

ナノスケール解析に基づく次世代セメント系補修材料の開発

東京工業大学 坂井 悦郎

E-mail : esakai@ceram.titech.ac.jp



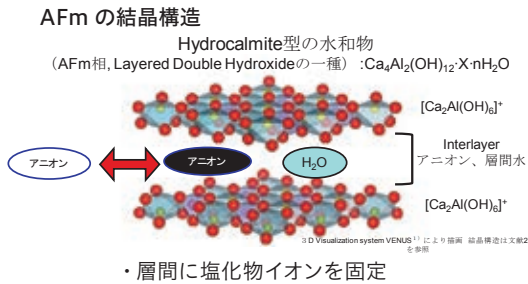
研究開発の目的

水和反応解析を基本として、①塩化物イオン固定化能とひび割れ抵抗性を有する材料の開発、②多重バリア機能を有する新規補修材料の研究開発、③長寿命化セメント系更新材料の調査を行い新たな補修・更新材料の提言を行う。

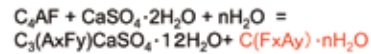
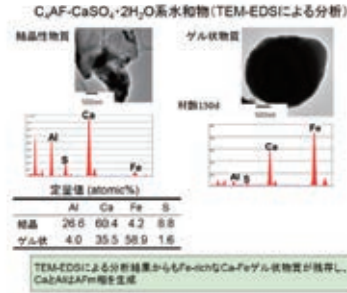
研究開発の内容

①塩化物イオン固定化能とひび割れ抵抗性を有する材料の開発

塩化物イオンを固定化が可能な層状化合物 (AFm) を生成し、膨張材としての機能を有するセメント系材料の開発であり、 C_4AF を有効に利用する膨張材について検討し、要求される性能は確保できることを確認した。 C_4AF の水和反応解析により、はじめて水和反応機構の確証を捕まえることができた。



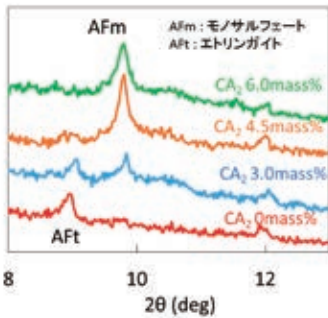
C_4AF 系の水和解析



・水和反応のナノ解析によりAFmを生成し、 C_4AF 中のFeがゲル状物質として存在する確証を得た。

なお、②で研究した材料がAFmを生成し、しかも膨張材としての性能を発揮することを明らかにしたので、既に製造技術を確立している②に統合して、膨張材- $CaO \cdot 2Al_2O_3$ (CA_2)系材料を提案することとした。

市販膨張材- CA_2 系水和物

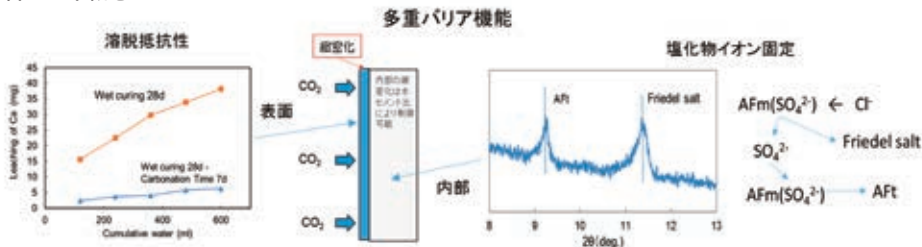


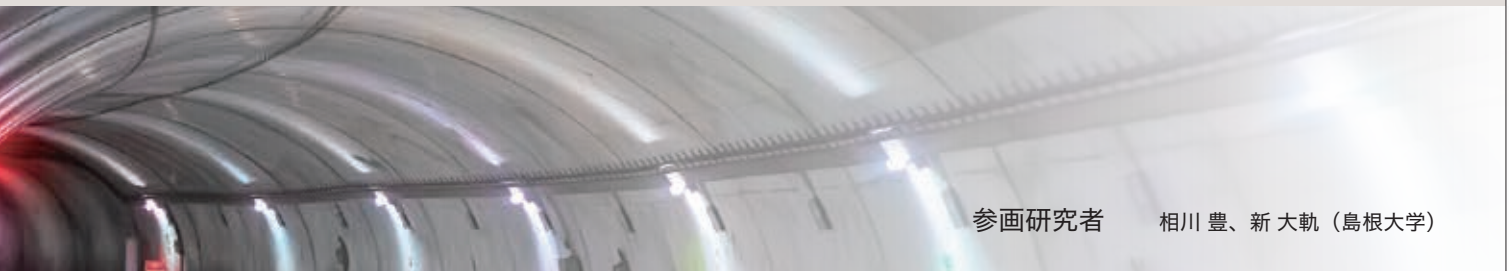
・ CA_2 添加により膨張材を混和した系でAFm生成

②多重バリア機能を有する新規補修材料の開発

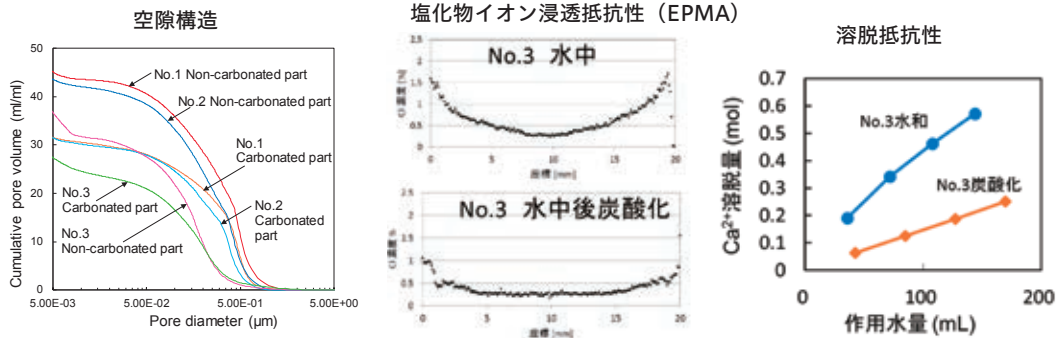
ひび割れ抵抗性を有し、表面に緻密な層を生成させ、内部に塩化物イオンの固定が可能なAFmを生成させることにより、塩化物イオンの浸透抵抗性と溶脱抵抗性を有する新規な材料を提案した。

開発材料の基本概念





参画研究者 相川 豊、新 大軌 (島根大学)



- ・表面は炭酸化により緻密化し、溶脱抵抗性や塩化物イオン浸透抵抗性を有する。
- ・内部では AFm の生成 (①参照) による塩化物イオンの固定

材料の組成

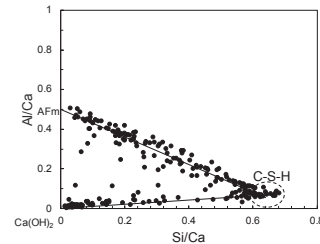
Samples	LHC	MPC	CSA	CA ₂
No.1	85.7	—	5.0	9.3
No.2	89.0	—	5.0	6.0
No.3	—	90.5	5.0	4.5

LHC: 低熱ポルトランドセメント
MPC: 中庸熱ポルトランドセメント
CSA: 膨張材

C-S-H(CaO/SiO₂ 比)

No.1 : 1.56、 No.2 : 1.58、 No.3 1.59
・炭酸化により Si-rich な相が生成

多点分析 No.3

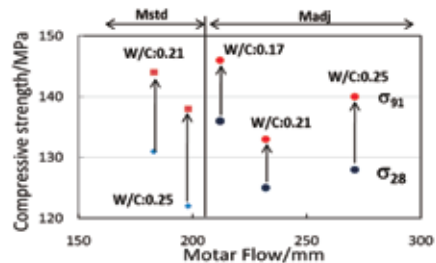


③長寿命化セメント系更新材料の調査

中庸熱や低熱ポルトランドセメントを粒度調整することや石灰石微粉末の利用により初期反応を制御することにより、水粉体比を低減させても流動性の確保が可能で施工性が良好な高耐久性セメントを提案した。

粒度調整した中庸熱ポルトランドセメントの流動性と圧縮強度の関係

- ・粒度調整セメント (Madj) は市販品 (Mstd) より低水セメント比としても流動性の確保が可能→施工性を確保しつつ高耐久性



研究開発された技術・成果 (まとめ)

- ・ひび割れ抵抗性と塩化物イオンの固定が可能な材料として CA₂-膨張材系材料を提案した。
- ・ひび割れ抵抗性、塩化物イオン固定および溶脱抵抗性を有する材料として、表面を炭酸化させた中庸熱あるいは低熱ポルトランドセメント-膨張材-CA₂系材料を提案した。
- ・中庸熱あるいは低熱ポルトランドセメントの粒度調整あるいは石灰石微粉末の利用による反応制御した水セメント比を低下しても流動性の確保が可能な高耐久セメント系材料を提案した。

実用化イメージ

- ・基本的な研究成果を整理し、コンクリートでのデータを取得中である。本研究の成果は材料の組み合わせによる技術であることが特徴であり、早急な実用化への展開は可能である。既に基本的な材料の供給体制は確立している。
- ・コンクリートのコストは上昇する。耐久性のコストへの反映が現状難しいので、限定された市場での施工実績を作る。
- ・製造に関しては、全ての材料が入手可能であり、やる気になればできるが、生コンでの製造システムやサイロ、投入方法など今後の課題であり、コンクリートを高く買ってくれることが重要である。

未来への展望

- ・混合セメントの利用と異なり、新たな観点からの材料提案が出来ており、わが国のオリジナリティの確保に貢献できる技術と考えている。