鉄筋コンクリート中における鋼材腐食抑制に関する基礎的研究

埼玉大学大学院　学生会員　○杉原　亮
埼玉大学大学院　非会員　敷地　俊洋
JR東日本(株)　正会員　川名　桂子
埼玉大学大学院　フェロー会員　睦好　宏史

1．はじめに

鉄筋コンクリート構造物において、内在および外部から浸透する塩化物イオンの存在は鋼材の腐食をもたらし、構造物の耐久性能を著しく低下させる。したがって、塩化物イオン量の浸透抑制が肝要と考えられる。本研究は腐食進行初期の潜伏期における塩分浸透を防ぐあるいは遅らせるための材料の検討を目的として、超高強度コンクリートを用いた塩分浸透量およびイオン交換樹脂混入モルタルを用いた塩化物イオン浸透抑制について検討したものである。

2．実験概要

超高強度コンクリートとイオン交換樹脂混入モルタルを用いて腐食促進実験を行った。以下にそれぞれの概要を示す。

(1) 超高強度コンクリート

図-1に超高強度及び普通強度コンクリートを使用した腐食促進実験概要図を示す。供試体は100×100×400mmの直方体を用いた。コンクリートの圧縮強度は40(MPa)と160(MPa)の2種類を用い、それぞれ通電による電流値を変えたため、積算電流(mA・days)で鋼材の腐食程度を比較することにした。通電終了後、乾燥状態にした供試体から、表面からある一定の深さごとにドリルでコンクリートを削りだし、約15gの均一粉末サンプルを採取し、蛍光X線分析装置にて全塩化物イオン量を計測した。

(2) イオン交換樹脂混入モルタル

本実験で使用したイオン交換樹脂は、強塩基性イオン交換樹脂である。以下に示す反応式(1)による防錆効果を調査するため、図-2に示すようなイオン交換樹脂を混入したモルタル供試体を作製し、実験を行った。その際 (2)に示すように「イオンの選択性」によりポルトランドセメントに多量に含まれる硫酸イオンの方が優先的にイオン交換樹脂に交換される性質等を考慮し、樹脂混入量を決定すると共に硫酸イオンが含まれていないアルミナセメントを用いて実験を行った。

$$R \equiv N - OH + NaCl \Leftrightarrow R \equiv N - Cl + NaOH \quad (1)$$

$$SO_4^{2-} > Cl^- > OH^- \quad (2)$$

表-1にイオン交換樹脂の混入量を示す。通電条件は25mAの定電流により通電期間を3日とした。全塩化物イオンの計測方法は超高強度コンクリートと同様の方法で計測し、また鉄筋の腐食による質量減少率を計測した。

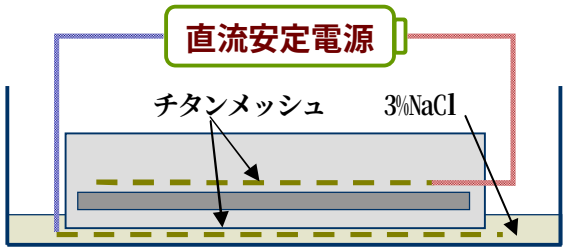

図-1　腐食促進試験概要図(高強度コンクリート)

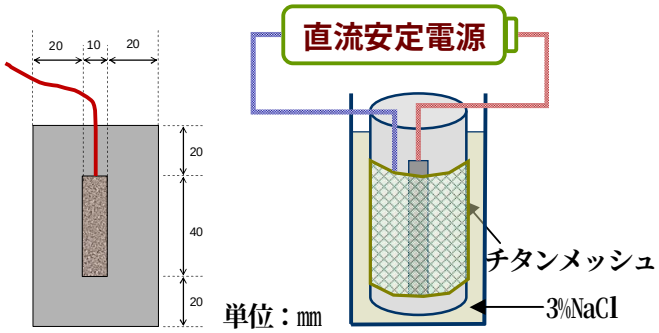

図-2　腐食促進試験概要図(イオン交換樹脂)

表-1　イオン交換樹脂混入量(kg/m³)

	アルミナセメント使用				早強ポルトランドセメント使用		
供試体	(0)	(a)	(b)	(c)	(0)	(a)	(b)
混入量	0	6	12	24	0	12	112

3．実験結果

(1) 超高強度コンクリートのCl の抑制効果

図-3に積算電流と塩化物イオン量の関係を示す。コンクリート表面から深さ0～1cmにおいて、超高強度コンクリートの塩化物イオン量は普通強度の約7割程度の値となった。表面から深さ1～2cmでは、普通強度の約半分程度の値となり、コンクリートを高強度にすることで塩化物イオンの拡散を抑えることが確認できた。図-4は水セメント比から既往の拡散予測式を用いて算出したコンクリート表面からの深さに相当する塩化物イオン量の実験値と計算値を示したものである。実験誤差等により通電日数7日よりも18日の方が塩化物イオン量の値が小さくなっている以外は概ね実験値の方が計算値よりも安全側に示しているのが確認できる。

キーワード　鋼材腐食抑制，イオン交換樹脂，高強度コンクリート，腐食促進試験
連絡先　〒338-8570　埼玉県さいたま市桜区下大久保255　TEL048-858-3427

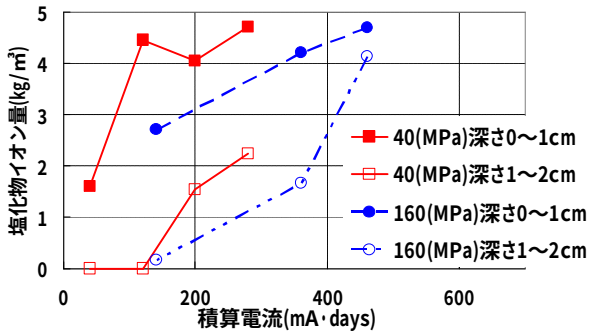

図-3 塩化物イオン量(高強度コンクリート)

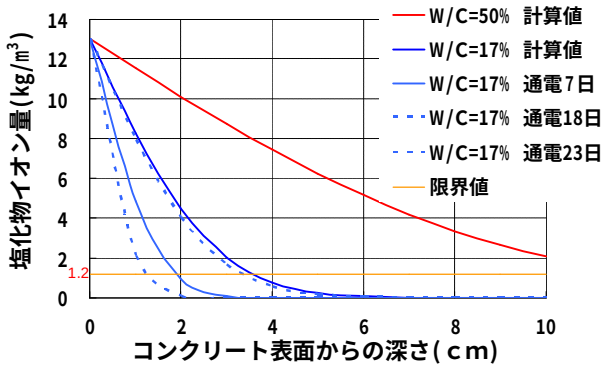

図-4 深さごとの塩化物イオン量

(2) イオン交換樹脂によるCl の吸着効果

図-5に示した鉄筋の腐食による質量減少率は、概ね樹脂の混入量に比例して減少している傾向が確認できる。これにより、イオン交換樹脂の混入による鋼材腐食抑制効果が確認できた。しかし、図-6に示すアルミナセメントの場合の塩化物イオン量と鉄筋の質量減少率には、イオン交換樹脂の混入量による違いは確認できなかった。その原因として、腐食ひび割れの発生により、潜伏期の塩化物イオンの拡散状態が把握できなかったことが考えられる。混入量(a)の場合において塩化物イオン量が少なくなっているのは、腐食ひび割れが発生していなかったためと考えられる。一方、早強ポルトランドセメントを使用した供試体の塩化物イオン量は図-7に示すように、混入量の最も多い(b)の場合が最もイオン交換樹脂による塩化物イオンの吸着効果が確認できた。また、塩化物イオン量が表面近くで多く、鋼材付近で少なくなっていることから、塩化物イオンが表面で多く吸着されたために鋼材付近まで浸透しなかったと考えられる。

4．まとめ

1)超高強度コンクリートは普通強度コンクリートと比べ、塩分浸透に対する抑止効果は認められるものの、実験による拡散予測式を精度良く求めるには、実験誤差を極力抑え、塩分の浸透深さを検証する必要がある。

2)イオン交換樹脂を混入したアルミナセメントモルタルに関して、樹脂未混入に比べ、混入したことの効果は認められたものの、混入量の違いを明確に確認できなかった。一方、早強ポルトランドセメントモルタルに関して、イオン交換樹脂を混入したモルタルは、混入量の最も多い(b)が含有塩化物イオン量、鉄筋の質量減少率共にある程度効果を確認できた。今後は腐食ひび割れ等を考慮し、さらに鋼材腐食抑制に最適なイオン交換樹脂の混入割合を検討していく必要がある。

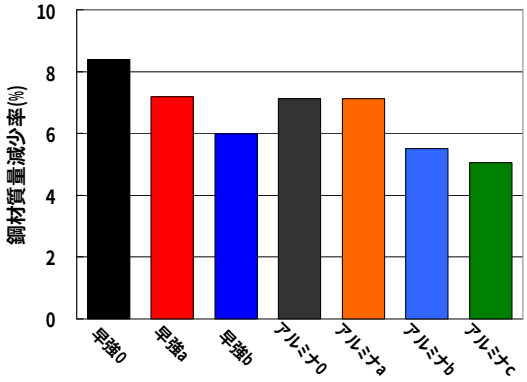

図-5 鉄筋の質量減少率

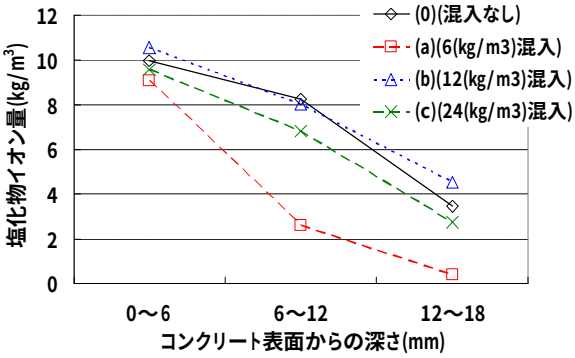

図-6 塩化物イオン量(アルミナセメント)

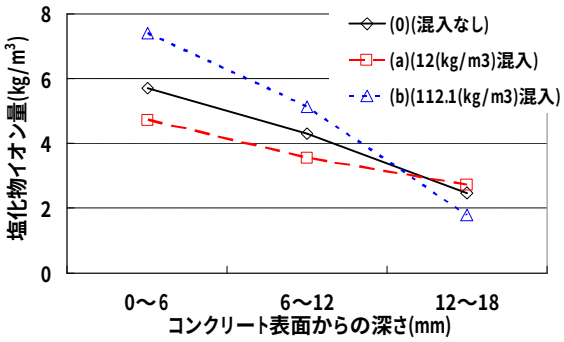

図-7 塩化物イオン量(早強ポルトランドセメント)

参考文献

1)吉瀬健二、中村成春：高強度コンクリートの塩害抑制効果に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集 Vol21，No.2，pp. 991- 996, 1999

2)藤井隆史　綾野克紀　坂田憲次：イオン交換樹脂を用いたコンクリートの脱塩効果に関する研究，土木学会中部支部第54回研究発表会 2002

3)大沢一郎　牧直　村上幸雄：イオン交換体によるセメント混和剤，日本建築学会関東支部　第 27 回研究発表会号 1960.1