

# 超高強度コンクリートの収縮応力低減化に関する研究

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 中瀬博一  
 技術研究所 藤井和俊

## 1. はじめに

都市建築における超高層建築や橋梁桁高制限あるいは高耐久化からコンクリートの高強度化が要求され、圧縮強度 150N/mm<sup>2</sup>クラスの構造物の構築も可能となってきている。しかし、超高強度コンクリート(以下UHSCと示す)は、水和熱に起因した温度上昇量が高く、かつ、自己収縮ひずみも大きくなることが知られており、ひび割れのリスクが生じる。

収縮応力低減の方法には、膨張材や収縮低減剤を混入する方法が提案されている。しかし、膨張材の有効性は圧縮強度 100N/mm<sup>2</sup>以下の範囲であり、圧縮強度 120 N/mm<sup>2</sup>を超えるUHSCに用いた場合の検討はほとんどない。また、温度履歴を与えた供試体の膨張材や収縮低減剤による収縮低減効果に関しては、実構造物と同等の温度履歴を受けた場合の検討はほとんどない。

そこで、本研究では、練上がり温度を 10, 20 および 30℃として、膨張材と収縮低減剤を混入した場合と混入しない場合のUHSCの自己応力供試体をそれぞれ作製し、実構造物の温度履歴を再現する簡易断熱養生と 20℃封緘養生との比較により収縮応力低減効果を確認する実験を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および配合

セメントには、低熱ポルトランドセメントとシリカフェームとのプレミックス材(記号 SFLC, 密度 3.08g/cm<sup>3</sup>, 比表面積 6330cm<sup>2</sup>/g)を使用した。混和材には、膨張材(記号 EX, 密度 3.08 g/cm<sup>3</sup>, 石灰系)を使用した。細骨材には砕砂(表乾密度 2.62g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 2.50%)を、粗骨材には砕石(最大寸法 20mm, 表乾密度 2.94g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 0.38%)を使用した。混和剤には収縮低減剤(記号 SRA, 低級アルコール系)を使用した。

配合表を表-1に示す。検討する配合は2種類とし、水結合材比 15%とし、単位水量および単位粗骨材量を同一とした。配合名 SFLC ではセメント種類 SFLC, 配合名 SFLC-E-R では SFLC に膨張材と収縮低減剤を混入した配合とした。

練混ぜは、モルタル先練りとし、細骨材と結合材とを 15 秒練混ぜ、水と混和剤を添加後にモルタル練りを実施し、最後に粗骨材を投入し 60 秒練り混ぜた。モルタル練りの時間は配合名で SFLC180 秒、配合名で SFLC-E-R240 秒とした。

### 2.2 試験方法

#### 2.2.1 供試体寸法と試験条件

20℃封緘養生の自己収縮ひずみ供試体寸法は、JCI 自己収縮委員会の試験方法に準拠し、100×100×400mmとした。練上がり温度 10, 20℃, 30℃の封緘養生および簡易断熱養生

表-1 配合

配合	(W+SR)/B*	C 種類	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
			W	C**	EX	S	G	SRA
SFLC	0.15	SFLC	155	1033	-	451	940	-
SFLC-E-R	0.15	SFLC	149	998	35	450	940	6

\* : B(結合材)=C+EX+SF, \*\* : SFLC or N

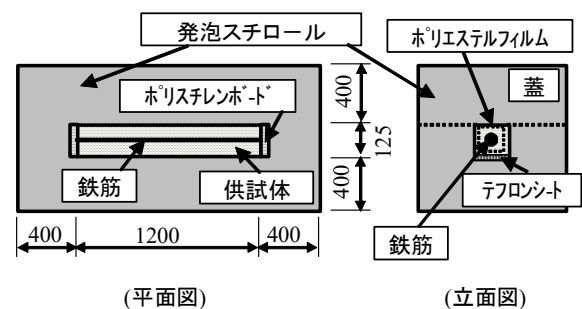


図-1 簡易断熱養生自己応力供試体

した自己応力供試体と簡易断熱養生自己収縮ひずみ供試体の寸法は、125×125×1200mmとした。この供試体寸法は、後述する発泡スチロール厚 400mm の簡易断熱養生箱を用いた自己収縮・自己応力試験体の中心部と 900×900×1100mm の柱模擬部材中心部のコンクリート温度の最大値がほぼ一致するように決定した。自己応力試験で埋設する鉄筋の鉄筋比は 0.608, 0.985 および 2.01% の 3 種類とし、JCI 自己収縮委員会の試験方法に準拠して実施した。

#### 2.2.2 温度条件

全ての配合で練上がり温度を 10, 20 および 30℃として試験を行った。自己応力試験と自己収縮試験の養生条件は、簡易断熱養生とした。図-1 に簡易断熱養生した自己応力供試体の試験状況を示す。厚さ 400mm の発泡スチロールの型枠に打設した。コンクリートと発泡スチロールとの拘束を防止するため、テフロンシートとポリエチレンフィルムを設置した。材齢 7 日で脱枠し、その間の供試体はビニールで覆い、乾燥を防止した。脱枠後の養生は、全面を厚さ 0.05mm のアルミ箔テープで覆い、温度 20℃, 60%R.H.の室内にて静置した。

## 3. 試験結果および考察

### 3.1 コンクリート温度履歴供試体のコンクリート温度

簡易断熱した供試体の温度履歴を配合 SFLC の例を図-2 に示す。図中の模擬部材部材中心は部材寸法 900×900×1100 の部材中心温度である。コンクリート打ち込みからコンクリ

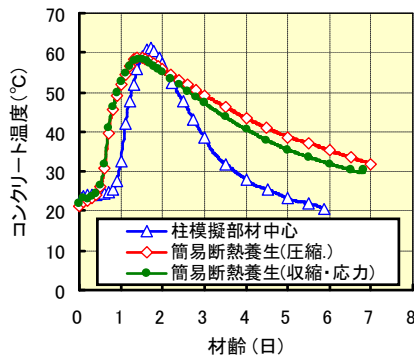


図-2 各養生条件の温度履歴(20°C)

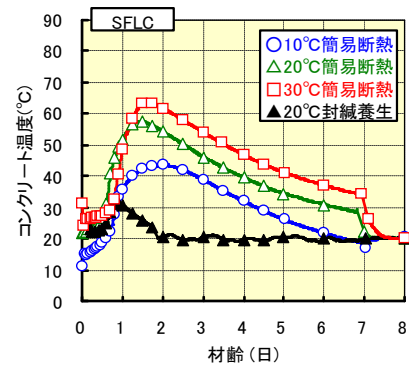


図-3 SFLCの自己応力供試体の温度履歴

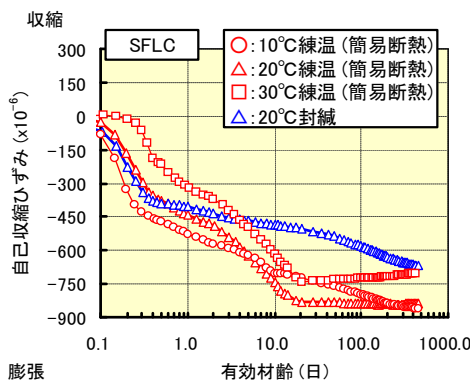


図-4 SFLCの自己収縮ひずみ経時変化

ート温度が最大となる時点までの簡易断熱した供試体と柱模擬部材のコンクリート温度の経時変化がほぼ一致した。配合SFLCの各練混ぜ温度の温度履歴を図-3に示す。

### 3.2 圧縮強度

20°C練温における簡易断熱養生供試体の材齢91日の圧縮強度は、配合SFLCで162N/mm<sup>2</sup>、配合SFLC-E-Rで150N/mm<sup>2</sup>であった。

### 3.3 自己収縮ひずみ

図-4に配合SFLCの自己収縮ひずみの経時変化を示す。簡易断熱養生供試体の自己収縮ひずみは20°C封緘養生と比較して大きくなり、自己収縮ひずみの温度依存性が認められた。図-5に配合SFLCとSFLCの各練上がり温度の自己収縮ひずみの経時変化を示す。膨張材と収縮低減剤を併用することにより、自己収縮ひずみは大きく低減した。配合SFLCの簡易断熱養生した自己収縮ひずみは、練上がり温度が小さいほど自己収縮ひずみが小さくなったが、有効材齢100日でほとんど差が生じない結果となった。配合SFLC-E-Rでは有効材齢30日から後膨張することが認められた。

### 3.4 自己応力

図-6に配合SFLCとSFLC-E-Rの各練上がり温度の自己応力の経時変化を示す。配合SFLCの自己応力は約2.0N/mm<sup>2</sup>に対して、膨張材と収縮低減剤を併用することにより0.5N/mm<sup>2</sup>となり自己応力の低減が認められた。なお、後膨張した配合では圧縮側に転じた。

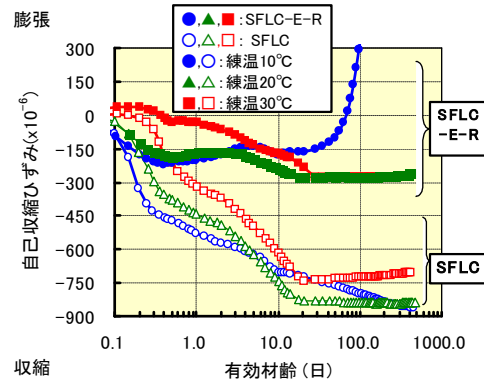


図-5 SFLCとSFLC-E-Rの自己収縮ひずみ

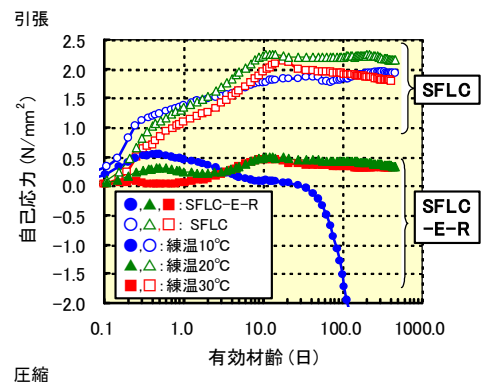


図-6 SFLCとSFLC-E-Rの自己応力経時変化

## 4. まとめ

超高強度コンクリートの自己収縮ひずみの温度依存性試験の結果、SFLCは簡易断熱養生した場合には自己収縮が大きくなることや、膨張材を混入することにより自己応力が低減するが、練温の低い場合に後膨張することなどが判明した。

**Key Words:** 超高強度コンクリート、自己応力、水和発熱、膨張材、収縮低減剤



鈴木雅博 中瀬博一 藤井和俊