

## 前養生時間が異なるコンクリートの蒸気養生中のひずみ挙動

## Behavior of strain during steam curing of concrete with different pre-curing times

○下村 彩夏\*, 長谷川 凌太\*\*, 緒方 英彦\*\*\*, 兵頭 正浩\*\*, 周藤 将司\*\*\*\*

○Shimomura Ayaka, Hasegawa Ryouta, Ogata Hidehiko, Hyodo Masahiro and Suto Masashi

## 1. はじめに

プレキャストコンクリートの品質は、蒸気養生を開始するまでの前養生時間の影響を受けることが知られているが、蒸気養生中のひずみの挙動を検討した事例は少ない。そこで本研究では、配合が異なる2種類のコンクリートを用いて、前養生時間を始発時間前、終結時間後とした場合の蒸気養生中のひずみを測定し、考察を加えた。

## 2. 試験概要

本研究に用いる供試体は、表1に示す2種類のコンクリート(A:二次製品メーカーで製造, B:鳥取大学の実験室内で製造)で作製したφ100×200mmの円柱供試体である。供試体中央には、測温機能付きひずみゲージ(PMFL-50T, 東京測器研究所)を埋設した。前養生時間は、表2に示すコンクリートの凝結時間試験(JIS A 1147)を踏まえて設定し、始発時間前をSとして、A配合(AS), B配合(BS)ともに95分、終結時間後をLとして、A配合(AL)365分、B配合(BL)500分とした。蒸気養生の温度履歴を表3に示す。最高温度保持終了後はA・Bともに蒸気供給を停止し徐冷した。蒸気養生中の熱膨張率は、昇温によって温度が上昇しひずみが増加する区間で求めた。材齢28日の供試体の長さを超音波伝播速度は、供試体中心の埋設物を避けた3点の測定値の平均で求めた。

## 3. 結果と考察

蒸気養生槽内温度、供試体中心温度及びひずみを図1に示す。ここで、供試体は、形状維持のため、プラスチック製の型枠に入れたまま蒸気養生に供した。図中の点線は(1)昇温、(2)最高温度維持、(3)徐冷の開始時間を示す。図では、蒸気養生開始を0分、ひずみを0としてプロットしている。供試体中心温度は、蒸気養生槽内温度よりも少し遅れて推移している。AS・BSは昇温に伴いひずみが増加したが、AL・BLは

表1 配合

Table 1 Mix proportions

配合	W/C [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m <sup>3</sup> ]				
			W	C	S	G	AE剤
A	46.0	43.0	175	381	730	1,023	1.71
B	52	38.4	165	317	692	1136	0.0127

A:セメント:普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm<sup>3</sup>), 細骨材:加工砂(密度2.58g/cm<sup>3</sup>, 粗粒率3.05), 粗骨材:砕石1505(密度2.72g/cm<sup>3</sup>, 粗粒率6.40), 混和剤:マイティ2ILV(密度1.05g/cm<sup>3</sup>), コンクリート用空気連行剤マイティAE-03(0.03C<sub>w</sub>%)

B:セメント:普通ポルトランドセメント(密度3.15g/cm<sup>3</sup>) 細骨材:岡山県産の砕砂と鳥取県産の砂丘砂を重量換算で等量, 混合した混合砂(密度2.58g/cm<sup>3</sup>, 吸水率1.60%), 粗骨材:山口県産安山岩砕石(密度2.68g/cm<sup>3</sup>, 吸水率0.91%), 混和剤:AE剤(シーカコントロール101AER)

表2 凝結時間試験

Table3 Setting time test

配合	始発		終結	
	時間(分)	貫入抵抗値(N/mm <sup>2</sup> )	時間(分)	貫入抵抗値(N/mm <sup>2</sup> )
A	280	4.8	375	30.4
B	310	3.5	485	28.2

表3 温度履歴

Table3 Temperature history

配合	昇温			最高温度保持
	40°C/h (0.5h)	50°C/h (0.5h)	40°C/h (0.25h)	
A	40°C/h (0.5h)	50°C/h (0.5h)	40°C/h (0.25h)	75°C (2.25h)
B	20°C/h (1.5h)			60°C (3h)

\* 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科国際乾燥地科学専攻 Department of Dryland Science, Graduate School of Sustainability Science, Tottori University \*\*鳥取大学農学部生命環境農学科 Department of Life and Environmental Agricultural Sciences, Tottori University \*\*\*鳥取大学大学院連合農学研究科 The United Graduates School of Agricultural Sciences, Tottori University \*\*\*\*松江工業高等専門学校環境・建設工学科 Department of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Technology, Matsue College

キーワード: プレキャストコンクリート, 凝結時間試験, 始発時間, 終結時間

一定時間経過した後にはひずみが増加した。AS・BSは、供試体内部に多量の水を含み、水蒸気の侵入も少なく、供試体の上下で水分量に差がないと考えられる。一方、AL、BLは、蒸気養生槽内と供試体内の温度差及び湿度差に加えて、水和反応も進行中で毛細管空隙も多くあると考えられ、露出している打設面からの水蒸気の侵入が多いと考えられる。そのため、ひずみが増えなかったのは、打設面からの水蒸気圧の作用で、温度上昇に伴う中心部の膨張が制限されたためだと考えられる。その後のひずみの増加は、供試体中心温度の上昇及び水蒸気圧の作用の軽減のためであると考えられる。また、徐冷後に温度が低下しても全ての供試体においてひずみが保持された。これは、蒸気養生による膨張が進んだ状態で硬化したこと、コンクリートの凝結及び硬化段階における熱膨張率の違いが関係していると考えられる。

材齢 28 日における各供試体の長さおよび超音波伝播速度を表 4 示す。W(A 配合:AW, B 配合:BW)は蒸気養生をせず材齢 28 日まで水中養生(20±1℃)をしたもの、S と L は蒸気養生終了後に材齢 21 日まで気中養生(20±1℃)、その後 1 週間水中養生(20±1℃)したものである。供試体長さは A, B とともに S が W, L よりも大きく、超音波伝播速度は小さくなった。これは、始発時間前に蒸気養生の影響を受けた S は過大な膨張が生じ、また粗大な空隙ができたためだと考えられる。終結時間後に蒸気養生の影響を受けた L は、膨張が制限されたために長さへの影響が少なく、水蒸気の影響で打設面の密実性が低下したために超音波伝播速度が W よりも小さくなったと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、前養生時間が異なるコンクリートの蒸気養生中のひずみを測定し、終結時間後に蒸気養生を行った供試体における昇温時のひずみ挙動及び全ての供試体で確認された徐冷後のひずみ挙動の二つについて考察を加えた。また、始発時間前に蒸気養生を施したコンクリートは長さが増加し、密実性が低下するのに対し、終結時間後の蒸気養生では長さに変化はなく、密実性のみが低下することが確認された。

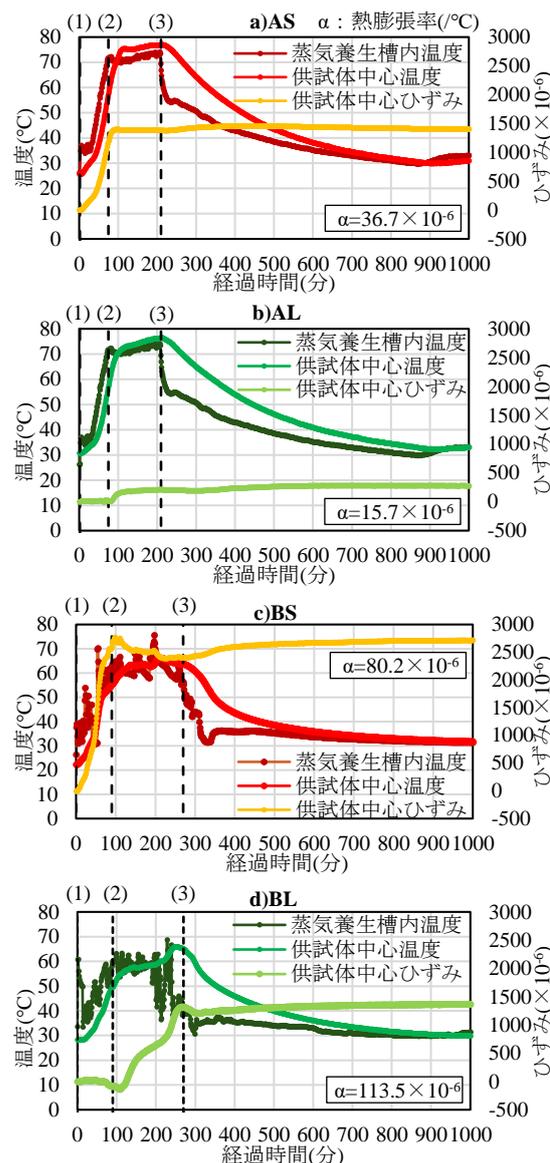


図 1 蒸気養生開始後の蒸気養生槽内温度、供試体中心温度およびひずみと経過時間 a) AS, b) AL, c) BS, d) BL

Fig. 1 Temperature inside the steam curing chamber, specimen center temperature, specimen center strain, and elapsed time after the start of steam curing a) AS, b) AL, c) BS, d) BL

表 4 材齢 28 日における供試体の長さおよび超音波伝播速度  
Table 4 Specimen length and Ultrasonic velocity at the age of 28 days

記号	長さ (mm)	超音波伝播速度 (m/s)
AW	199.04	4,678
AS	201.41	3,727
AL	199.18	4,498
BW	198.96	4,787
BS	201.43	4,218
BL	198.90	4,562