

コンクリート模擬環境での腐食環境センサの性能評価

(株) ナカボーテック 非会員 板屋 隼人, 若林 徹, 正会員 ○大谷 俊介
太平洋セメント (株) 正会員 江里口 玲, 早野 博幸, 工藤 正智, 井坂 幸俊

1. はじめに

コンクリート構造物の効率的な維持管理の観点から、合理的な鋼材腐食の診断方法が望まれている。それに対応するものとしてコンクリート中に埋設して使用する腐食環境センサがある。当該センサは、鉄箔が有機フィルムに回路状に形成されており、センサ埋設位置において塩化物イオン等の腐食因子で鉄箔が破断した際に上昇する電気抵抗を測定することで腐食環境に至ったことを検知できる¹⁾。本稿では、コンクリートを模擬した試験溶液中において当該センサの腐食検知性能を検討した。試験では、水酸化カルシウム溶液に対して二酸化炭素濃度を低減させた空気と過去に実施した酸素を供給する 2 種類の試験環境においてセンサ破断時間と鋼材の腐食速度の結果を比較した。

2. 試験方法

2. 1 試験装置

コンクリート環境を模擬した腐食試験装置の模式図を図-1 に示す。試験溶液には、コンクリートを模擬した飽和水酸化カルシウム溶液を使用し、表-1 に示す塩化物イオン濃度を目標に塩化ナトリウムを溶解させた。各塩化物イオン濃度の試験溶液中には腐食環境センサや鋼材 (SS400, 20×80×t2mm) をそれぞれ別々の試験装置を使用して浸漬させた。各試験条件の腐食環境センサおよび鋼材の数量は 5 枚ずつとした。試験溶液に使用した飽和水酸化カルシウム溶液は、大気中の二酸化炭素と反応して試験溶液の pH が低下する。その影響を防ぐため、エアポンプからの空気を一度飽和水酸化カルシウム溶液で水上置換し、二酸化炭素濃度を除去させた空気を試験セルに供給する方法を採用した。過去の検討²⁾では、同様に試験溶液の pH 低下を抑制するために酸素ガスを 30ml/min の流量で直接供給した検討を行っており試験溶液の pH 低下を抑制する方法が異なる。

2. 2 試験評価方法

試験期間中は、腐食環境センサをデータロガーに接続し、データロガーの断線検出機能を利用して腐食環境センサの破断の有無を自動監視した。この機能は記録間隔 (本試験では 5 分) ごとに微小電流を流すことで測定対象の断線の有無を検出するものであり、本試験ではセンサ抵抗値が 100Ω を超えた時点を破断時間とした。鋼材は試験開始から 36 日目に試験溶液から取り出し、除錆処理後の腐食減量から腐食速度を求めた。

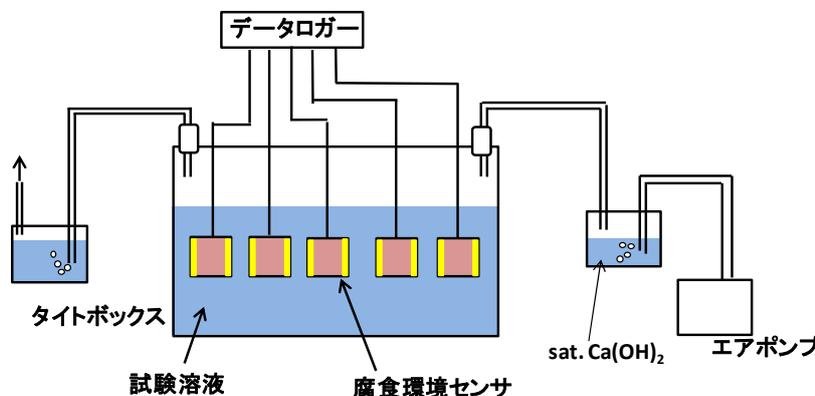


表-1 試験溶液

	Cl ⁻ (ppm)
sat. Ca(OH) ₂	200
	500
	1000
pH12.3 ~12.5	2000
	5000

図-1 コンクリート模擬環境における腐食試験方法

キーワード 腐食環境センサ, コンクリート模擬溶液, 塩化物イオン濃度, 腐食速度

連絡先 〒362-0052 埼玉県上尾市中新井 417-16 (株) ナカボーテック 技術開発センター TEL048-781-5431

3. 試験結果

3. 1 試験方法の評価

本試験では、一度飽和水酸化カルシウム溶液で水上置換させた空気を試験槽に供給することで水酸化カルシウムの試験溶液の pH 低下を抑制できるかを検討した。置換用の飽和水酸化カルシウム溶液は約 1 週間おきに新しいものに交換することで、試験期間を通して試験溶液の pH の低下が生じないことを確認した。

3. 2 センサの破断時間と鋼材の腐食速度

各塩化物イオン濃度別の腐食環境センサの破断時間と鋼材の腐食速度を図-2 と図-3 にそれぞれ示す。ここでは、過去に実施した酸素ガスを供給させた検討結果²⁾と比較する。図-2 より、腐食環境センサは、酸素供給と空気供給の両条件ともに塩化物イオン濃度が低いほど破断までに時間がかかったが、酸素供給は空気供給に比べて破断する時間が早かった。また、酸素供給に比べて空気供給は各塩化物イオン濃度での破断時間のバラツキが大きくなる傾向にあった。なお、塩化物イオン濃度 200ppm を含有する試験溶液で試験を行った場合は、2500 時間までに腐食環境センサの破断は見られなかった。図-3 より、鋼材の腐食速度は塩化物イオン濃度が高くなるほど大きくなる傾向にあり、酸素供給は空気供給に比べて腐食速度が大きかった。両図の結果から、腐食環境センサの破断は、腐食速度が大きいほど早くなる傾向にあることが分かる。また、腐食環境センサの破断が生じる最小の塩化物イオン濃度 500ppm 溶液における鋼材の腐食速度が約 0.001mm/y であったことより、当該腐食環境センサは非常に感度良く腐食環境を検知したと言える。

本試験では、酸素供給条件が空気供給条件よりも腐食速度が大きいといった結果であった。アルカリ中の鋼材は、酸素の供給により不動態皮膜が強固となりやすいが、本試験程度の酸素分圧では不動態皮膜の生成よりもカソード反応の助長が影響して腐食速度が増加したものと考えられる。発錆の有無を確認する目的では酸素供給による試験方法で支障はない。しかし、腐食速度を含めた評価が必要な場合には、水上置換した空気を供給する本試験方法が有効であり、とくに塩化物イオン濃度が 2000ppm を超える試験条件で有効性が顕著である。

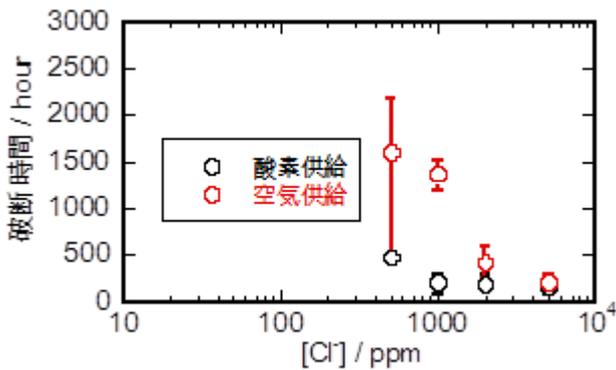


図-2 腐食環境センサの破断時間

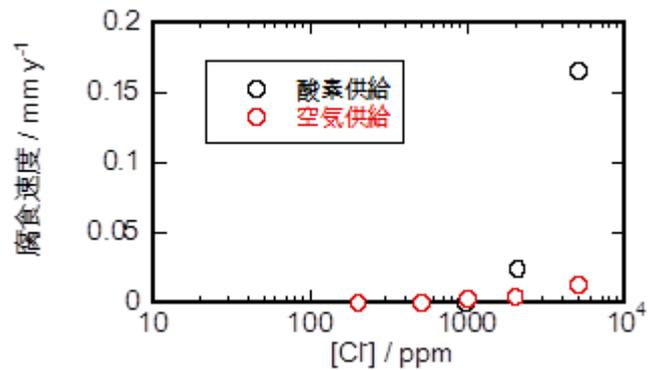


図-3 鋼材の腐食速度

4. おわりに

コンクリート模擬溶液の pH の低下を抑制するために飽和水酸化カルシウムに一度水上置換した空気を試験槽に供給することで試験溶液の pH の低下が抑えられた。その試験装置を使用して評価した腐食環境センサは、500ppm 以上の塩化物イオン濃度で感度良く応答し腐食環境を検知した。

参考文献

- 1) 佐藤達三ほか：コンクリート中鉄筋の腐食環境検知センサに関する検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，V-347，pp. 693-694，2010
- 2) 板屋隼人ほか：コンクリート模擬環境における腐食環境センサの応答特性，第 64 回材料と環境討論会講演集，D-203，pp. 387-388，2017