

廃瓦粗骨材によるフライアッシュ混入コンクリートの内部養生効果

広島大学大学院
中国電力(株)
中国高圧コンクリート(株)
広島大学大学院

学生会員
正会員
正会員
フェロー会員

○温品 達也
清木 祥平
中川 信矢
佐藤 良一

1. はじめに

火力発電所からの副産物として大量に発生するフライアッシュを用いたコンクリートは、普通コンクリートよりも初期強度が低く、長い養生期間を必要とするため、構造部材への適用事例はほとんどない。一方、高強度コンクリート(HSC)の自己収縮低減のため人工軽量骨材などの多孔材料を使用した内部養生法が用いられる場合があるが、置換率の増加とともに強度が低下していく問題がある。これらに対し、近年強度が高く、適度な吸水率を有する廃瓦を HSC の内部養生材に利用する研究が行われ、高強度化と自己収縮低減に有効であると結果が報告されている¹⁾。

本研究は、上記の成果に着目し、湿潤養生を不可欠とするフライアッシュコンクリートに対して廃瓦を内部養生材として用い、その力学性能向上に対する効果を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

使用材料を表1に示す。廃瓦粗骨材は3日間吸水させたのち、表乾状態にしたものを使用した。石灰石砕砂は、コンクリートの流動性向上を目的に使用した。水結合材比(W/B)は0.5, 0.4, 0.3および0.2とし、フライアッシュおよび廃瓦は、容積で、セメントの20%および粗骨材の40%をそれぞれ置換した。混和剤には、W/B=0.5, 0.4の場合はAE減水剤およびAE助剤を、W/B=0.3, 0.2の場合には高性能減水剤および消泡剤を使用した。配合の一例を表2に示す。表中のG40は廃瓦置換率40%を、FA20はフライアッシュ置換率20%を示す。養生条件および強度試験材齢を表3に示す。

2.2 測定方法

測定項目は、圧縮強度、ヤング係数、細孔径分布(材齢 7, 28 日)、自己収縮量である。自己収縮量は 100×100×400mm の封緘角柱供試体を用い、凝結開始から 24 時間まではレーザー変位計(精度 1/1000mm)で、その後はコンタクトゲージ法によって測定した。

表1 使用材料

使用材料		記号	特性等
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度3.16g/cm ³ 比表面積3260cm ² /g
混和材	フライアッシュ(JISⅡ種)	FA	密度2.13g/cm ³ 比表面積3200cm ² /g
細骨材	砕砂(東広島市黒瀬産)	S	表乾密度2.60g/cm ³ 吸水率1.13%
	石灰石砕砂(戸高産)	LS	表乾密度2.70g/cm ³ 吸水率0.93%
粗骨材	碎石(山口県産硬質砂岩)	G	表乾密度2.67g/cm ³ 吸水率0.56% 破砕値12% 最大寸法20mm
	廃瓦粗骨材(江津産)	CG	表乾密度2.24g/cm ³ 吸水率8.58% 破砕値21% 最大寸法20mm
混和剤	AE減水剤	混和剤	リグニンスルホン酸塩 とポオカシカルボン酸 ポリカルボン 酸系化合物
	高性能減水剤		

表2 配合表 (W/B=0.2)

配合記号	W/ (C+FA)	空気量 (%)	s/a	単位量(kg/m ³)							
				W	C	FA	混合砂			G	CG
							S	LS			
NC	0.2	2.0	0.46	145	825	-	406	282	688	806	-
G40-NC				146		-				484	255
FA20			0.43	147	660	165	366	254	620	806	-
G40-FA20				148						484	255

表3 養生条件

養生方法	0日	1日	～	7日	～	28日
気中養生	打設・シール養生	脱枠		圧縮・割裂		圧縮・割裂
封緘養生	封緘養生			気中養生		
封緘養生	打設・シール養生			脱枠・圧縮・割裂		脱枠・圧縮・割裂
水中養生	打設・シール養生	脱枠		圧縮・割裂		圧縮・割裂
	封緘養生			水中養生		

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、内部養生法、廃瓦

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科構造材料研究室 TEL 082-424-7786

3. 実験結果

Fig.1 に封緘養生した場合の材齢 28 日の圧縮強度と B/W の関係を示す。図中の B/W は、廃瓦中の水分($\Delta W=24\text{kg}$)を単位水量に含めた総水量を W(単位水量: $165\text{kg}+\Delta W: 24\text{kg}$)としたものを含めない場合の結果を示している。実際の水和反応に使われる水量は、練り混ぜ水の水のみの水量と総水量の間にあると考えられる。内部養生水を無視した場合の $B/W=2.0, 2.5, 3.3, 5.0$ は、考慮すれば、 $B/W=1.7, 2.2, 3.3, 4.4$ となる。

Fig.1 によれば、①内部養生した普通コンクリート(G40-NC)およびフライアッシュコンクリート(G40-FA20)の圧縮強度は、いずれも対応する内部養生しないコンクリート(NC, FA20)よりも大きい、②G40-FA20 は、内部養生水を考慮すると全 B/W の範囲で、NC と同等以上の強度を示し、その効果は、B/W が大きくなるほど顕著となる、③しかし、内部養生効果は、NC にもみられ FA コンクリートで卓越するというわけではない。内部養生と FA の組み合わせ効果は長期材齢において現れる可能性があるので 91・365 日材齢などによる検討を行っていく予定である。

一例として、 $W/B=0.2$ の封緘養生・28日材齢における累積細孔径容積を Fig.2 に、細孔径分布を Fig.3 に示す。これによれば、内部養生により、総細孔径容積が減少しているが、G40-FA20 は G40-NC よりも細孔径 $0.02\sim 0.004\mu\text{m}$ の空隙が多い。しかし、 $0.1\sim 0.7\mu\text{m}$ の毛細管空隙は、内部養生のない場合に比べ小さい。これは廃瓦の内部養生機能によってセメントペーストの水和反応が促進され、その水和生成物によって組織が緻密化したためと考えられる。

Fig.3 に $W/B=0.2$ における自己収縮ひずみを示す。この図に示されているように、内部養生をすれば、初期の自己収縮は大きく、その後漸減することがわかる。また、内部養生により材齢 28 日における自己収縮ひずみは、FA の有無に拘わらず、50%程度低減できることがわかる。しかし、この低減効果は、FA より NC の方が高い。

4. 結論

- (1) 廃瓦粗骨材で内部養生したフライアッシュコンクリート(G40-FA20)の圧縮強度は、内部養生水を考慮した場合の $W/B=0.5\sim 0.2$ の範囲で廃瓦無置換の普通コンクリート(NC)のそれと同等以上で、 W/B が小さくなるにつれ両者の差は顕著になる。
- (2) $W/B=0.2$ 、材齢 28 日の G40-FA20 の累積細孔径容積、 $0.1\sim 0.7\mu\text{m}$ の毛細管空隙量は、いずれも NC より小さく、また緻密である。
- (3) 自己収縮ひずみは、フライアッシュ置換の有無に関わらず廃瓦の内部養生効果によって、50%程度低減された。

参考文献

- 1) 鈴木雅博, 丸山一平, 川畑智亮, 佐藤良一; 廃瓦粗骨材を用いた超強度コンクリートの変形と拘束応力に関する検討, コンクリート工学年次論文集, vol.29, No.1, pp651~656, 2007.

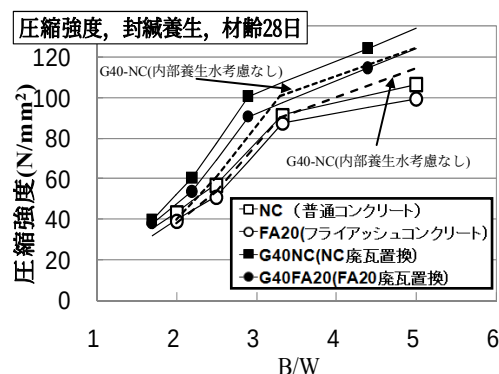


図 1 圧縮強度

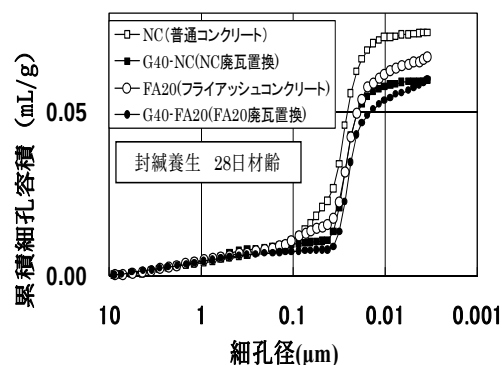


図 2 各種コンクリートの累積細孔径容積

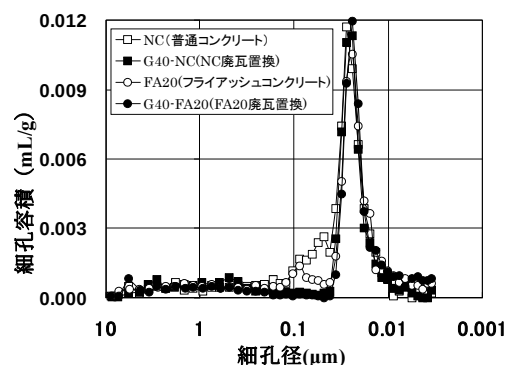


図 3 細孔径分布

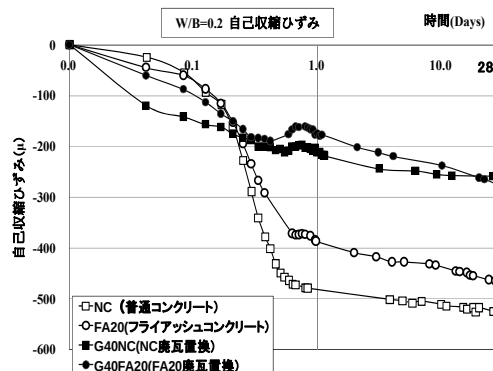


図 4 自己収縮ひずみ