

フライアッシュモルタルの耐硫酸塩性

金沢大学 正員 川村満紀 金沢大学 正員 鳥居和之

金沢大学 学員 谷口裕史 石川高専 正員 柳場重正

1. ま え が き 海水、工場廃水および土壌中の硫酸塩によるコンクリートの物理的、化学的劣化機構をより明確にし、耐硫酸塩性を改善する方策を確立することは、コンクリートの耐久性の向上において重要である。一方、コンクリートにおけるボゾラン材料の使用は、侵食水の内部への浸透を低減するとともに、侵食に対して弱い遊離石灰を減少させるのに効果的であるとされている。

このような観点より、本研究は、フライアッシュを混入することによるモルタルの耐硫酸塩性の改善効果とその劣化機構を、長さおよび重量変化などの物理的性質の変化と、反応生成物および微視的構造の特徴を把握することにより検討した。

2. 実験概要 本実験に使用した材料は、2種類のフライアッシュ(A、B)、普通ポルトランドセメント、豊浦標準砂である。モルタルのセメント砂比は1:2であり、フライアッシュ置換率(F/C+F)は0、10、30、50および70%とした。ブレンモルタルの水セメント比は0.55(フロー値180)とし、フライアッシュモルタルは同様なフロー値が得られる様に水量を決定した。試験モルタルの寸法は1×1×10inで、14日間水中養生+14日間湿空養生した後に、各種硫酸塩溶液に浸漬し、1週ごとに長さ変化および重量変化を測定した。浸漬溶液は、硫酸溶液(濃度2%)、硫酸ナトリウム溶液(濃度10%)、硫酸マグネシウム溶液(濃度10%)の3種類である。各種硫酸塩溶液への浸漬時におけるフライアッシュモルタルの諸性質を表-1に示す。

3. 実験結果および考察 硫酸溶液に浸漬したフライアッシュモルタル(FA-A使用)の長さおよび重量の変化を図-1および2に示す。ブレンモルタルは浸漬直後から膨張し、浸漬1ヵ月以後では急激な重量減少を示す。ブレンモルタルの表面は浸漬14日頃より表面部分の軟化によるスケーリングが激しくなり、端部より大きなクラックが入るのが観察された。また、F/C+F=10%は浸漬3ヵ月頃より重量が減少しはじめ、同時にモルタル表面の軟化も激しくなっている。一方、F/C+F=30、50、および70%は供試体表面の大きな劣化はみられず、長さおよび重量の変化もブレンと比較してかなり小さい。硫酸などの無機酸はセメントの水

表-1 浸漬時におけるFAモルタルの諸性質

種 類	圧縮強度 (kg/cm ²)	全細孔量 (×10 ⁻³ cc/g)	遊離石灰量 (%)
ブレン	463	34.7	4.12
FA10%	379	22.4	3.62
FA30%	365	44.5	2.46
FA50%	243	42.8	0.98
FA70%	119	62.1	0.58
FB10%	419	27.1	2.47
FB30%	333	46.3	2.46
FB50%	238	68.5	2.06
FB70%	99	92.5	0.42

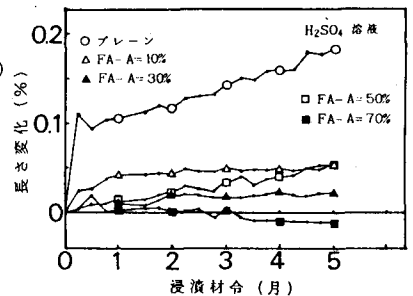


図-1 FA-Aモルタルの長さ変化

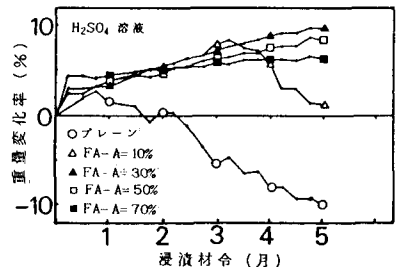


図-2 FA-Aモルタルの重量変化

和反応生成物をも溶解するのでその侵食性が著しいが、フライアッシュ置換率を増大させることにより耐硫酸性の向上が認められる。硫酸溶液に浸漬したフライアッシュモルタル (FA-B 使用) の長さ変化を図-3 に示す。低品質のフライアッシュ B を使用した場合もフライアッシュ A と同様に、フライアッシュ置換率とともに膨脹率が減少するが、フライアッシュ B はフライアッシュ A よりも全体として膨脹率がかなり大きくなる。このように、フライアッシュの品質により、フライアッシュモルタルの耐硫酸性の改善効果には大きな差がある。各種硫酸塩溶液に浸漬したフライアッシュモルタルの長さ変化の比較を図-4 に示す。硫酸ナトリウム溶液に浸漬したブレンモルタルが浸漬5ヵ月頃より膨脹の傾向がみえはじめているが、硫酸マグネシウム溶液に浸漬したブレンモルタルには顕著な劣化は観察されず、今後長期にわたる観察が必要である。硫酸溶液に浸漬したブレンモルタルの浸漬材令とともに DSC-TG 曲線の変化を図-5 に示す。エトリンガイトの生成量には大きな変化が認められないが、浸漬材令にともないかなり多量の石膏が生成しているのが特徴である。硫酸溶液は硫酸塩溶液よりも供試体内部への浸透性が高く、侵入した硫酸と遊離石灰との反応により生成した石膏が表面劣化の原因となっているようである。硫酸溶液に浸漬したフライアッシュモルタル (FA-A 使用) の浸漬3ヵ月における DSC-TG 曲線を図-6 に示す。フライアッシュ置換率が増大するにしたがい、エトリンガイトの生成量および遊離石灰量は少なくなり、とくに F/C+F=70% はすでに遊離石灰が完全に消失している。表-1 に示したようにフライアッシュモルタルは遊離石灰量が少なく、このことは、劣化の原因であるエトリンガイトや石膏の生成量を減少することになり、耐硫酸塩性が向上するものと考えられる。

4. まとめ

本研究において、硫酸塩溶液に浸漬したモルタルでは、まだ顕著な劣化はみられておらず、現段階でフライアッシュモルタルの耐硫酸塩性を比較検討することは困難である。しかし、硫酸溶液に浸漬したモルタルにおいてはフライアッシュによる改善効果がみられており、硫酸塩溶液についても、長期にわたる観察により、その改善効果が明確にできるものと考えられる。

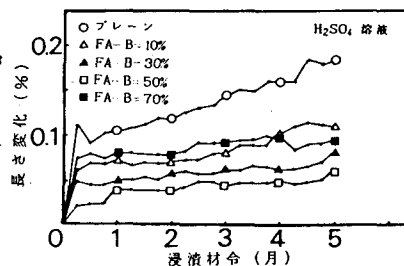


図-3 FA-Bモルタルの長さ変化

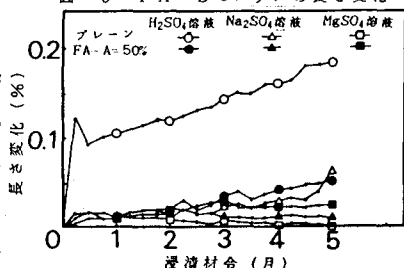


図-4 FA-Aモルタルの長さ変化

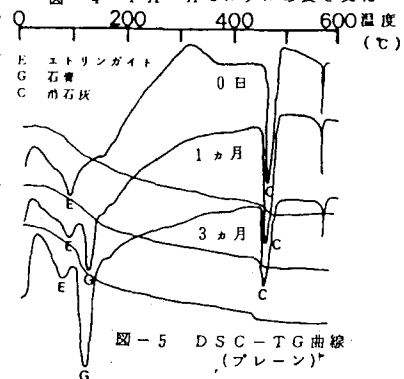


図-5 DSC-TG曲線 (ブレン)

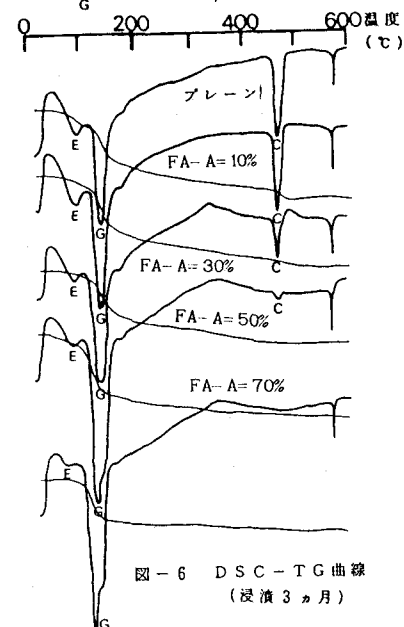


図-6 DSC-TG曲線 (浸漬3ヵ月)