

塩化物イオンを含むコンクリートの中性化によって生じるマクロセル腐食について

鉄道総研 正会員 ○飯島 亨
 鉄道総研 工藤 輝大
 鉄道総研 正会員 玉井 譲

1. 目的

コンクリート構造物を適切に維持・管理するためには、鉄筋腐食の状態と今後の進行性の把握が必要である。そこで、筆者らはコンクリートの品質や環境条件などから鉄筋腐食速度を定量的に評価する手法を提案してきた¹⁾。実構造物を数多く調査する中で、かぶりのばらつきが大きい鉄筋では、その一部が中性化域にあり、中性化域と非中性化域との間に生じるマクロセル腐食の発生が懸念された。そこで、供試体試験から、コンクリートの中性化により生じるマクロセル腐食について検討した。

2. 試験

2.1 供試体

供試体には、マクロセル電流を測定するため、12 個の分割鉄筋 (φ 13mm × 15mm) をリード線で接続した鉄筋 (全長 300mm) を用いた。コンクリートの配合は表 1 に示すとおりで、これに塩化物イオンを 2 kg/m³ もしくは 5kg/m³ を添加した。供試体中の鉄筋配置は図 1 に示すとおりで、平均かぶりが 20mm となるようにし、かぶりのばらつきを考慮して、[水平]、[少し傾斜]、[大きく傾斜]の 3 種類を設定した。供試体は、打設後 28 日間 20% 相対湿度 60% で気中養生を行った後、中性化させる 1 面を除きエポキシ樹脂で被覆した。その後、促進中性化試験を実施して、かぶり 20mm の箇所で鉄筋の半分が中性化域になるようにした。

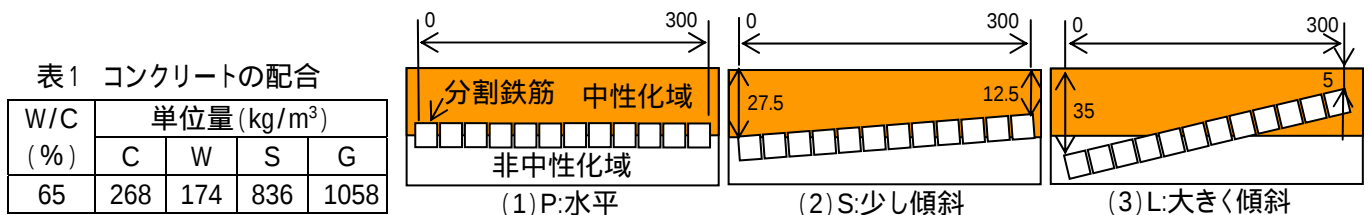


図1 供試体の模式図

2.2 試験方法

マクロセル腐食の有無の検討は、分割鉄筋の自然電位測定と分割鉄筋間の電流測定により行った。自然電位の測定は、分割鉄筋 2 個毎に、JSCE E 601「コンクリート構造物における自然電位測定方法」に準じて実施した。また、分割鉄筋間の電流量を無抵抗電流計により測定し、各分割鉄筋の両端で測定された電流量の差から、各分割鉄筋のマクロセル電流量を求めた。

3. 試験結果

3.1 自然電位

自然電位の測定結果を図 2 及び図 3 に示す。供試体の自然電位は、塩化物イオン量 (Cl) が 2kg/m³ では -300 ~ -350mV (vs CSE)、5kg/m³ では -350 ~ -450mV (vs CSE) であり、通常言われているように、塩化物イオン量が多い 5kg/m³ の方が腐食は進行している。鉄筋配置別の自然電位は、[水平]では同一の値であるが、[少し傾斜]、[大きく傾斜]では鉄筋かぶりが小さい側で卑側になる。鉄筋かぶりの影響による自然電位の差は、塩化物イオン量が 2 kg/m³、5kg/m³ いずれも [少し傾斜]では 25mV 程度、[大きく傾斜]では 50mV 程度であった。実際のコンクリート構造物での測定結果も同様の傾向であり、コンクリート構造物の鉄筋の腐食状態を再現できたものと考えられる。そこで、この供試体を用いてマクロセル電流を測定した。

キーワード コンクリート, 鉄筋, マクロセル, 腐食, 中性化

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 材料技術研究部(コンクリート材料)

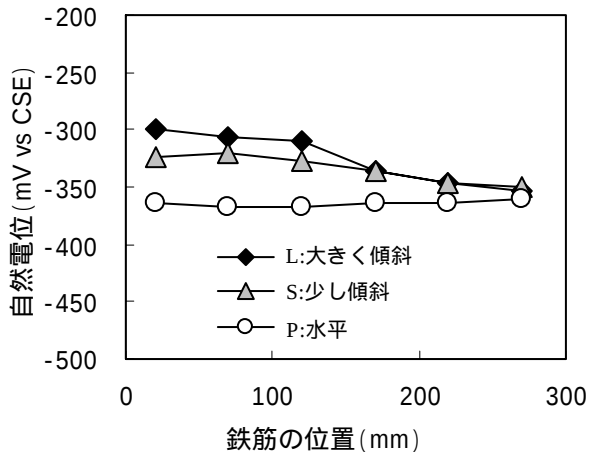


図2 自然電位の測定結果(Cl:2kg/m³)

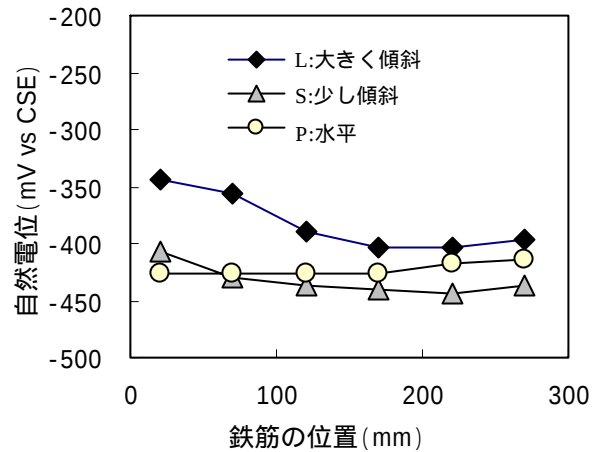


図3 自然電位の測定結果(Cl:5kg/m³)

3.2 マクロセル電流

マクロセル電流の測定結果を図4及び図5に示す。各分割鉄筋の電流量は、塩化物イオン量が 2 kg/m^3 、 5 kg/m^3 いずれも[水平]では $0\text{ }\mu\text{A/cm}^2$ 近傍でばらついている。しかし、[少し傾斜]、[大きく傾斜]では、鉄筋かぶりの小さい中性化域側でマクロセル電流は+側、かぶりの大きい非中性化域側で-側になり、マクロセル電流が生じていた。腐食が発生するアノード側(+側)のマクロセル電流に着目し、各アノード側の全分割鉄筋のマクロセル電流量を合わせると、塩化物イオン量が 2 kg/m^3 の[少し傾斜]で $0.5\text{ }\mu\text{A/cm}^2$ 、[大きく傾斜]で $0.8\text{ }\mu\text{A/cm}^2$ 、 5 kg/m^3 の[少し傾斜]で $0.8\text{ }\mu\text{A/cm}^2$ 、[大きく傾斜]で $1.2\text{ }\mu\text{A/cm}^2$ であった。マクロセル電流は塩化物イオン量が多いほど大きくなる傾向に、また、鉄筋の傾斜が大きいほど大きくなる傾向にあることがわかった。

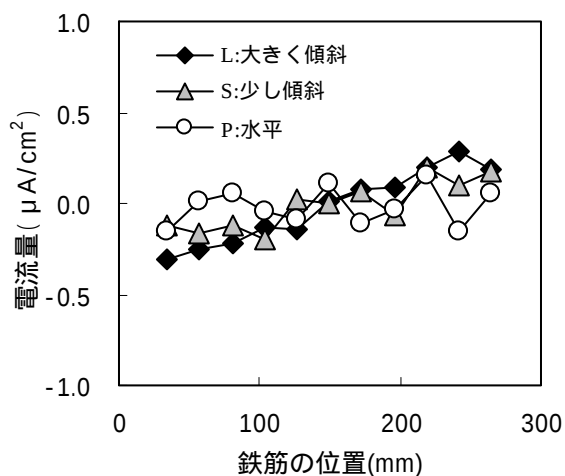


図4 マクロセル電流の測定結果(Cl:2kg/m³)

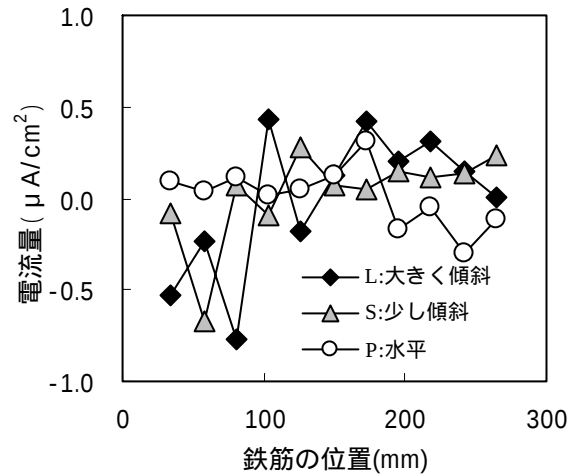


図5 マクロセル電流の測定結果(Cl:5kg/m³)

4. まとめ

コンクリートの中性化により生じるマクロセル腐食の供試体試験から以下のことがわかった。

- (1) 塩化物イオンを含むコンクリートでは、鉄筋が大きく傾斜するなどかぶりのばらつきが大きい場合に、鉄筋の一部が中性化域にあると、中性化域と非中性化域との鉄筋間にマクロセル電流が生じていた。
- (2) このマクロセル電流は、塩化物イオン量が多いほど大きくなる傾向にあった。また、鉄筋の傾斜が大きいほど大きくなる傾向にあった。

なお、塩害と中性化の複合劣化による鉄筋腐食に対して、このマクロセル電流が鉄筋腐食に与える影響の度合いについては今後検討していく。

参考文献

- 1) 飯島亨, 工藤輝大, 玉井譲: コンクリート中の鉄筋の腐食速度に及ぼす気温の影響, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 Vol. 8, pp. 299-304, 2008.10