

大阪府立大学農学部 正員○石黒 覚 長谷典彦 正員 桑原孝雄
京都大学工学部 正員 宮川豊章 中研コササント 正員 小林茂広

1. はじめに

農業の副産物であるもみ殻の焼却灰は、高含有で二酸化けい素を含有し高いボゾラン活性を有しているの
で、コンクリート用混和材としての有効利用の可能性が国内および国外でも多く報告されている。本研究で
は、もみ殻灰をコンクリート用混和材として有効利用する場合の基礎的データを得るため、焼成方法や粉碎
条件の異なるもみ殻灰について、それらの物理的・化学的特性を調べた。さらに、これらのもみ殻灰を混和材
としてコンクリート供試体を作成し、圧縮強度性状に及ぼす影響を実験的に検討した。

2. もみ殻灰の物理的・化学的諸特性

本研究では、実験に使用した三種類のもみ殻灰をRHA10、RHA60 および
RHAF10と呼んで区別する。ここで、RHA10 およびRHA60 は、外国から輸
入したもみ殻灰をボールミルによりそれぞれ10分および60分粉碎して作
製したものである。RHAF10は、国内で市販されているもみ殻くん炭を、
簡易の焼却炉で燃焼させたときの灰を、ボールミルにより10分粉碎して
作製したものである。

各もみ殻灰の化学成分を表-1に示す。この分析結果から分かるよう
にもみ殻灰の主成分は二酸化けい素であり、各もみ殻灰には90%以上の
二酸化けい素が含まれている。表-2は、もみ殻灰の比重、ブレン法
による比表面積および電気伝導率差を表している。ここで、電気伝導率
差 Δ (mS/cm) は、Luxan¹⁾ らにより提案されたボゾラン材料の活性
を評価するための指標であり、 $\Delta < 0.4$ のとき活性無し、 $0.4 \leq \Delta < 1.2$ のとき普通程度の活性、 $\Delta \geq 1.2$ のとき高活性とする判定基
準が示されている。この基準によると本実験で用いたもみ殻灰は、
その電気伝導率差 Δ が全て1.2 以上であり、高活性といえる。

図-1は、RHA10 およびRHA60 の粒度分布を表している。粉碎時
間を変えて作製したこれらのもみ殻灰のメジアン径は、それぞれ、
16 μ m および 6 μ m 程度である。図-2は、もみ殻灰のX線回折結
果を表している。

この結果によ
ると、RHAF10では
クリストバライトのピークが認
められ、また、
15~25 度付近の
ピークの形状か
らガラス質の存
在が推定される。

一方、RHA10 およびRHA60 では結晶質である石英のピークが明瞭に認められ、クリストバライトに相当する
ピークは存在しない、また、RHAF10と同様に、15~25 度付近のピークの形状からガラス質の存在が推定され

Satoru Ishiguro, Norihiko Hase, Takao Kuwabara, Toyoaki Miyagawa, Shigehiro Kobayashi

表-1 もみ殻灰の化学成分

成分	初殻灰	RHA10 (RHA60)	RHAF10
SiO ₂	92.1	90.8	
Al ₂ O ₃	1.1	0.4	
Fe ₂ O ₃	0.5	0.1	
CaO	0.7	1.0	
MgO	0.3	0.2	
SO ₃	0.0	0.0	
Na ₂ O	0.03	0.1	
K ₂ O	1.21	1.5	
強熱減量	3.3	5.1	

単位 (%)

表-2 もみ殻灰の比重、比表面積
および電気伝導率差

	初殻灰	RHA10	RHA60	RHAF10
比 重	2.16	2.16	2.15	
比表面積 (cm ² /g)	21800	29400	21700	
電気伝導率 差 Δ (mS/cm)	2.56	2.68	2.74	

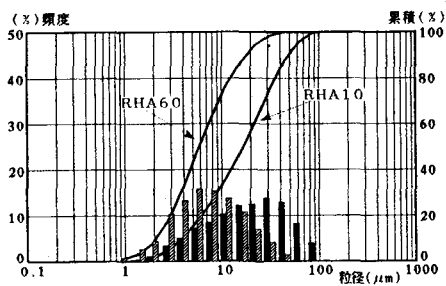


図-1 もみ殻灰の粒度分布

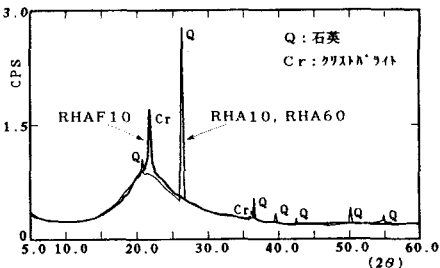


図-2 もみ殻灰のX線回折図

る。このように二種類のもみ殻灰でX線回析パターンが異なっているのは、焼成方法の相違が一因と考えられる。

3. コンクリートの圧縮強度性状

実験に用いたコンクリートの配合を表-3および表-4に示す。使用材料は、普通ポルトランドセメント、粗骨材（碎石、最大寸法20mm、比重2.61、粗粒率6.90）および細骨材（海砂、比重2.56、粗粒率2.76）である。混和材としてRHA10 およびRHA10を用いた配合では、結合材（セメント+もみ殻灰）に対して内割りで最高30% まで灰を混入した。また、混和材としてRHA60 を用いた配合では、最高40%まで灰を混入した。混和材としてもみ殻灰を混入すると無混入のコンクリートに比べてワーカビリティが低下するので、これを改善するために高性能A E減水剤を結合材量の0~3%の範囲で使用した。

もみ殻灰混入率とコンクリート圧縮強度の関係を図-3ならびに図-4に示す。また、共振法による動弾性係数およびコンプレッソメータによる静弾性係数の測定結果を図-5に表す。これらの実験結果より、RHA60 を混入したコンクリートの圧縮強度は、材令3日、7日においては混入率の多いものほど低下するが、材令28日および91日の長期材令では逆に増大することがわかる。そのときの強度増加率は、混入率40%において 40~50%にも達している。また、RHA10 およびRHA10を混入したコンクリートにおいては、材令3日、7日の早期材令においても混入率が10%および20%程度では強度の低下は認められない。さらに、材令28日および91日の長期材令になると、RHA60 の場合と同様に混入率の多いものほど圧縮強度の増大する傾向が現れている。このときの強度増加率は40%程である。

4. おわりに

本研究で使用した三種類のもみ殻灰については、90%以上の高含有で二酸化けい素を含んでいること、電気伝導率差の指標による活性評価の結果は高活性であることなどが分かった。また、これらのもみ殻灰を混入したコンクリートの長期強度は、無混入のものに比べてかなり増大することが本実験結果より確かめられた。

<参考文献>

- 1) M.P.Luxan et al: Rapid Evaluation of Pozzolanic Activity of Natural Pozzolans by Conductivity Measurement, Cement and Concrete Research, vol. 19, pp. 63~68, 1989
- 2) 杉田修一他：高活性もみ殻灰製造法とそれを用いたコンクリートの性質，コンクリート工学年次論文報告集, vol. 15, pp. 321~326, 1993

表-3 コンクリートの配合 (RHA10, RHA10使用の場合)

配合種類 混入率	Gmax (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 (%)	w/c (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m³)				
						W	C	RHA	S	G
0%	20	7~10	3 ± 1	55	44	155	282	—	817	1060
10%	20	7~10	3 ± 1	55	44	172	282	31	782	1014
20%	20	7~10	3 ± 1	55	44	194	282	71	737	956
30%	20	7~10	3 ± 1	55	44	222	282	121	680	883

表-4 コンクリートの配合 (RHA60 使用の場合)

配合種類 混入率	Gmax (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 (%)	w/c (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m³)				
						W	C	RHA	S	G
0%	20	10~14	3 ± 1	55	46	185	336	—	800	957
10%	20	10~14	3 ± 1	55	45	185	303	34	776	968
20%	20	10~14	3 ± 1	55	44	185	269	67	754	978
30%	20	10~14	3 ± 1	55	44	185	236	101	748	971
40%	20	10~14	3 ± 1	55	44	185	202	135	742	963

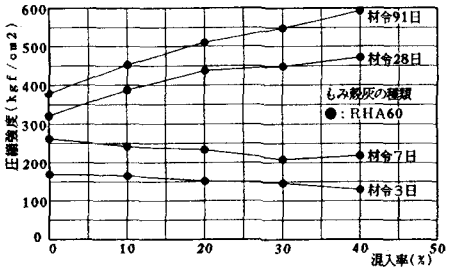


図-3 圧縮強度—もみ殻灰混入率の関係 (RHA60 使用の場合)

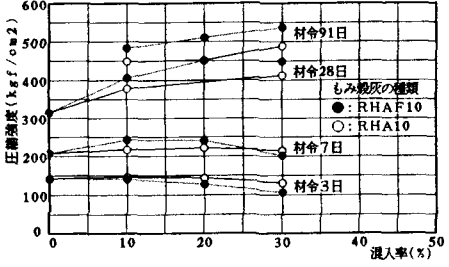


図-4 圧縮強度—もみ殻灰混入率の関係 (RHA10, RHA10使用の場合)

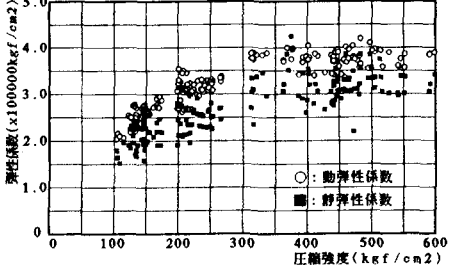


図-5 弾性係数—圧縮強度の関係