

膨張材による超高強 RC 柱部材の初期ひび割れ制御

太平洋セメント(株) 正会員 ○三谷 裕二 谷村 充
 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

近年、構造物のさらなる長スパン化・軽量化および高耐久化の観点から、100N/mm² 超級の超高強度コンクリートの実用化が進められている。一方、この種のコンクリートは自己収縮が顕著に大きく、それに起因したひび割れの可能性が指摘されている¹⁾。自己収縮制御策として膨張材が有効であることは既に検討されているものの²⁾、自己収縮応力と温度応力が複合的に生じる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、膨張材の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

使用材料を表-1 に示す。膨張材には汎用品より比表面積が大きいタイプを用いた³⁾。コンクリートの配合を表-2 に示す。水結合材比は 14%とし、膨張材無混和 (PL) および膨張材 20kg/m³ 混和 (EX) のコンクリートについて検討した。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(表中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ーを使用した。

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 D41 (鉄筋比: 3.3%)、帯筋に 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 1 日および材齢 91 日の 2 水準とした。

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、EX と PL の圧縮強度は概ね同等であった。

3.2 内部温度履歴

RC 柱試験体中央部の温度履歴を図-3 に示す。膨張材を混和した EX は、PL と比較して、初期の温度が高く、最高温度に達する材齢が早い傾向にあるが、最高温度は大差なかった。

材齢 91 日に脱型した PL-保温、EX-保温は、材齢初期に保温養生を継続したことにより、材齢 1 日で脱型したケースと比

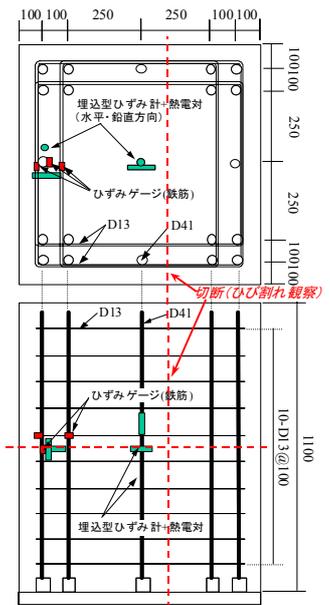


図-1 RC 柱試験体の概要

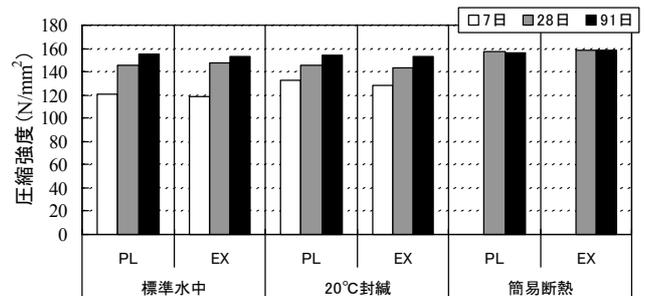


図-2 圧縮強度

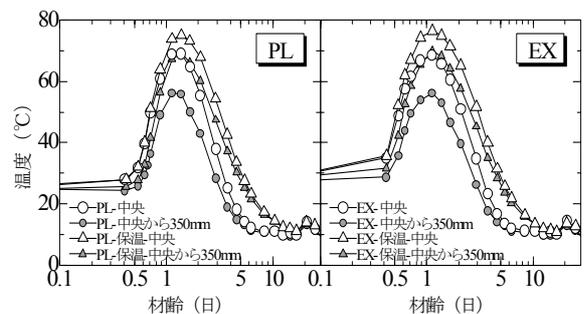


図-3 内部温度履歴

表-1 使用材料

材料	記号	物理的特性など
セメント	C	シカフェルM7 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
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

	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)						練上温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)
		W	C	EX	S	G	F			
PL	14.0	155	1108	-	366	850	3	21.0	74.0	1.8
EX	14.0	155	1088	20	366	850	3	24.5	72.0	2.1

キーワード: 超高強度コンクリート, 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

較して、最高温度が 5~7°C 程度高かった。また、中央部と表層部（中央から 350mm）の温度差が、PL・EX の 10°C 程度に対して、PL-保温・EX-保温は 5°C 程度であり、試験体内部の温度差が小さかった。

3.3 コンクリート・鉄筋のひずみ挙動

RC 柱試験体中段における鉛直方向、水平方向それぞれのコンクリート・鉄筋ひずみを図-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。

鉛直方向のコンクリートひずみについて中央部と表層部（中央から 350mm）を比較すると、最高温度は中央部が表層部より高いにもかかわらず、最高温度時の膨張ひずみは中央部の方が小さい傾向が認められた。これは、若材齢時におけるコンクリート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、水平方向のひずみに着目すると、中央部のコンクリートと表層部の鉄筋（帯筋）ひずみはほぼ同様の挙動であるのに対し、表層部のコンクリートひずみが他と乖離する傾向があった。以上の鉛直・水平方向それぞれで見られた傾向は、EX より PL の方が顕著であった。

PL, PL-保温, EX の鉛直方向のひずみ挙動を見ると、それぞれ材齢 3 日, 10 日, 4 日において、急激なひずみの変動が生じていた。これは、中段付近でひび割れが発生したことを示唆している。EX-保温では、材齢 28 日までこのようなひずみの変動は見られなかった。

3.4 ひび割れ状況

ひび割れ状況の一例を図-5 に示す。PL は表面および主筋・帯筋の周囲に多数のひび割れが生じており、一部のひび割れは貫通していた。PL-保温は、PL と同様に鉄筋周囲に多くのひび割れが生じているものの、表面のひび割れは PL より減少していた。これは、初期に保温養生することにより、試験体内部と表層部の温度差が小さくなったことが一因と考えられる。

膨張材を混和した EX は、内部に若干のひび割れが発生しているものの、鉄筋周囲のひび割れは PL と比較して大幅に減少していた。また、膨張材を混和し、さらに初期保温養生した EX-保温では、内部および鉄筋周囲のひび割れは認められず、最もひび割れ制御効果が大きかった。

4. まとめ

超高強度 RC 柱試験体を作製し、初期ひび割れ制御に対する膨張材の効果を検討した。その結果、膨張材の混和がひび割れ制

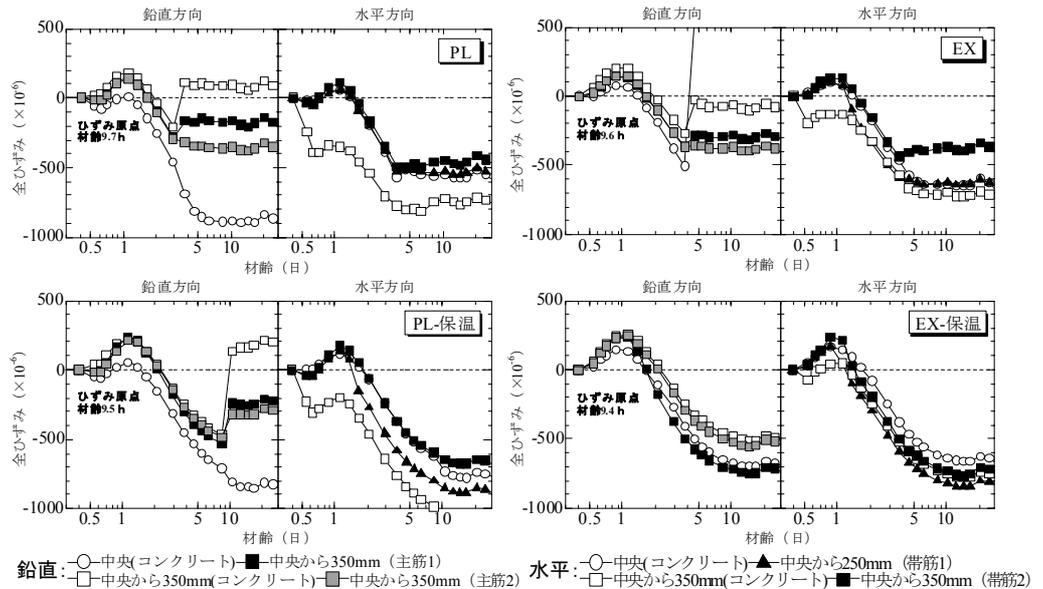


図-4 コンクリート・鉄筋ひずみ挙動

御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・建築関連先導技術開発助成事業」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) 三谷裕二ほか：膨張材による超高強度コンクリートの自己収縮低減効果，土木学会第 65 回年次学術講演会，v -150，pp.299-300，2010.9
- 3) 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，v -442，pp.881-882，2009.9

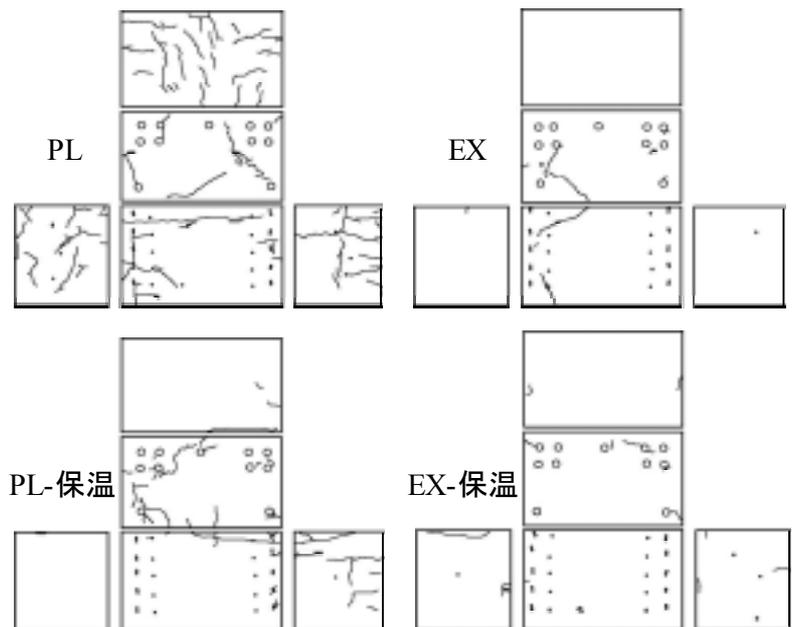


図-5 ひび割れ図