

鋼繊維補強コンクリートに用いられる鋼繊維の腐食特性に関する基礎的研究

関西大学 学生会員 ○利 キホウ
関西大学 正会員 上田 尚史
京都大学 正会員 高谷 哲

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリート（SFRC）においては、鋼繊維がコンクリート中の鉄筋腐食を抑制することが知られているが、そのメカニズムとして鋼繊維の電気化学的な影響が指摘されている¹⁾。一方、鋼繊維そのものの腐食特性については必ずしも明らかになっていない。そこで、本研究では、鋼繊維の腐食特性を明らかにすることを目的として、溶液の pH と塩化物イオン濃度、および雰囲気相の相対湿度が鋼繊維の腐食に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 使用鋼繊維と前処理

本研究で用いた鋼繊維は、市販の長さ 30mm、直径 0.62mm の両端にフック形状を有する鋼繊維である。鋼繊維の微量元素の含有量は表-1 の通りである。

表-1 鋼繊維の化学構成

%C	%Mn	%Si	%P	%S
≤0.10	≤0.70	≤0.30	≤0.035	≤0.035

試料の前処理は以下の通り行った。まず、糊でバインドされている鋼繊維を純水で分散させた後、アセトンとエタノールでそれぞれ 5 分間ずつ超音波洗浄により脱脂処理を行った。その後、ドライヤーで鋼繊維を乾燥させた。脱脂処理後の鋼繊維は、一本ずつ質量を測定した後、即時次章以降で述べる試験に供した。

3. 溶液の pH と塩化物イオン濃度が鋼繊維の腐食に及ぼす影響

溶液の pH と塩化物イオン濃度を実験要因として、それらが鋼繊維の腐食に与える影響を確認した。溶液は水酸化ナトリウム溶液とし、pH を 9, 11, 13 の 3 水準とした。また、塩化物イオン濃度を OH⁻ に対する比で Cl⁻/OH⁻=0, 1.0, 2.0 の 3 水準とした。実験は、それぞれの要因の組み合わせとし計 9 ケースに対して行った。所定の pH, Cl⁻/OH⁻ に調製した溶液を 30ml 用意し、前処理した鋼繊維一本とともにプラスチック製の密閉容器に入れた。容器は 20℃ の環境に 28 日間静置し、7, 14, 21, 28 日において鋼繊維の腐食状況を目視にて確認した。

図-1 に、結果の一例として 14 日経過後の鋼繊維の状況を示す。図-1(a) は Cl⁻/OH⁻ が 1.0 のケースの結果である。図より、pH が 13 のケースでは腐食は認められなかったのに対して、pH が 9 のケースでは、繊維全体で赤色の腐食生成物が生じたことが確認された。また、pH が 11 のケースでは、繊維の端部においてのみ局所的な腐食がみられた。

また、図-1(b) は、pH が 11 のケースの結果である。図より、Cl⁻/OH⁻ が 0 のケースでは腐食は確認されなかった。また、Cl⁻/OH⁻ が 2.0 のケースでは 1.0 のケースと比較して腐食しやすい結果となった。腐食領域は、鋼繊維の端部であり、腐食部では表面はいずれも γ-FeOOH と思われる赤色の腐食生

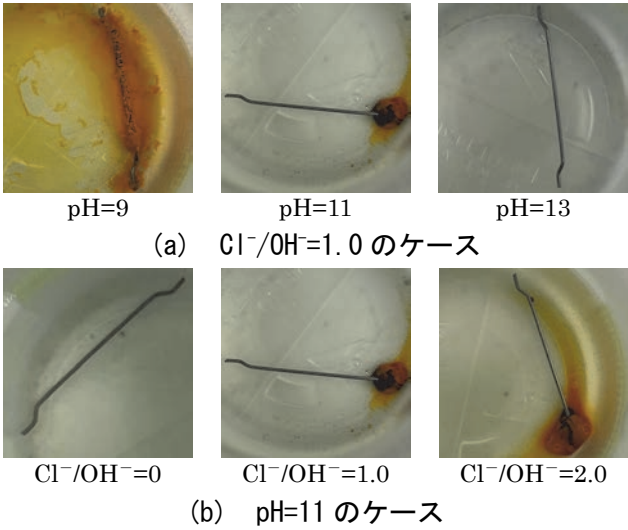


図-1 14 日経過後の腐食状況

キーワード 鋼繊維, 腐食, 相対湿度, pH, 塩化物イオン

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学 上田尚史 TEL 06-6368-1653

成物があり、その奥には Fe_3O_4 と見られる黒色の腐食生成物が認められた。これは、 $\gamma\text{-FeOOH}$ の生成過程で酸素が消費され、酸素が欠乏したためと考えられる。この傾向は他のケースにおいても同様であった。

既往の研究では、pH が低くなるほど、また、塩化物イオン濃度が高くなるほど、 Fe_3O_4 の安定性が損なわれ、 $\gamma\text{-FeOOH}$ が生成しやすくなるため腐食しやすくなることが報告されている²⁾が、以上の結果で示したように、鋼繊維においても同様の傾向が認められた。

4. 雰囲気相対湿度が鋼繊維の腐食に及ぼす影響

雰囲気相対湿度が鋼繊維の腐食に及ぼす影響を確認した。本研究では、雰囲気相対湿度はデシケーター内に飽和塩溶液を静置することで調整した。使用した飽和塩溶液は、飽和塩化マグネシウム溶液、飽和塩化ナトリウム溶液とし、純水のみとしたものも用意した。実験は 20°C の室内において実施した。このとき、相対湿度はそれぞれ、33, 75 および 100%RH となる。実験では、前処理した鋼繊維を塩水に 10 分間浸漬し、ドライヤーで乾燥させた後に、所定の湿度環境に静置した。なお、塩水には、濃度 0, 0.03 および 3%NaCl を用い、乾燥後の鋼繊維の表面に残留する塩分量を変化させた。実験では暴露 1, 2, 7, 14, 21, 28 日において鋼繊維の腐食状況を目視で観察した。

図-2 に、3%NaCl に浸漬した鋼繊維の暴露 1 日および 14 日経過後の腐食状況を示す。暴露 1 日目においては、33%RH のケースでは鋼繊維に腐食は確認されなかった。一方、75, 100%RH のケースでは、鋼繊維の表面の一部に黒色の腐食生成物が確認された。また、暴露 14 日目においては、75%RH のケースでは鋼繊維の腐食が顕著に進行したのに対して、100%RH のケースでは鋼繊維に腐食の進行は認められなかった。図-3 は、異なる塩水に浸漬させた鋼繊維を 14 日間 75%RH に暴露させた際の腐食状況である。浸漬した塩水の濃度が 0.03%以下の場合には、鋼繊維の腐食は認められなかった。

本実験の範囲では、浸漬した塩水の濃度にかかわらず 33%RH では腐食は認められなかった。

5. 結論

- (1) 溶液中の鋼繊維は、溶液の pH が低くなるほど、また塩化物イオン濃度が高くなるほど腐食しやすくなることが確認された。
- (2) 雰囲気相対湿度が低い場合は、鋼繊維の表面に塩分があったとしても腐食しにくいことが確認された。また、鋼繊維の表面に塩分がある場合において雰囲気相対湿度が高い場合には、鋼繊維は腐食するものの、その後の腐食の進行は必ずしも相対湿度が高い方が速いわけではないことが確認された。
- (3) 鋼繊維が溶液中で腐食する場合は、赤色の腐食生成物が卓越することが確認された。一方、雰囲気中で腐食する場合は、相対湿度に依らずいずれのケースにおいても黒色の腐食生成物が生じた。

参考文献

- 1) 小林ら：海洋環境下における鋼繊維補強コンクリートの鉄筋防食効果，土木学会論文集，No.414，pp.195-203，1990。
- 2) 高谷ら：アルカリ環境下における鉄系腐食生成物の生成プロセスおよびコンクリート中における鉄筋の腐食環境，材料，Vol.66，No.8，pp.545-552，2017。

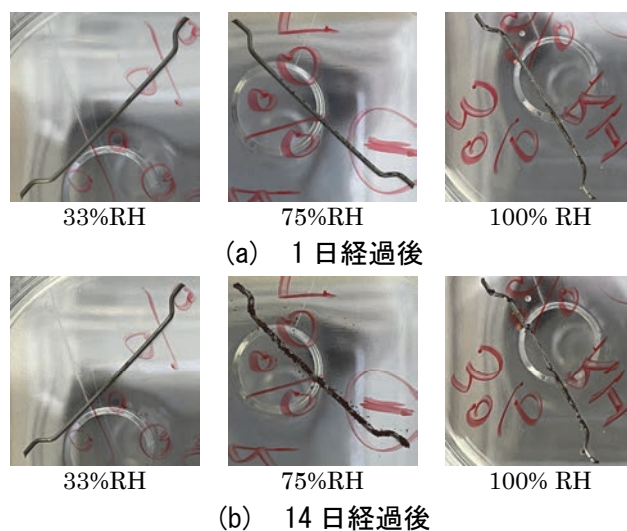


図-2 異なる RH 下の腐食状況 (3%NaCl 浸漬)

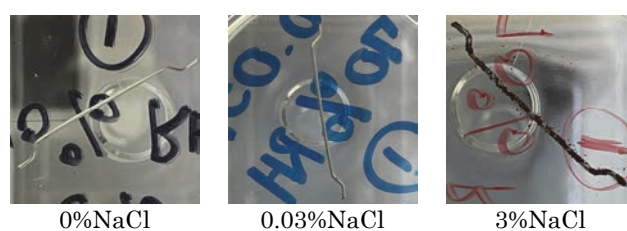


図-3 75%RH における腐食状況 (14 日経過後)