

## 酸素供給促進によるモルタル埋設鉄の加速腐食

物質・材料研究機構 正会員 ○土井 康太郎

物質・材料研究機構 廣本 祥子

東北大学金属材料研究所 秋山 英二

## 1. 緒言

コンクリート内部はアルカリ環境であるため、鉄は表面に不働態皮膜を生成する。よって腐食は極めて緩やかであり、例えば自然界ではコンクリートが剥離するほどの腐食の進行には数十年以上を要するといわれている。そこで、コンクリート内部の鉄の腐食挙動を実験室環境で検討するために、腐食を促進させ短時間で鉄さびの生成を可能とする腐食加速試験が必須である。コンクリート内の鉄の腐食は図-1 に示したとおり鉄の溶解である酸化反応と、酸化反応により生成した電子を消費する酸素還元反応のカップリングにより進行する。これまで様々な腐食加速試験法が考案されてきたが、これらの腐食加速試験では、塩化物イオンの導入や乾湿繰返し、電流の印加など鉄筋の溶解反応（酸化反応）を促進させる手法が用いられていた。しかし、コンクリート内部の酸素濃度が低いため、酸化反応を促進させても酸素還元（還元反応）が追い付かず実環境と異なった鉄さびが形成されるという課題を有している。従来の鉄の腐食加速試験はほぼすべてが酸化反応を促進させるものであり、酸素還元反応を促進して腐食促進を試みた報告はほぼない。本研究では、実環境で生成する鉄さびをより短期間かつ簡便に加速生成するため、鉄を埋設したモルタルに高圧酸素を供給することで、酸素還元反応を促進させ鉄腐食を加速させる新規試験法を考案したので報告する。

## 2. 実験方法

試料には純度 99.5%、厚さ 1 mm の鉄板を用いた。この鉄板を試料面積  $7 \times 7 \text{ mm}^2$  となるように切断した後、おもて面以外をエポキシ樹脂で絶縁被覆した。この鉄試料をかぶりが 5 mm となるようにモルタルに埋設しモルタル試験体とした。酸素供給促進による腐食加速試験に供した試験体には、鉄表面の不働態皮膜破壊を促すため、 $[\text{Cl}^-]=10 \text{ kg/m}^3$ （コンクリート換算）となるように NaCl を練り込んだ。モルタルの水セメント比は 60 %、セメント細骨材比は 1:3 とした。それぞれの養生期間は 28 日とし、水中で養生した。

モルタル試験体をコンクリート換算で  $[\text{Cl}^-]=10 \text{ kg/m}^3$  となるように調整した NaCl 水溶液に浸漬し、0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 2.0 MPa の加圧酸素を供給し、鉄の腐食を加速させた。比較のため、大気圧下(酸素分圧 0.02 MPa)で同様に腐食試験を行った試験体も用意した。これらの試験期間は 14 日間とした。腐食試験後、モルタル試験体を割裂して鉄試料を取り出し、光学顕微鏡を用いた鉄試料表面観察および SEM を用いた鉄試料断面観察を行った。さらに、鉄試料表面に生成した鉄さびの組成分析を行うため、試験後の鉄試料表面のレーザーラマン分光測定を行った。

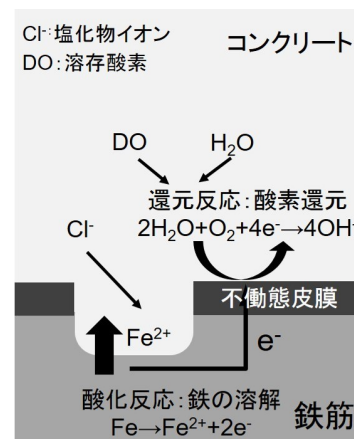


図-1 コンクリート内部における鉄の腐食メカニズム

キーワード 鉄筋, 腐食, 加速試験, 酸素還元

連絡先 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1 国立研究開発法人 物質・材料研究機構 若手国際研究センター  
土井康太郎 TEL 029-851-3354 内線: 6075

### 3. 結果および考察

モルタルに埋設し大気圧下で試験を行った試料では腐食はほとんど認められなかった。0.1, 0.3, 0.5 MPa の加圧酸素下で試験を行った試料では大気圧下で試験を行った試料よりも多くの鉄さびの付着が認められ、鉄さびの量は酸素圧が大きくなるほど増加した。一方で、1.0, 2.0 MPa の加圧酸素下で試験を行った試料では 0.5 MPa の加圧酸素下と比較して腐食が抑制された。断面 SEM 観察により得られた鉄さびの厚さは、大気圧下の試料では 0.2  $\mu\text{m}$  以下、0.5 MPa の加圧酸素下の試料では  $3.7 \pm 1.2 \mu\text{m}$  であった。カソード分極測定による自然電位付近の酸素還元電流より見積もった大気圧下および 0.5 MPa の加圧酸素下の試料の鉄さびの厚さは約 0.13  $\mu\text{m}$  と約 3.2  $\mu\text{m}$  であり、実験で得られた値は推計値とよく一致したことから、かぶり 5 mm では酸素圧 0.5 MPa まででは加圧酸素を供給することでモルタル内の鉄の腐食を促進でき、その鉄さびの厚さは酸素圧に比例することが明らかとなった。酸素圧 1 MPa 以上では、鉄表面に生成する不働態皮膜が成長し耐食性が向上したために腐食が抑制されたと考えられる。

実環境でコンクリート内部に生成する鉄さびはマグネタイト ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) およびオキシ水酸化鉄 ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ,  $\gamma\text{-FeOOH}$ ) の混合物であると報告されている。レーザーラマン分光法の結果より、0.5 MPa の酸素加圧下で生成した鉄さびも  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  および  $\alpha\text{-FeOOH}$ ,  $\gamma\text{-FeOOH}$  から構成されており、加速試験においても実環境と同様の鉄さびを生成できることが明らかとなった。これらの結果からモルタル内部の腐食には酸素還元反応を支配する酸素供給量が大きな影響を与えており、酸素加圧下でも実環境と同様の組成の鉄さびを生成可能であるため、酸素供給促進がモルタル中ひいてはコンクリート中の鉄の加速腐食に有効であることが明らかとなった。