

活性化処理を行ったフライアッシュの多量使用に関する検討

広島大学大学院 学生会員 ○佐藤彰紀
 広島大学大学院 正会員 河合研至
 鹿島建設 正会員 山本誠

1. はじめに

フライアッシュとは、石炭をボイラーで燃焼した後、集じん装置で収集された石炭灰のことであり、主に石炭火力発電所から排出される。再利用されないフライアッシュは埋め立て処分されており、この量は年間150万トンに上ることから、フライアッシュの有効利用が急務となっている。また、フライアッシュの置換などによってセメントの使用量を減らすことは、セメント製造時における二酸化炭素排出の抑制となり、環境負荷低減にも繋がる。しかし、コンクリートへのフライアッシュ多量使用は、強度の著しい低下や、細孔構造のポーラス化による耐久性低下などの問題を抱えている。

本研究では、上記の問題点を克服する方法として、アルカリを用いてフライアッシュ粒子のポゾラン反応性を活性化させる方法を取り上げ、活性化処理したフライアッシュを多量使用した場合の硬化体の強度特性及び細孔構造を明らかにすることを目的として実験的検討を行った。

2. 実験概要

ポゾラン反応の活性化処理として、既往の研究¹⁾では、練混ぜ水にアルカリを添加する方法が行われてきた。この従来の方法と、事前にアルカリ溶液にフライアッシュを長時間浸漬させる方法（以下、事前活性化法とする）の2通りを行ったフライアッシュを多量使用した供試体（モルタル、コンクリート）を作製し、強度試験及び細孔径分布測定試験を行った。事前活性化法におけるフライアッシュの浸漬期間は1週間とした。また本研究では、従来のフライアッシュ（Ⅱ種）に加え、近年コンクリート用フライアッシュにJIS認定されたフライアッシュⅣ種（比表面積がⅡ種よりも小さく、品質の劣るもの）にも活性化処理を試している。供試体のフライアッシュ置換率は30%及び60%とし、水結合材比は55%とした。アルカリには水酸化カリウムを用い、フライアッシュのポゾラン反応に必

Table.1 フライアッシュ多量使用供試体
 に行った活性化処理

	KOH 添加	Ca(OH) ₂ 添加	KOH、 Ca(OH) ₂ 添加	事前活 性 化
Ⅱ種	○	○	○	○
Ⅳ種	○	○	○	

要とされる水酸化カルシウムを補うため、試薬の水酸化カルシウムを添加した供試体も作製した。Table.1にポゾラン反応活性化処理の一覧を示す。

3. 実験結果及び考察

3. 1 フライアッシュⅣ種への活性化処理の効果

フライアッシュⅣ種を多量使用した供試体には、練混ぜ水にアルカリを添加する、従来の活性化処理を行った。Ⅱ種を用いた供試体にこの方法を行った場合、ポゾラン反応が活性化され、細孔構造が緻密化されるが、ポゾラン反応生成物であるC-S-Hの組成が変化し、強度は低下するとされていた。

Fig.1には、フライアッシュⅣ種を多量使用したモルタルの圧縮強度経時変化を示している。Ⅱ種の場合とは異なり、アルカリの添加によって、圧縮強度は増進した。これは、Ⅳ種の粒径の大きさによるものと考えられる。松本¹⁾は、アルカリを添加しないフライアッシュ（Ⅱ種）多量使用硬化体におけるポゾラン反応の進行時期は材齢14日以降であるのに対し、アルカリを添加した場合は材齢1日からポゾラン反応が進行するとしている。Fig.1を見ると、アルカリを添加した場合、材齢3日強度において3N/mm²程度の差が開き、以後、この差はほぼ等しく保たれたまま材齢と共に強度が増加している。これにより、アルカリの添加による、初期材齢におけるポゾラン反応進行は、Ⅳ種を多量使用した場合にも起こり、Ⅳ種の場合、これによって強度が増進することが分かる。

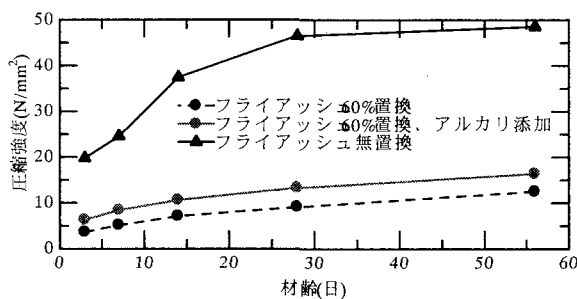


Fig.1 モルタル圧縮強度経時変化 (IV種)

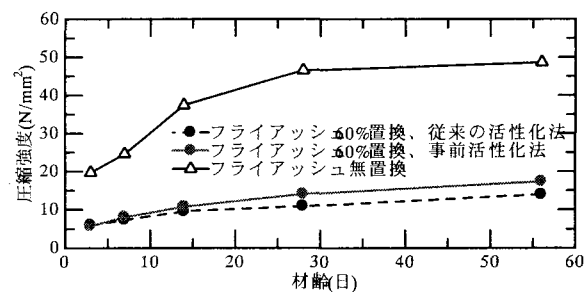


Fig.4 モルタル圧縮強度経時変化 (II種)

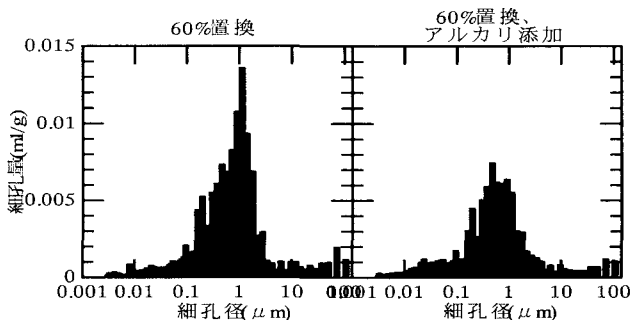


Fig.2 材齢 3 日細孔径分布 (IV種)

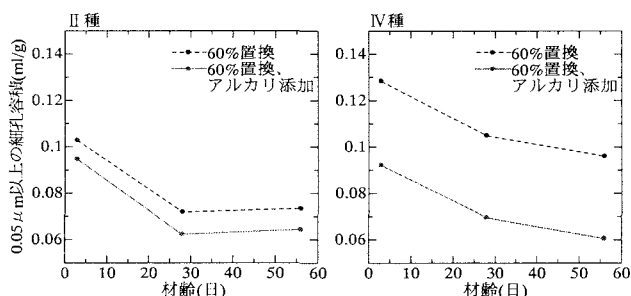


Fig.3 0.05 μm 以上の細孔量経時変化

Fig.2 には、材齢 3 日におけるモルタルの細孔径分布測定試験の結果を示している。フライアッシュIV種を多量使用した硬化体の材齢 3 日における細孔構造は、空隙量が多く、非常に粗であることが確認できる。アルカリを添加すると、ポゾラン反応の進行によって細孔構造が緻密化しており、空隙量が低下している。また、フライアッシュII種とIV種を多量使用した硬化体の、アルカリの添加による細孔構造緻密化の度合いを、圧縮強度に悪影響を及ぼすとされている 0.05 μm 以上の細孔容積の減少量によって比較すると (Fig.3)、II 種に比べて、IV 種の方がアルカリの効果が非常に大きいことが確認された。

3. 2 事前活性化法の効果

Fig.4 に、事前活性化法を用いた供試体の圧縮強度経時変化を示す。事前活性化法を用いた場合、硬化体の強度は従来の活性化処理を用いたものを上回り、材

齢と共にその差は増加した。強度の差は材齢に比例して増加しており、長期に亘ってポゾラン反応が活性化されていることが確認できる。また、細孔径分布測定試験を行った結果、活性化処理の異なる 2 種類の供試体の細孔構造はほぼ同程度であった。これらの結果より、強度増進の原因として、フライアッシュのポゾラン反応生成物である C-S-H の組成が、事前活性化法を用いた場合、従来とは異なり、強度に対する寄与が大きくなっていることが考えられる。

3. 3 今後の課題

事前活性化法は、ポゾラン反応生成物の強度への寄与が大きいことが示唆された点から、有効な活性化処理であると判断でき、本研究では 0.5mol/l の KOH 溶液に 1 週間浸漬という条件であったが、溶液濃度や浸漬期間についての更なる検討も行うべきであると考えられる。また、フライアッシュIV種は、アルカリを用いた活性化処理が非常に有効であることから、事前活性化法の効果も期待される。

4. 結論

アルカリ添加による活性化処理は、フライアッシュII種よりもIV種を多量使用した硬化体の方が効果が大きく、強度及び細孔構造が改善される。事前活性化法による活性化処理を行ったフライアッシュ多量使用硬化体の強度発現性は、アルカリ添加による活性化処理を行った硬化体のそれよりも大きい。細孔構造には、活性化処理による差は表れない。

参考文献

- (1) 松本高明：フライアッシュを多量使用したコンクリートの水和ならびに力学特性、広島大学大学院・平成 12 年度修士論文