

塩害劣化を受ける鉄筋コンクリート構造物の腐食ひび割れ幅による腐食量の推定

香川大学工学部 学生会員 ○釜本 拓哉
香川大学工学部 フェロー会員 松島 学
香川大学工学部 正会員 岡崎 慎一郎

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造は、コンクリートと鉄の複合形式であり、力学的のみならず耐久性的にも優れた形式である。日本に存在する数多くの社会資本ストックが鉄筋コンクリート製であり、今後も継続的に増加すると考えられる。この形式により建設された構造物は、メンテナンスフリーとされていたが、近年塩害などの劣化事例が報告され、維持管理の重要性が高まっている。

塩害劣化によって鉄筋が腐食すると、構造性能や耐久性が低下する。塩害劣化を受ける構造物の維持管理では、コンクリート表面に生じる腐食ひび割れ幅の大きさから鉄筋腐食量を推定することが現場で重要となっている。

2. 研究目的

電食実験の様子を図1に示す。試験体を塩水中に浸漬させ、電流を流し鉄筋を腐食させている。電食実験の結果を図2に示す。これにより、鉄筋腐食量と腐食ひび割れ幅には直線の関係があることが知られており、現在の補修基準は電食実験の結果に基づいて定められている。

電食実験は試験体を塩水中に浸漬させ、連続的に塩化物を供給し、電流によって鉄筋全面を腐食させている。実環境での腐食は、構造物が置かれている環境によって、塩化物が非連続的に供給され、かぶりの大きさやコンクリートの品質によって腐食にとって厳しい環境の箇所が局部的に腐食する。こういった点で電食実験は実環境での腐食と異なり、電食実験の結果は実環境での腐食とは異なると考えられる。

本研究はRC梁試験体を作成し実環境に近い環境で腐食を進行させ、その結果より腐食ひび割れ幅と腐食量の関係を求めることを目的としている。

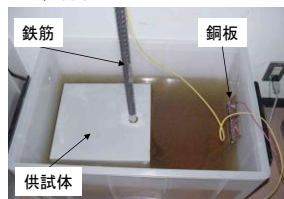


図1 電食実験の様子

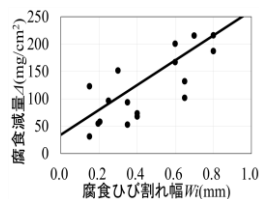


図2 電食実験の結果

3. 塩害劣化促進試験

実環境に近い環境で腐食を進行させるために、湿潤状態と乾燥状態を繰り返す乾湿繰返し環境で塩害劣化促進試験を行う。試験体寸法を図2に示す。試験体は実構造物を意識した大きさのRC梁試験体を、主鉄筋2本と3本のものを使用する。図3に示すように実験環境は実際の海洋環境を想定して3種類設定した。実験環境①では海水を使用し試験体を浸漬させる期間を3.5日間、15℃の冷風にさらし乾燥させる期間を3.5日間繰返し、7日間を1サイクルとして腐食を進行させた。実験環境②では外気に暴露し乾燥させる。実験環境③では湿潤状態に温水を使用し高温多湿の状態にする期間と乾燥の期間を繰返す。実験環境①は実環境での干満帯に近い環境としており、実験環境③は飛沫帯に近い環境を想定している。塩害劣化促進試験終了後、載荷試験を行った後の試験体から鉄筋を取り出し腐食量を計測した。腐食ひび割れ幅は試験体の端から10cm間隔で計測し、鉄筋取り出し位置の腐食ひび割れ幅と鉄筋から計測した腐食量を用いて、腐食量と腐食ひび割れ幅の関係を求めた。

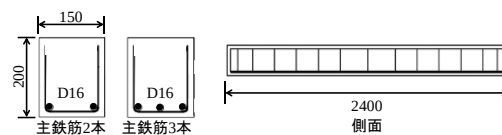


図3 試験体寸法

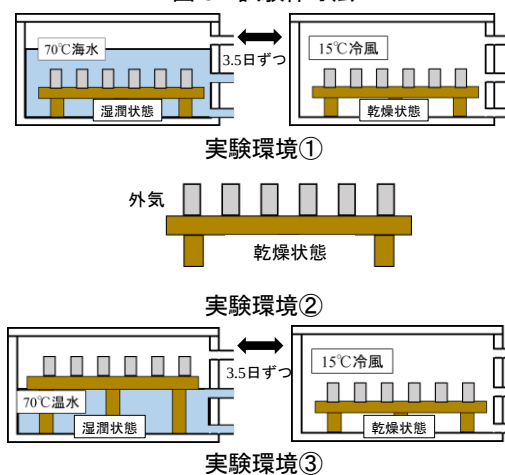


図4 実験環境

キーワード 塩害、塩害劣化促進試験、鉄筋腐食量、腐食ひび割れ幅、

連絡先 〒761-0396 高松市林町 2217-20 香川大学工学部安全システム建設工学科 Tel:087-864-2187

実験環境と腐食量の関係を図5に示す。サイクル数と腐食量の間に相関がみられる。しかし、一部の試験体ではサイクル数と腐食量に相関がみられないものもある。4つの試験体の実験結果を比較したものを図6に示し、腐食量の大きさの影響因子を検討する。サイクル数が大きい試験体の腐食量が、サイクル数の小さい試験体の腐食量よりも小さくなっている原因として実験環境①の期間の長さが考えられる。実験環境①はこの試験の中で唯一塩分が供給される期間であり、期間の長さを試験体に供給された塩分量とみなすことができ、供給された塩分量の違いが腐食量の大きさに影響したと考えられる。

実験環境②が腐食に及ぼす影響の大きさを検討した結果を図7に示す。横軸に実験環境②の期間の長さ、縦軸に腐食量の平均を示す。それぞれ実験環境①の期間の長さ(塩分量)で正規化したものを使用した結果、線形の関係がみられた。この検討の結果より腐食量の大きさの影響因子として塩分量があげられ、様々な環境にさらされたRC梁の塩分量の違いを考慮するには腐食量の大きさと実験期間の長さを塩分量で正規化する方法が有効であるという結果が得られた。

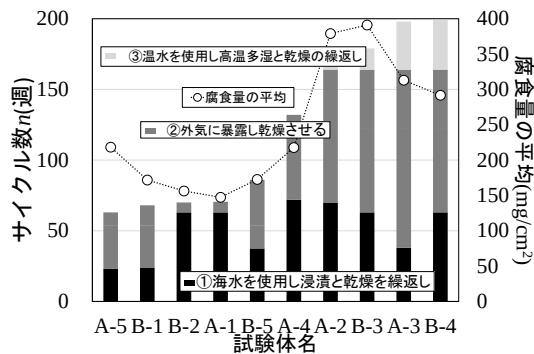


図5 実験環境と腐食量

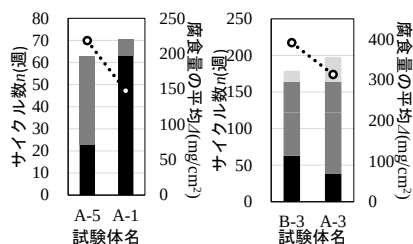


図6 A-3試験体とB-3試験体の比較

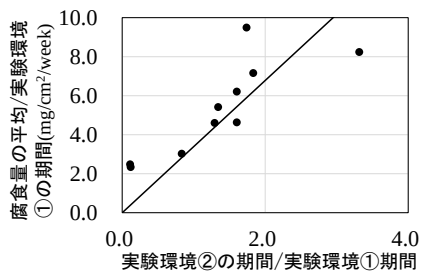


図7 実験環境②の腐食速度

4. 乾湿因子 P_{wd} の提案

試験体を実環境である飛沫帯と干満帯に分類するため、湿潤期間と乾燥期間の比に着目し、乾湿因子を提案した。これは実験環境の湿潤期間の長さを乾燥期間の長さで除したものであり、湿潤と乾燥の比を表わしている。乾湿因子が1.0の場合、湿潤期間と乾燥期間の長さが等しく、実環境における干満帯中央部の環境に相当し、0.0の場合は湿潤期間が無としている。0.3から0.7あたりで傾向が変わっているため、本研究ではその中間値である0.5を飛沫帯と干満帯のしきい値として設定し、0.5より大きいと干満帯、小さいと飛沫帯として試験体を分類した。その結果を図8に示す。縦軸は腐食量の平均を塩分量で正規化したものを使用しており、等価腐食速度を表わしている。乾湿因子が小さくなると等価腐食速度が大きくなる傾向が見られ、実環境で干満帯よりも飛沫帯の腐食が厳しい事実と一致している。

5. 腐食ひび割れ幅による腐食量の推定式

環境ごとの腐食ひび割れ幅と腐食量の関係を図9に示す。腐食量は腐食ひび割れ幅が1.0mm程度の大きになると、腐食ひび割れ幅との相関がなくなり、頭打ちになった。この傾向を考慮し、腐食ひび割れ幅が増加すると腐食量が指数関数的に増加し、腐食ひび割れ幅1.0mm程度で頭打ちになるような指数モデル式で表わすことができた。飛沫帯の指数モデル式を式(1)に、干満帯の指数モデル式を式(2)に示す。

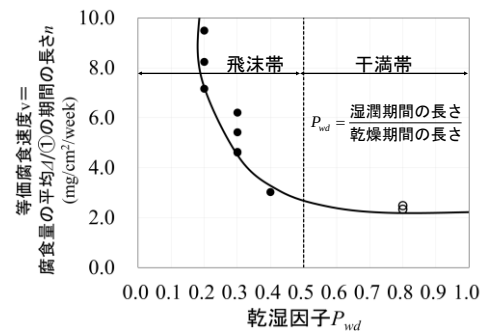


図8 乾湿因子

$$s \Delta = 296.3 - 192.5 \cdot e^{-3Wi} \quad (\text{飛沫帯}) \quad (1)$$

$$t \Delta = 151.8 - 48.0 \cdot e^{-3Wi} \quad (\text{干満帯}) \quad (2)$$

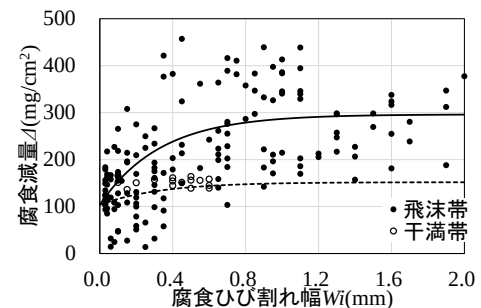


図9 腐食ひび割れ幅と腐食量