

第V部門

内的塩害と中性化の複合劣化を受ける鉄筋コンクリート中の塩分移動と鉄筋腐食

京都大学 学生員 ○松下創一郎 西日本旅客鉄道(株) 正会員 荒巻 智
 京都大学 正会員 山本貴士 正会員 服部篤史 フェロー会員 宮川豊章

1. 研究目的

本研究では、内的塩害と中性化の複合劣化を受ける鉄筋コンクリート中の、中性化による塩分移動濃縮¹⁾性状と鉄筋腐食性状を把握することを目的として、鉄筋コンクリートにあらかじめ塩化物イオン（以下、 Cl^- と略す）を添加して中性化を進行させることで、複合劣化を再現する実験を行った。

2. 実験概要

図1に示す100×100×400mmのRC角柱供試体を用いた。塩分移動を測定する供試体は無筋とした。実験要因を表1に示す。中性化促進環境（炭酸ガス濃度5%、温度 $30 \pm 1^\circ C$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ の中性化槽）を5日間、アノード反応を促進させ鉄筋腐食を促す環境（温度 $40^\circ C$ 、湿度98%の恒温恒湿槽）を2日間、計7日間を1サイクルとして繰り返した。鉄筋供試体については、0、1、2、4、6、8、9、12および16週で電気化学的測定を実施するとともに、一部の供試体は促進16週経過後に鉄筋をはつり出し腐食面積率と腐食減量を求めた。無筋供試体については、0、1、2、4、8、12および16週で中性化深さと塩分分布を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 塩分分布の経時変化

W/C70%、初期 Cl^- 量 $3kg/m^3$ の供試体における2、8、12および16週経過後のコンクリート表面からの塩分分布形状を図2に示す。図中の点線と数値は、それぞれ中性化深さの位置と値を示している。 Cl^- 量は、中性化領域で初期 Cl^- 量よりも少ない。また、中性化フロントより深部で初期 Cl^- 量 $3kg/m^3$ を超え、すなわち濃縮しており、最大の Cl^- 量となる位置が現れている。さらに、時間の経過とともに最大 Cl^- 量を示す位置は徐々に深部へと移動している。最大 Cl^- 量は、16週目で $6kg/m^3$ を超えており、初期 Cl^- 量の2倍程度に至っている。最大 Cl^- 量を示す位置は、点線で表した中性化深さより常に深部にあるが、両者の距離は時間が経過するにつれて近づく傾向にある。

3.2 鉄筋位置での Cl^- の経時変化と鉄筋の腐食電流密度の関係

W/C70%、初期 Cl^- 量 $3kg/m^3$ の無筋供試体のコンクリート表面から30mm位置における Cl^- 量の経時変化と、同条件のコンクリートにかぶり30mmでD13鉄筋を配したRC供試体中における鉄筋の腐食電流密度の関係を図3に示す。8週目から12週目にかけて Cl^- 量は急増し、その後12週目から16週目では増加速度はやや小さくなってい

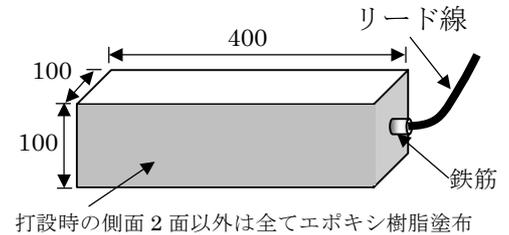


図1 鉄筋供試体 (単位:mm)

表1 実験要因

要因	設定値
W/C(%)	55、70
かぶり(mm)	10、30
鉄筋径	D13、D32
初期 Cl^- 量(kg/m^3)	0、1.0、3.0

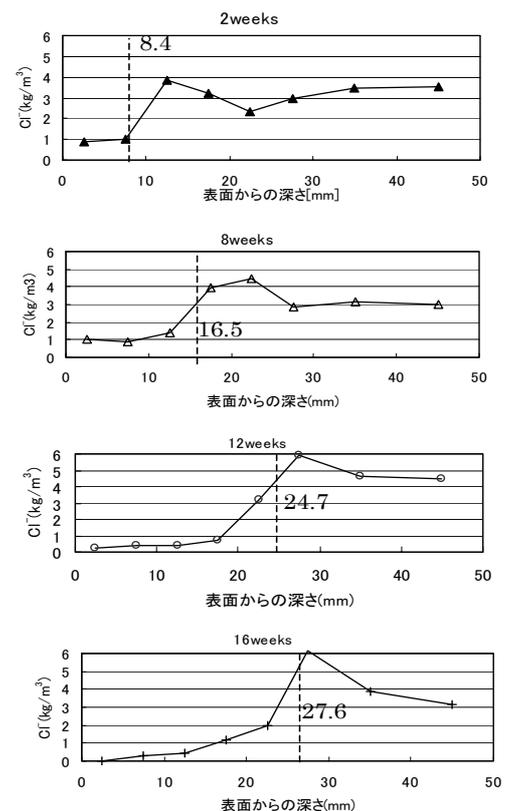


図2 塩分分布形状

る。一方、腐食電流密度は、9週目から12週目には緩やかに増加しているが、12週目から16週目にかけて急増している。また、W/C70%、初期Cl⁻量1kg/m³の場合の結果を図4に示す。図3と同様に、腐食電流密度は9週目から12週目まではほぼ横ばい状態で推移しているが、Cl⁻量が急増した12週目から16週目にかけて増加している。以上のように、鉄筋位置付近でのCl⁻量の変化と腐食電流量の変化には相関が認められた。すなわち、鉄筋位置付近のCl⁻量が増加すれば、その後しばらく経過後に、腐食電流密度が増加することが確認できた。

3.3 初期Cl⁻量の差異による腐食状況

W/C70%、かぶり30mm、鉄筋径D13で、初期Cl⁻量1kg/m³と3kg/m³とした供試体について、中性化促進16週経過後に破壊し、中性化深さ、Cl⁻量分布、はつり出した鉄筋の腐食面積率等の測定を行った。表2に結果を示す。初期Cl⁻量3kg/m³では、コンクリート表面側のみに発錆が認められ、一部には孔食が見られた。腐食面積率は2.5%であった。一方、初期Cl⁻量1kg/m³では発錆が認められなかった。いずれも中性化と内的塩害の複合劣化を受ける環境であり、Cl⁻の濃縮により鉄筋位置ではCl⁻量1.2kg/m³を超えているが、両者の腐食状況の差異は、(1)初期Cl⁻量の違いによる差と、(2)初期Cl⁻量3kg/m³では中性化の進行がかぶりを超えていたのに対して、1kg/m³の供試体は中性化が鉄筋位置にまで達していなかったことが原因と考えられる。このことから、内在するCl⁻量の大小と併せて、中性化領域が鉄筋位置に達することが、鉄筋腐食の程度に大きな影響を与えていると考えられる。

4. 結論

- (1) 打設時に内在する塩分は、中性化促進環境下でコンクリート表面から内部への移動濃縮が認められた。また、Cl⁻量が最大となる位置は中性化フロントより深部であるが、促進期間が長くなるにつれて両者の位置は近づく傾向にある。
- (2) 鉄筋位置でのCl⁻量と腐食電流密度に相関が見られた。
- (3) 内的塩害と中性化の複合劣化環境において、中性化領域が鉄筋表面に達することが、鉄筋腐食の程度に大きく影響することがわかった。

参考文献

- 1) 小林一輔：コンクリート構造物の早期劣化と耐久性診断、森北出版

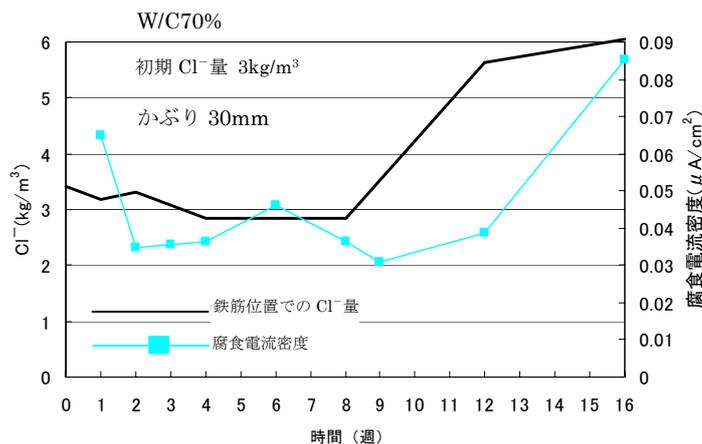


図3 鉄筋位置のCl⁻量と腐食電流密度の経時変化 (W/C:70%, 初期Cl⁻量:3kg/m³, かぶり:30mm)

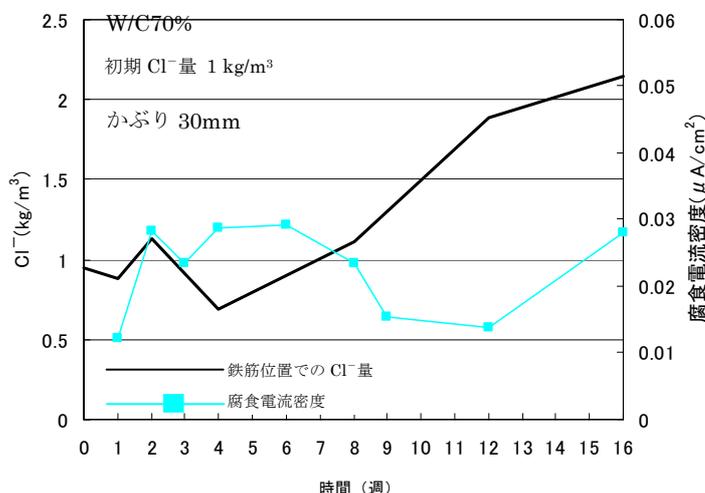


図4 鉄筋位置のCl⁻量と腐食電流密度の経時変化 (W/C:70%, 初期Cl⁻量:1kg/m³, かぶり:30mm)

表2 破壊試験の結果

W/C (%)	初期Cl ⁻ 量 (kg/m ³)	かぶり (mm)	中性化深さ (mm)	腐食面積率
70	3	30	33.1	2.50%
	1		25.8	0%