

# 超高強度 PCa コンクリート部材の初期高温養生に関する実験的研究

技術研究所 材工研グループ 中瀬博一  
 技術研究所 材工研グループ 鈴木雅博  
 技術研究所 材工研グループ 川畑智亮  
 技術研究所 材工研グループ 藤井和俊

## 1. はじめに

昨今、建物の超高層化が進み、使用される現場打ちコンクリートの強度レベルは  $\text{Fc}150\text{N}/\text{mm}^2$  までが実用化されている。これらの超高強度コンクリートを、高い品質で安定して施工するためには部材のプレキャスト化が有効であると考えられる。このため、 $\text{Fc}150\text{N}/\text{mm}^2$  級の高強度プレキャストコンクリート部材の実用化を目指し、実機レベルで検討を行ってきた。しかし、低熱系のベースセメントを用いているため、製造時期によっては強度発現が遅く、要求性能を満足するためには日数を要することや、早期出荷を想定した場合、不経済な調合設計を余儀なくされていた。そこで、本研究ではこれらの問題を解決する目的で、コンクリート材齢初期に高温履歴を与え、初期強度発現促進を試みた。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および調合

使用材料を表-1にコンクリート調合を表-2に示す。

### 2.2 コンクリートの練り混ぜ・フレッシュ試験

目標とするスランブフローは  $65 \pm 10\text{cm}$ 、空気量は  $2.0 \pm 1.0\%$  とした。練混ぜは PCa 製品工場既存の実機ミキサ(容量  $2.2\text{m}^3$ )で1バッチ  $1.2\text{m}^3$  練りで行った。供試体は、圧縮強度供試体 ( $\phi 100 \times 200\text{mm}$ )、および部材強度確認用の模擬柱部材とした。圧縮強度試験体は標準養生、簡易断熱養生(JASS 5T-705-2005)、部材同一養生の3種類とした。模擬柱部材の形状、コア抜き箇所および温度測定箇所を図-1に示す。フレッシュコンクリートの測定項目はスランブフロー、フロータイム、空気量、コンクリート温度とした。

### 2.3 模擬柱部材蒸気養生条件

模擬柱部材は打込み後、厚さ  $3\text{mm}$  の断熱シートで覆い、翌日(約17時間後)に脱枠し、素早く再び断熱シートで養生する。蒸気養生は打込み後24時間後からスタートとした。温度設定を図-2に示す。

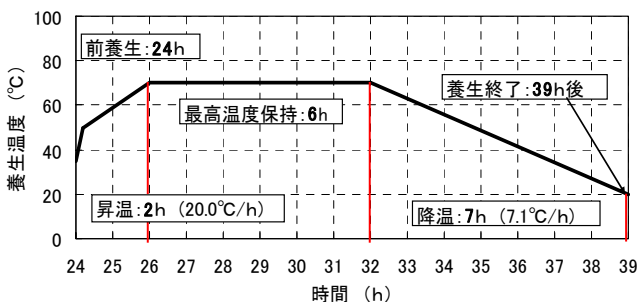


図-2 蒸気養生温度設定

表-1 使用材料

種類	産地・性質	記号
セメント	シリカフェーム混入セメント (密度 $3.08\text{g}/\text{cm}^3$ )	C
細骨材	硬質砂岩砕砂 (密度 $2.58\text{g}/\text{cm}^3$ , 吸水率 $1.20\%$ )	S
粗骨材	硬質砂岩砕石 (密度 $2.63\text{g}/\text{cm}^3$ , 吸水率 $0.84\%$ )	G
混和剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤	SP
繊維	ポリプロピレン (繊維径 $18\mu\text{m}$ , 繊維長 $10\text{mm}$ )	PP

表-2 コンクリート調合

記号	W/C (%)	単位量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )					SP 添加率 (C×%)
		W	C	S	G	PP	
SFC-15	15	155	1033	455	914	2.1	2.50
SFC-19	19	155	816	638	914	1.4	1.85
SFC-23	23	155	674	756	914	0.7	1.45

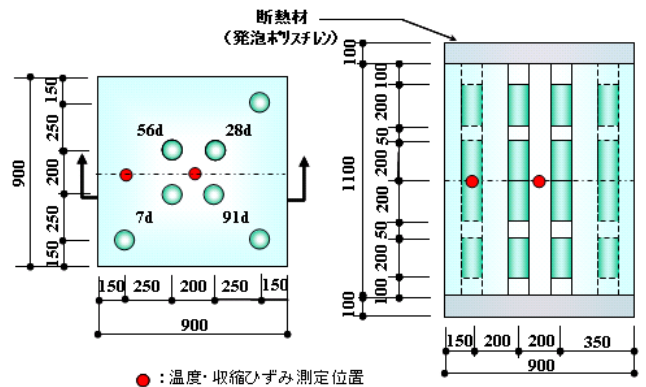


図-1 模擬柱部材

### 2.4 温度履歴養生

実機試験で得られた部材中心部温度履歴をもとに、室内レベルで同一材料・調合で温度履歴養生試験を行った。材齢7日までは温度履歴養生とし、以後は実機試験時での半月ごとの平均気温で養生を行った。

## 3. 実験結果

### 3.1 フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験では、いずれの調合も目標値が得られ、良好な性状であった。

### 3.2 コンクリートの温度履歴

模擬柱部材の中心部・端部、部材同一養生供試体および断熱シート内の温度履歴を図-3に示す。24時間後より図-1に示す設定で蒸気養生を行った結果、断熱シート内温度は、ほぼ設定した温度履歴となった。部材内部温度は一旦、自己発熱により最高点に達した後、蒸気養生による断熱シート内の温度上昇に伴い、再び最高温度を示した。この現象は混和

剤添加量が少なく、凝結時間が短い水セメント比が高い場合に顕著に認められた。また、自己発熱による内部温度上昇は、部材端部・中心部共ほぼ同時であったが、蒸気養生による部材内部温度変化は、部材端部が先行して上昇し、続いて中心部が上昇する傾向であった。部材内部最高温度は W/C=15% で 72.4℃, 19% で 69.2℃, 23% で 66.2℃ であった。部材端部と中心部の最高温度の差はいずれも 2.0℃ 以内であった。部材同一養生供試体の温度履歴は、模擬柱部材とは異なり、断熱シート内の温度履歴と酷似した。

### 3.3 コンクリートの圧縮強度

材齢と圧縮強度の関係を図-4 に示す。

標準養生では、いずれの水セメント比でも材齢 91 日まで圧縮強度の増進が認められ、材齢 91 日強度は W/C=15, 19, 23% の順に、193, 176, 168N/mm<sup>2</sup> であった。

模擬柱部材中心部の材齢 7 日コア強度は、W/C=15, 19, 23% の順に、174, 152, 127N/mm<sup>2</sup> であり、材齢 7 日から 91 日までのコア強度の伸びは、部材端部・中心部とも 3~7% であった。部材表面および部材から抜き取ったコアには、目視で観察できるひび割れは認められなかった。

図-5 に各種養生方法による圧縮強度とコア強度の関係を示す。簡易断熱養生強度と比べ、中心部コア強度は大きく、端部コア強度は小さいが、いずれも差は小さく、初期高温履歴による強度発現の阻害は認められなかった。また、部材同一養生強度と比べ、コア強度はいずれの場合でも大きく、部材同一養生での部材強度管理は安全側の推移であった。温度履歴養生強度とコア強度は高い相関が認められ、高温養生を行った場合でも、部材コンクリートの温度履歴を与えることにより、強度発現性を模擬できると考えられる。

本実験は材齢 7 日までの平均気温が 14.0℃, 材齢 91 日までが 5.8℃ と低温期に行われた。一般的に低熱系セメントベースの結合材を用いた場合、低温期において材齢初期の強度発現は鈍化する。しかし、材齢初期に 70℃ 程度の高温履歴を与えた場合、長期強度増進は抑制されるものの、低温期でも大きな初期強度が得られた。このため、Fc150N/mm<sup>2</sup> 級の超高強度コンクリート部材の材齢 28 日以前の強度保証も可能であると考えられる。

## 4. まとめ

シリカフェーム混入セメントを用いて行った本実験により、低温期でも 24 時間以降の材齢初期に高温履歴を寄与した場合、強度発現を大きく阻害することなく、材齢 28 日以前で Fc150N/mm<sup>2</sup> 級の部材強度が得られた。これにより部材コンクリート温度管理を適切に行うことにより、季節によらず、早期に強度保証が可能であることが明らかとなった。今後、耐久性等についても高い品質を確保するために、これまで得られた結果を踏まえた上で、収縮特性等の諸物性についても検討を加える予定である。

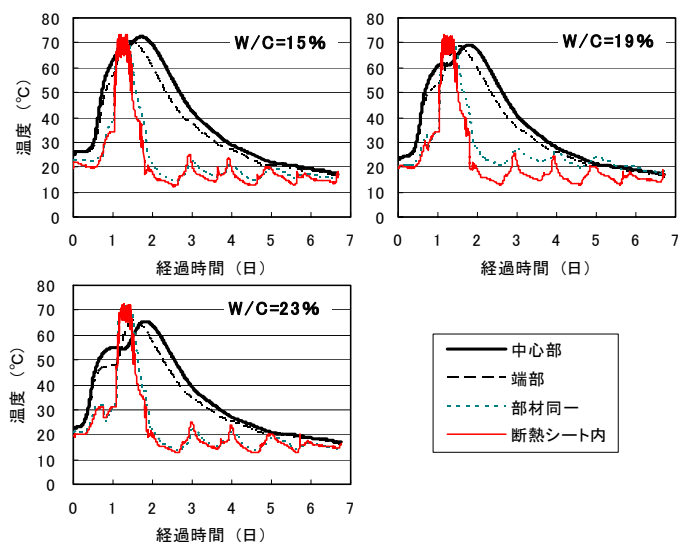


図-3 模擬柱部材内部温度履歴

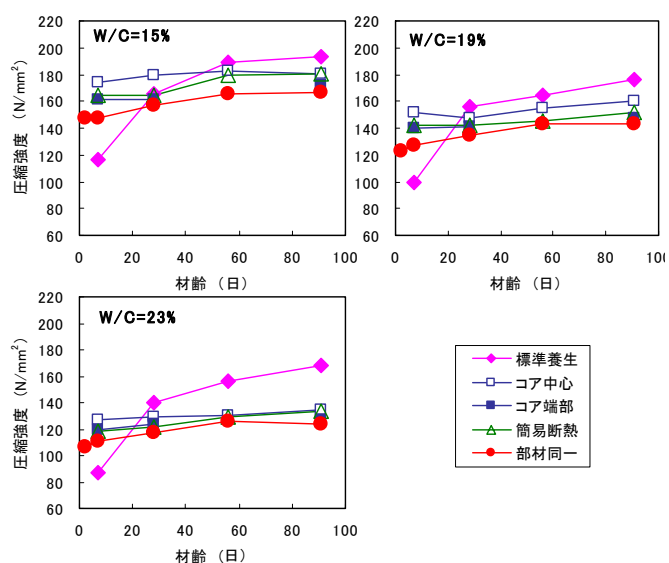


図-4 材齢と圧縮強度

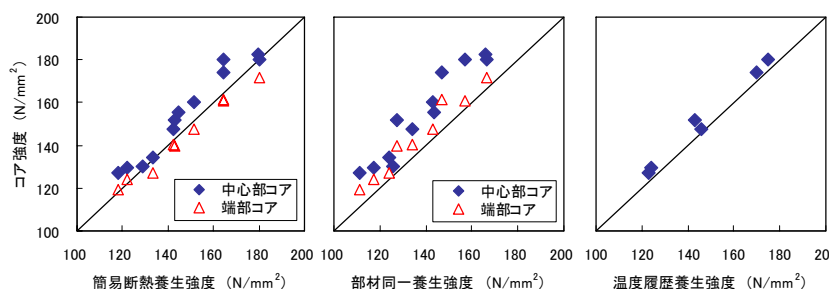


図-5 各種養生方法による圧縮強度とコア強度の関係

**Key Words:** プレキャスト, 超高強度コンクリート, 初期高温養生



中瀬博一

鈴木雅博

川畑智亮

藤井和俊