鋼材界面の環境条件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
東京理科大学　学生会員　染谷　望
東京理科大学　正会員　加藤　佳孝

1. 目的・背景

コンクリート中の鉄筋腐食の進行に与える要因は，鉄筋界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，鉄筋表面の不動態皮膜を破壊し，腐食の進行大きな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，鉄筋腐食の進行に与える影響について未解明な点が残っている．本研究では，カソード反応に影響を与える要因について検討するため，セメントの種類を変えて鉄筋表面の状態を変化させることで，鉄筋腐食の進行に与える影響を把握することを目的とした．

2. 実験概要

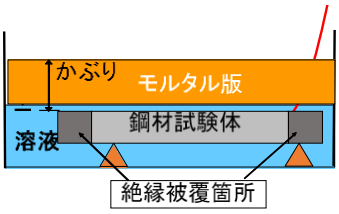
2.1 試験体概要

図－1 に，模擬鉄筋コンクリート試験体（以下，模擬鉄筋）の概要を示す．鉄筋界面の pH，酸素量の変化による鉄筋腐食進行の変化を検討するため，普通ポルトランドセメントを用いた版（N），高炉スラグ微粉末を内割り 40%した高炉セメント版（B），石灰石微粉末を内割り 70%置換した版（LS70）の 3 種類のモルタル版とした．また，塩化物イオン濃度の影響を検討するため，鉄筋の浸せき初期値はいずれの試験体も飽和水酸化カルシウム溶液とし，その後は自由塩化物イオンが一定となるように 0.59 kg/m^3（N では全塩化物イオン濃度 10.0 kg/m^3）の塩化物イオン（以下，Cl）を加えた．

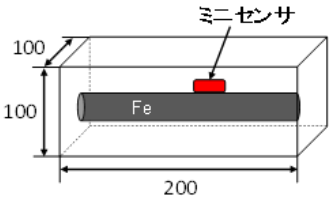
モルタル試験体は，模擬鉄筋と同様に鉄筋表面の自由 Cl 濃度を一定とするため，石田らの研究 [1)]を用いて全 Cl 濃度を N は 10kg/m^3，B は 12.7kg/m^3，LS70 は 3.0kg/m^3 とした試験体を作製した．なお，モルタル試験体は**図－2** のように鉄筋表面に電気化学測定が可能な埋設センサを設置した．

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の 2 種類とし，自然電位およびインピーダンススペクトルを測定した．なお，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，模擬鉄筋コンクリートでは溶存酸素計を用いて溶液中の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

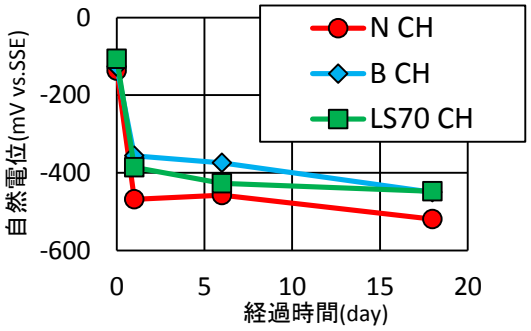
図－3 に，模擬鉄筋コンクリート試験体の鉄筋表面で測定した自然電位の経時変化，**図－4** に模擬鉄筋コンクリートの累積腐食電流密度の結果，**図－5** に溶存酸素量の経時変化を示す．自然電位の測定結果より，いずれの測定結果も Cl なしは−100mV 程度と貴な電位になった．その後 Cl を加えることで，N は−500mV 程度，B や LS70 は

キーワード：鉄筋腐食，自然電位，インピーダンススペクトル，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:tomo7612084@yahoo.co.jp

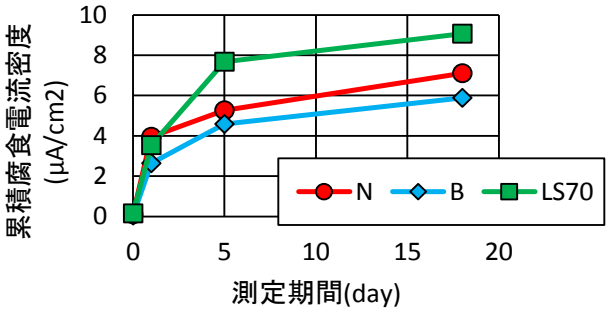
−400mV 程度と卑な電位となった．また，累積腐食電流密度の結果から，全ての試験体で累積量が増加しており，測定 18 日目時点で LS，N，B の順に累積量が大きく，腐食が進行していると考えられる．

図－5 より，溶存酸素濃度の変化は，N と B は 6 日目から 18 日にかけて減少した．特に N は，初期の溶存酸素濃度 4.8mg/L から 3.26mg/L に大きく減少した．一方，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，累積腐食電流密度の測定結果より，N や B は鉄筋腐食が生じたことで，カソード反応により溶存酸素が消費されたためと考えられる．LS70 は，N や B と比較して最も腐食が促進していると考えられるが，モルタル版の組織が粗であるため酸素が供給されやすく，溶存酸素濃度は変化しなかったと考えられる．

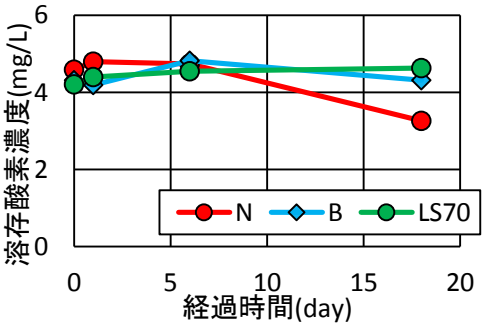
模擬鉄筋コンクリートで生じた自然電位，累積腐食電流密度，および溶存酸素濃度の変化は，モルタル試験においても同様に生じるか検討した．一例として**図－6** に，インピーダンススペクトルの変化を示す（左：N，右：LS）．N，LS の比較から，LS のインピーダンスは N より小さく，腐食しやすい状態であるものの，測定 78 日と 159 日のインピーダンススペクトルの大きさはどちらもほとんど変化がないことから，鉄筋表面の状態は変化しておらず，鉄筋腐食は生じていないことが考えられる．このことから，今後も引き続き測定し，鉄筋腐食による鉄筋表面の状態変化について検討する．



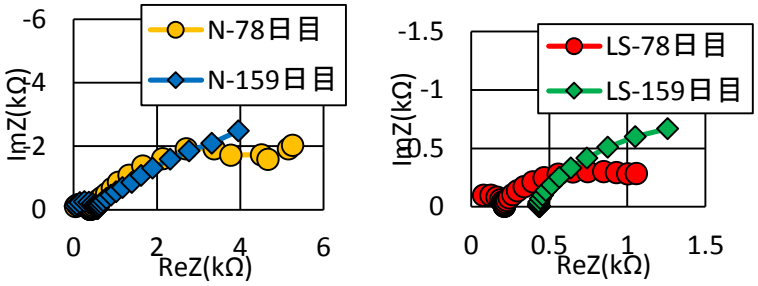
図－3　自然電位の経時変化（模擬鉄筋）



図－4　腐食電流密度の累積結果（模擬鉄筋）



図－5　溶存酸素濃度の経時変化（模擬鉄筋）



図－6　インピーダンススペクトルの変化（モルタル）

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，鉄筋腐食の進行に伴い溶存酸素濃度の減少を確認した．かぶりコンクリートの種類により，溶存酸素濃度の変化は異なったことから，セメント種類により酸素供給量が変化したと考えられる．このことから，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組織が粗であるため，酸素の供給量が多いのではないかと考えられる．
2) モルタル試験体について，インピーダンススペクトルの変化は見られないことから，鉄筋腐食は生じていないと考えられる．

参考文献

1) 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