

## フライアッシュを用いた高強度コンクリートの収縮特性について

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○田中 章梧  
 室蘭工業大学大学院 学生会員 齋藤 隆明  
 室蘭工業大学 正会員 菅田 紀之

## 1. はじめに

近年、環境問題への配慮としてコンクリート用混和材の利用が推進されている。フライアッシュは石炭火力発電所から排出される石炭灰の一種であり、セメントに混和することでセメントの使用量を抑えることができ、CO<sub>2</sub>削減に有効である。また、セメントを多く用いる高強度コンクリートにおいてはより削減効果が期待できる。しかしながら、フライアッシュを用いた高強度コンクリートは検出例が少ない。さらに、フライアッシュを用いたコンクリートは初期強度の低下を引き起こすため、改善が求められる。

本研究ではフライアッシュを混入した高強度コンクリートの収縮特性を明らかにするために、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメントの2種類のセメントを用いて、自己収縮および乾燥収縮試験を行った。

## 2. 実験の概要

## 2.1 使用材料および配合

本研究において高強度コンクリートの製造に使用した結合材および配合を表-1、表-2に示す。本研究では水結合材比(W/B, B=C+FA)を30%とし、フライアッシュ置換率(FA/B)を0%, 10%, 20%および30%の4種類、計8ケースに設定した。全ケースにおいて単位水量を165kg/m<sup>3</sup>、細骨材率を49%とした。

## 2.2 収縮試験および質量変化試験

収縮試験は図-1に示すように、直径100mm、高さ200mmの円柱供試体中央に埋込型ひずみゲージを配置して測定を行った。自己収縮試験は、練り混ぜ直後に型枠に打ち込み、封かん状態とした供試体を20°Cの恒温室内で保管した。測定期間は7日程度とした。乾燥収縮試験は、20°Cで材齢7日まで封かん養生したのち供試体を脱型し、温度20°C、相対湿度60%の試験環境で乾燥を行った。測定期間は84日間とした。また、同時に質量も測定し、質量減少率を算出した。

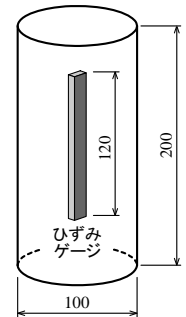


図-1 収縮試験供試体

## 3. 実験結果および考察

## 3.1 自己収縮

図-2に自己収縮ひずみの結果を示す。両セメントにおいて、フライアッシュ置換率が高いほど自己収縮が低減した。これは、フライアッシュ混入によって水和反応が緩慢になるためだと考えられる。また、早強セメントを用いたコンクリートは、普通セメントを用いたコンクリートと比べて、材齢3日程度までの自己収縮が低減していることがわかる。

表-1 結合材

材料	特性
Cn	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16g/cm <sup>3</sup> 比表面積: 3,220cm <sup>2</sup> /g
Ch	早強ポルトランドセメント 密度: 3.14g/cm <sup>3</sup> 比表面積: 4,660cm <sup>2</sup> /g
FA	JIS II種 密度: 2.29g/cm <sup>3</sup> 比表面積: 4,170cm <sup>2</sup> /g

表-2 配合

配合名	W/B (%)	FA/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								28日強度 (N/mm <sup>2</sup> )
				W	Cn	Ch	FA	S	G	SP	AF (g)	
NFA00	30	0	49	165	550	-	0	861	890	3.08	9.24	108
NFA10		10			495	-	55	852	881	2.97	8.91	102
NFA20		20			440	-	110	844	872	2.86	8.58	95
NFA30		30			385	-	165	835	863	2.75	8.25	86
HFA00		0			-	550	0	850	882	2.97	8.91	102
HFA10		10			-	495	55	842	873	2.95	8.84	98
HFA20		20			-	440	110	833	864	2.88	8.65	90
HFA30		30			-	385	165	825	855	2.77	8.32	80

キーワード フライアッシュ, 高強度コンクリート, 自己収縮, 乾燥収縮

連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 TEL 0143-46-5200

### 3.2 乾燥収縮

図-3に乾燥収縮試験の結果を示す。両セメントにおいて、フライアッシュ置換率が高いほど乾燥収縮が増大した。ここで、収縮を毛細管張力説に基づいて考えると、乾燥収縮量には環境条件の他、空隙構造、コンクリート内部の未水和水の量、セメントペーストの剛性などが影響すると考えられる。これをもとにフライアッシュ置換率が高いほど乾燥収縮が増大したことを考察すると、フライアッシュ置換率が高いほど初期の水和反応が緩慢になったことで、乾燥開始時にコンクリート内に残存水が多く含まれていたこと、そして、ペーストの剛性が低減したことが影響していると考えられる。また、早強セメントを用いたコンクリートは、普通セメントを用いたコンクリートより乾燥収縮が低減していることがわかる。これは、早強セメントによって初期の水和反応が促進し、コンクリート内の残存水が減少し、ペーストの剛性が增大したことが影響していると考えられる。

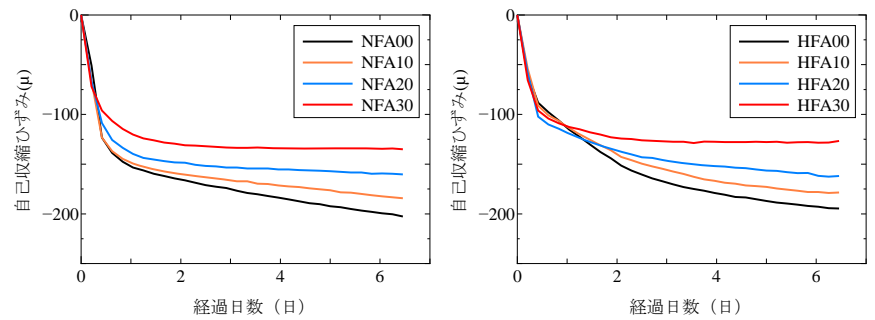
### 3.3 質量減少率と乾燥収縮ひずみの関係

図-4に質量減少率と乾燥収縮ひずみの関係を示す。同一質量減少率における乾燥収縮の大小は空隙構造およびペーストの剛性の影響を受けた結果と考え考察する。両セメントにおいて、フライアッシュ置換率が高いほど同一質量減少率における乾燥収縮が小さい。このことから、置換率が高いほど空隙が粗大化していることが考えられる。また、早強セメントを用いた場合、普通セメントと比べて同一質量減少率における乾燥収縮は置換率が高いほど大きくなることわかる。これは初期の水和反応が促進したことで空隙が緻密化したためだと考えられる。ここで、図-3の材齢と乾燥収縮ひずみの関係をみると、置換率が高いほど乾燥収縮ひずみは増大し、早強セメントを用いることで乾燥収縮ひずみは低減している。そのため、空隙の大小が乾燥収縮ひずみに及ぼす影響は小さく、残存量やペーストの剛性による影響が大きいと推定できる。以上より、フライアッシュ置換率が高いほど乾燥収縮が低減する要因は、水和反応が緩慢になることで、コンクリート内の残存水が増加し、ペーストの剛性が小さくなることであると推定できる。また、早強セメントを用いることで初期の水和反応が促進され、コンクリート内の残存水が減少し、ペーストの剛性が增大したことにより、収縮が低減したと考えられる。

4. まとめ

本研究の結果、フライアッシュを混入した高強度コンクリートの収縮特性について以下のことが明らかになった。

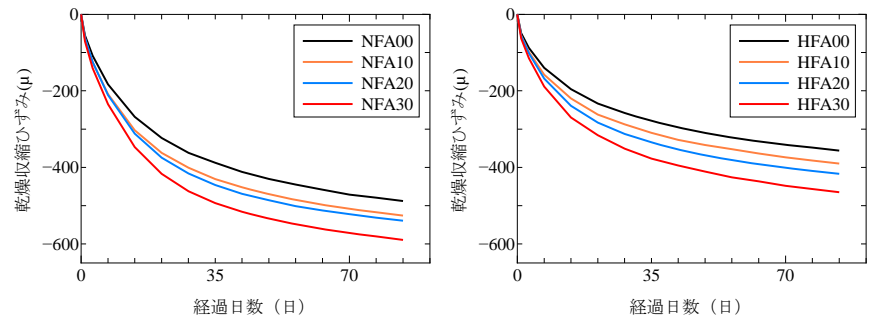
- 1) フライアッシュ置換率が高いほど自己収縮は低減され、早強セメントを用いることで材齢3日程度までの自己収縮が低減される。
- 2) フライアッシュ置換率が高いほど乾燥収縮は増大し、早強セメントを用いることで乾燥収縮は低減される。



(a) 普通セメント

(b) 早強セメント

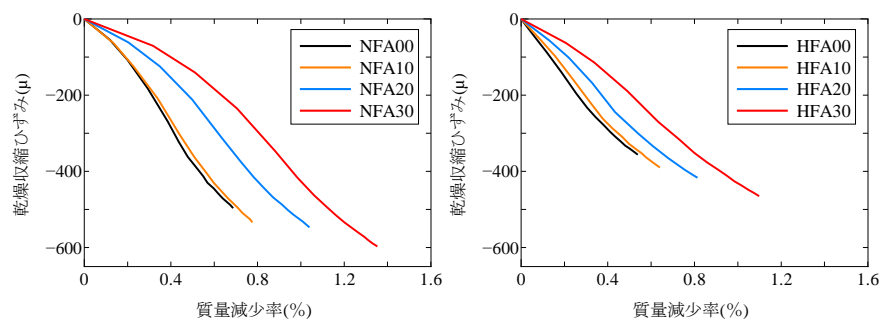
図-2 自己収縮ひずみ



(a) 普通セメント

(b) 早強セメント

図-3 乾燥収縮ひずみ



(a) 普通セメント

(b) 早強セメント

図-4 質量減少率と乾燥収縮ひずみの関係