外国産籾殻灰を混入したコンクリートの乾燥収縮に関する実験

パシフィックコンサルタンツ㈱　正会員　○樋口　祐治
名古屋工業大学大学院　正会員　上原　匠
名古屋工業大学大学院　正会員　梶原　教裕

１．はじめに

近年、東南アジアの稲作地帯において大量に排出される籾殻が、火力発電所の生物資源燃料として利用され始めてきている。これは省資源の上でも有効であることが認識されているが、年々増加傾向にある電力需要に伴い籾殻灰の発生量も増加することから、その籾殻灰を排出時の状態で有効利用することの検討も今後必要と考えられる。既往の研究[(1)]において、籾殻灰混入コンクリートにおけるワーカビリティー改善方法については検討が重ねられてきているが、実際の使用で問題となる自己収縮を含む収縮挙動についての検討はまだまだ十分ではない。粉体材料は、マイクロフィラー効果の観点からは収縮の低減が、ワーカビリティー確保を目的とする単位水量の増加の観点からは収縮の増加が考えられるが、それらが及ぼす影響に関しては予測式[(2)]を含め十分検討されているとは言えないのが現状である。そこで、本研究では今後の有効活用のために実験による長さ変化の把握を実施するとともに、籾殻灰混入コンクリートの特に乾燥収縮挙動に対して予測式の適用性の観点からも検討を行った。

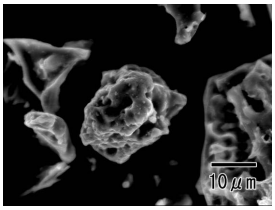

写真１　集塵籾殻灰

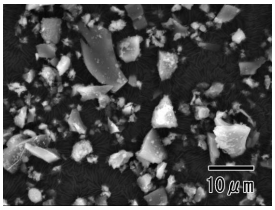

写真２　粉砕籾殻灰

２．実験概要

本研究では籾殻灰を体積比 25%で内割置換したコンクリートのフレッシュ性状、硬化後の各種物性の把握を目的に実験を行った。本概要では乾燥収縮特性を主として記載する。また、乾燥収縮試験結果を用いて土木学会予測式への適応も検討した。本実験における使用材料を表 1 に、示方配合を表 2 に示す。籾殻灰の混入によりワーカビリティーの悪化が懸念されることから、全種類にて単位水量は 175kg/m^3 とした。また、水結合材比 50%で籾殻灰による影響の把握を目的としたシリーズを 1、単位水量一定で水結合材比 40%、50%、60%の 3 水準を設定して、水セメント比による影響把握を目的としたシリーズを 2 とした。混和材料には、集塵籾殻灰（写真 1）と、それを粉砕した粉砕籾殻灰（写真 2）ならびに膨張材を使用し、膨張材はメーカーが定める収縮補填における基準量を混入し、混和剤は高性能 AE 減水剤を Base でのスランプ 10cm を目安に設定した値を参考にシリーズ 1 で 1.0%、シリーズ 2 で 2.0%とした。乾燥収縮試験用には 100×100 ×400mm の供試体を用い、1 供試体につき 3 箇所の距離の平均をとれるようにゲージプラグを貼り付けた。養生は 20℃の恒温室内で型枠養生を行い、材齢 1 日で脱型後、同恒温室内にて材齢 7 日まで水中養生を行った。水中養生後、恒温恒湿機を用いて温度 30℃湿度 60%一定の条件で乾燥収縮試験を行った。

表１　使用材料

材料名		名称・規格等	識別記号	物性値・緒元
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：3290cm^2/g
水		上水道水	W	密度：1.00g/cm^3
混和材	籾殻灰	集塵籾殻灰 (火力発電所から排出された状態で使用)	RHA	密度：2.41g/cm^3　平均粒径：80.1μm 比表面積：321000cm^2/g　未燃カーボン：3.5%
		粉砕籾殻灰 (上記のものを微粉砕処理を施したもの)	B-RHA	密度：2.38g/cm^3　平均粒径：19.0μm 比表面積：255000cm^2/g　未燃カーボン：3.9%
	膨張材	エトリンガイト・石灰複合系	EX	密度：3.12g/cm^3　比表面積：3800cm^2/g
細骨材	砕砂	瀬戸産砕砂	S	表乾密度：2.67g/cm^3　絶乾密度：2.64g/cm^3 吸水率：1.24　粗粒率：2.77
粗骨材	砕石	瀬戸産砕石2005	G	表乾密度：2.72g/cm^3　粗粒率：6.78 吸水率：0.31%　実績率：58.2%
混和剤	高性能AE減水剤	ポリカルボン産系　標準形Ｉ種	SP	密度：1.06～1.12g/cm^3

表２　配合表

	配合名	W/B (%)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3) W	C	S	G	RHA	B-RHA	EX	SP [(C+B)×(%)]
シリーズ1	Base	50	50.0	2	39.6	175	350	734	1141	-	-	-	1.0
	RHA		66.5				263			67	-	-	1.0
	B-RHA									-	66	-	1.0
	RHA-EX		72.0				243			67	-	20	1.0
シリーズ2	RHA40	40	53.4	2	39.6	175	328	705	1095	83	-	-	2.0
	RHA50	50	66.5				263	734	1141	67	-	-	2.0
	RHA60	60	79.9				219	778	1204	56	-	-	2.0

キーワード：籾殻灰、混和材、粉体、乾燥収縮
連絡先：〒466-8555　名古屋市昭和区御器所町　電話：052-735-5502　FAX：052-735-5502

３．実験結果

長さ変化率試験の結果を図 1 に示す。図 1 より、シリーズ 1 では籾殻灰供試体は B-RHA を除くと、Base に比べて長さ変化率は大きくなった。B-RHA と RHA の長さ変化率はほぼ同等となり、粉砕によって変化する粒形性状は長さ変化率にあまり影響を及ぼさない結果となった。シリーズ 2 では RHA40 に比べて RHA50 と RHA60 は長さ変化率に差が生じた。また、RHA と RHA50 に差が生じた。これは、籾殻灰の混入量や化学混和剤量、さらにポゾラン反応速度などが影響したのではないかと推察される。

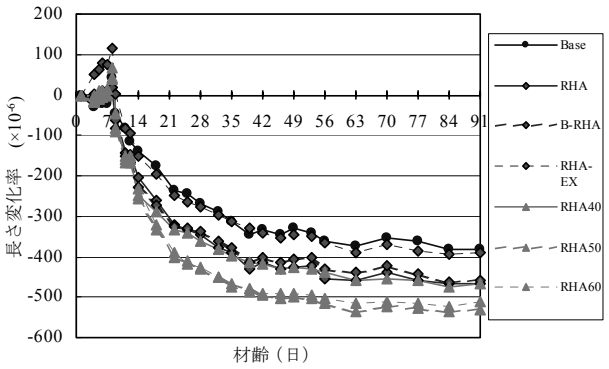

図１　長さ変化率試験結果

質量変化率試験の結果を図 2 に示す。なお、質量変化率は材齢 7 日に測定した質量を基準として変化率を求めた。図 2 より、全シリーズにおいて籾殻灰を多く含む供試体の質量変化率は小さくなる傾向を示した。これは籾殻灰の写真 1 に示すような多孔質な性状が起因したと考えられる。なお、シリーズ 1 では、乾燥開始直後には B-RHA のみ急な傾きで質量変化が生じていることが観察されたが、要因に関してはさらなる実験的検討が必要とされる。

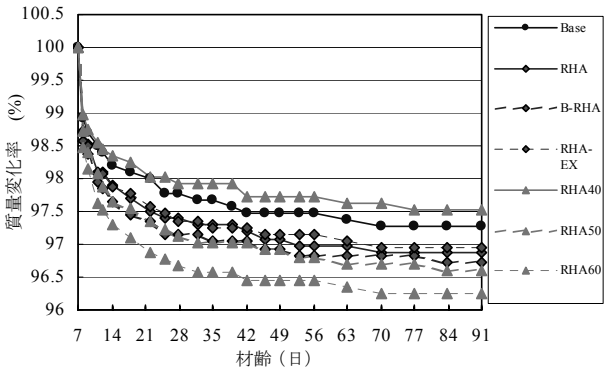

図２　質量変化率試験結果

次に、コンクリートの長さ変化率試験結果における実測値と、土木学会式から得られた予測値を比較することで予測式への適応を検討した。予測値と実測値の相関図を図 3 に示す。なお、RHA-EX は式の条件に適さないため除外した。図 3 より、実測値が予測値よりも小さいため、全般的にプロットは中央からやや右下寄りに多くある結果となり、籾殻灰を混和したコンクリートのほうが 1：1 直線に近く、Base が最も離れている結果となった。これは 30℃という試験条件が起因した結果であると推察される。また、土木学会式には混和材の影響を加味する係数などの補正がなく、本実験における乾燥収縮のデータを基に、さらなる予測式の構築およびデータのサンプリングに役立てることで、粉体系材料の利用や基本環境下から少し逸脱した環境においても精度の高い予測式の構築につなげる研究が必要であると考える。

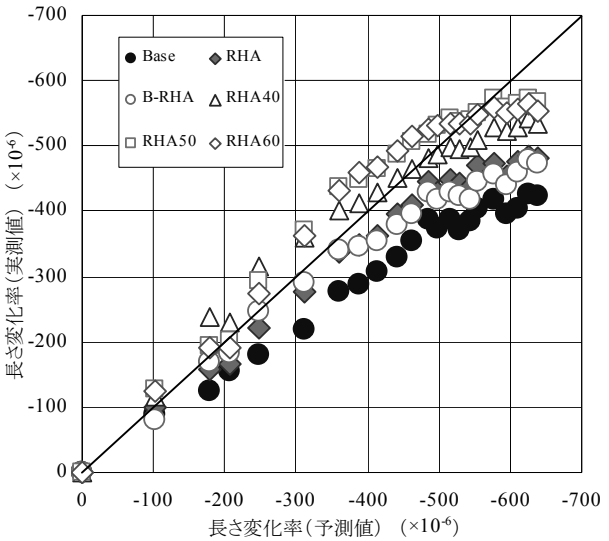

図３　長さ変化予測値-実測値相関図

４．まとめ

(1) 単位水量一定条件下では、籾殻灰混入コンクリートは無混入のものに比べ、収縮における長さ変化率が同等もしくは大きくなる傾向が現れた。なお、収縮量は通常の許容値内に収まることが明らかとなった。

(2) 乾燥収縮予測式の適応については、粉体系材料の混和という条件が土木学会式にその影響を加味する係数などの補正がないため、式への適応および構築を検討するためには、さらなる実験データの収集が必要と考えられる。

参考文献

(1) 梶原教裕ほか：「外国産籾殻灰を混入したコンクリートのワーカビリティー改善に関する研究」土木学会第 63 回年次学術講演会　pp.817～818　2008.9

(2) (社)土木学会：コンクリート標準示方書（2007 年制定）設計編、2007