

局所的な腐食再現実験を用いた鉄筋の力学性状に関する基礎的研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○水野 敦大 Qiao Di
名古屋大学大学院 正会員 中村 光 三浦 泰人

1. はじめに

鉄筋腐食を検討する場合、実験室内での促進実験である電食実験が一般的に用いられる。電食実験においては、ほとんどの場合、ある程度の長さを持った腐食領域が生じる場合を検討している。一方、腐食状況下で、コンクリートにひび割れが発生している場合、ひび割れ位置で局部的に鉄筋が腐食するマクロセル腐食が生じる¹⁾。マクロセル腐食は局所的な断面減少を生じさせるため、鉄筋の力学性状への影響が大きく、構造物の安全性から、詳細な評価・検討が求められる。現在、行われているマクロセル腐食再現実験²⁾は、ひび割れを導入した供試体を暴露し腐食させるといったものであるが、数年単位の膨大な時間が必要になる。そこで本研究では、電食実験を用いてコンクリート中の鉄筋を局部的に腐食させる実験方法を考案し、局部腐食が及ぼす鉄筋の力学性状への影響について検討した。

2. 電食を用いた局部腐食再現実験

電食実験により特定の範囲に腐食を発生させる実験として、腐食対象区間外をエポキシ樹脂などでコーティングして通電範囲を限定するもの²⁾、銅板と電解液の範囲を水槽を使って限定するもの³⁾等がある。しかしながら、いずれもある程度の腐食長さが生じ、ひび割れ発生位置周辺の局部腐食とは性状が異なる。

そこで本研究では、より局所的な腐食を発生させることを目的とし、図-1に示すように、供試体に異形鉄筋(D19)の半節分程度(1節 13.4mm)の孔を鉄筋位置まであけ、その中に電解液と銅板を入れる実験を考案した。また、孔側面から電解液が浸透し、通電範囲が拡大することを避けるため、孔にストローを差し、そこに電解液と銅板を入れた。電解液には3%塩化ナトリウムを用い、鉄筋側をアノード極、銅板側をカソード極に接続した。実験には定電流電源装置により一定の電流を流し、積算電流量が0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 9.6A・hrの計5パターンで実験を行った。電食実験の詳細については、表-1に示す。

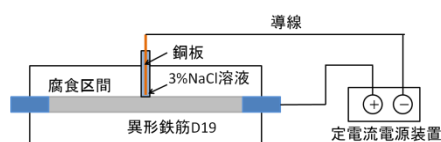


図-1 電食実験概要

表-1 電食実験詳細

断面 (mm)	長さ (mm)	電流量 (A)	通電時間 (hr)	積算電流量 (A・hr)
100×100	300	0.05	0	0
			12	0.6
			24	1.2
			48	2.4
			96	4.8
200×600		0.1	48	4.8
			96	9.6

3. 鉄筋の腐食性状

腐食後の鉄筋の様子を図-2に示す。これらは孔をあけた近傍の鉄筋上面を撮影したものであり、鉄筋の下面には僅かしか腐食は見られなかった。また各鉄筋に共通して、孔のあいている位置での腐食が最も大きく、明らかな断面減少が生じていた。積算電流量が低いものに関しては、断面減少はわずかであったが、積算電流量が4.8A・hrのものでは4.8mm程度、9.6A・hrのものでは6.7mm程度、深さ方向に断面欠損が生じており、また断面減少が生じている長さは共に約節1.5個分(20mm程度)であった。既往の文献⁴⁾の、塩の干満差用を模擬したひび割れを有するD16を用いた供試体の腐食実験においても、ひび割れ位置で鉄筋の断面減少が生じており、断面減少の長さが約節2個分(20mm程度)であることから、本実験方法において、マクロセル腐食を概ね再現できているといえる。



図-2 各積算電流における鉄筋
(左から 0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 A・hr)

キーワード 局部腐食 電食実験 応力-ひずみ関係 画像処理法

連絡先〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL: (052) 789-3735/4637

4. 腐食後の鉄筋の力学的性状

局部腐食が生じた鉄筋の力学的性状を評価する場合、ひずみの評価手法が重要となる。本実験では、鉄筋節上にターゲットをとりつけ、デジタルカメラを用いた画像処理法により、局所ひずみを求めた。局部腐食した鉄筋では、ひずみは、局部腐食位置に集中することが想定されるため、ある程度広い測定間隔で連続したひずみを測定する必要がある。また、局部腐食位置では、ひずみゲージを貼付するのが困難となる問題もある。それに対し、画像処理法は非接触で連続的なひずみの測定が可能である。

ひずみを求めるターゲット間隔としては、腐食位置を含む節 6 個分の距離(=4D 程度)とした。ただし、積算電流量 $2.4\text{A}\cdot\text{hr}$ のものでは腐食領域外で破断したため、ターゲット間に破断点を含まない。

図-3 に健全状態と積算電流量 $1.2, 9.6\text{A}\cdot\text{hr}$ のときの鉄筋の応力-ひずみ曲線について示す。局部腐食した鉄筋では、降伏強度ならびに引張強度が低下し、終局ひずみも小さくなっている。また、積算電流量が $9.6\text{A}\cdot\text{hr}$ のときには、ひずみが弾性域を超えた後の降伏棚が明確ではなく、緩やかに応力が増加し、その後健全状態の鉄筋と同様の挙動となる。

図-4 に積算電流量と終局ひずみの関係、図-5 に積算電流量と引張強度の関係を示す。図-4 の縦軸は、腐食鉄筋の終局ひずみ(ϵ_u)を健全状態の鉄筋の終局ひずみ(ϵ_0)で除した値、図-5 の縦軸は、腐食した鉄筋の引張強度(f_{suc})を健全状態の鉄筋の引張強度(f_{sun})で除した値である。終局ひずみ、引張強度は、積算電流量が増加するにしたがって減少していくことがわかる。健全な状態の鉄筋と比較すると、積算電流量 $9.6\text{A}\cdot\text{hr}$ のものでは、終局ひずみは約 47%、引張強度は約 12%低下しており、終局ひずみの方が、引張強度よりも局部腐食の影響を大きく受けることが分かる。

図-6 に積算電流量 $1.2\text{A}\cdot\text{hr}$ と $9.6\text{A}\cdot\text{hr}$ のときの局所ひずみ分布の比較を示す。局所ひずみ分布の測定範囲は、積算電流量 $1.2\text{A}\cdot\text{hr}$ では、全測定区間を 160.8mm とし、 26.8mm ごとにひずみを計 6 点、積算電流量 $9.6\text{A}\cdot\text{hr}$ では全測定区間を 201mm とし、 40.2mm ごとにひずみを計 5 点測定した。図-3 中において、ひずみが $0.02, 0.03, 0.05$ のときの各測定間におけるひずみ分布について示す。積算電流量が $1.2\text{A}\cdot\text{hr}$ の鉄筋では、各平均ひずみにおいて比較的一様なひずみ分布となっており、引張強度時のひずみの半分程度のひずみにおいても局部腐食による影響は見られない。一方、積算電流量が $9.6\text{A}\cdot\text{hr}$ の鉄筋ではひずみ初期段階から腐食位置にひずみが集中し、引張強度時のひずみの半分程度のひずみでは、腐食部では腐食部以外の点の 150%以上のひずみを有することが分かる。

5. 結論

- 1) ひび割れ位置での局部腐食を再現する実験方法を考案し、既往のひび割れ供試体での局部腐食再現実験と同様の腐食性状を表現することができた。
- 2) 連続したひずみを画像処理法で適切に求められることを示し、局部腐食した鉄筋積算電流量の増加に伴う応力、ひずみの変化、また鉄筋のひずみ分布について明らかにした。

参考文献

- 1)土木学会 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 pp194-233, 2)三木朋広 繰返し荷重を受ける腐食した鉄筋の付着挙動に関する研究 コンクリート工学年次論文集 Vol.35,No. 2,pp601-606,
- 3)松尾豊史 鉄筋腐食したRCボックスカルバートのせん断耐力に関する実験的検討 コンクリート工学年次論文集 Vol.30,No. 3,pp1075-1080, 4)松村卓郎 ひび割れを有するコンクリート中の鉄筋腐食と強度特性に関する研究 土木学会年次学術講演会公園概要集 67 巻,5-098 号,pp197-198

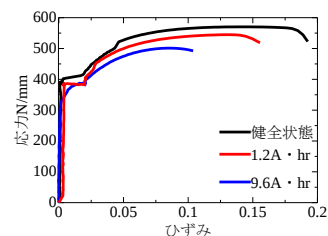


図-3 応力-ひずみ曲線

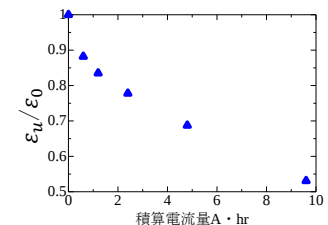


図-4 積算電流量と ϵ_u/ϵ_0

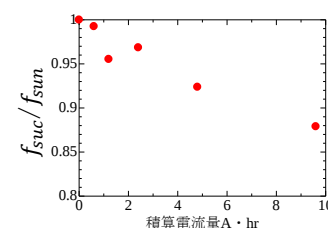


図-5 積算電流量と f_{suc}/f_{sun}

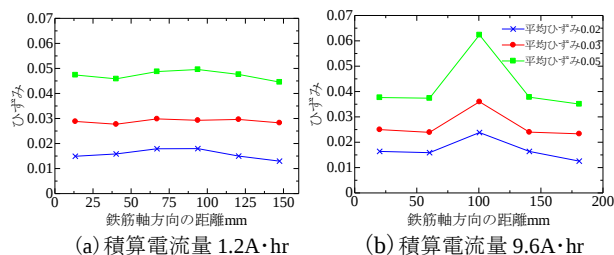


図-6 ひずみ分布の比較