

東京工業大学 学生員 宮里心一
 (株)大林組 正会員 柴田常徳
 東京工業大学 正会員 大即信明
 新潟大学 正会員 長瀧重義

1. はじめに

鉄筋コンクリートは、鉄筋とコンクリートが一体となり外力に抵抗する、極めて優れた構造部材である。しかしながら、コンクリートに曲げひび割れが生じると、ひび割れを通じて外部環境中の物質が容易に鉄筋に到達する。したがって、塩分環境下にある鉄筋コンクリート部材にひび割れが発生すると、塩化物イオンおよび酸素等の浸透により、鉄筋でマクロセル腐食が進行し、構造物の性能を著しく低下させる。既にひび割れ部に発生するマクロセル腐食に関する検討は、数多くされている。特に、ひび割れ幅の許容値に関する検討は、構造物の耐久性予測に大いに貢献する研究である^{1)、2)}。しかしながら、腐食速度の経時変化についての検討は行われているが、マクロセルを形成するアノードとカソードの進行機構について詳細な検討が行われていないのが現状である。したがって、本研究では、腐食電流密度の分布形状を把握するため、分割鉄筋を埋設したモルタル供試体を用い、腐食促進試験により、ひび割れ幅の相違が曲げひび割れ部のマクロセル腐食に及ぼす影響を検討した。なお、本研究で用いた供試体では、曲げによりひび割れを発生させ、ひび割れ近傍において鉄筋とコンクリート間に剥離を生じさせた³⁾。

2. 実験概要

本研究では、図1に示すモルタル供試体を用いた。内部に埋め込まれた7本の鉄筋は、 $\phi 9$ mmの丸鋼を4.5cmに切断しクエン酸二水素アンモニウムに24時間浸漬させた後、ワイヤブラシにより黒皮を剥ぎ、曲げ荷重載荷時に引張側となる側面に、リード線をはんだ付けし、接合部をエポキシ樹脂で覆った。さらに、7本の鉄筋要素をエポキシ樹脂で接続し、隣接するリード線を接続することにより、電気化学的には1本と見なせる鋼材とした。

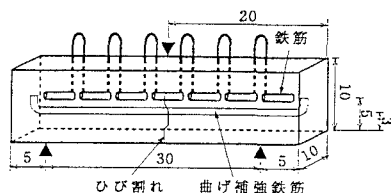


図1 供試体概要

た。なお、曲げ補強のため、全面をエポキシ樹脂にて塗装した丸鋼を埋設した。使用したモルタルの水セメント比は50%であり、打設方向は鋼材と垂直とする。打設後24時間湿空養生した後脱型し、相対湿度80%室温20℃の環境中に一ヶ月間養生した。その後中央の鉄筋要素を貫く位置にて、打設時の下面が開開口となる曲げひび割れを生じさせた。ひび割れ幅は0.1、0.3および0.7mmの3水準とし、ひび割れ発生直後にひび割れ開口部を除く5面をエポキシ樹脂にて塗装した。そして、24時間の塩水噴霧(NaCl3.5wt%、湿度90%)と60時間の乾燥(湿度50%)が繰り返される環境下に暴露した。なお、腐食反応を促進させるため、室温は60℃とした。腐食速度は、自然電位、マクロセル電流密度およびミクロセル電流密度を用いて評価した。なお、本研究では、異なる鉄筋要素間で形成する腐食セルをマクロセル、単一の鉄筋要素内で形成する腐食セルをミクロセルとする。マクロセル電流密度は、隣接する鉄筋要素間を流れる電流を無抵抗電流計で測定し、各鉄筋要素表面に出入する電流量(マクロセル電流)を表面積で除することにより算定した。なお、図2・3中では、正の値がアノード電流密度、負の値がカソード電流密度を示す。一方、ミクロセル電流密度は、リード線を切断後、各鉄筋要素の分極抵抗をFRA(Frequency Response Analyzer)を用いた交流インピーダンス法により測定し、水流ら⁴⁾の研究を参考にし、分極抵抗値を0.0209で除することにより算定した。

キーワード: 曲げひび割れ, マクロセル腐食, ひび割れ幅

住所 〒950-21 新潟市五十嵐二の町8050・TEL 025-262-7027・FAX 025-262-7021

3. 実験結果

図2に暴露期間が1週における、図3に13週における、自然電位、マクロセル電流密度およびミクロセル電流密度の分布形状を示す。これらによると、暴露期間が1週においては、ひび割れなしあるいはひび割れ幅が0.1mmの場合は、自然電位は貴、電流密度は非常に小さいことが認められる。一方、ひび割れ幅が0.3mmあるいは0.7mmの場合は、ひび割れ箇所において、自然電位は卑になり、電流密度が大きくなることが認められる。そして、その大きさはひび割れ幅の増大とともに増加することがわかる。これは、ひび割れ幅が大きい場合、暴露開始直後からひび割れを通じて塩化物イオンが容易に鉄筋に浸透するためと考えられる。暴露期間が13週になると、ひび割れ幅が0.1mmの場合も、ひび割れ箇所で電流密度が大きくなることが確認できる。一方、ひび割れ幅が0.3mmおよび0.7mmの場合は、ひび割れ近傍(鉄筋位置25cm)においても、自然電位は卑となり、マクロセル電流密度は正の値(アノード電流密度)となり、ミクロセル電流密度も大きくなることが認められる。そして、その大きさは、ひび割れ幅が0.3mmの場合が0.7mmの場合と比較して、大きいことが分かる。これは、暴露期間が長いと、いずれのひび割れ幅の場合においても、ひび割れを通じて塩化物イオンが十分に内部に浸透するためと考えられる。さらに、鉄筋に達した塩化物イオンは、曲げにより生じたひび割れ近傍の鉄筋とモルタルの剥離部、およびブリーディングの影響を受け貧配合となる鉄筋下面を伝わり、その結果、腐食域のひび割れ近傍への拡大を引き起こしたと考えられる。

4. 結論

腐食促進試験の結果、下記のことがわかった。

- ・暴露期間が短期では、ひび割れ幅が大きい場合、ひび割れ箇所において腐食が発生し、その腐食速度はひび割れ幅が大きいほど速い。
- ・暴露期間が長期では、ひび割れ幅によらず腐食は発生する。特に、ひび割れ幅が大きい場合は、ひび割れ近傍の鉄筋も腐食する。

参考文献

- 1) 岡田清, 小柳治, 宮川豊章: コンクリート部材のひびわれと鉄筋腐食に関する研究, 土木学会論文報告集 第281号, pp. 75~87, 1979. 1.
- 2) 大野義照, 鈴木計夫, 田村博: ひび割れの生じたコンクリート中の鉄筋腐食、セメント・コンクリート論文集 No. 47, pp. 504~509, 1993.
- 3) 神山一: コンクリートのひびわれと鉄筋の腐食—6~8年曝露試験結果—, セメント技術年報 XXV I, pp. 415~417, 1972.
- 4) 水流敏, 前田龍, 春山志郎: 交流法腐食モニターの局部腐食への適用, 防食技術 28, pp. 638~644, 1979

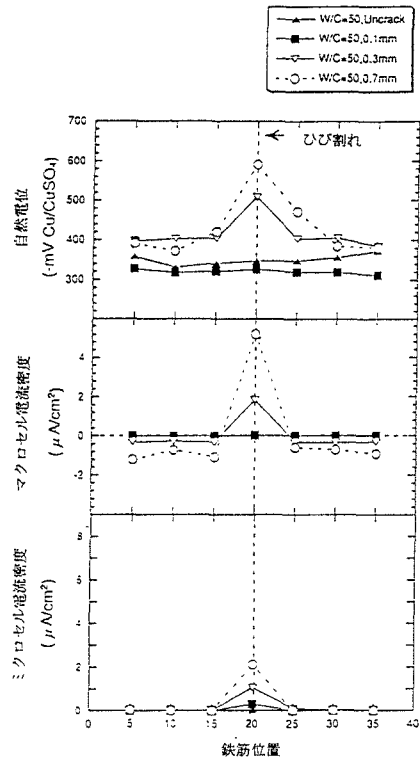


図2 ひび割れ幅が腐食速度に及ぼす影響(暴露期間1週間)

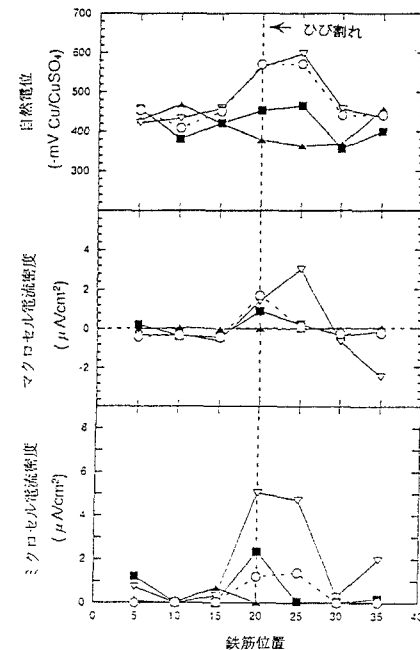


図3 ひび割れ幅が腐食速度に及ぼす影響(暴露期間13週間)