

籾殻灰のコンクリート用混和材料への適用性について

THE POTENTIALS OF RICE HUSK ASH AS ADMIXTURE

原田耕司*・高橋秀樹**

by Koji HARADA and Hideki TAKAHASHI

1. はじめに

フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末は、マスコンクリートの温度応力の抑制、コンクリートの耐久性の改善あるいは長期強度の増加を目的として、コンクリート用の混和材料として使用されている。しかし、これらの材料を混和したコンクリートは、強度発現が遅く、型枠の取り外し時期等に留意する必要がある。フライアッシュ等の強度発現性が遅い原因は、コンクリートの品質を改善するポゾラン反応や潜在水硬性が、セメントの水和反応より遅く作用するためである。

ポゾラン反応あるいは潜在水硬性を早く作用させるには、混和材料の比表面積を大きくして、水と反応する面積を大きくすることが有効である。例えば高強度コンクリート用に使用されているシリカフェームの比表面積は、 $200,000\text{cm}^2/\text{g}$ であり、ポゾラン反応の作用が速い¹⁾。

一方、籾殻を焼成して粉碎した籾殻灰は、粒子構造がポーラスであるため、比表面積がシリカフェームと同程度である。また、化学成分もシリカフェームに近い²⁾。したがって、籾殻灰は、コンクリート用の混和材料として適用できる可能性が高いと考えられる。

本研究では、籾殻灰のコンクリート用混和材料としての適用性を検討する。すなわち、籾殻灰の化学成分や物理性状を把握し、さらにモルタル試験を実施して考察を加えた。

*西松建設株式会社九州支店土木部

(福岡市中央区警固 2-17-30)

**西松建設株式会社技術研究所技術研究部

(大和市下鶴間 2570-4)

2. 実験概要

2. 1 試験項目

(1) 化学成分および物理性状

籾殻灰、シリカフェーム、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末について以下の内容の試験を実施した。

①化学成分： $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{CaO}, \text{ig.loss}$ を測定した。

②電気伝導率試験³⁾： $40 \pm 1^\circ\text{C}$ で管理された $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 200ccの飽和溶液の電気伝導率を初期値として測定した後、乾燥して粉碎されたサンプルを5g投入し、ガラス棒で攪拌しながら2分後の電気伝導率を測定した。

(2) モルタル試験

モルタルの配合は、結合材：標準砂=1：2、水結合材比=65%として、混和材の混和率は、セメントに対する内割りで、0、10、20、30、40および50%とした。また、今回の試験では、混和剤によるコンシステンシーの調整は行わなかった。以下にモルタル試験で実施した試験項目を述べる。

①フロー試験：JIS R 5201に準拠した。

②単位容積重量試験：内径7.6×高さ8.8cmの容器にモルタルを3層で入れ、振動を加え十分締め固めた後重量を測定した。

③圧縮および曲げ試験：JIS R 5201に準拠した。材齢3、7、28、91日で試験を行った。

3. 試験結果および考察

3. 1 化学組成

表-1に籾殻灰とフライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフェームの化学成分を示す。籾殻灰の

表-1 化学成分

| 混和材料 | 化学成分 | | | | |
|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|---------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | Ig.loss |
| 粉殻灰 | 91.4 | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 4.1 |
| シリカフェーム | 92.1 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 2.6 |
| フライアッシュ | 56.0 | 29.0 | 4.2 | 4.4 | 1.8 |
| 高炉スラグ微粉末 | 33.6 | 13.0 | 0.6 | 41.4 | 1.0 |

表-2 物理的性質

| 混和材料 | 密度 (g/cm ³) | 比表面積 (cm ² /g) | 電気伝導率差 (ms/cm) |
|----------|-------------------------|---------------------------|----------------|
| 粉殻灰 | 2.15 | 410,000 | 3.20 |
| シリカフェーム | 2.20 | 200,000 | 2.00 |
| フライアッシュ | 2.25 | 4,420 | 0.40 |
| 高炉スラグ微粉末 | 2.90 | 3,110 | 0.20 |

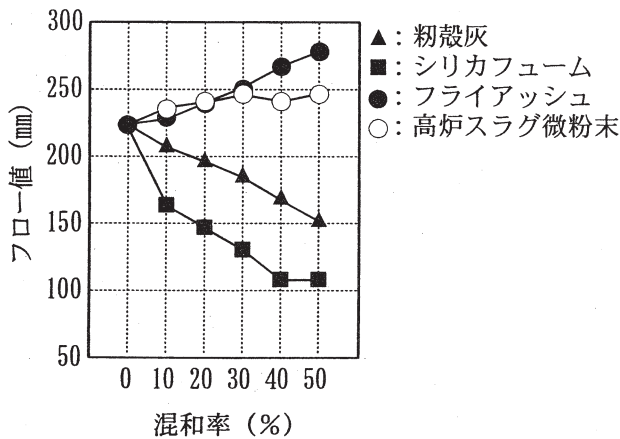


図-1 フロー値と混和率の関係

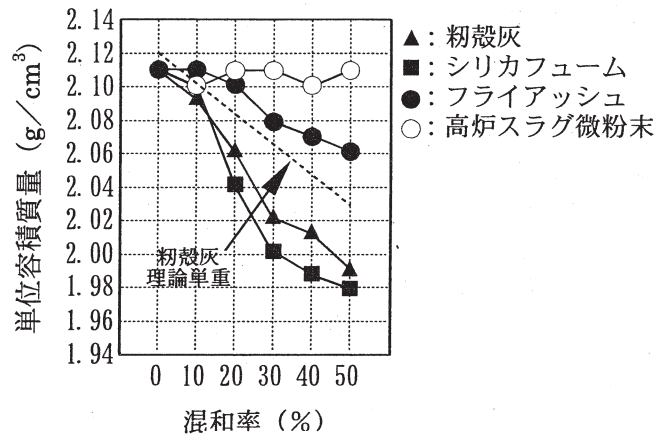


図-2 単位容積質量と混和率の関係

化学成分は、シリカフェームに近いことがわかる。ただし、混和剤の吸着作用がある未燃カーボン (ig.loss) が、シリカフェームに比べ若干高い。粉殻灰を使用する場合は、未燃カーボンの量を低減するような焼成をする必要があると考えられる。

3.2 電気伝導率試験

表-2に粉殻灰とフライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフェームの電気伝導率差の測定結果を示す。一般に電気伝導率差が1.2以上であれば高活性であると言われている。粉殻灰は、他の混和材に比べ特に電気伝導率差が大きく高活性であることがわかる。電気伝導率は、サンプルの解け易さつまり

比表面積に関係すると報告されており⁴⁾、粉殻灰のポーラスな粒子構造が、電気伝導率差に優れた結果をもたらすことが分かった。

3.3 モルタル試験

(1) フロー試験

図-1に示すように、フライアッシュあるいは高炉スラグ微粉末を混和したモルタルは、混和率が増加するにしたがい、モルタルのフローが大きくなる傾向がわかる。一方、シリカフェームあるいは粉殻灰を混和したモルタルは、混和率が大きくなるにしたがい、モルタルのフローは小さくなっている。シリカフェームおよびフライアッシュの粒形はとも

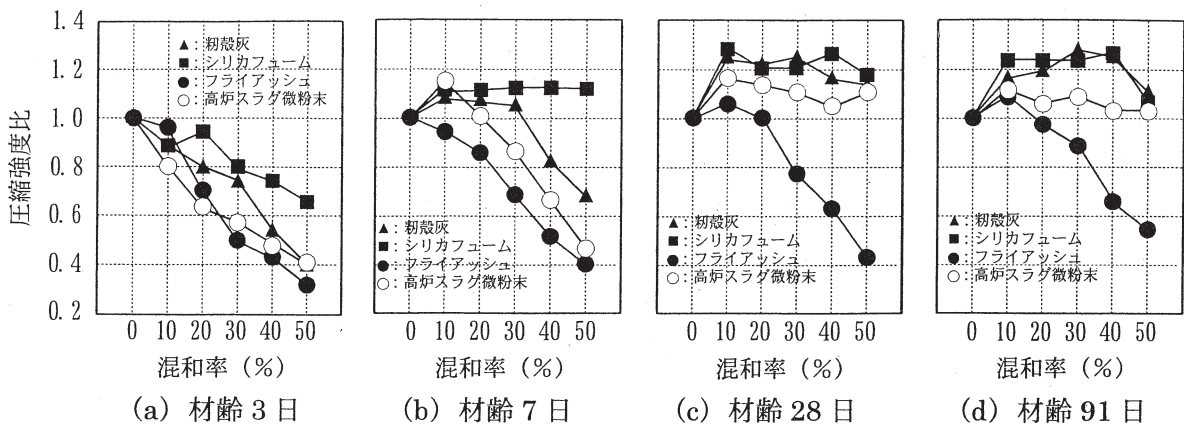


図-3 圧縮強度比と混和率の関係

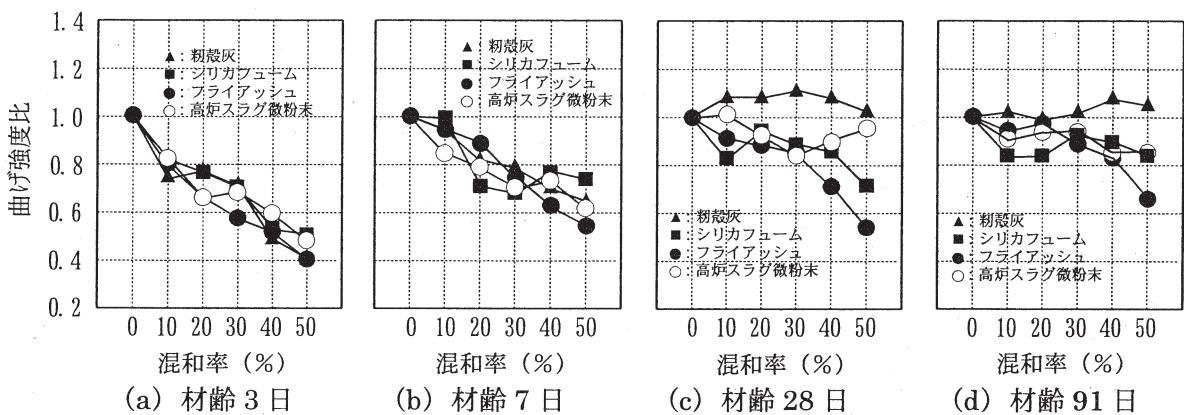


図-4 曲げ強度比と混和率の関係

に球形であり、モルタルのフローには粒子の形状が影響を及ぼしていない。さらに、比表面積が大きなシリカフェームおよび粉殻灰のフロー値が小さくなっている。

以上の結果から、モルタルのフローには、粒子の形状よりも比表面積が大きく影響を及ぼすことがわかった。

(2) 単位容積質量試験

粉殻灰、シリカフェームの密度は、フライアッシュとほぼ等しい値であったが、図-2に示すように、粉殻灰およびシリカフェームの単位容積質量は、混和率が増加するに従いフライアッシュとの差が大きくなる傾向がわかる。これは今回の試験では、コンシステンシーの調整を行わなかったため、粉殻灰とシリカフェームを混和することにより、空気が若干入り込んだためと考えられる。なお、配合上の理論単位容積重量から換算した粉殻灰を混和したコンク

リートの空気量は2~3%であった。

(3) 圧縮試験

図-3 (a) に示すように材齢 3 日では、すべての混和材料が混和率の増加にともない、圧縮強度比が小さくなっている。その中でシリカフェームが、他の混和材に比べ強度の発現性に優れていることがわかる。図-3 (b) に示すように材齢 7 日では、シリカフェームが混和率に関係なく無混和モルタルより圧縮強度比が大きくなっている。粉殻灰は、混和率 30%以下では無混和モルタルより大きな値となっているが、40%以上では無混和モルタルより小さい。しかし、フライアッシュや高炉スラグ微粉末より圧縮強度比が大きくなっている。図-3 (c) に示す材齢 28 日では、フライアッシュ以外の混和材料は、すべての混和率で無混和モルタルより大きくなっており、さらに粉殻灰とシリカフェームはほぼ同じ値となっている。図-3 (d) に示す材齢 91 日

についても、材齢 28 日と同じ傾向を示しており、また、粉殻灰は混和率 30%で強度のピークを示している。これは、ポゾラン反応のための水酸化カルシウムの量が十分でないため、粉殻灰の混和率を増加させても強度の増進が現れなかったものと考えられる。

以上より、粉殻灰の圧縮強度の発現性は、シリカフュームより若干劣るものの、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末より良好であることが分かった。

(4) 曲げ試験

図-4には、各材齢の無混和モルタルに対する曲げ強度比と混和率の関係を示す。

図-4 (a) に示す材齢 3 日では、すべての混和材がほぼ同じ値で、混和率が増加するにしたがい曲げ強度は減少している。材齢 28 日以降では各材齢で若干の変動はあるが、粉殻灰がもっとも無混和モルタルに近い値となっている。

4. まとめ

今回の研究のまとめを以下に示す。

- 1) 粉殻灰を混和したモルタルのフロー値は、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末より小さいがシリカフュームより大きくなる傾向がある。
- 2) モルタルのフローには、粒子の形状よりも比表面積が影響を及ぼすことが分かった。
- 3) 粉殻灰、シリカフュームを混和したモルタルの単位容積質量は、混和率が増加するにしたがい小さくなることを確認した。
- 4) 粉殻灰を混和したモルタルの圧縮強度の発現性は、シリカフュームより若干劣るがフライアッシュや高炉スラグ微粉末より優れていることが明らかになった。
- 5) 粉殻灰を混和したモルタルの曲げ強度は、材齢 3、7 日ではフライアッシュ、高炉スラグ微粉末およびシリカフュームと同じであったが、材齢 28 日以降では他の混和材より若干増加する傾向にあった。
- 6) 今回検討対象とした粉殻灰の最適混和率は 30%であった。

参考文献

- 1) 日本シリカフューム技術研究会、第 3 会研究会資料その 1、1992 年 2 月
- 2) P. K. Mehta: Rice Husk Ash-A Unique Supplementary Cementing Material, *Advances in Concrete Technology*, pp.407-431, 1992.5
- 3) M. P. Luxman et al. : Rapid evaluation of pozzolanic activity of natural products by conductivity measurement, *Cement Concrete Research*, Vol.19, pp.63-68, 1989
- 4) 杉田修一ほか：もみがら灰のポゾラン活性について、土木学会 45 回年次学術講演会、pp.202-203、1990

(2001年4月11日受付 2001年7月10日受理)