

## ひび割れ補修領域に対する遮塩性能の評価方法について

電力中央研究所 正会員 ○松井 淳  
 関西電力 正会員 安藤 明宏

## 1. はじめに

コンクリート構造物に生じた軽微なひび割れは、エポキシ樹脂等によって補修される場合が多く、補修後に再供用された時点で、被補修領域における耐震性能に加え、耐久性能がどの程度回復しているかが重要となる。このことから、著者らは遮塩性能に関する検討を行ってきた<sup>1)</sup>。本研究では、コンクリート供試体を用いたひび割れ補修効果に対する実験結果をもとに、ひび割れが補修された領域の遮塩性能に対する評価方法について検証を行った。

2. 実験の概要<sup>1)</sup>

ひび割れの補修に供した RC 試験体は、断面:200mm×200mm、長さ:600mm、断面の中心位置に D16 鉄筋(SD295、長さ 600mm)を 1 本配置したものであり、呼び強度:21N/mm<sup>2</sup>のコンクリートで作製した。養生後、RC 試験体の軸方向の中心位置に、割裂によって 0.5mm、0.8mm および 1.1mm 程度のひび割れを導入し、コンクリートの水分率を 4~5% (乾燥)、5~6% (湿潤) および 6~7% (飽和状態に準じた状態) に調整後、ひび割れ内部へエポキシ樹脂を注入した。エポキシ樹脂には、ドライ型(従来型)、湿潤型および水中型を適宜選択した。樹脂の硬化後、被補修領域から試料を採取・整形し、土木学会規準「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法(案)(JSCE-G571-2012)」<sup>2)</sup>に準拠して、遮塩性能を評価した。ここで、施工時の湿潤状態は、コンクリート-硬化エポキシ樹脂間の境界面(界面)の接着状態に影響を与え、巨視的な物性値の一つである塩化物イオンの実効拡散係数が変動することが、X 線 CT による観察から確認されており、この影響を分析することは、RC 構造物のひび割れの補修事例に対する電気泳動法の適用性に対して非常に重要であることから、実験結果に対して施工時の湿潤状態の違いも考慮して検証を行った。

## 3. ひび割れが補修されたコンクリート内部における塩化物イオンの移動現象

齊藤らは、ひび割れを有するモルタルに対して電気泳動法を適用し、ひび割れ深さが大きくなるにつれて、塩化物イオンの移流が卓越し、電気泳動試験装置の陽極側セル内溶液における塩化物イオン濃度([Cl<sup>-</sup>])の経時変化が、直線から下に凸な曲線に変化することを指摘している<sup>3)</sup>。そこで、2. の実験結果に対して、[Cl<sup>-</sup>]の経時変化を直線および下に凸な曲線(累乗関数/指数関数のうち、決定係数 R<sup>2</sup> の大きい方を選択)で回帰し、それぞれの R<sup>2</sup> で比較した(以後、それぞれ R<sup>2</sup>(L)、R<sup>2</sup>(N))。図 1 に、その一例を示す。図 2 に全水準に対する R<sup>2</sup>(L)、R<sup>2</sup>(N)の結果を示す。R<sup>2</sup>(L)、R<sup>2</sup>(N)は左縦軸で、両者の差異(R<sup>2</sup>(L)-R<sup>2</sup>(N))は右縦軸でそれぞれ定義した。また、ひび割れの無い通常のコンクリート(以後、コンクリート単体)は、便宜上ひび割れ幅 0 とみなした。R<sup>2</sup>は全て 0.9 以上であり、いずれの関数でも良好に回帰される結果となっている。さらに、乾燥時には R<sup>2</sup>(L)が、準飽和時には R<sup>2</sup>(N)が僅かに卓越する傾向にあることがわかる。これは、補修時にひび割れ内部が湿潤していると、両者の界面に形成される未接着領域(空隙量)が増加することによる移流場によって、[Cl<sup>-</sup>]の経時変化は下に凸な曲線へ僅かに変化するものと考えられる。図 3 に、ひび割れ幅と実効拡散係数比(コンクリート単体の実効拡散係数に対する比)

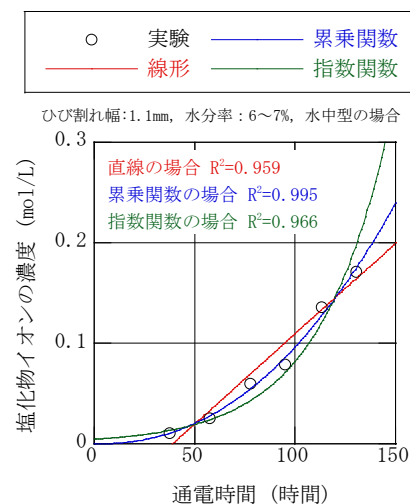


図 1 陽極側セル内溶液における [Cl<sup>-</sup>] の経時変化の回帰結果例

キーワード 塩化物イオン拡散係数, 電気泳動法, 補修, ひび割れ, エポキシ樹脂

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 04-7182-1181

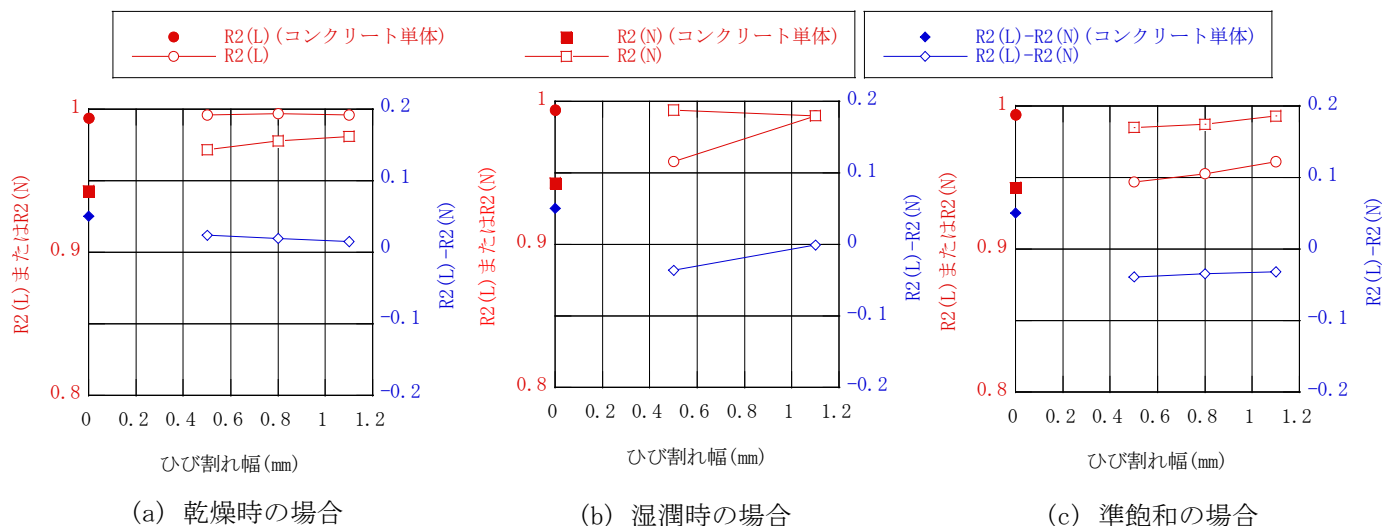


図2 各水準に対する[Cl<sup>-</sup>]の経時変化への回帰結果

とを比較したものを示す<sup>1)</sup>。乾燥時には、コンクリート内部へのエポキシ樹脂の含浸が示唆される実効拡散係数の低減がみられ、ひび割れ幅に抛らずコンクリート単体のそれを下回っている。湿潤の程度が高まるにつれ、界面における未接着領域の生成が示唆される実効拡散係数の増大が認められ、特に準飽和時には顕著である。さらに、齊藤らの研究結果<sup>3)</sup>との相互比較を行うため、ひび割れ深さを試験体の幅で除した貫通率で横軸を定義し、R2(L)-R2(N)との関係を比較した(図4)。ここでは、本研究の結果は、便宜上貫通率100%とみなした。貫通率が上昇するにつれて、移流場が卓越してくることを示唆するR2(L)-R2(N)の僅かな低減が見受けられ、この指標の有用性の可能性が見出された。

以上より、本研究で検討した範囲内では、ひび割れがエポキシ樹脂で補修されたコンクリートは、界面において、電気泳動場に加えて僅かな移流場が生ずるものの、土木学会の規準試験方法<sup>2)</sup>をそのまま適用してよいといえる。

4. まとめ

本研究で検討した範囲内では、エポキシ樹脂で補修された領域の遮塩性能に対する評価方法として、土木学会の規準試験方法が適用可能となる結果となった。

**謝辞**：本研究は、電力9社、日本原子力発電(株)、電源開発(株)ならびに日本原燃(株)による、原子力リスク研究センター共通研究の一部として実施した。関係各位に謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 土木学会 原子力土木委員会：原子力発電所屋外重要土木構造物の構造健全性評価に関するガイドライン2012, 土木学会, 2012.
- 2) 土木学会:2013年制定 コンクリート標準示方書[規準編], 丸善, 2013.
- 3) 齊藤準平, 柳沼善明：コンクリートの塩分浸透特性におよぼすひび割れ深さの影響に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 33, No. 1, pp. 815-820, 2011.

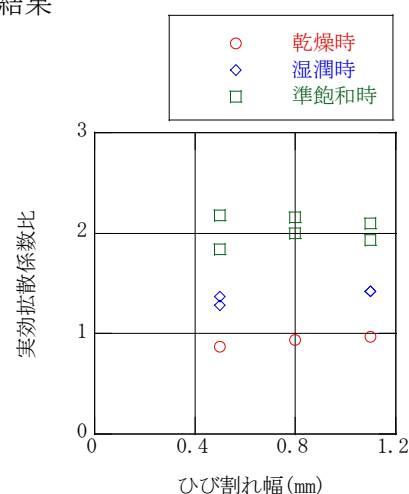


図3 ひび割れ幅と実効拡散係数の関連<sup>(1)</sup>

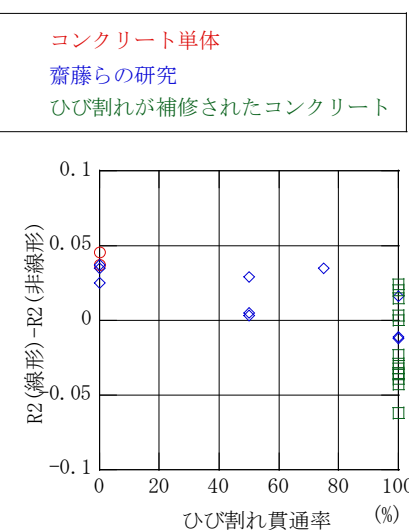


図4 ひび割れ貫通率とR2(L)-R2(N)の関連