形が型枠に拘束される影響を極力排除した。鉄筋のひずみを基に鉄筋とコンクリートの力の釣り合いから自己収縮応力を算出した。

養生条件は 20℃一定養生および温度履歴養生とした。温度履歴養生には、1m 角の柱部材の中心部で生じる温度履歴を模擬した最高温度 90℃の温度履歴を設定した(図-1)。また供試体は材齢 7 日で脱型し、全露出面をアルミ箔粘着テープ(厚さ 0.1mm)で封緘した後に、環境温度 20℃の恒温室内で養生を行った。圧縮強度の測定は円柱供試体(φ10×20)を用い、JIS A 1108 に準拠して行った。また、凝結時間を JIS A 1147 に準じて測定した。

3. 試験結果および考察

(1) フレッシュ性状および凝結特性

表-3 にコンクリートのフレッシュ性状および凝結試験結果を示す。膨張材を混和した EX、ES 配合は PL に比べ、目標スランプフローを得るための減水剤量が増加した。凝結時間について PL と比較すると、EX は早くなり、収縮低減剤を添

表-1 使用材料

材料	記号	種類/物理的性質
セメント	C	シリカフェ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
収縮低減剤	SR	低級アルコールアルキレンオキシド付加物
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	茨城県桜川市産砕石/ 表乾密度: 2.64g/cm ³ , 吸水率: 0.51%, 実積率: 60%
減水剤	SP	ポリカルボン酸系高性能減水剤

表-2 コンクリートの配合

記号	W/B (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	C	EX	SR	S	G
PL	13	150	1154	-	-	349	840
EX		150	1124	30	-	349	840
SR		144	1154	-	6	349	840
ES		144	1124	30	6	349	840

※ B=C+EX

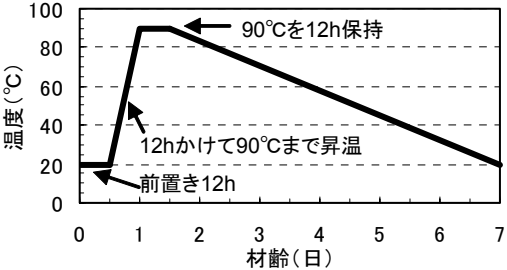


図-1 温度履歴パターン

表-3 フレッシュ性状と凝結時間

記号	SP量 (B×%)	フレッシュ性状		凝結時間	
		スランプフロー (cm)	空気量 (%)	始発 (h-m)	終結 (h-m)
PL	1.20	80.5	1.2	12-05	14-05
EX	1.45	79.0	1.0	8-20	10-10
SR	1.20	78.5	1.1	14-40	17-00
ES	1.45	78.5	1.2	10-25	12-45

※ B=C+EX

【キーワード】 超高強度コンクリート、自己収縮応力、膨張材、収縮低減剤、高温履歴
【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

加した SR の場合は遅くなった。両者を併用した ES の場合は膨張材による影響が大きく、PL と比較して凝結時間は早まる結果となった。

(2) 自己収縮応力

図-3 に 20℃一定環境下における自己収縮・膨張応力と有効材齢（起点：凝結始発）の関係を示す。有効材齢 40 日で PL は約 1.7N/mm^2 に達したのに対し、SR は約 1.2N/mm^2 （応力低減率：約 30%）、EX は 0.8N/mm^2 （応力低減率：約 50%）、ES は約 0.3N/mm^2 （応力低減率：約 80%）となった。

図-4 に温度履歴下における自己収縮応力と有効材齢の関係を示す。20℃一定養生と比較して初期の収縮速度が増大する傾向が見られた。また有効材齢 40 日（実材齢：7 日）における自己収縮応力は、いずれの配合においても 20℃一定養生の場合より $0.2 \sim 0.3\text{N/mm}^2$ 大きかった。自己収縮応力は PL で約 2.0N/mm^2 、SR で約 1.5N/mm^2 （応力低減率：約 25%）、EX で約 1.0N/mm^2 （応力低減率：約 50%）、ES で約 0.5N/mm^2 （応力低減率：約 75%）であり、温度履歴下においても収縮低減剤・膨張材の効果は明らかに現れていた。

図-5 に各養生条件下での有効材齢 40 日における PL 配合に対する自己収縮応力低減量を示す。図中には、EX と SR の低減量を足し合わせた値も併記した。温度条件下によらず、ES の低減量は EX と SR の低減量を単純に足し合わせた値とほぼ同等であった。これより、超高強度領域においても収縮低減剤・膨張材を併用した時の効果は、ほぼ個々の効果を足し合わせた効果が得られることが明らかとなった。

(3) 圧縮強度

図-6 に材齢 28 日における圧縮強度の結果を示す。収縮低減剤・膨張材を使用した配合の強度は PL と同等以上の圧縮強度が得られた。

4. まとめ

低水結合材比の超高強度コンクリートに収縮低減剤・膨張材を使用することにより、20℃一定と高温履歴のいずれの条件下においても、明らかな自己収縮応力の低減効果を有することが分かった。

【参考文献】

- 1) 丸山一平ほか：温度履歴が RC 柱の初期応力・初期欠陥に及ぼす影響に関する実験的検討 ― 超高強度コンクリートを用いた RC 柱の初期応力・初期欠陥に関する研究 その 1 ―, 日本建築学会構造系論文集, No.629, pp.1035-1042, 2008.7
- 2) 谷村充ほか：高強度コンクリートの収縮応力の低減化に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.2, pp.1075-1080, 2001.6

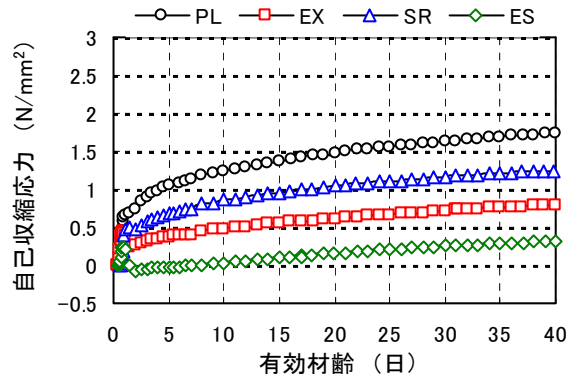


図-3 20℃環境下における自己収縮応力

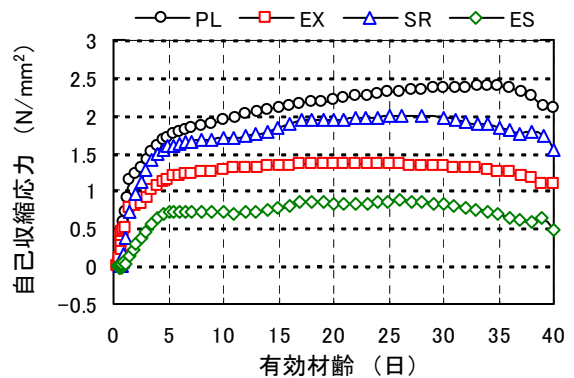


図-4 温度履歴下における自己収縮応力

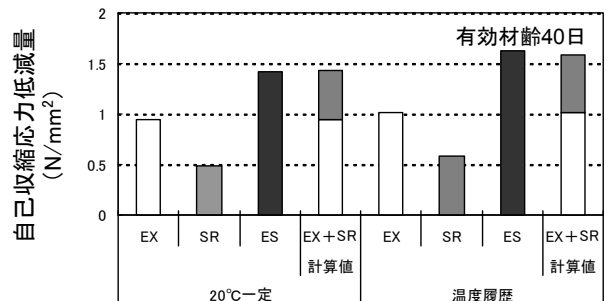


図-5 PL 配合に対する自己収縮応力低減量

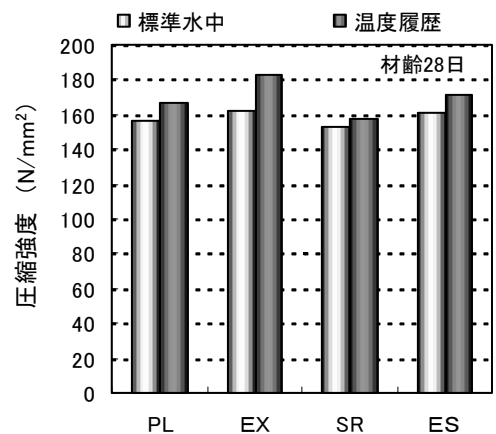


図-6 圧縮強度試験結果