

収縮低減剤による超高強度 RC 柱部材の初期ひび割れ制御

太平洋セメント(株) 正会員 ○谷村 充 三谷 裕二
名古屋大学大学院 正会員 丸山 一平 寺本 篤史
安藤建設(株) 非会員 石川 伸介 立山 創一

1. はじめに

構造物のさらなる長スパン化や高耐久化が求められる中、100N/mm² 超級の超高強度コンクリートの実用化が進展している。一方、この種のコンクリートでは自己収縮によるひび割れの可能性が指摘されている¹⁾。収縮低減剤が超高強度コンクリートの自己収縮制御策として有効であることは既に報告されているが²⁾、それらのほとんどは小型の試験体を用いた検討であり、実部材レベルでの効果に関する知見は少ない。

本研究では、超高強度コンクリートを用いた模擬 RC 柱部材を作製し、鉄筋・コンクリートひずみ挙動およびひび割れ性状の観点から、収縮低減剤および収縮低減剤・膨張材併用による初期ひび割れ制御効果について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料、コンクリートの配合を表-1、表-2 に示す。水結合材比は 14%とし、収縮低減剤 6kg/m³ 混和 (SR)、収縮低減剤 6kg/m³ と膨張材 30kg/m³ を併用 (ES) したコンクリートについて、無混和 (PL) の場合と比較した。収縮低減剤は水に内割で混和した。

スランプフローが 65±10cm、空気量が 2.0±1.0%となるように調整した (表-2 にフレッシュ性状の結果を併記)。コンクリートの練混ぜには 1.5m³ 強制二軸練りミキサを使用した。

2.2 RC 柱試験体

作製した試験体の概要を図-1 に示す。試験体寸法は 900×900×1100mm とし、主筋には D41 (鉄筋比: 3.3%)、帯筋には D13 (帯筋比: 0.56%) を用いた。型枠には鋼製型枠を用い、型枠の側面・底面および打設面に厚さ 100mm の発泡スチロールを設置することで保温養生した。脱型時期は材齢 7 日とした。

試験体の中段付近に、埋込型ひずみ計 (鉛直・水平方向) および熱電対を設置し、コンクリートのひずみと温度を測定した。また、主筋・帯筋にひずみゲージ (事前に温度補

正カーブを取得) を貼付し、鉄筋のひずみを測定した。

概ね材齢 91 日の時点で試験体を鉛直・水平方向に切断し、試験体の内部・表層部および鉄筋周囲に発生したひび割れを観察した。

また、コンクリートの強度特性として、標準水中養生、20℃封かん養生および簡易断熱養生下における圧縮強度 (JIS A 1108 準拠) を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

材齢 7、28、91 日の圧縮強度を図-2 に示す。いずれの養生条件下においても、SR、ES の圧縮強度は PL とほぼ同等であり、収縮低減剤・膨張材の混和による圧縮強度への影響は認められなかった。

3.2 内部温度履歴

柱試験体中央部の温度履歴を図-3 に示す。収縮低減剤を混和した SR は、PL と比較して最高温度が 4℃ 低くなり、最高温度に達する材齢も 6 時間程度遅かった。一方、収縮低減剤と膨張材を併用した ES は、PL より初期の温度が高くな

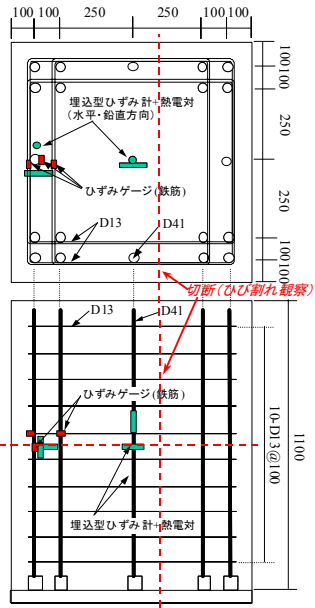


図-1 RC 柱試験体の概要

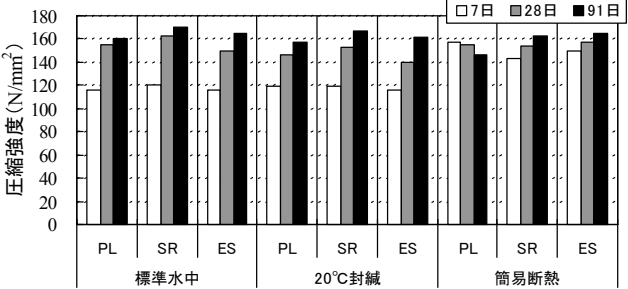


図-2 圧縮強度

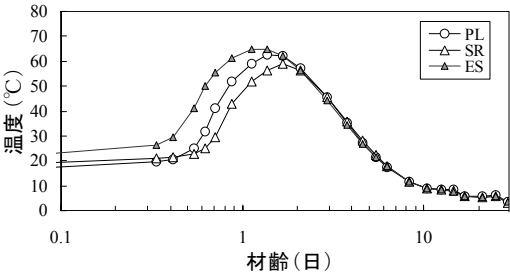


図-3 内部温度履歴

表-1 使用材料		
材料		物理的特性など
セメント	C	シカフォ-47 [®] レミックスセメント/密度:3.05g/cm ³ 、比表面積:6190cm 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	山梨県大月市産砕砂/表乾密度:2.55g/cm ³ 、吸水率:2.61%
粗骨材	G	山梨県大月市産砕石/表乾密度:2.56g/cm ³ 、吸水率:2.45%
繊維	F	ポリプロピレン繊維
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										
	単位量 (kg/m ³)							練上 温度 (℃)	スラン プ フロー (cm)	空気 量 (%)
	W	C	SR	EX	S	G	F			
PL	155	1108	-	-	366	850	3	14.0	57.0	2.4
SR	155	1108	6	-	366	850	3	15.0	73.0	1.7
ES	155	1078	6	30	366	850	3	16.0	72.0	1.8

キーワード: 超高強度コンクリート, 収縮低減剤, 膨張材, 自己収縮, ひび割れ
〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL043-498-3804

り、最高温度も3℃程度高かった。また、最高温度に達する材齢が9時間程度早かった。

3.3 コンクリート・鉄筋のひずみ挙動

柱試験体中段におけるコンクリートおよび鉄筋のひずみ履歴を図-4に示す。コンクリートひずみの原点は主筋のひずみが発生し始めた時点とした。

PLおよびSRでは、鉛直方向のコンクリートと鉄筋のひずみ挙動に大きな乖離が認められた。また、水平方向では、帯筋のひずみと中央部のコンクリートのひずみはほぼ同一の挙動であるのに対し、表層部(帯筋近傍)のコンクリートひずみのみが乖離していた。これは、温度がピークに達する材齢1.5日付近までの期間で大きく生じており、若材齢時の自己収縮が鉄筋の拘束を受けずに自由に変形したことが一因と考えられる。

一方、ESでは、鉛直方向、水平方向ともに、PL、SRで見られたような鉄筋とコンクリートのひずみ挙動の乖離が小さく、断面内のひずみ挙動がほぼ一致していた。これは、収縮低減剤と膨張材の併用効果により、自己収縮が大きい若材齢時に膨張が付与され、その結果、鉄筋とコンクリートが一体に挙動したと考えられる。

ひび割れがひずみ挙動に及ぼす影響が小さかったとして、材齢28日における主筋のひずみを比較すると、PL、SR、ESでそれぞれ -530×10^{-6} 、 -440×10^{-6} 、 -150×10^{-6} 程度であり、収縮低減剤および膨張材の混和により、主筋の収縮ひずみが小さくなる傾向が認められた。

3.4 ひび割れ状況

ひび割れ状況の一例を図-5に示す。ひずみの挙動では、中段付近にひび割れの発生が示唆されるような変動は確認されなかったが、PLの主筋および帯筋の周囲には多数のひび割れが発生していた。

収縮低減剤を混和したSRは、鉄筋周囲には多くのひび割れが生じていたが、PLと比較して、内部および表層部のひび割れは大幅に抑制されていた。収縮低減剤と膨張材を併用したESは、内部に水平方向のひび割れが見られたものの、鉄筋周囲のひび割れはPL、SRよりも明らかに少なく、表層部のひび割れもほとんど認められなかった。

4. まとめ

超高強度RC柱試験体の初期ひび割れに対する収縮低減剤・膨張材の効果を検討した。その結果、収縮低減剤の添加、さらには収縮低減剤と膨張材の併用が、ひび割れ抑制に効果的であることが検証された。

謝辞：本研究は平成21年度国土交通省住宅局「住宅・建築関連先端技術開発助成事業」の一環として実施したことをここに付記する。

参考文献

- 1) 丸山一平ほか：超高強度コンクリートを用いたRC部材中の鉄筋近傍における微細ひび割れの発見，日本建築学会構造系論文集，第617号，pp.1-7，2007.7
- 2) 中崎豪士ほか：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，土木学会第65回年次学術講演会，v-163，pp.325-326，2010.9

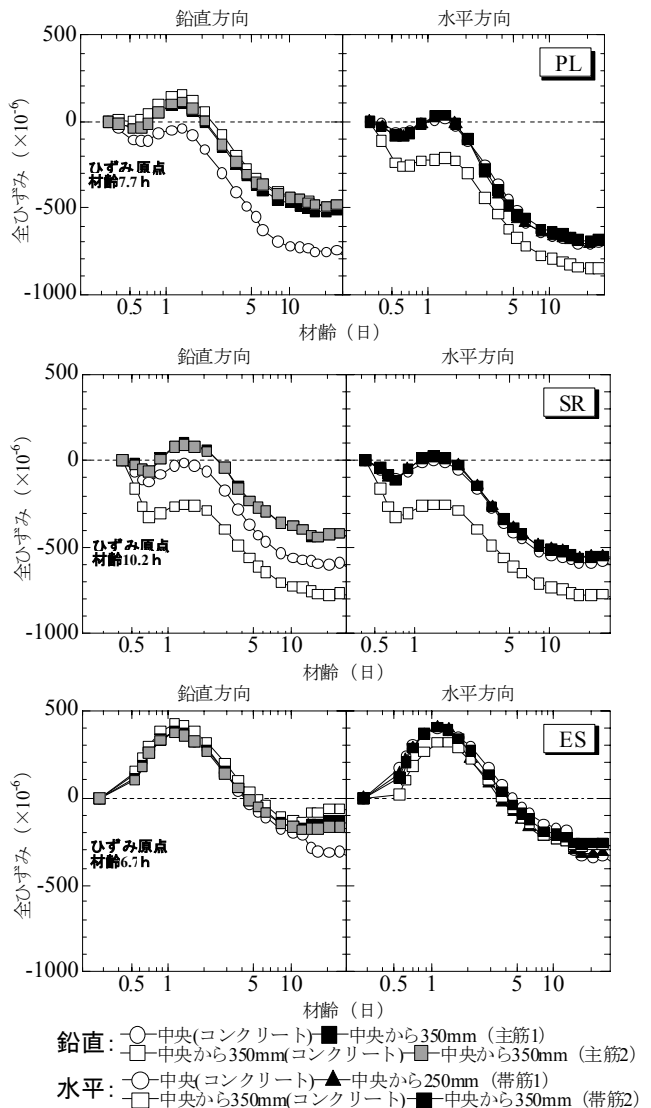


図-4 コンクリート・鉄筋のひずみ挙動



図-5 ひび割れ図