

混和材を用いたセメント水和物による塩化物イオンの固定性状

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○小林 聖
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 石田 剛朗
 広島大学大学院工学研究科 正会員 河合 研至

1. 背景・目的

コンクリート構造物は、耐久性が優れているために、従来メンテナンス・フリーと考えられてきていたが、ここに来てコンクリート構造物の早期劣化が指摘されはじめた。その劣化の要因の一つとして塩害による鉄筋腐食が挙げられる。塩化物イオンがコンクリート内部に侵入し、鉄筋位置まで達すると不動態皮膜が破壊され鉄筋の腐食が進行する。したがって塩化物イオンの挙動を知ることが重要である。コンクリート中では塩化物イオンは C-S-H への吸着、またはフリーデル氏塩の生成により固定されるという認識がされている。しかし、混和材を使用した場合の塩化物イオンの固定現象については依然不明な点が多い。また、置換率や養生方法にもよるが、混和材を使用した場合、一般的には塩分浸透抵抗性が向上するとされている¹⁾。理由としては硬化体が緻密化するためといった説明がなされることが多いが、昨年度までの研究により測定した細孔径分布からは緻密化しているとはいえない結果が得られた²⁾。したがって、原因が前述したような固定現象の変化によるものなのか、あるいは細孔構造の緻密化によるものなのか明確な結論は得られていない。そこで、本研究では混和材を用いたセメント水和物による塩化物イオンの固定性状を以下の実験により解明することを目的とする。

2. 塩化物イオンの固定化に関する実験

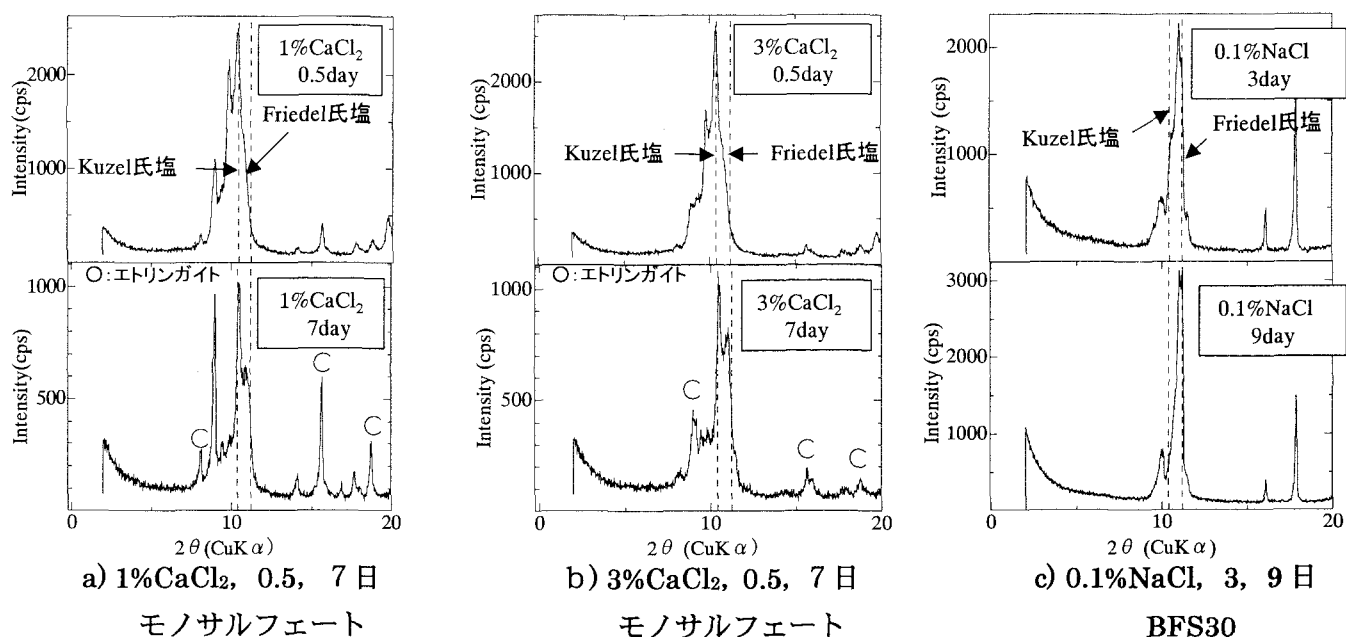
試料を水粉体比 1000%の CaCl_2 溶液中でモノサルフェート 1g, NaCl 溶液中でセメント水和物またはモノサルフェート 1g を加えて所定の時間攪拌し、溶液を吸引ろ過し、ろ過後の残渣試料は 24 時間以上の真空脱気を行って乾燥させ、X 線回折分析試験を行った。ろ過後の溶液はイオンクロマトアナライザにより Cl^- 濃度を測定した。攪拌時間は CaCl_2 溶液は 0.5, 7 日, NaCl 溶液は 1, 3, 9 日間とした。また、 CaCl_2 , NaCl 溶液の濃度を 0.1%, 1%, 3%と設定した。セメント水和物は、普通ポルトランドセメント(以下 NC)と各種混和材を用いて水粉体比 1000%の純水中で2週間攪拌させた後、溶液を吸引ろ過し、残渣と溶液に分離した。ろ過後の残渣試料は 24 時間以上の真空脱気を行って乾燥させ、これをセメント水和物として使用した。各種混和材の置換率はフライアッシュ置換率を 45%(以下 FA45)、高炉スラグ置換率を 30%(以下 BFS30)とした。これらをまとめたものを Table-1 に示す。

3. 結果と考察

Fig. 1-a)に CaCl_2 濃度 1%, 0.5 攪拌時間 0.5 日および 7 日の, b)に CaCl_2 濃度 1%, 0.5 攪拌時間 0.5 日および 7 日の攪拌後の残渣の X 線回折分析結果を示す。 CaCl_2 溶液中で攪拌したモノサルフェートは、攪拌時間 0.5 日で Kuzel 氏塩, 7 日で Friedel 氏塩を形成することを確認した。これはモノサルフェートにより Cl^- が固定されていることを示唆している。また、各濃度における攪拌時間 7 日ではエトリンガイトの生成も確認した。Fig. 2-a)にモノサルフェートによる固定 Cl^- 濃度の経時的変化を示す。0.1%および 3%の CaCl_2 溶液中では経時的に増加傾向が見られる。しかし、1%においては増加傾向が見られず、これにはエトリンガイトの生成量などが関係していると考えられる。Fig. 1-c)に NaCl 濃度 0.1%, 攪拌時間 3 日および 9 日における BFS30 の

Table-1 セメント水和物の種類および実験条件

溶液	濃度	攪拌時間	セメント水和物
NaCl	0.1, 1, 3%	1, 3, 9 日	普通ポルトランドセメント
			普通ポルト+フライアッシュ(置換率45%)
			普通ポルト+高炉スラグ微粉末(置換率30%)
			モノサルフェート
CaCl_2	0.1, 1, 3%	0.5, 7 日	モノサルフェート



X線回折分析結果を示す。9日においてFriedel氏塩の生成を確認した。よって高炉スラグ微粉末の混和によりCl⁻が固定されることが示された。NCでも同様にFriedel氏塩の生成を確認することができた。Fig. 2 -b)にNaCl濃度0.1%の溶液中における各試料の固定Cl⁻濃度の経時変化を示す。NaCl溶液を用いた場合はセメント水和物、モノサルフェートのいずれにおいても、濃度0.1%のとき各攪拌時間でCl⁻の固定量は増加した。濃度1%, 3%では攪拌時間により固定性状が相違した。

4. 結論

塩化物イオンの固定化に関する実験により、個々の水和物、Cl⁻を含む溶液を用いることでCl⁻固定能の把握が可能となり、Cl⁻を含む溶液の種類によって、Cl⁻固定化の傾向が異なることが明らかとなった。また、濃度や攪拌時間でもCl⁻固定化の傾向が異なることを確認した。モノサルフェートを用いた場合は、固定されたとき、初期にはKuzel氏塩、攪拌時間の経過によりFriedel氏塩を形成することを確認した。

【参考文献】

1) 鳥居和之ほか：種々のポゾラン材料を使用したコンクリート中の鉄筋の腐食性状，コンクリート工学年次論文集，Vol.12，pp.489-494，1990

2) 石田剛朗：コンクリート中における二酸化炭素および塩化物イオンの反応・移動のモデル化，広島大学修士論文，2004

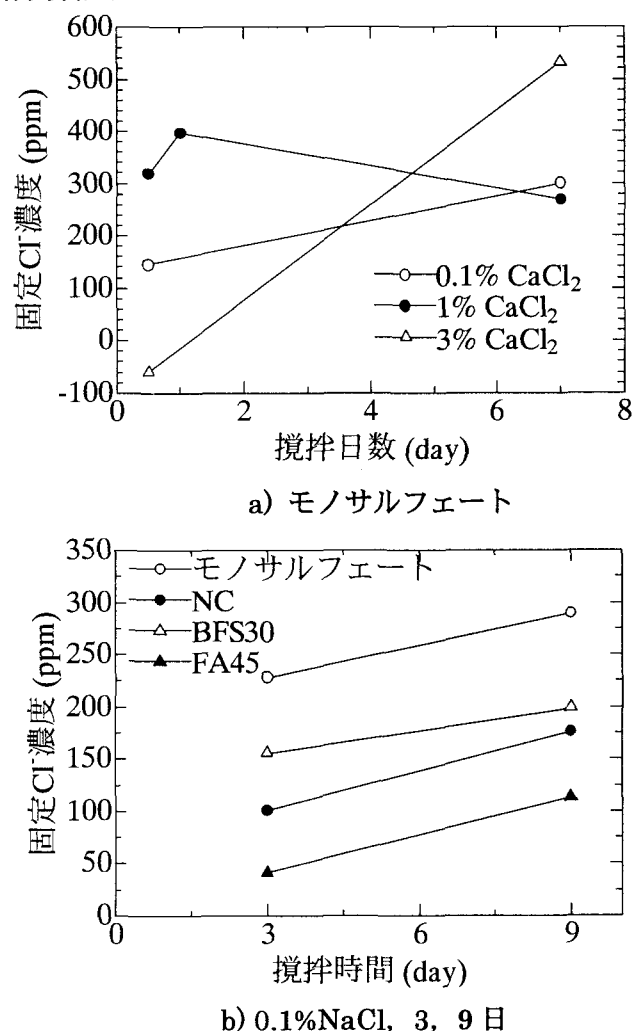


Fig.2 固定Cl⁻濃度の経時的変化