

鋼材表面の環境変化に伴うカソード反応の変化が鋼材腐食の進行に与える影響

東京理科大学 学生会員 中川 智統
 港湾空港技術研究所 正会員 染谷 望
 東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

1. 目的・背景

コンクリート中の鋼材腐食の進行に与える要因は、鋼材表面の自由塩化物イオン濃度、pH、水分量、および酸素濃度であることが知られている。特に自由塩化物イオン濃度は、鋼材の不動態皮膜を破壊し腐食進行に影響を与えることから、多くの検討がなされている。一方、pH、水分量、酸素濃度等のカソード反応に影響を与える要因が、鋼材腐食の進行に与える影響については未解明な点が残っている。本研究では、カソード反応に着目し、セメント種類を変えて鋼材表面のpHや溶存酸素濃度を変化させることで、鋼材腐食の進行に与える影響について検討する。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

図-1に、模擬鉄筋コンクリート試験体¹⁾(以下、模擬鉄筋)の概要を示す。鋼材表面のpH、酸素濃度の変化による鋼材腐食の進行を検討するため、かぶりを模擬した普通ポルトランドセメント(N)、高炉スラグ微粉末を内割り40%した高炉セメント(BS40)、石灰石微粉末を内割り40%、70%置換(LS40、LS70)の4種類のモルタル版を用いた。また、塩化物イオンの有無の影響を検討するため、浸せき溶液には、初期は飽和酸化カルシウム溶液を、その後に自由塩化物イオン濃度が一定となるように0.59kg/m³(Nの場合で全塩化物イオン濃度に換算すると10.0kg/m³)の塩化ナトリウム(以下、NaCl)を加えた溶液を用いた。

モルタル試験体は模擬鉄筋と同様に、鋼材表面の自由塩化物イオン濃度を一定とするため、石田らの研究²⁾を用いて全塩化物イオン濃度をNは10kg/m³、BS40は12.7kg/m³、LS40は6.0kg/m³、LS70は3.0kg/m³加えた試験体を作製した。なお、モルタル試験体は図-2のように、鋼材表面に電気化学測定が可能な埋設センサを設置した。

2.2 測定項目および測定方法

電気化学測定は、かぶりコンクリートの影響を検討するため、かぶりコンクリートを介した表面からの測定と、埋設センサを用いた内部からの測定との2種類とした。測定項目は自然電位およびインピーダンススペクトルとし、インピーダンススペクトルの測定結果から、腐食電流密度を算出した。また、模擬鉄筋ではデジタルpHメーターと溶存酸素計を用いて、溶液中のpHと溶存酸素濃度を測定した。

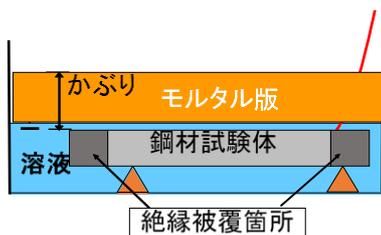


図-1 模擬鉄筋コンクリート

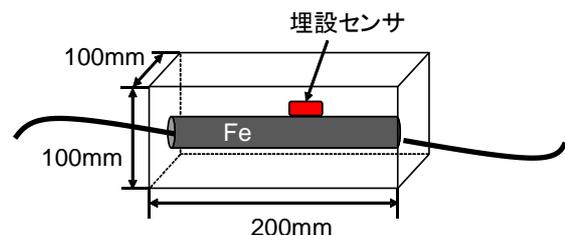


図-2 モルタル試験体

3. 実験結果

図-3に、模擬鉄筋の累積腐食電流密度の結果を示す。いずれの試験体も塩化物イオンを加えることで累積量が増加しており、測定18日目のNは7.10μA/cm²、BS40は5.88μA/cm²、LS40は8.52μA/cm²、LS70は9.07μA/cm²となり、LS70やLS40はNやBS40と比較し、鋼材腐食が進行していると考えられる。

図-4に、模擬鉄筋の溶液中の溶存酸素濃度の変化を示す。NとBS40は6日目から18日にかけて溶存酸素濃度が減少した。一方、LS40やLS70は、溶存酸素濃度の変化は見られなかった。このことは、自然電位、

キーワード 鋼材腐食 カソード反応 溶存酸素濃度

連絡先: 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL04-7124-1501 E-mail:7612084@alumni.tus.ac.jp

累積腐食電流密度の測定結果より、NやBS40は鋼材腐食が生じたことで、溶存酸素が消費されたためと考えられる。LS40やLS70は、NやBS40と比較し腐食速度が大きいと、酸素の消費量も多いと考えられるが、モルタル版の細孔組織が粗であるため酸素が供給されやすく、溶存酸素濃度が変化しなかったと考えられる。

模擬鉄筋の結果を基に、モルタル試験も同様に検討した。図-5に、モルタル試験体の腐食電流密度の結果を示す。ここから、腐食電流密度の大小関係はLS70>LS40>N>BS40となった。この大小関係は、模擬鉄筋の結果と等しく、鋼材付近の溶存酸素による影響と考えられる。

次に、模擬鉄筋とモルタル試験体の比較を行うために、模擬鉄筋のLS70と、モルタル試験体のLS70の累積腐食電流密度の経時変化を一例に図-6に示す。18日目の累積腐食電流密度は模擬鉄筋が9.07 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 、モルタル試験体が2.01 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ となり、モルタル試験体の腐食電流密度が小さい結果となった。このことは、腐食電流密度や溶存酸素濃度の結果から、モルタル試験体内の組織の緻密さにより鋼材表面の酸素量が低下したためと考えられる。

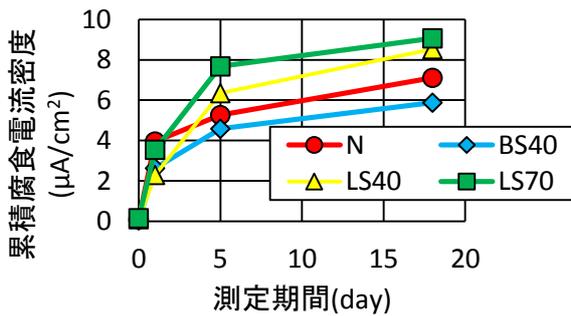


図-3 腐食電流密度の累積結果 (模擬鉄筋)

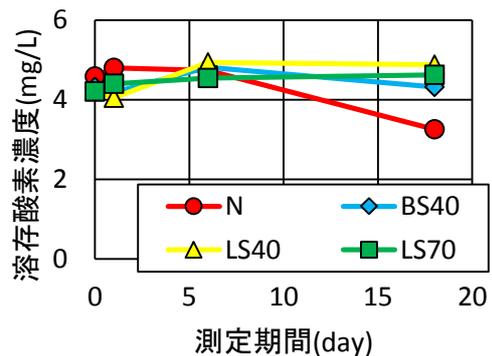


図-4 溶存酸素濃度の経時変化 (模擬鉄筋)

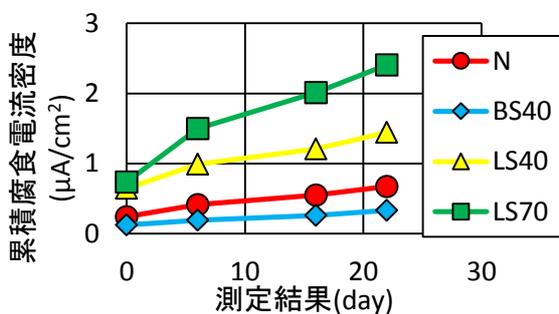


図-5 腐食電流密度の累積結果 (モルタル試験体)

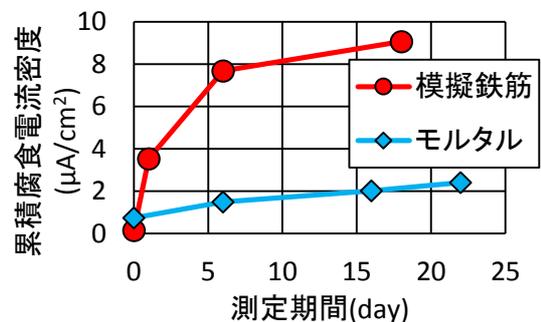


図-6 各試験体の累積腐食電流密度の比較

4. まとめ

本研究で得られた結果を次に示す。

- 1) 模擬鉄筋コンクリート試験体を用いた検討から、石灰石微粉末を用いたモルタル版は、普通ポルトランドセメントや高炉セメントと比較し細孔組織が粗であるため、酸素の供給量が多く、鋼材腐食が進行しやすいと考えられる。
- 2) 模擬鉄筋コンクリート試験体とモルタル試験体の測定結果より、モルタル試験体の累積腐食電流密度が小さくなった。このことは、モルタル試験体内の組織の緻密さにより鋼材表面の酸素量が低下したためと考えられる。

参考文献

- 1) 染谷望, 加藤佳孝: 模擬鉄筋コンクリートを用いた電気化学測定に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol36, No.1, pp1234-1239, 2014.
- 2) 石田哲也, Ho Thi Lan Anh: 非線形固定化モデルと濃度依存型拡散則の連成による塩分浸透解析, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.875-880, 2006.