

茨城職業訓練短期大学校 正会員 辻 恒平
 東京大学生産技術研究所 正会員 星野富夫
 東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

1. はじめに

筆者らは、前報¹⁾において赤鉄鉱石および磁鉄鉱石粉末をコンクリートの細骨材として使用した場合に鉄筋の腐食が抑制されることを報告した。ここでは、今回新たに行った赤鉄鉱石およびミルスケール微粉末を混入したコンクリートの腐食促進実験の結果(本報、その1にて報告)をもとに材料のミクロ的な視点より防食効果について述べる。

2. 鉄粉混入と鉄筋の腐食

図1はコンクリート中に混入した鉄粉の割合と鉄筋の腐食面積率の関係を示しているが、混入鉄粉として赤鉄鉱石の砕砂および製鉄所で発生するミルスケールの2種類を用い、赤鉄鉱石は細骨材の25、50および100% (図中ではコンクリート体積で表示)、ミルスケールはコンクリート体積の10、15および20%相当量を混入した。腐食促進実験はオートクレーブを使用して、室温→[180℃、10気圧、8時間]→室温のサイクルを連続して3回繰り返した。また、コンクリートには予め塩化物イオンで5kg/m³となるようにCaCl₂を外割りで混入した。図によれば、いずれの鉄粉も混入割合が増大するのにもない、鉄筋の腐食面積率は減少している。ミルスケールの場合は本実験の混入の範囲内では減少し続けているが、赤鉄鉱石は10%以上の混入ではほぼ一定となった。混入率が10%を越えるとかぶり1cmであっても腐食はほとんど生じていないことが注目される。

3. 鉄粉混入と細孔径分布

図2は普通コンクリートのポロシチー測定結果であり、オートクレーブ実験後は細孔容積が増している。図3はコンクリート体積の10%相当のミルスケールを混入した場合であるが、オートクレーブ実験の前後とも普通コンクリートと比較してポロシチーは小さい。一方、図4は細骨材のすべてを赤鉄鉱石により置換した試験体のポロシチーである。オートクレーブ実験前においても普通コンクリートと比較してポロシチーが大きく、オートクレーブ実験後はさらに増大している。

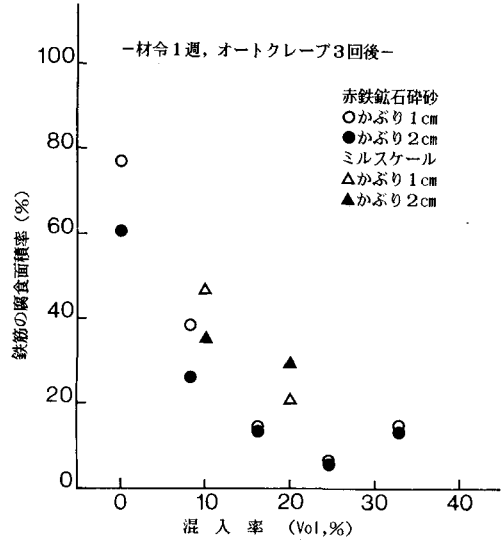


図1 鉄粉混入率と腐食面積率の関係

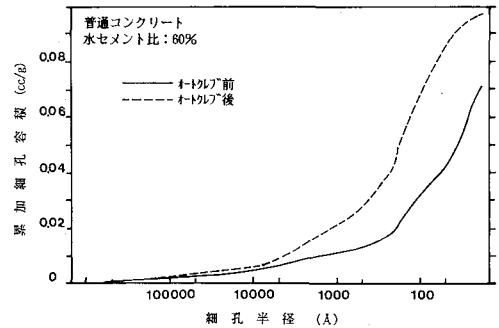


図2 普通コンクリートのポロシチー測定結果

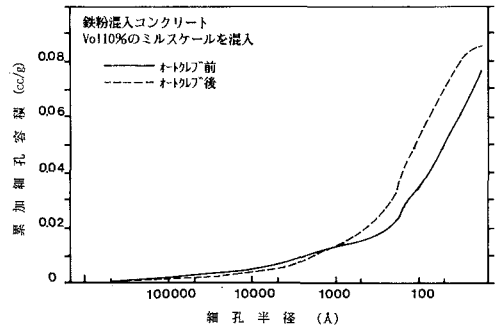


図3 ミルスケール混入コンクリートのポロシチー測定結果

4. SEMによるマイクロ観察

写真1は普通コンクリート、写真2は赤鉄鉱石100%混入コンクリートのそれぞれオートクレーブ実験前の拡大組織である。赤鉄鉱石は粒度が幅広く分布しており、コンクリートへの混入にともない凹凸が大きくなっているのが観察された。写真3は赤鉄鉱石100%混入コンクリートのオートクレーブ実験後の拡大組織である。凹凸の表面に微細な孔が生じており、この結果はポロシチーの測定結果と一致している。

5. 鉄粉混入とコンクリートの比抵抗

コンクリートの比抵抗測定によれば、普通コンクリートの比抵抗は約4kΩcmを示した。また、ミルスケールを混入した場合、混入量が20%になっても比抵抗は普通コンクリートとほぼ等しい値を示した。一方、赤鉄鉱石を混入した場合は混入量が増加するのにもない比抵抗の値は減少し、混入率100%において約2.6kΩcmとなった。

6. 鉄粉混入による防食メカニズム

コンクリート中の塩害腐食は塩化物イオンの移動、酸素の拡散、水の移動などにより律速されると考えられるが、本実験の場合、CaCl₂を予め練り混ぜ時に混入しており、また、既に述べたように赤鉄鉱石の混入はコンクリートのポロシチーの増大、比抵抗の減少をもたらす。酸素や水の拡散・移動はむしろ容易であろうと考えられる。したがって、内部の鉄筋の腐食は活発に起きることが予想されるにも拘らず実験結果によれば赤鉄鉱石の混入はむしろ腐食を抑制することがわかった。この理由として、(1)鉄筋表面が鉄粉を含んだコンクリートで覆われることにより、鉄筋上でのアノード/カソード分極が生じにくい（腐食発生抑制）。(2)鉄筋周囲のコンクリート中に鉄粉が分散することにより導電性を有し、鉄筋に比べはるかに大きい表面積を有する鉄粉それ自体の腐食発生機会が増える（腐食進行抑制）。さらに、(3)鉄筋表面に生じたアノード部を中心とする電場の領域が鉄粉の存在により限定される（腐食進行抑制）ことなどが挙げられる。なお、ミルスケールの混入についてはコンクリートの密化なども加わるため、上記に加えて酸素や水の拡散・移動の抑制なども考えられる。

7. まとめ

オートクレーブを使用した腐食促進実験結果とコンクリートに混入した赤鉄鉱石およびミルスケールの防食効果についてポロシチー測定、SEM観察および比抵抗測定で得られた結果をもとに鉄粉混入により鉄筋腐食が抑制されることを考察した。

おわりに、本研究の遂行にあたり御指導を頂いた千葉工業大学小林一輔教授、ならびに材料を提供して頂いた川崎製鉄㈱研究開発センターに謝意を表します。

<参考文献>1)辻、星野、小林：第45回土木学会年次講演会講演概要集V、p534、1990。

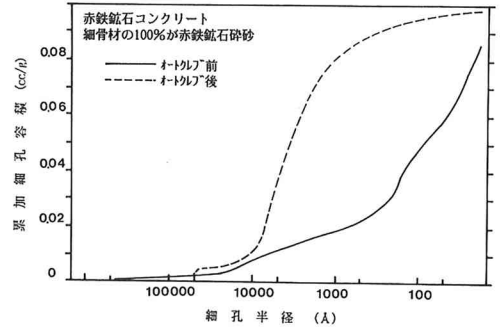


図4 赤鉄鉱石混入コンクリートのポロシチー測定結果

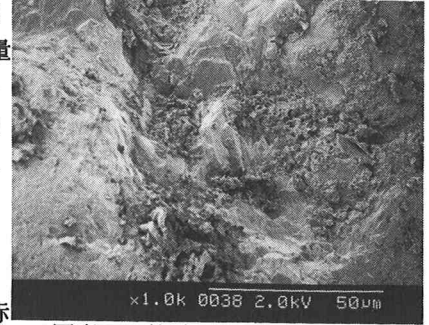


写真1 普通コンクリート（オートクレーブ前）

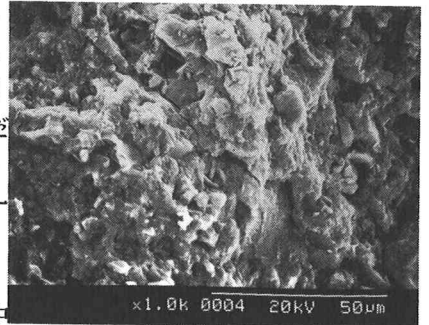


写真2 赤鉄鉱石コンクリート（オートクレーブ前）

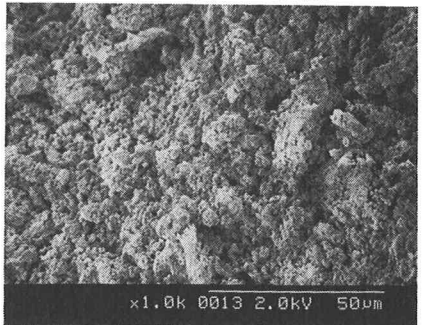


写真3 赤鉄鉱石コンクリート（オートクレーブ後）