

固体 NMR を用いた遅延エトリンサイト生成による モルタルの膨張に及ぼすフライアッシュの抑制効果の検討

Suppressing Effect of Fly Ash on Expansion of Mortar due to Delayed Ettringite Formation

Studied by Solid-state NMR

*渡邊 禎之¹, 吉野 徹¹, 川端 雄一郎², 高橋 晴香³, 小川 彰一³

¹(地独)東京都立産業技術研究センター,

²(国研)海上・港湾・航空技術研究所, ³(株)太平洋コンサルタント

硫酸塩劣化の一つである DEF は、セメントにフライアッシュ(FA)を置換することで膨張が抑制されるが置換率によっては長期的な膨張の抑制ができないことが知られている。本研究では、FA を 10%および 20%置換して約 8 年間養生した DEF 試験体を用い、固体核磁気共鳴分析を用いて DEF に対する FA の置換による膨張抑制メカニズムを考察した。

キーワード：硫酸塩劣化、DEF、固体核磁気共鳴分析、エトリンサイト、高温養生、SEM/EDS

1. 緒言 放射性廃棄物の処分施設において、発熱廃棄体周辺の充填モルタルやマスコンクリートでは、高温履歴を受けて DEF(delayed ettringite formation)が生じる可能性がある。DEF は長期的にエトリンサイト(Ett)が生成して膨張を生じ、セメントへのフライアッシュ(FA)の置換は DEF を抑制すると考えられている。本検討では、固体核磁気共鳴分析(²⁷Al-NMR および ²⁹Si-NMR)を行い、膨張の抑制メカニズムを検討した。

2. 実験 市販の白色ポルトランドセメントに JIS II 種 FA を 10%置換(FA10)および 20%置換(FA20)し、SO₃ を 2.0%負荷した W/C=50%のモルタルを 90℃で 10 時間高温養生を行った後、20℃水中養生した試験体を用いた。約 8 年後の膨張率は、FA10 で約 2.1%と大きく膨張していたのに対し、FA20 では 0.1%以下であった。

3. 結果・考察 SEM/EDS の結果、FA10 では巨視的なひび割れが生じ、ひび割れ内に Ett が生成していた。一方、FA20 では Ett は明確に確認されなかった。図に固体 NMR の結果を示す。試験に用いた FA の NMR を含め、Si および Al の含有量に応じて規格化して示した。図から、FA10, FA20 とともに FA は殆ど反応していることが分かる。²⁹Si-NMR の結果から、FA20 では未反応のセメント未水和物による Q0 (-71 ppm 付近)が残存し、また、-81 ppm 付近の C-S-H に Al が固溶した Q2(Al)ピークが大きい。C-S-H への Al の固溶は、²⁷Al-NMR において、C-A-S-H による 70 ppm 付近のピークが FA20 で増大することとも合致し、置換率 20%程度では Al は C-S-H に固溶され、その結果、Ett やモノサルフェート(Ms)生成に利用可能な Al は大きく増加しないと考えられる。一方、²⁷Al-NMR から、FA10 では Ett に起因する 13 ppm のピークが大きい、膨張を生じていない FA20 でも 13 ppm にピークが認められ、さらに 10 ppm の Ms に起因するピークが大きい。これらのことから、膨張を生じていない FA20 についても内部水和生成物から SO₄²⁻が供給されれば、膨張を生じる可能性が考えられる。

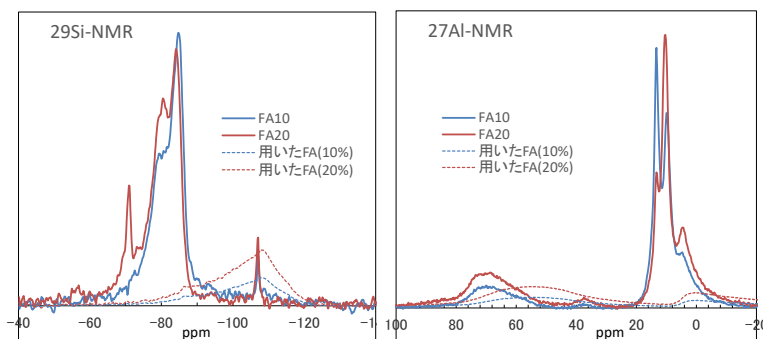


図 固体 NMR による分析結果

*Sadayuki Watanabe¹, Toru Yoshino¹, Yuichiro Kawabata², Haruka Takahashi³, Shoichi Ogawa³

¹Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, ²National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology,

³Taiheiyo Consultant Co., Ltd