

水分浸透とコンクリート中の鋼材腐食速度との関係

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 鈴木 浩明, ○正会員 飯島 亨, 正会員 上田 洋

1. 目的

コンクリート構造物の長寿命化を目指したより適切な維持管理を実現するためには、鋼材の腐食速度に大きく影響すると考えられる水および酸素の作用およびコンクリート中の pH と塩化物イオン量の影響を把握する必要がある。そこで、鋼材を埋設した各種のモルタルを作製し、鋼材位置まで水分が浸透した時の鋼材腐食速度の変化に着目するとともに、酸素、pH および塩化物イオン量の影響について検討した。

2. 試験概要

鋼材腐食に及ぼす水分浸透等の影響を調べるため、鋼材（φ10mm、かぶり 10mm）を埋設したモルタル供試体を作製した。モルタル供試体の寸法は 100×100×100mm、配合は表 1 に示すとおりで、水セメント比 60%とした。さらに、モルタル供試体の促進中性化の有無により、pH を 3 種類（中性化深さ 20mm（鋼材位置が全て中性化）、中性化深さ 10mm（鋼材の表面まで中性化）、中性化深さ 0mm）に調整した。なお、鋼材位置の pH は、塩化物イオン無添加のモルタルから深さ 10～20mm の部分を採取して 75μm 以下に粉碎し、固液比 1：1 にて 25℃の温浴中で 1 分間攪拌し、0.22μm のメンブランフィルターで濾過した溶液で測定した結果、中性化深さが 0、10、20mm の時の pH がそれぞれ 10.5、11.0、12.5 であったことから、鋼材全て中性化（中性化深さ 20mm）を pH=10.5、鋼材の表面まで中性化（中性化深さ 10mm）を pH=11、中性化なしを pH=12.5 として整理した。

作製した 9 パターンのモルタル供試体（添加塩化物イオン量が 3 種類（0、3、5kg/m³）と鋼材位置 pH が 3 種類（pH：10.5、11.0、12.5）の組み合わせ）を用いて、図 1 に示す水分浸透試験を実施し、水分浸透前後の鋼材腐食速度を調べた。内部含水率の測定はケット科学製 HI-800 を用いた。鋼材の腐食速度は鉄筋腐食診断器 SRI-CM-III を用いて、分極抵抗の測定から求めた。分極抵抗の測定は簡易測定（10Hz と 20mHz の 2 周波数測定）により求めた分極抵抗（Rp）、K 値（0.026V）および鋼材表面積（22 cm²）を用いて、ファラデーの第 2 法則から単位表面積あたりの腐食速度(mg/cm²/年)を求めた。

さらに、図 2 に示すとおり、浸透する水溶液中の溶存酸素量と腐食速度の関係を調べるために、鋼材（φ10mm、かぶり 10mm）を埋設した 3 パターンのモルタル供試体（添加塩化物イオン量が 1 種類（5kg/m³）と鋼材位置の pH が 3 種類（鋼材全て中性化、鋼材表面まで中性化、中性化なし）の組み合わせ）を用いて、浸透する水溶液の溶存酸素量を 1、3、6.5、20mg/l にして、水分浸透後の鋼材の腐食速度を測定した。

表 1 モルタル供試体の配合

水セメント比(%)	60
セメント細骨材比	1:3
添加塩化物イオン量(kg/m ³)	0, 3, 5
練混ぜ水の 溶存酸素量(mg/l)	6.5

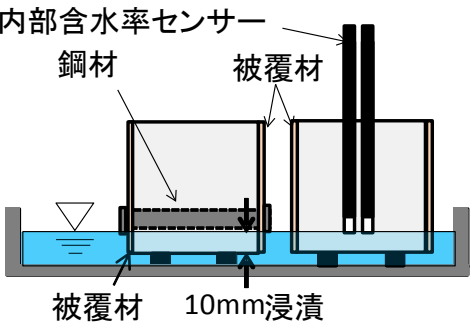


図 1 モルタル供試体の水分浸透試験 1

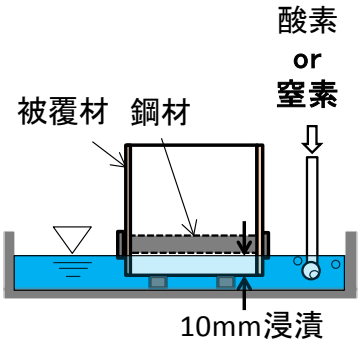


図 2 モルタル供試体の水分浸透試験 2

キーワード：コンクリート、水分浸透、鋼材、腐食速度、塩化物イオン量、pH、溶存酸素量

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 TEL. 042-573-7338

3. 試験結果

3.1 鋼材位置まで水分が浸透した時の腐食速度

作製した鋼材入りモルタル供試体 9 種類を用いて、水分浸透前後の鋼材の腐食速度を測定した。水分浸透は、鋼材位置の内部含水率が水分浸透前の 3% から 10% になるまでとした。水分浸透前後の鋼材の腐食速度を図 3 に示す。添加塩化物イオン量が 0kg/m^3 の場合、内部含水率が 3% と乾燥状態では中性化が進行して鋼材位置の pH が 10.5 になっても腐食速度は $0.1\text{mg/cm}^2/\text{年}$ とほとんど腐食せず、中性化による影響もみられない。鋼材位置まで水分が浸透すると、pH が 12.5 では $0.4\text{mg/cm}^2/\text{年}$ とほとんど腐食は進行しないが、pH が 11 で $2.8\text{mg/cm}^2/\text{年}$ 、pH が 10.5 で $7.3\text{mg/cm}^2/\text{年}$ となり pH が低いほど腐食が促進される。塩化物イオンを添加したモルタルでも、水分浸透により鋼材腐食速度が大きく増加し、塩化物イオン量が多くなるほど顕著である。添加塩化物イオン量が 5kg/m^3 で pH が 10.5 において、鋼材の腐食速度は水分浸透前の $13.0\text{mg/cm}^2/\text{年}$ から水分浸透後では $102.4\text{mg/cm}^2/\text{年}$ に達した。なお、pH の低下による鋼材腐食速度の増加は、中性化による塩化物イオン濃縮の影響もあるとみられる。一方で、塩化物イオン量 3kg/m^3 における水分浸透前の鋼材腐食速度は、塩化物イオン量 0kg/m^3 での水分浸透後の鋼材腐食速度と概ね同等かむしろ小さかった。

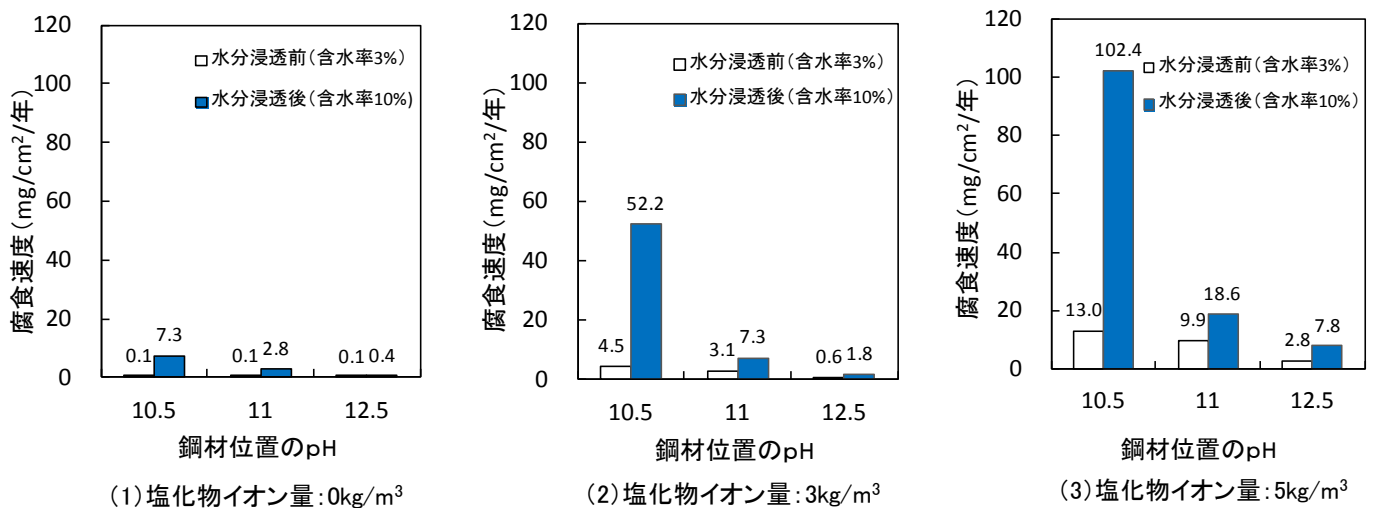


図 3 水分浸透前後の鋼材の腐食速度

3.2 浸透する水溶液中の溶存酸素量と腐食速度

浸透する水溶液中の溶存酸素量と腐食速度の関係を図 4 に示す。鋼材位置の pH を 10.5 とした供試体で明らかなように、浸透する水分中の溶存酸素量が多くなるにつれて鋼材腐食速度は増加するが、溶存酸素量が 6.5mg/l を超えると鋼材腐食速度は飽和する傾向となった。また、鋼材位置の pH を 11.0 および 12.5 とした供試体においても、腐食速度が小さく明確ではないが類似の傾向がみられる。したがって、溶存酸素を含む水が浸透した場合、水中の溶存酸素量が低下すると鋼材腐食速度は小さくなり、溶存酸素量が増加しても $6\sim 20\text{mg/l}$ 程度の範囲では鋼材の腐食速度に及ぼす影響はそれほど大きくないと考えられる。

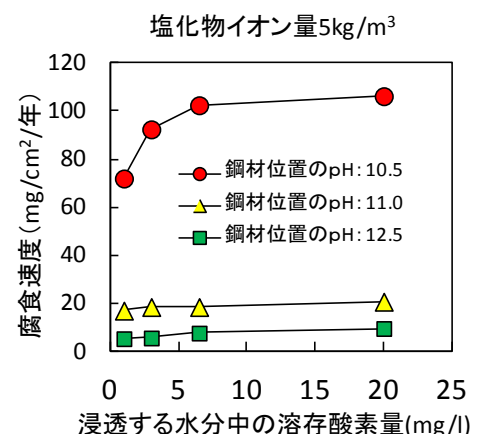


図 4 浸透する水溶液中の溶存酸素量と腐食速度

4. まとめ

鋼材を埋設した各種モルタルを作製して、水や酸素、pH、塩化物イオン量の影響等について検討した結果、①乾燥状態では鋼材腐食速度に及ぼす中性化の影響はみられない、②水分浸透により鋼材腐食速度が大きく増加し、塩化物イオン量を含む場合も同様の傾向である、③溶存酸素量が低下すると鋼材腐食速度が小さくなると考えられる。