

内部ひび割れがコンクリート中の鉄筋の腐食速度に及ぼす影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○中野泰邦 正会員 氏家勲 岡崎慎一郎

1. はじめに

構造物の健全性は、表面のひび割れの有無と、その幅の大きさでおよそ評価されるのが一般的である。一方、コンクリート内部では荷重の作用やコンクリートの収縮によって鉄筋応力度 100N/mm^2 に達する以前に内部ひび割れが発生することが既往の文献¹⁾によって判明している。そのため実構造物によって避けることのできない現象である。また、内部ひび割れが鉄筋腐食に及ぼす影響には不明な点が多く、維持管理体系に考慮されていないことが現状である。そこで、本研究では、鉄筋コンクリート実構造物の一般的な使用状態を想定し、鉄筋周辺の内部ひび割れ有無が鉄筋腐食に与える影響を、塩化物を含んだ鉄筋コンクリートに腐食促進を行い、供試体の鉄筋の腐食速度の変化を調べることによって検討する。また、内部ひび割れの存在が見かけの拡散係数に与える影響を既往の研究²⁾によって提案されている劣化予測モデルを用いて検討する。

2. 実験概要

(1) 供試体

本研究で使用する供試体の寸法は長さを 20cm、断面を $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ の異形鉄筋 D25 を有する鉄筋コンクリートを塩化物量(vs 細骨材質量)0.1, 0.3, 0.5, 1.0%初期混入し作製した。また、本研究で用いたコンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 示方配合表

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 kg/cm^3					AE減水剤 (%)	AE剤量 (%)	スランブ (cm)	空気量(%)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G					
40	48	175	437	792	878	1.5	0.5		8 ± 2	4 ± 1
50	48	175	350	825	915	1.3	0.3		8 ± 2	4 ± 1
60	48	175	292	848	940	1.2	0.4		8 ± 2	4 ± 1

(2) 両引張載荷試験

両引張載荷試験装置を図-1に示す。既往の文献¹⁾より内部ひび割れは鉄筋応力度が 100N/mm^2 に到達する以前にその発生が確認されているので、この値を参考にして鉄筋応力度が 200N/mm^2 まで載荷し、さらに 10 回の繰り返し載荷を行った。これは両引張載荷試験が終了後に除荷して鉄筋腐食促進試験を実施する際、荷重を除荷すると内部ひび割れが閉じてしまうので、繰り返し荷重を与えることで除荷しても実構造物の使用状態を模擬できるようにするためである。また、本試験は約 20°C の恒温環境下で実施した。

(3) 腐食促進試験

ポリプロピレン製の容器中に供試体を入れ、それに接しない程度に水をはり、容器内が密閉状態になるように蓋を養生テープで固定し、容器ごと温度 40°C に設定した熱サイクル装置に入れ、容器の中が水蒸気で充満するような条件を作って行った。また、図-2に示すような鉄筋腐食診断機を用いて腐食速度を求めた。

(4) 劣化予測モデル

本研究では内部ひび割れの存在が見かけの拡散係数に与える影響を検討する際に、既往の研究²⁾によって提案されている以下の式(1), (2)を用いることとした。

$$R(R, D, T) = C_D(D) \cdot R(C, T) \quad (1)$$

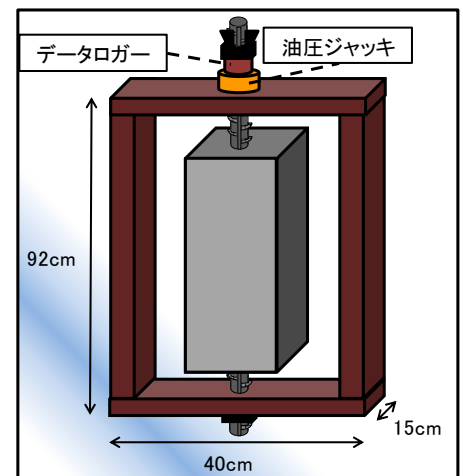


図-1 両引張載荷試験装置

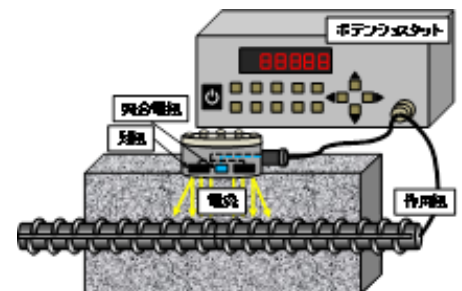


図-2 鉄筋腐食診断機

$$C_D(D) = 0.127 \times 10^{-8} \times D - 0.128 \quad (2)$$

ここに、 $R(R, D, T)$:鉄筋の腐食速度、 $C_D(D)$ コンクリートの品質の影響を表す項、 $R(C, T)$:塩化物イオンと温度の影響を表す項、 D :塩化物イオンの見かけの拡散係数である。

3. 測定結果と考察

1) 鉄筋腐食速度の測定結果

図-3 に $W/C=40\%$ の腐食速度と経過日数の関係を示す。これにより、塩分初期混入量 1.00%の供試体において腐食速度が最も多きことが判明した。また、内部ひび割れが存在することで腐食速度が増加していることが確認できる。なお、各 W/C においても同様の傾向が大様に確認できる。図-4 に各 W/C における塩分初期混入量 1.00%の測定最終日の結果を示す。これにより、コンクリートの密実性が高い供試体ほど内部ひび割れの影響を受け鉄筋腐食の進行が早まることが判明した。

2) 内部ひび割れ有無での見かけの拡散係数の結果

劣化予測モデルに本研究の測定 105 日目における実験結果を代入すると表-2 のような結果を得た。このことによると、内部ひび割れが存在すると塩化物イオンの見かけの拡散係数が増加することが判明した。 $W/C=40\%$ の拡散係数に最も大きな変化がみられたのは、他の供試体と比較してコンクリートが密実であるがゆえに、内部ひび割れにより大きく品質が低下したためと考えられる。しかしながら、本研究で推定した各供試体の塩化物イオンの見かけの拡散係数は、いずれも過小評価している可能性があり、 $W/C=40\%$ においては内部ひび割れが発生している供試体により過小に評価していると考えられるため、実際には内部ひび割れの有無による塩化物イオンの見かけの拡散係数の差は、より顕著に現れると考えられる。このため、正確に内部ひび割れの有無による塩化物イオンの見かけの拡散係数の変化を調べるためには、劣化予測モデルを修正する必要があると考えられる。

4. おわりに

本研究から、内部ひび割れが存在する供試体は、存在していない供試体に比べて鉄筋腐食速度が高い値を示した。また、内部ひび割れが存在することで見かけの拡散係数が増加することが判明した。

謝辞

本研究は、文部科学省 基盤研究 (A) 高収縮コンクリート部材の耐久性力学(課題番号: 21246071, 研究代表者: 広島大学佐藤良一)の支援を受けて実施した。ここに謝意を記す。

【参考文献】

- 1) 後藤幸正, 大塚浩司: 引張を受ける異形鉄筋周辺のコンクリートに発生するひび割れに関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 第 294 号, pp.85-100, 1980
- 2) 中川裕之, 松崎康晴, 横田優, 松島学: 確率論に基づいた塩害劣化コンクリート構造物の劣化予測システムの開発, アップグレート論文報告集, 第 8 巻, pp.139-144, 2008.10

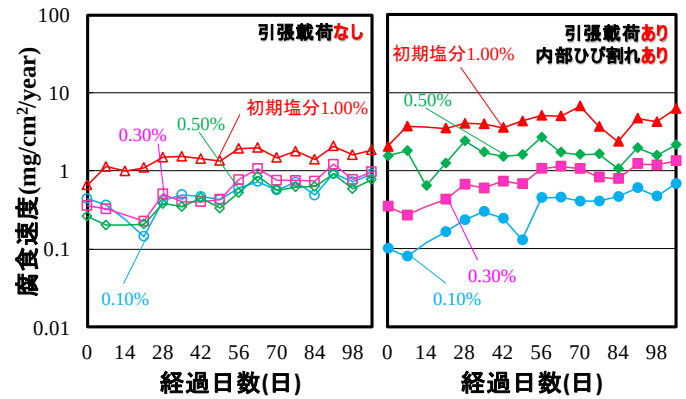


図-3 $W/C=40\%$ の腐食速度と経過日数の関係

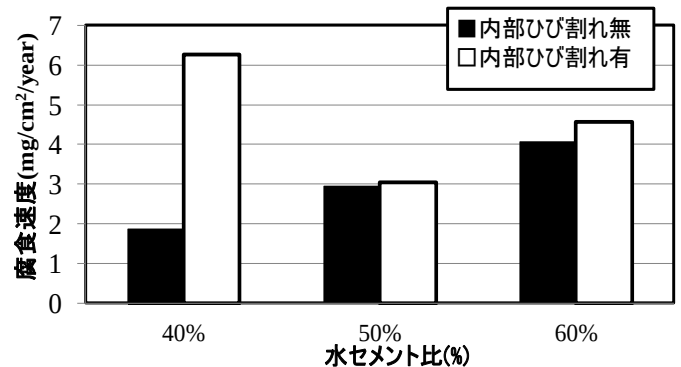


図-4 測定 105 日目における腐食速度

表-2 内部ひび割れ有無での見かけの拡散係数

W/C(%)		見かけの拡散係数(cm^2/year)		
		40	50	60
内部ひび割れ	無	0.452	0.470	0.515
	有	0.718	0.472	0.547