

# 仕上材料を塗布したひび割れを有する RC 部材の耐久性評価方法の提案

徳島大学 正会員 ○塚越雅幸 東京工業大学 非会員 篠原保二  
 徳島大学 正会員 上田隆雄 首都大学東京 非会員 橋高義典

## 1. 目的

仕上材料による下地コンクリートの保護効果は、その材料自体の性質のみならず、下地コンクリートの状態、特にひび割れの発生の影響を考慮する必要性が指摘されている<sup>1)</sup>。本研究では、塩害環境下における RC 構造部材の仕上材料の保護効果に、下地ひび割れがどのような影響を与えるのか検討した。

## 2. 耐久性評価方法の概要

RC 構造物の耐久性評価方法として、ある劣化現象に対して、時間  $t$ 、劣化因子の作用量  $F$ 、材料劣化度  $D$ 、構造性能  $P$  の関係を独立事象として求め、それらを組み合わせ、構造性能  $P$  の時間変化を予測する方法が提案 ( $PDFt$  曲線) されている<sup>2)</sup>。本研究では、この考え方のもと、仕上材料塗布後にひび割れが生じた RC 柱部材が塩害環境下に暴露された状態を想定し、 $F$ ：鉄筋位置での塩化物(Cl<sup>-</sup>)イオン濃度、 $D$ ：鉄筋の腐食量の予測を行い、 $P$ ：せん断耐力の低下率の予測を行った。

## 3. 各評価物理量の予測・評価方法

### 3. 1 時間 $t$ と鉄筋位置での Cl<sup>-</sup>イオン量 $F$ の関係 ( $F-t$ 曲線)

仕上材料の Cl<sup>-</sup>イオンの移動量を図 1 に示す電気泳動法<sup>3)</sup>により測定した。この結果より、下地モルタルや仕上材料等の物質中の Cl<sup>-</sup>イオンの移動を式(1)に示す Nernst-Planck の流束方程式を用いて算出した。求めた仕上材料(アクリルゴム系塗膜防水層)の拡散係数を図 2 に示す。下地モルタルに生じたひび割れの影響は大きく、そのひび割れ幅に比例して、拡散係数は大きくなる傾向を示した。

$$J_{cl} = D_{cl} \left( \frac{dC(x)}{dx} - c(x) \frac{zF}{RT} \frac{d\psi(x)}{dx} \right) \quad \dots (1)$$

$J_{cl}$ : 流束 (mol/cm<sup>2</sup>/s),  $D_{cl}$ : 拡散係数 (cm<sup>2</sup>/s),  $C$ : Cl<sup>-</sup>濃度 (mol/cm<sup>3</sup>),  $z$ : イオン価,  $F$ : ファラデー定数 (C/mol),  $R$ : 気体定数 (J/K/mol),  $T$ : 温度 (K),  $\psi$ : 電位 (V)

得られた仕上材料の拡散係数を用いて、仕上材料下の下地コンクリート(縦横 100mm 角)の中央部にひび割れがある場合を想定し、コンクリート中の Cl<sup>-</sup>イオンの濃度分布を予測した。なお、コンクリート表面の Cl<sup>-</sup>イオン濃度<sup>4)</sup>を 3.0kg/m<sup>3</sup>一定、かぶり厚さ 30mm、コンクリートの拡散係数<sup>4)</sup>は、式(2)より算出した。

$$\log_{10} D_c = -3.9(W/C)^2 + 7.2(W/C) - 2.5 \quad \dots (2)$$

$D_c$  : コンクリートの見かけの拡散係数 (cm<sup>2</sup>/年),  $W/C$  : 水セメント比 (%) [本研究では  $W/C=55\%$ 相当にて計算]

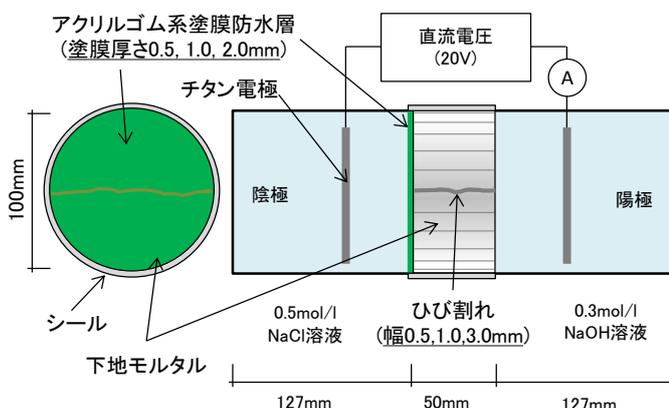


図1 電気泳動試験の概要

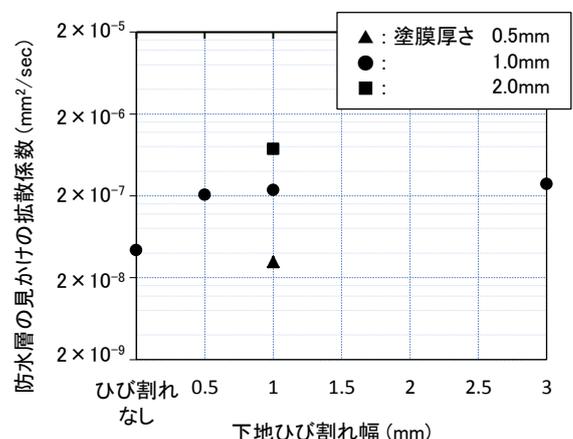


図2 ひび割れ直上上の防水層のCl<sup>-</sup>イオンの拡散係数

### 3. 2 鉄筋位置での Cl<sup>-</sup>イオン量 F と鉄筋腐食量 D の関係 (D-F 曲線)

鉄筋位置の Cl<sup>-</sup>イオン濃度が腐食発生限界濃度(1.2kg/m<sup>3</sup>)以上となった時より、式(3)にて鉄筋の腐食量を求めた<sup>5)</sup>。せん断補強筋の径は 6.4mm(公称断面積 30)とし、計算間隔 1 年として計算した。

$$V_{tn} = \frac{78}{\sqrt{c}} (0.578Cl_{tn} + 0.023 W/C - 1.52) \quad \dots (3)$$

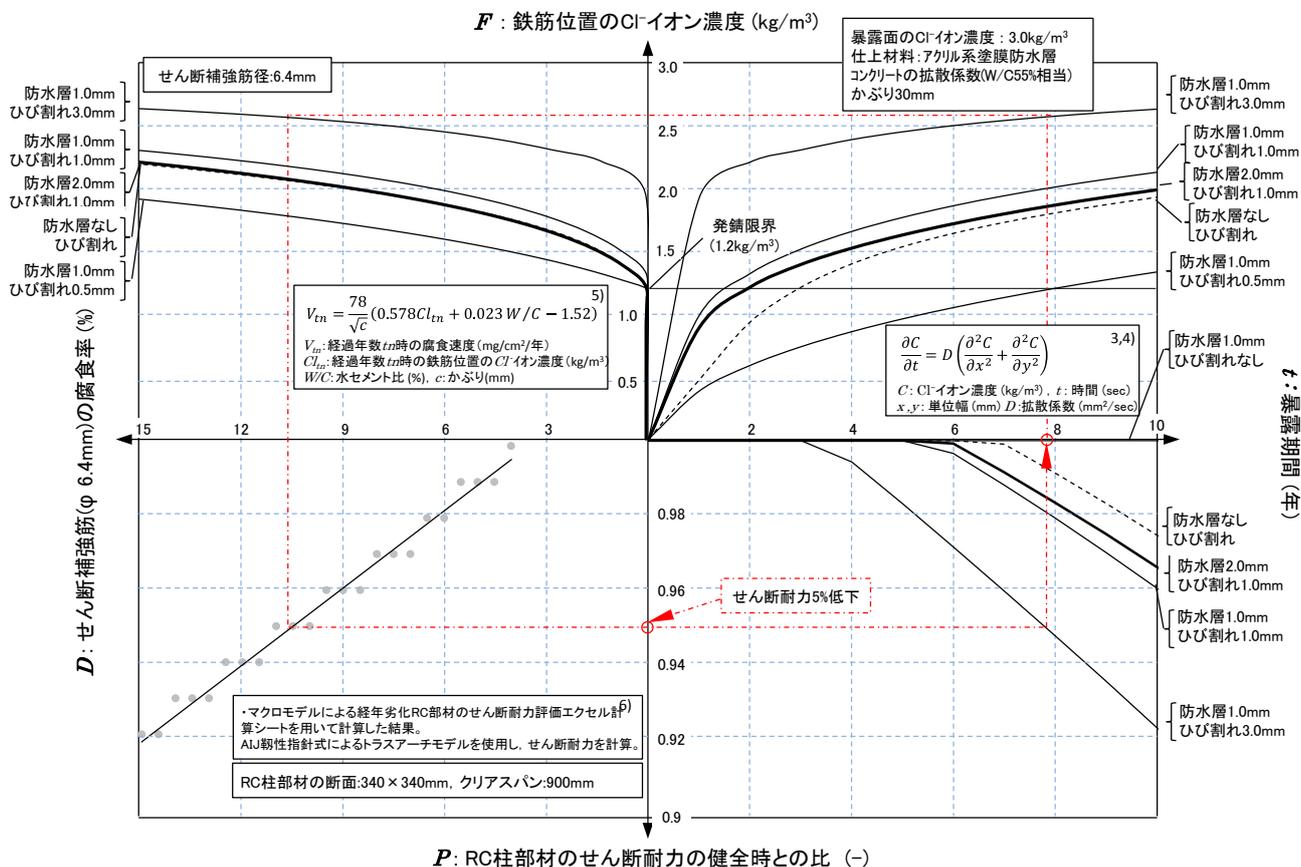
$V_{tn}$ : 経過年数  $tn$ における腐食速度 (mg/cm<sup>2</sup>/年),  $Cl_{tn}$ : 経過年数  $tn$ における鉄筋位置の Cl<sup>-</sup>イオン濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

$W/C$ : 水セメント比 (%),  $c$ : かぶり(mm)

### 3. 3 鉄筋腐食量 D とせん断耐力の低下率 P (P-D 曲線)

本研究では、マクロモデルによる経年劣化 RC 部材のせん断耐力評価エクセル計算シート<sup>6)</sup>を用いて RC 柱部材のせん断耐力の低下率を計算した。このモデルは、AIJ 靱性指針式によるトラスアーチモデルを使用してせん断耐力を計算しており、各構成材料が均一に劣化する場合 FEM 解析結果とほぼ同じ精度で評価できる事を別途確認してある。計算シートは、部材寸法、荷重条件、配筋、鉄筋量、使用材料強度などを入力し、さらに経年劣化による鉄筋の腐食率を入力する事で健全時と経年劣化したせん断耐力およびその比率を計算できる。

図 3 に、前節に示す各式より作成した PDFt 曲線を示す。



## 4. 結論

本研究の範囲においては、仕上材料の Cl<sup>-</sup>イオンの浸入抑制効果により 10 年間程度であれば、かぶり 30mm 位置の鉄筋の発錆を防いだ。しかし、下地コンクリートにひび割れがある場合、仕上材料の Cl<sup>-</sup>イオンの浸入抑制効果の低下により発錆限界以上の Cl<sup>-</sup>イオンの浸入を許容し、RC 部材のせん断耐力の低下が予想された。

謝辞 本研究は東京工業大学建築物理研究センター共同利用研究の成果をまとめたものであり、ここに関係者各位に感謝の意を表す。

### 【参考文献】

- 1) 塚越雅幸ほか: 塗膜防水下のコンクリートひび割れ部分の炭酸化, 日本建築学会構造系論文集, 第 606 号, No.5, pp.43-50, 2006.8
- 2) 橋高義典: 鉄筋コンクリート構造物の高経年化技術評価における健全性評価の方法論, 日本建築学会技術報告集, Vol.16, No.32, pp27-30, 2010.2
- 3) 杉山隆文ほか: コンクリートの塩化物イオン拡散係数の算定に関する電気泳動法を利用した促進試験法, コンクリート工学年次論文集, Vol.18, No.1, 1996.6
- 4) 土木学会, コンクリート標準示方書[施工編], 2002
- 5) 日本コンクリート工学協会: コンクリート構造物の長期性能照査支援モデルに関するシンポジウム 委員会報告書, p.204, 2004.10
- 6) 篠原保二: 平成 22 年度高経年化対策強化基盤整備事業「コンクリート構造物の健全性二次評価にかかわる評価法の調査・試験研究」成果報告書, 2010.2