

# 蒸気養生を施したコンクリートの収縮に関する研究

日本コンクリート工業 正会員 尾崎 公則  
正会員 佐藤 聡  
正会員 土田 伸治

## 1. はじめに

プレキャストコンクリートは、通常の現場打設コンクリートと同様に様々な原因によるひび割れが発生することがある。その原因の一つにコンクリートの収縮があるが、プレキャストコンクリートの収縮に着目した報告が少ないのが現状である。本研究は、プレキャストコンクリートの収縮に及ぼす要因として、水セメント比、養生方法および鉄筋比を取り上げ、その影響を長さ変化率により評価したものである。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および配合

使用材料は、普通ポルトランドセメント、硬質砂岩砕砂(比重:2.61、吸水率:1.22)・砕石(比重:2.62、吸水率:0.73)、 $\beta$ -ナフタリン系高性能減水剤とし、スランプは $8\pm 2.5\text{cm}$ とした。また、配合表を表-1に示す。

### 2.2 実験計画

本研究では、大きく分けて以下の2つの実験を実施した。

実験1では、表-2のように、水セメント比、養生方法、鉄筋比による影響について検討した。なお、 $s$ (拘束鉄筋比)は、1%(14mm)、3%(19.5mm)、5%(25.2mm)とし、鉄筋は、 $s:1\%$ は、PC鋼棒、3、5%は軟鋼を使用し、全ネジ式とした。養生方法は、20℃水中養生および蒸気養生(前置き2h、昇温65℃/2h、保持4h後徐冷、18h後脱型)とした。

実験2では、表-3のように、蒸気養生方法による影響について検討した。実験に用いた配合は、表-1のW/C:40%の1種類とし、拘束鉄筋比は1%とした。昇温時間は、20℃/h、保持時間は、昇温開始から降温開始までのマチュリティ(290℃・h)が同じ値(保持時間:50℃-4h45m、65℃-3h、80℃-1h45m)となるようにした。また、養生後は、恒温室に放置した。

### 2.3 実験方法

コンクリートの練混ぜには、100%強制練りミキサを用い、セメント、細・粗骨材を投入し、60秒間練り、次に水、減水剤を投入し、120秒間練った。供試体は $10\times 10\times 40\text{cm}$ とし、長さ変化率の測定はJIS A 6202に準じて行った。

## 3. 結果および考察

### 3.1 実験1

実験1の長さ変化率測定試験の結果を図-1~図-2に示す。図-1より、若材齢(7日)程度においては、水セメント比が小さい程、収縮率が幾分大きい。材齢1年ではほとんど差がない結果となった。これは、本実験では拘束鉄筋

キーワード: プレキャストコンクリート、蒸気養生、収縮、拘束鉄筋比

連絡先: 〒308-8522 茨城県下館市伊佐山北宿218-3 日本コンクリート工業(株)研究所

Tel: 0296-28-3396、Fax: 0296-28-3886、E-mail: h\_ozaki@star.ncic.co.jp

表-1 配合表

W/C (%)	s/a (%)	混和剤混入率 (%)	単位水量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
30	41	1.0	150
35	43	0.8	158
40	45	0.6	160
47	47		165
56	51		168

表-2 実験1の要因と水準

養生条件及び その後の放置条件	W/C (%)				
	30	35	40	47	56
脱型後、20℃水中					
蒸気後、恒温室(20℃)					
蒸気後、外気放置					

$s$ :  $s$ (鉄筋比)=1%、 $s$ :  $s=1, 3, 5\%$ (水中のみ1、5%)

表-3 実験2の要因と水準

		前置き時間			
		1h		2h	
		降温時間		降温時間	
最高温度	50				
	65				
	80				

筋の長さ変化を測定していることから、全収縮の中には自己収縮と乾燥収縮が合計されており、自己収縮は水セメント比が小さい程大きく、蒸気養生により早い時期に発生し、乾燥収縮は水セメント比が大きい程大きく、それらが合計されて大差のない結果となったことが考えられる。図-2 より、養生方法の違いによる長さ変化率の差は、蒸気養生後の養生条件(恒温室もしくは外気)によって差があり、1年後において恒温室で養生した供試体の収縮率は、外気養生の場合の2倍程度となった。外気で養生した供試体の収縮率が恒温室より小さいのは、外部からの水の供給と微小ひび割れ面の未水和セメント粒子の反応による自己癒着<sup>1)</sup>が1つの要因として考えられる。また、水中養生を実施した場合、菊ら<sup>2)</sup>の実験結果と同様、幾分膨張する傾向を示した。次に、鉄筋比の違いによる長さ変化率の差は、図-2 から分かるように、鉄筋比が大きくなるにつれ、長さ変化率は、小さくなる傾向を示した。この傾向は、大島<sup>3)</sup>らの試験結果とも一致する。また、鉄筋比が1%に比べ5%の場合100 $\mu$ 程度小さくなることから、鉄筋量が多い程、コンクリートは鉄筋の拘束比より引張力が作用し、ひび割れが入りやすいことが想定できるが、コンクリートにはクリープの作用や、鉄筋の配置によって、一概に鉄筋比が多い程、ひび割れが入りやすいとは言えない。しかし、プレキャストコンクリートの接続金具などの角からひび割れが入りやすいことから、拘束の条件によっては、ひび割れ発生の可能性が考えられる。

### 3.2 実験 2

実験 2 の分散分析した結果を図-3 に示す。図-3 より、蒸気養生条件と収縮率の関係は、前置き時間は短いほど、最高温度は高いほど、降温時間は短いほど、収縮率は大きくなる傾向を示した。前置き時間が短いと、収縮率が大きくなるのは、緻密な組織ができないこと、細孔が多くなることが考えられる。最高温度が高く、降温時間が短い場合に収縮率が大きくなるのは、脱型時におけるコンクリート中の水の蒸発量増加による細孔中の水分の逸散が考えられる<sup>4)</sup>。

## 4. まとめ

本研究の結果をまとめると、以下のようになる。

- (1) プレキャストコンクリートにおいて、水セメント比の相違による収縮率の差はほとんど見られない。
- (2) 初期養生後の放置条件の違いにより、収縮率に差が生じる。
- (3) 鉄筋比が大きいほど収縮率は小さくなる傾向にある。
- (4) 蒸気養生条件として、前置き時間は短いほど、最高温度は高いほど、降温時間は短いほど、収縮率は大きくなる。

### 【参考文献】

- 1) 田澤栄一：セメント・コンクリート中の水の役割、コンクリート工学、Vol.32、No.9、1994.9
- 2) 菊、他：遠心成形を施した膨張コンクリートの膨張率に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、1998
- 3) 大島、他：鉄筋により拘束される場合のコンクリートの乾燥収縮、セメント・コンクリート、No.314、Apr.1973
- 4) 長滝、他：高強度コンクリートの乾燥収縮及びクリープの特性、コンクリート工学、Vol.20、1982.4

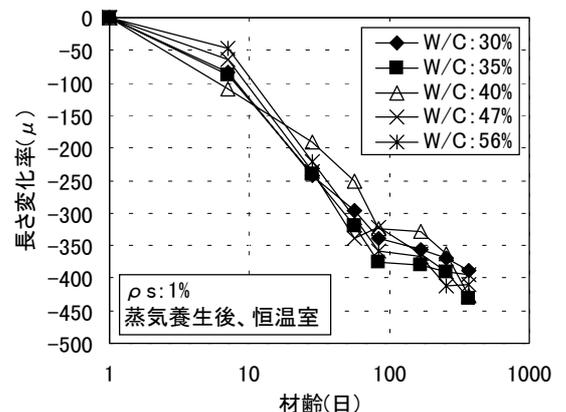


図-1 水セメント比による影響(恒温室)

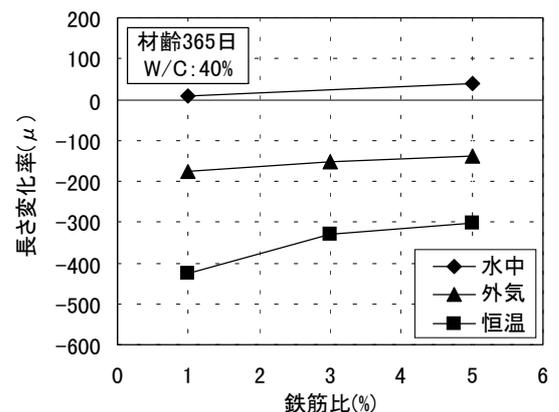


図-2 養生方法・鉄筋比による影響

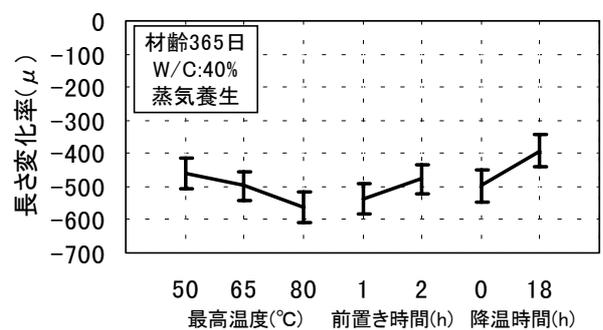


図-3 養生条件と長さ変化率の関係