

異なる鉄筋を対象とした光ファイバセンサによる腐食膨張挙動モニタリング

太平洋セメント(株) 正会員 ○吉田 愛 早野 博幸 江里口 玲

1. はじめに

光ファイバセンサを用いて、みがき棒鋼の腐食開始から進展までの体積膨張をひずみとして定量的に捉えられることが既往の研究において可能であることが示されている¹⁾。そこで本研究では、鉄筋表面にミルスケールが形成されている丸鋼においても光ファイバセンサを用いて腐食膨張挙動をモニタリング可能であるか検討を行った。また、大気中およびコンクリート中におけるみがき棒鋼と丸鋼の腐食膨張挙動の違いについても検討を行った。

2. 実験概要

2.1 大気中における腐食実験

図1に試験体の概要を示す。丸鋼 (JIS G 3101 SS400, $\phi 30 \times h 40 \text{ mm}$) の軸高さ方向中央区間に、FBG センサ部が中央に位置するように光ファイバケーブルをらせん状に巻き付け、ケーブルの両端を棒鋼に接着固定した。ファイバの周回数は1回として3体の試験体を作製し、丸鋼の上および下端部面以外の側面に対して 10%NaCl 水溶液をしみ込ませた脱脂綿で塩水を付着させ、30°C90%R.H.の恒温恒湿槽に入れひずみの計測を行った。計測は光ファイバセンサの波長が計測許容値を超えた時点および実験開始より 41 日で終了とした。

2.2 コンクリート中における

電食試験

電食下におけるコンクリート中のみがき棒鋼および丸鋼の腐食膨張モニタリングを実施した。図2に試験概要を示す。 $\phi 30 \text{ mm} \times h 110 \text{ mm}$ の棒鋼を $\phi 100 \text{ mm} \times h 100 \text{ mm}$ の円柱コンクリートにかぶり厚が35mmとなるよう配置した。この棒鋼にはみがき棒鋼および丸鋼を使用し、各20mm区間にFBGセンサが中央に位置するよう光ファイバケーブルを巻きつけた。濃度3%のNaCl水溶液を満たした水槽に試験体を浸漬させ、20°C一定の恒温槽内に設置した。陰極材となる銅板を試験体表面から20mmの位置に試験体円周方向全体を覆うように配置し、コンクリート内部の棒鋼を陽極材として試験開始より7日目までは電流密度0.1mA/cm²、7日以降は0.2 mA/cm²となるよう一定電流を流して電食試験を行った。また、試験体高さ中央部には円周方向を覆うようにひずみゲージを3枚貼り付けた。

3. 実験結果および考察

3.1 大気中における腐食実験

図3に実験終了までの光ファイバセンサによる丸鋼の腐食膨張ひずみの経時変化を示す。また、同図に既往の研究で得られたみがき棒鋼の腐食膨張ひずみを示す(凡例：みがき(鋼材種類)1(ファイバ周回数)-1(No.))。みがき棒鋼は腐食実験開始より3~5日程度で急激な腐食膨張ひずみの増加が見られ、14日目にはひずみが約3,000 μ まで膨張していた。一方丸鋼では、腐食実験開始より14日目においてひずみが約500 μ ~1,000 μ 程度となり、丸鋼表面に形成されたミルスケールによって腐食の進展が抑えられているため、腐食による体積膨張の増加が緩やかであった。

キーワード 光ファイバセンサ, 鉄筋腐食, 体積膨張, ひずみ, 電食試験

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL 043-498-3902

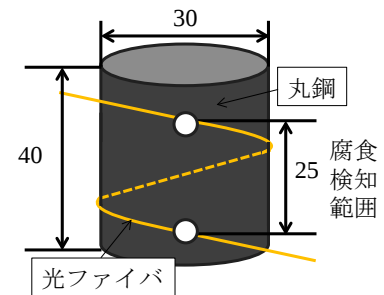


図1 試験体概要図

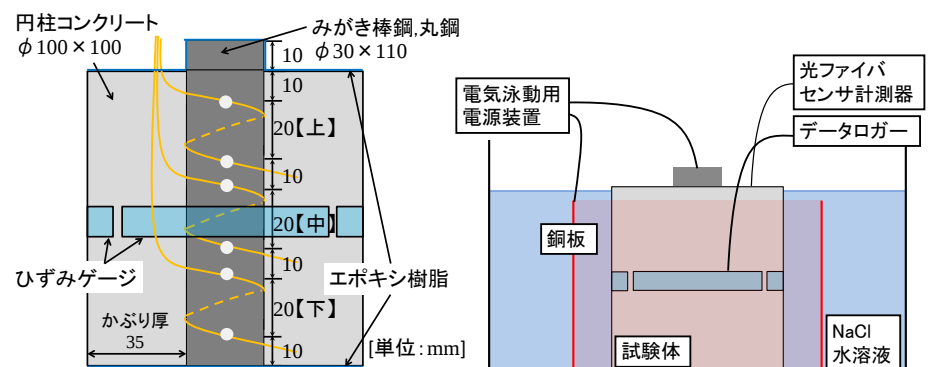


図2 電食試験概要図

経過日数7日におけるみがき棒鋼と丸鋼の腐食の様子を図4に示す。この図より、目視でも明らかに丸鋼の腐食の進展が遅いことが確認できる。従って、光ファイバセンサによってミルスケールの有無による腐食の進展の違いも捉えることが可能であると考えられる。

3.2 コンクリート中における電食試験

図5に電食試験開始からの各種棒鋼とコンクリート表面ひずみの経時変化を示す。みがき棒鋼において、経過日数9.6日に棒鋼上部に巻き付けた光ファイバセンサひずみが増加を始め、すべてのコンクリート表面のひずみゲージ値も徐々に増加が見られた。その後、10.17日でひずみゲージ3の急激な増加と棒鋼上部に巻き付けた光ファイバひずみの停滞が見られた。これは、棒鋼上部より腐食が開始し、その腐食膨張によって試験体上部にひび割れが発生し、光ファイバ測定部分の腐食生成物が外部に流出したため腐食膨張ひずみが停滞したと考えられる。試験体の目視観察においても、試験体上部より腐食生成物が流出している様子が確認できた。その後、ひずみゲージ2の上部にもひび割れが発生したため、棒鋼上部の腐食がさらに活発になり腐食膨張ひずみの急激な増加が見られた。経過日数11日にひずみゲージ1と棒鋼中央部に巻き付けた光ファイバひずみの急激な増加が見られたため、試験体高さ中央部までひび割れが拡大したと考えられる。丸鋼の試験結果において、電食試験開始より9.85日に丸鋼上部に巻き付けた光ファイバセンサひずみが増加を始めた。経過日数14.55日にひずみゲージの値が急激に低下しているのは、ひずみゲージ以外の部分でひび割れが発生した影響と考えられる。また、みがき棒鋼と比較して小さい腐食膨張ひずみを示したのは、ひび割れや腐食生成物の流出がどの程度影響しているか明確ではないが、丸鋼表面に形成されたミルスケールによる腐食進展抑制が主因と考えられる。

4. まとめ

大気中の塩分環境下において、光ファイバセンサを用いることによりみがき棒鋼と同様に丸鋼の腐食開始から腐食進展までをモニタリングできる可能性が示された。また、コンクリート中の電食下においても腐食の進展からひび割れ発生までモニタリングできる可能性が示された。

【参考文献】

- 1) 吉田愛, 早野博幸, 井坂幸俊: 光ファイバセンサを用いた大気中の塩分環境下における鉄筋の腐食膨張挙動, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, vol.71, 部門V, pp.763-764, 2016

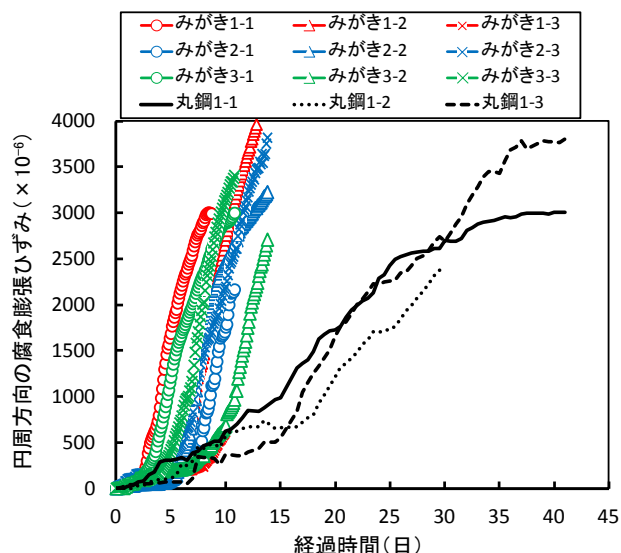


図3 経過時間と光ファイバひずみの関係



図4 経過日数7日の腐食の様子

(左: みがき棒鋼, 右: 丸鋼)

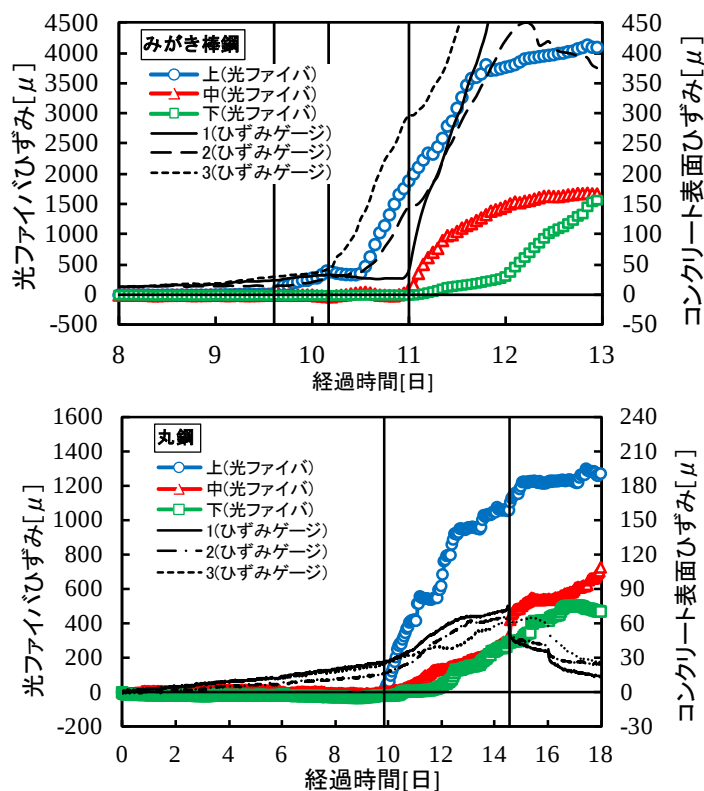


図5 光ファイバとコンクリート表面ひずみの経時変化(上: みがき棒鋼, 下: 丸鋼)