

アラミド短繊維を用いた高強度繊維補強コンクリートの強度発現に与える促進養生方法の影響

三井住友建設(株) 正会員 ○佐々木 亘, 谷口 秀明, 樋口 正典
京都大学大学院 フェロー 宮川 豊章

1. はじめに

これまでに筆者らは、従来の短繊維補強コンクリート¹⁾と UFC²⁾の間を補完する性能を有する材料として、設計規準強度が 180N/mm^2 までに達しない範囲で比較的高い強度域の短繊維補強コンクリートに関する検討を行ってきた³⁾。本稿では、このような高強度繊維補強コンクリートを用いたプレキャスト PC 部材の製作を想定し、促進養生方法が高強度コンクリートの強度発現に与える影響について検討を行うとともに、アラミド短繊維が促進養生下での強度発現性に与える影響についても若干の確認を行った。

2. 実験概要

養生方法は、プレキャスト PC 部材を想定し、脱型およびプレストレス導入を行うまでの 1 次養生および、その後実施する強度発現のための 2 次養生の 2 段階とした。実際の製品では蒸気による給熱養生を行うことになるが、本実験では、温度制御が可能な恒温恒湿槽を用い、1 次養生では封緘状態、2 次養生では湿潤状態として所定の温度履歴を与えた。昇温および降温速度は、

表-1 養生および配合の条件

シリーズ	1 次養生			2 次養生		配合条件				
	前置き時間 (h)	最高温度 (°C)	保持時間 (h)	最高温度 (°C)	保持時間 (h)	水結合材比 (%)	単位水量 (kg/m ³)	単位粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)	短繊維混入率 (vol.%)	空気量 (%)
1	1	40	13	85	24	19	175	0.200	0	2.0
				85	48					
				50	48					
	1	50	11	85	24					
2	1	40	12	85	24	18	185	0.175	0, 1.0	

それぞれ、1 次養生では 15°C/h および 10°C/h 程度、2 次養生では 15°C/h および 2°C/h 程度とした。2 次養生終了後は温度 20°C 湿度 60% の恒温恒湿室に存置し、圧縮強度は $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体により確認した。試験材齢は 1 次養生後、2 次養生後、材齢 7, 14 および 28 日を標準とした。

養生条件およびコンクリートの配合条件を表-1 に示す。実験はシリーズ 1 およびシリーズ 2 からなり、シリーズ 1 では短繊維を混入しないコンクリートを用い、養生温度の影響を調べた。シリーズ 2 では養生条件は一定とし、短繊維の影響を調べた。標準水中養生による検討³⁾では、短繊維を混入することで圧縮強度や強度発現性に影響を与えることが確認されている。短繊維は既報³⁾でも検討を行っている繊維径 0.5mm 、繊維長 30mm の集束アラミド繊維である。結合材は低熱ポルトランドセメントおよびシリカフュームを用い、シリカフュームの置換率は 10% とした。水結合材比は 19% または 18% とし、骨材は砕砂および砕石を用いた。

3. 実験結果

3.1 養生温度の影響

図-1 に、シリーズ 1 における材齢と圧縮強度の関係を示す。図中には標準水中養生の結果も併せて示している。この図から、本実験の条件で給熱による促進養生を行った場合、2 次養生によって初期材齢でも高い圧縮強度を発現し、その後の圧縮強度の増進は小さいことがわかる。本実験の配合では、脱型時の圧縮強度として、1 次養生を 40°C とした場合には 50N/mm^2 程度、 50°C とした場合には 60N/mm^2 程度が注水から 17 時間程度で得られることがわかった。

2 次養生後の圧縮強度については、1 次養生の最高温度が 40°C の場合、2 次養生の最高温度を 85°C とした場

キーワード：高強度コンクリート、圧縮強度、蒸気養生、アラミド繊維

連絡先：三井住友建設(株)技術開発センター 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 TEL:04-7140-5201

合には最高温度の保持時間に関わらず、 150N/mm^2 程度の圧縮強度が得られ、標準水中養生の材齢 91 日に相当する強度が発現していた。2 次養生の最高温度が 50°C の場合には 130N/mm^2 程度の圧縮強度であり、標準水中養生の材齢 28 日程度であった。先述のとおり、2 次養生以降の圧縮強度の増進は小さく、確認を行った材齢 28 日までの範囲では、2 次養生の最高温度によって圧縮強度が定まる結果となった。一方、1 次養生の最高温度を 50°C とした場合、2 次養生の最高温度を 85°C としても、 130N/mm^2 程度の圧縮強度にとどまる結果となった。一般にコンクリートが初期に高温履歴を受けるとその後の強度発現性が低下するが、これと同様に、1 次養生での温度履歴によっては、2 次養生による強度発現を阻害することを示していると考えられる。

図-2 に -10°C を基準とした積算温度と圧縮強度の関係を示す。積算温度の算出には熱電対を埋め込んだ $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体での測定値を用い、1 次養生の昇温開始時を起点とした。この図より、給熱養生を行った場合、2 次養生終了後の強度増進が停滞していることが明確である。標準水中養生と比較すると、 $10000^\circ\text{C} \cdot \text{h}$ 以下の範囲では、任意の積算温度における圧縮強度は標準水中養生を上回っている。2 次養生後の圧縮強度は、1 次養生の最高温度が 40°C の場合には、積算温度に関わらず 2 次養生での最高温度の影響を受けることが明らかである。

3.2 アラミド短繊維の影響

図-3 にシリーズ 2 における材齢と圧縮強度の関係を示す。1 次養生後の圧縮強度はアラミド短繊維の有無に関わらず 55N/mm^2 程度であった。2 次養生後の圧縮強度はアラミド短繊維の混入により低下³⁾し、本実験での低下率は 5% 程度であったものの、給熱養生による強度発現性は、アラミド短繊維の有無による影響は小さい。すなわち、アラミド短繊維を用いても、シリーズ 1 で確認された給熱養生による圧縮強度の発現特性に与える影響は小さいものと考えられる。

4. まとめ

本実験により、高強度コンクリートに 2 段階の給熱養生を行った場合、(1)圧縮強度は 2 次養生の最高温度の影響を大きく受けること、(2)1 次養生の温度履歴によっては、2 次養生での強度発現性が低下すること、(3)アラミド短繊維を用いても、給熱養生による圧縮強度の発現特性に与える影響は小さいことなどがわかった。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼繊維補強コンクリート設計施工指針（案），1983.3
- 2) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），2004.9
- 3) 佐々木ほか：高強度コンクリートの力学特性に及ぼす各種短繊維の影響，第 21 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.549-554，2012.10

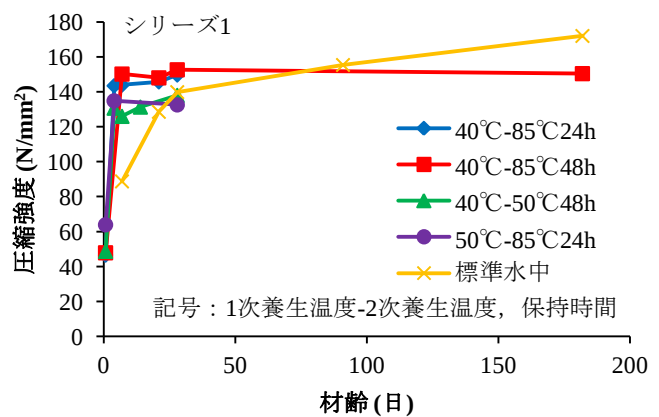


図-1 材齢と圧縮強度の関係（シリーズ 1）

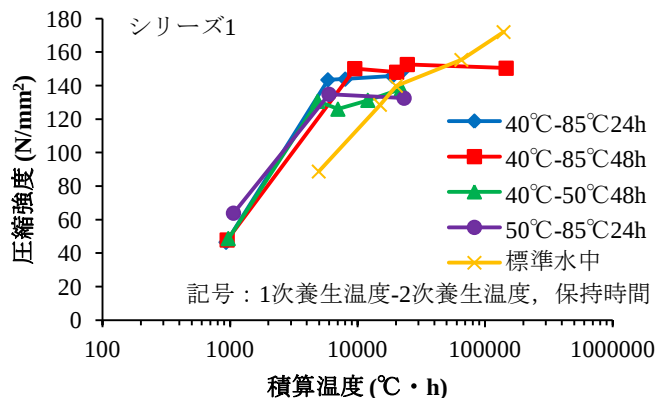


図-2 積算温度と圧縮強度の関係

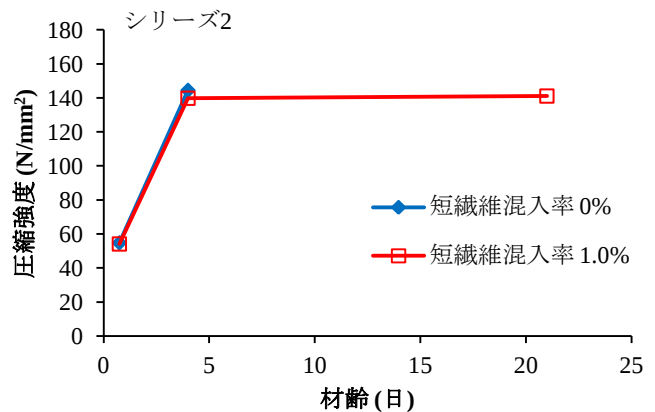


図-3 材齢と圧縮強度の関係（シリーズ 2）