

フライアッシュ高含有セメント硬化体におけるフライアッシュの反応

電力中央研究所 正会員 ○大塚 拓
 電力中央研究所 正会員 山本 武志
 電力中央研究所 正会員 井野場 誠治

1. はじめに

セメント-フライアッシュ系の水和反応におけるフライアッシュの反応率の定量においては、大沢らによって提案された選択溶解法[1]が広く用いられている。この方法は、塩酸および炭酸ナトリウム溶液を用いることにより、セメントと水和物は溶解しフライアッシュのほとんどが溶解しないことから、溶解残分を定量することでフライアッシュの反応率を求めるものである。反応率の算出においては、硬化体の溶解残分のほか、フライアッシュ自体の溶解残分、硬化体の強熱減量、フライアッシュ自体の強熱減量および硬化体の溶解残分の強熱減量が必要となる。このうち、溶解残分の強熱減量については、選択溶解後にサンプリングし測定する手間がかかるとともに、選択溶解後に取得できる量が少ない場合には測定が困難となる懸念がある。しかしながら、フライアッシュの混合率が小さい場合には、反応率の算出における影響は小さいため、溶解残分測定の省略も考え得る。一方、フライアッシュの混合率が大きい場合には影響が大きく、溶解残分の強熱減量を考慮した反応率の算出が必須である。そこで、本報告では、選択溶解法の操作上の誤差発生（強熱減量に寄与する成分の流失を想定）の可能性を検証し、残分の強熱減量を用いない反応率の算出方法を提案するとともに、フライアッシュ高含有セメント硬化体へ適用し妥当性を確認し、フライアッシュの反応について検討を加えた。

2. 実験概要

硬化体の原料として研究用ポルトランドセメント、フライアッシュを用いた。また、選択溶解法の操作上の誤差の発生の可能性の検証においては、硬化体の原料のフライアッシュに加え、性状の異なる3種類のフライアッシュを用いた。表1に原料の諸元を示す。硬化体の配合については、粉体に占めるセメントの割合を5, 10(mass%)とし、水粉体比を40(mass%)とした。予め混合した粉体をミキサに投入し水を加え練り混ぜ、ブリージングが少なくなるまで練返しを行い、50mlの遠沈管に打設した。打設後1日以上経過し硬化していることを確認してから、20℃あるいは40℃で封かん養生を行った。打設から91日が経過した後に遠沈管から取り出し粗砕した。その後、アセトンによる水和停止を行い、RH11%環境下で試料が恒量となるまで乾燥し、乳鉢により微粉碎した。フライアッシュの反応率の定量については選択溶解法[1]を用い、原料自体の不溶残分も同じ方法を用いて定量した。強熱減量については、電気炉で1000℃ 30min 保持前後の質量変化により求めた。

3. 実験結果および考察

図1にフライアッシュ自体の強熱減量と選択溶解残分の強熱減量の比較結果を示す。選択溶解法の操作において、強熱減量に寄与する成分の流失が無ければ両者は一致するはずであり、図1からすると、選択溶解残分の強熱減量がわずかに小さくその流失がないとはいえないが、概ね一致していることから、流失はほとんど生じていないと捉えることもできる。また、フライアッシュの強熱減量に寄与する成分は選択溶解法の操作

表1 原料（セメント、フライアッシュ）の諸元

原料	強熱減量	不溶残分	備考
研究用ポルトランドセメント	0.84%	0.82%	硬化体の作製に使用
FA-A	3.4%	94.4%	-
FA-B	2.5%	92.8%	-
FA-C	2.2%	91.0%	-
FA-D	4.4%	88.7%	硬化体の作製に使用

キーワード 混和材、フライアッシュ、ポゾラン反応、選択溶解法、反応率、セメント硬化体

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (一財) 電力中央研究所 TEL 070-6664-3621

の影響をほとんど受けないと言える。以上を踏まえ、フライアッシュの強熱減量に寄与する成分が選択溶解法前後で変化しないと仮定し、計算上で全て省くことにより、反応率を算出する方法を提案する。この方法（提案法）をフライアッシュ高含有セメント硬化体に適用し、従来通りの残分の強熱減量を測定し算出する方法（従来法）と比較した。図2に比較結果を示す。いずれの方法においても反応率は概ね同じとなることが確認された。

図3、図4に各配合、条件におけるフライアッシュの反応率および反応量を示した。養生温度が高く、セメントの割合が大きいほど反応率は大きくなっていることが分かる。セメントの割合が40%以上のセメント硬化体では、セメントの割合が大きいほどフライアッシュの反応率は大きくなる一方で、反応量は小さくなることが報告されている[2]が、本報告では、セメントの割合が大きいほどフライアッシュの反応率、反応量ともに大きくなった。文献[2]では、フライアッシュの割合が大きいほど、水酸化カルシウムとの接触点が増大するためと推察しているが、これは水酸化カルシウムが十分に存在する系での現象と考えられる。本報告のようにセメントの割合が非常に小さい系では、生成する水酸化カルシウムが不足するため、セメントの割合の上昇に伴いフライアッシュの反応量が増加すると推察される。なお、硬化体のXRD分析では、いずれの条件においても水酸化カルシウムの存在は確認されなかったが、養生温度40℃の場合には、フライアッシュの反応率、反応量は大きくなっている。このことから、養生温度20℃の硬化体では既に水酸化カルシウムが存在しない状況であるが、ポゾラン反応が継続する余地は残っていると考えられる。

4. まとめ

フライアッシュの強熱減量を用いた補正により、溶解残分の強熱減量を用いずに反応率を算出する方法を提案し、フライアッシュ高含有セメント硬化体に適用したところ、従来の方法と同様の結果が得られることを示した。フライアッシュの割合が90%以上のセメント硬化体では、セメントの割合が大きくなるほどフライアッシュの反応率および反応量が大きくなることを明らかにした。

参考文献

- [1] 大沢栄也ほか：フライアッシュ-セメント系水和におけるフライアッシュの反応率，セメント・コンクリート論文集，No.53，pp.96-101，1999.
- [2] 宮原茂禎ほか：フライアッシュ-セメント系の水和反応，セメント・コンクリート論文集，No.54，pp.50-55，2000.

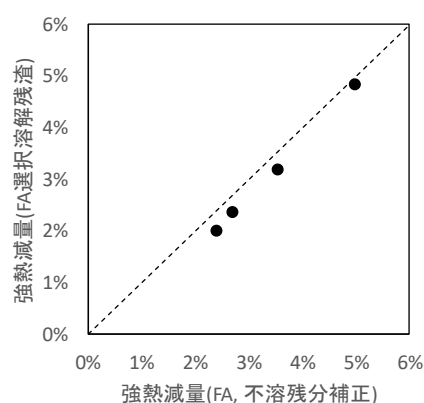


図1 フライアッシュの反応率の経時変化

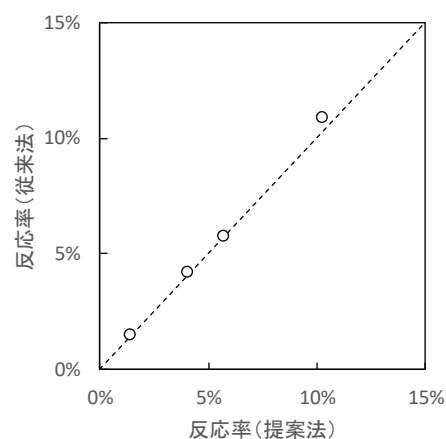


図2 提案法と従来法における反応率の比較

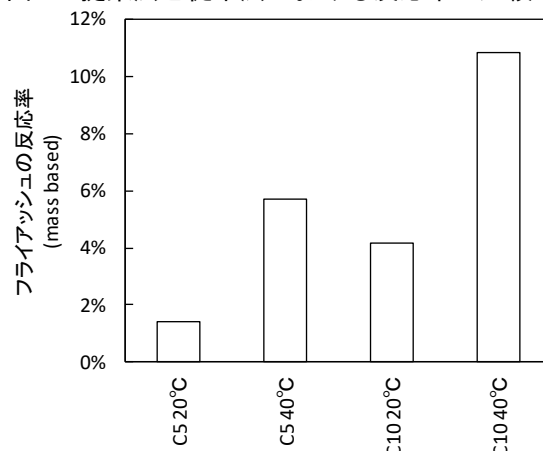


図3 各条件におけるフライアッシュの反応率

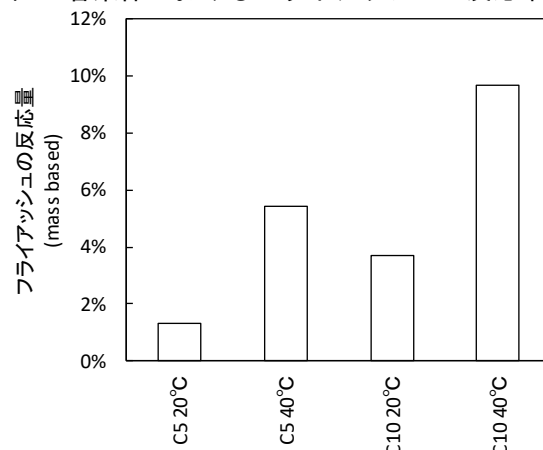


図4 各条件におけるフライアッシュの反応量