

かぶりの大きさとひび割れ幅が RC 部材の鉄筋腐食性状に与える影響

維持管理工学研究室 神戸優希

1. 研究背景と目的

RC 構造物は、設計上許容される「ひび割れ」や施工上の「かぶり不足」が不可避であり、これらは塩害環境下において鉄筋腐食を著しく加速させる弱点となる。しかし、これらが腐食進行や局所的な腐食形態に及ぼす影響については、未だ統一的な見解が得られていない。

そこで本研究では、ひび割れ幅、かぶりの大きさ、劣化促進期間を要因とした RC 供試体を作製し、乾湿繰返しによる劣化促進試験を実施した。塩分浸透状況および鉄筋腐食性状の定性的・定量的評価を通じて、構造物の弱点部における腐食進行メカニズムを解明することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 供試体形状

本研究で作製した供試体は、鉄筋 (SD295, D13) をかぶり 20mm で一本配置した 100mm×100mm×600mm の角柱とし、所定の養生後に曲げひび割れを導入した (図-1)。

実験要因として、本研究ではかぶり 20mm (ひび割れ幅: 0, 0.1, 0.2mm) を対象とし、これにかぶり 30mm (ひび割れ幅: 0, 0.2, 0.4mm) に対する既往研究を加えて比較を行った。なお、本稿では劣化促進期間 1 か月, 3 か月の結果を報告する。

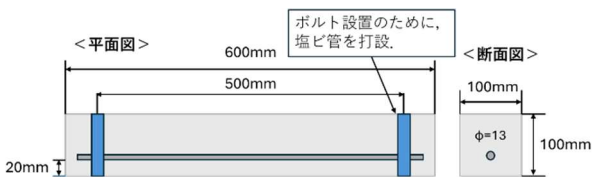


図-1 供試体形状

2.2 劣化促進

ひび割れ導入後、供試体中央部に塩ビ板製の貯水槽を設置し、3%NaCl 溶液を用いた乾湿繰返し環境 (噴霧+40~55°C乾燥, 週 2 サイクル) に静置した。所定期間の経過後、供試体中央部 (200mm) を対象に評価を実施した。

3. 結果と考察

3.1 塩化物イオンの浸透性状

硝酸銀噴霧および電量滴定の結果、ひび割れの存在が塩分浸透量を著しく増大させることが確認されたが、ひび割れ直下における塩分量に対しては、その幅の明確な影響は認められなかった。

一方、図-2 に示す硝酸銀噴霧による鉄筋位置での軸方向の浸透距離に着目すると、かぶりの影響が顕著であった。かぶり 20mm では、初期から大きな浸透距離が確認された。これは、塩分が鉄筋へ早期到達し、鉄筋・コンクリート界面に沿って軸方向に拡散したためと考えられる。対してかぶり 30mm では浸透距離は小さかった。このような浸透範囲の違いは、後述する腐食形態の傾向と整合するものであった。

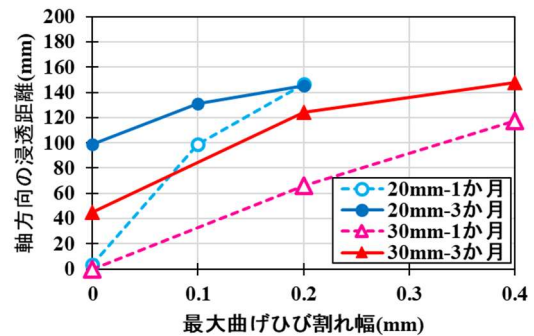


図-2 鉄筋位置での軸方向の浸透距離

また、図-3 に示す EPMA 結果は、ひび割れ特有の浸透機能を多角的に裏付けている。画像 (面分析) からは、ひび割れが単なる通り道ではなく、壁面から水平方向へ塩分を拡散させる「供給源」として機能する様子が確認された。

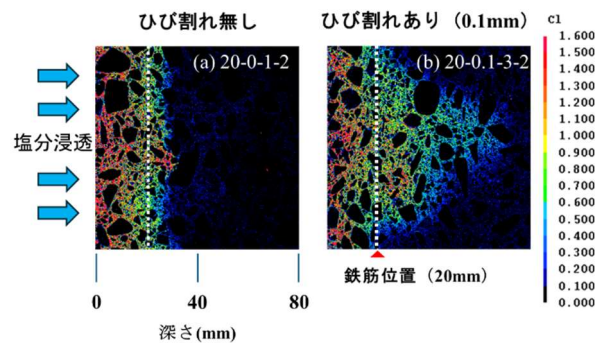


図-3 EPMA 面分析

一方、グラフ(濃度プロファイル)においては、ひび割れ部特有の緩やかな濃度減少(漸減傾向)が認められ、ひび割れが表層の拡散抵抗をバイパスし、深部へ塩分を先行到達させていることが定量的にも示された(図-4)。

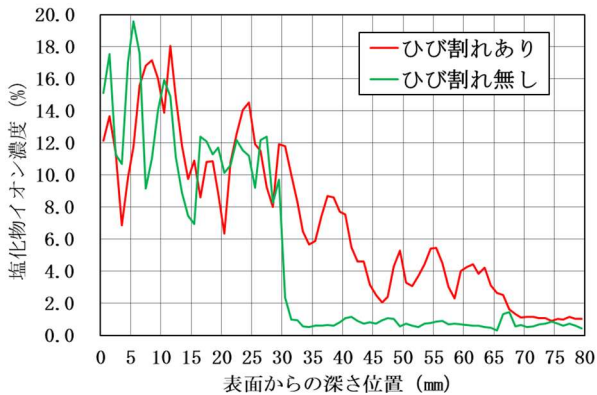


図-4 濃度プロファイル

3.2 鉄筋腐食性状の変化と評価手法の検討

鉄筋の質量減少率および腐食面積率による評価の結果、ひび割れによる腐食の促進が確認され、ひび割れ幅の増大に伴っても腐食領域および腐食量は概ね増加傾向を示した。図-5より、かぶりの大きさの影響については、かぶり 20mm では腐食面積率に対して質量減少率は小さい傾向を示し、腐食領域が周囲へ拡大する「全面腐食」への遷移が見られた。一方、かぶり 30mm では腐食面積率に対して質量減少率は大きい傾向を示し、拡大が生じず「局部腐食」の状態に留まる傾向が確認された。これは、かぶり 20mm では表面からの塩分浸透が早期に到達し、鉄筋を「薄く広く」削るような腐食が生じたのに対し、かぶり 30mm では一般部への拡大が遅延し、ひび割れ近傍で集中的に腐食が進行したためである。

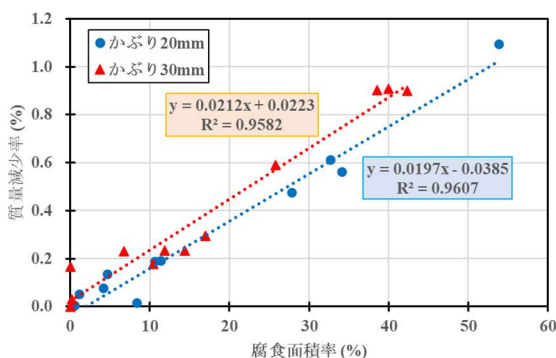


図-5 腐食面積率と質量減少率の関係

また、3D スキャナによる鉄筋の断面積分布の測定によって、腐食が導入ひび割れ直下から発生し、偏って拡大するプロセスの可視化に成功した(図-6)。さらに、局所的な腐食の鋭さを表す指標

として「集中係数 K (=最大断面欠損率/平均断面欠損率)」を算出した結果、 K 値は腐食領域の拡大(全面腐食化)に関わらず 3.0~3.5 の高値を維持しており、鋭さが緩和されず破断リスクが高いことを示した。

一方で、3D スキャナによる定量的評価は、質量減少率との比較において、微細な腐食や深い孔食底部を捕捉しきれないことによる感度の鈍化も確認された。したがって、総量評価には質量減少率、断面欠損の分布性状や局所リスクの評価には 3D スキャナを用いる相互補完的な適用が必要である。

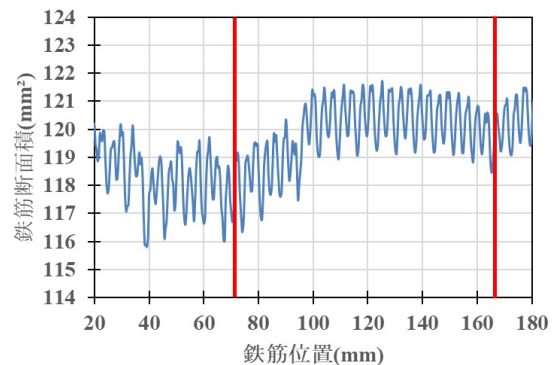


図-6 3D スキャナによる鉄筋の断面積分布の例(赤線: 曲げひび割れ導入位置)

4. まとめ

1. 硝酸銀および電量滴定の結果、ひび割れは幅に関わらず深部への短絡路や水平方向への供給源として機能し、浸透量を著しく増大させることを確認した。また、かぶり 20mm では塩分の鉄筋への早期到達により、界面に沿って広範な塩分分布を形成した。
2. ひび割れによる腐食の発生が確認され、ひび割れ幅の増大に伴っても腐食領域および腐食量は概ね増加傾向を示した。一方、かぶりは腐食の拡大範囲を支配し、20mm では全面腐食へ遷移、30mm ではひび割れ直下に留まることを確認した。
3. 3D スキャナは腐食の偏在化を可視化し、領域拡大後も高い集中係数(破断リスク)の維持を確認した。一方で微細部の感度は鈍化するため、総量(質量減少率)とリスク(3D スキャナ)の相互補完的な評価が必要である。

5. 参考文献

- 1) 桐山翔伍: 塩分の供給環境の違いがひび割れを有するコンクリート中の鉄筋の腐食に与える影響, 岐阜大学大学院修士論文, 令和七年度