

フライアッシュのポゾラン反応における養生温度の影響

日本大学大学院理工学研究科	学生会員	○神越 俊基
日本大学理工学部	正会員	佐藤 正己
日本大学理工学部	正会員	小泉 公志郎
日本大学理工学部	正会員	梅村 靖弘

1. はじめに

最近、フライアッシュ (FA) の有効利用先としてプレキャストコンクリート (PCa) 製品への利用実績がある。FA を混和したセメントにおいては、セメントの水和反応で生成される水酸化カルシウム (CH) と FA から溶出するケイ素が反応し、ケイ酸カルシウム水和物 (C-S-H) を生成するポゾラン反応が生じる。さらに、PCa 製品の養生では通常、蒸気養生が施されているが、FA のポゾラン反応における蒸気養生のような加熱養生の影響については不明な点が多い。本研究では、加熱養生時のポゾラン反応のメカニズムを明らかにするため、FA と CH を混合し練り混ぜた FA ペーストでの FA の反応率における養生温度の影響を調べた。さらに、蒸気養生が施される約 24 時間内を想定し、コンクリート中の間隙水におけるポゾラン反応を模擬した FA と CH を混合した水溶液中での FA の反応率、FA から溶出するケイ素量および生成した C-S-H 量に及ぼす養生温度の影響を調べた。

2. 実験概要

2.1 使用材料および試料作製：本実験における使用材料を表-1 に示す。実験①では FA1 と CH の等量混合粉末 (S:質量比) に対して W/S=1.0 となるように蒸留水を加え FA ペーストを練り混ぜた。練混ぜ後 20, 40, 60 および 80℃で 24 時間加熱を行い、その後、各試験材齢まで 20℃で養生した。試験材齢は注水から 7, 14, 28 および 91 日とした。試験材齢に達した各試料を 105℃にて脱水後、微粉碎し真空乾燥を行い、反応を停止させて 2.2(1)に記載する方法で FA の反応率を測定した。実験②では、FA2 と CH の等量混合粉末試料 (S:質量比) を W/S=10.0 となるように 20, 40, 60 および 80℃に加熱した蒸留水に分散させ各試験材齢まで攪拌させた。攪拌後、5 分間放置し未溶解分を沈殿させ、上澄み水溶液と分けた。上澄み水溶液は 0.45μm フィルターに通して注射器で回収し、その回収水を上澄み水溶液試料とした。また、沈殿した未溶解分は、アセトンを用いて吸引ろ過で回収し、真空乾燥を行い反応を停止させて粉末試料とした。上澄み水溶液試料では 2.2(2)の方法で FA から溶出するケイ素量を測定し、粉末試料では 2.2(1)の方法で FA の反応率および 2.2(2)の方法で生成した C-S-H に起因するケイ素量を測定した。材齢は 1,

表-1 使用材料

材 料	略号	諸 元
フライアッシュ	FA1	JIS II 種灰 密度:2.20(g/cm ³) ブレン値:3320(cm ² /g) ケイ酸量:51.6(%)
	FA2	JIS II 種灰 密度:2.28(g/cm ³) ブレン値:4320(cm ² /g) ケイ酸量:61.3(%)
水酸化カルシウム	CH	市販の特級試薬
水	W	蒸留水

2, 3, 6 および 24 時間で行った。

2.2 試験項目

(1) FA の反応率の測定：実験①および実験②において狩野らの手法¹⁾に従い希塩酸による FA の選択溶解法を行った。実験①では回収した各材齢の FA ペースト 1000mg を 50ml の 2M ・塩酸水溶液に投入し 60 分間攪拌した。その後、回収した未溶解分を 1000℃で加熱焼成した残存重量を差し引くことにより、ポゾラン反応による FA の反応率を推算した。実験②では回収した各材齢の粉末試料 500mg を 50ml の 2M ・塩酸水溶液に投入し 30 分間攪拌した。実験①と同様に、未溶解分を加熱焼成した残存重量を差し引いて FA の反応率を推算した。

(2) 実験②におけるケイ素の定量：実験②の上澄み水溶液試料を対象に JIS K 0555 に規定されている吸光度

キーワード フライアッシュ、蒸気養生、ポゾラン反応、選択溶解法、ケイ素量

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 理工学部土木工学科 TEL/FAX 03-3259-0682

法を用いた。これにより、FA から水溶液中に溶出したケイ素量を定量した。また、実験②の粉末試料を希塩酸に溶解した際の上澄み塩酸溶液について同様の試験を行うことにより、ポズラン反応で生成した C-S-H に起因するケイ素量を定量した。

3. 結果及び考察

3.1 実験①における FA の反応率：実験①の FA1 の反応率を図-1 に示す。養生温度 60℃では材齢の進行に伴い反応率は増加し、材齢 28 日では反応率は約 15%となったが、それ以降の反応率の増加率は低くなった。20 および 40℃でも同様に、材齢の進行に伴い反応率は増加したが、材齢 91 日までの反応率は 60℃よりも低かった。また、80℃では材齢 7 日に反応率が約 40%となったが、材齢 7 日以降の増加率は 60℃と同様の傾向であった。

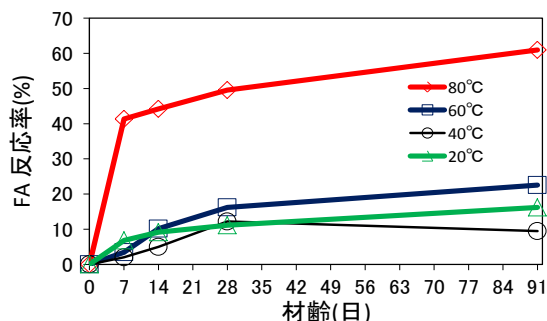


図-1 FA1 の反応率

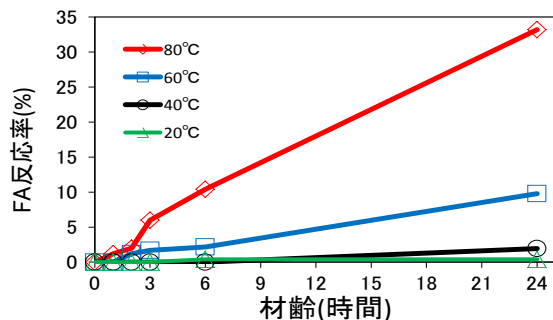


図-2 FA2 の反応率

3.2 実験②における FA の反応率：図-2 に実験②における FA2 の反応率を示す。60℃では材齢 2 時間で反応が開始し、材齢 6 時間以降に反応率は大きくなった。80℃では材齢 1 時間で反応が開始し、材齢 3 時間以降に反応率が急激に増加した。60℃以上で加熱養生をすることでポズラン反応が活生化することが確認できた。

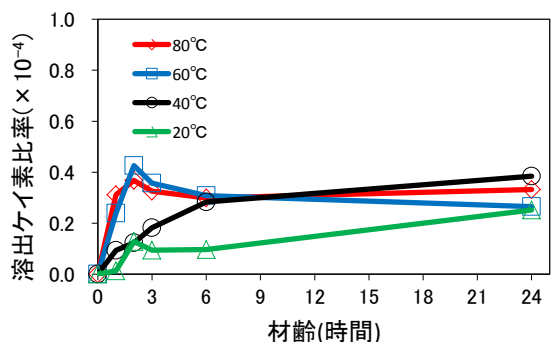


図-3 FA より溶出したケイ素量

3.3 FA から溶出したケイ素量：図-3 に実験②における上澄み水溶液試料に含まれるケイ素量を示す。これは、ポズラン反応により FA から水溶液中に溶出したケイ酸量に相当するが、どの試料においても溶出量は極めてわずかであった。したがって、ポズラン反応によって FA から溶出したケイ素は、水溶液中に溶出した段階で速やかに CH 中の Ca と反応したと考えられる。

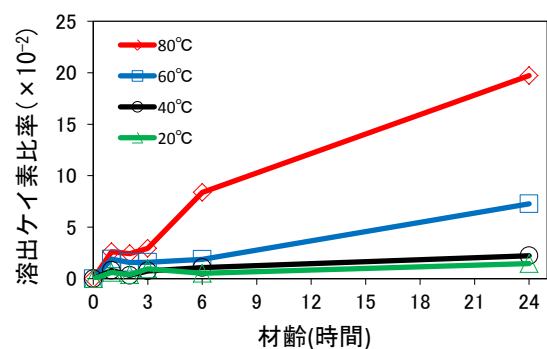


図-4 C-S-H に起因するケイ素量

3.4 C-S-H に起因するケイ素量：図-4 に実験②の粉末試料を希塩酸で溶解した際の上澄み塩酸溶液に含まれるケイ素量を測定した。これはポズラン反応で生成した C-S-H に起因するケイ素量であり、ケイ素量が増加することは間接的に C-S-H の生成量の増加を示している。ポズラン反応の進行に伴い C-S-H の生成量は増加し、図-2 の FA2 の反応率と同様の傾向であった。

4. まとめ

養生温度 60℃以上で FA のポズラン反応は活発になり、反応を短時間で開始させることができた。また、

ポズラン反応の進行に伴い、C-S-H の生成量も増加した。

【参考文献】

- 1) 狩野和弘ほか: ポズラン高含有低熱ポルトランドセメントの相組成と空隙率, セメント・コンクリート論文集, No.55, 1981, pp956-963