

既設構造物腐食モニタリングのためのドリル孔挿入小型センサの開発

東京工業大学大学院 学生会員 ○篠原 桂介
 東京工業大学大学院 正会員 岩波 光保
 東京工業大学大学院 正会員 千々和 伸浩

太平洋セメント株式会社 正会員 江里口 玲
 太平洋セメント株式会社 正会員 佐藤 達三

1. はじめに

今後日本は構造物の老朽化に加え、少子高齢化による公共事業予算の不足が予測されるため、効率的な維持管理システムの確立が急務となっている。

センサを用いた鉄筋コンクリート (RC) 構造物の腐食モニタリング手法の多くは新設構造物に埋設して使用するものであり、断面修復時などを除き既設構造物に適用できるものは少ない。

そこで本研究では既設構造物の調査や補修工事において、コア抜きなどで生じるドリル孔へ挿入できるセンサの基礎的検討を行った。検討項目として、構造物のダメージを最小限に抑え小型化すること、削孔箇所へ挿入したセンサで塩化物イオンの浸透状況の把握と浸透予測を可能にすること、センサの設置方法について検討した。

2. 腐食センサのコンセプト

センサは、図1に示されているように構造物の調査等におけるドリル孔に挿入可能なサイズを想定する。センサの検知部には鉄を圧延して作製した極薄の鉄箔材を使用する。鉄箔は塩化物イオンに触れると腐食し、断面が幅方向に欠損することで電気抵抗が増加する。この電気抵抗の変化を測定することで鉄箔の腐食の有無を検知して、構造物における塩化物イオンの浸透を感知する。この鉄箔を表面から深

さ方向に複数配置することにより塩化物イオンの浸透を深さ方向に時系列で検知することが本研究におけるセンサのコンセプトである。

3. 実験概要

センサとして用いた鉄箔の幅は 1mm とした。表面にはやすりをかけることで断面をより凸凹に表面状態を乱すことで腐食による断線、抵抗の上昇を起りやすくした。

鉄箔を巻いた半径 40mm のガラス製円柱をセンサとする。2 つのセンサをモルタルに埋め込み、塩化物イオン浸透面以外をエポキシ樹脂でコーティングし水分の出入りを断ち、その供試体を図2のように塩化物イオン浸透と乾燥状態を繰返しながら(表1参照)鉄箔の電気抵抗を測った。鉄箔は腐食前では数Ωの抵抗値を示し、腐食後は急激に抵抗が上昇する。本実験では、既往の研究¹⁾を参考にして、腐食を示す抵抗の閾値を 100Ωとした。

図2のようにセンサの設置角度を2種類に設定し、設置角度による検知性の違いを検証する。1 つのセンサに3つの鉄箔を設置し、計6つの鉄箔の抵抗の変化を計測することで複数のセンサによるモニタリングの有効性を確かめる。

モルタルの示方配合は表2に示した。塩化物イオン浸透にかかる時間を短縮するために W/C を 100%

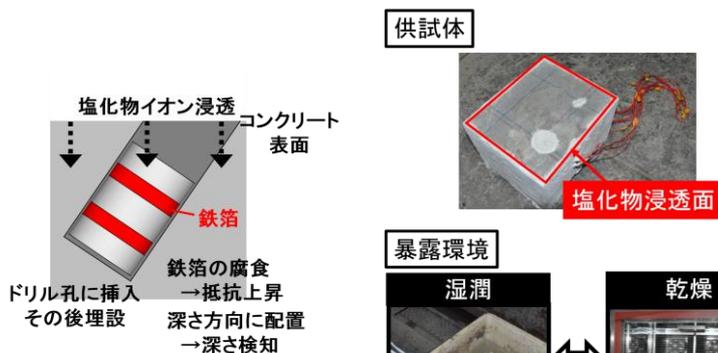


図1 提案センサ模式図

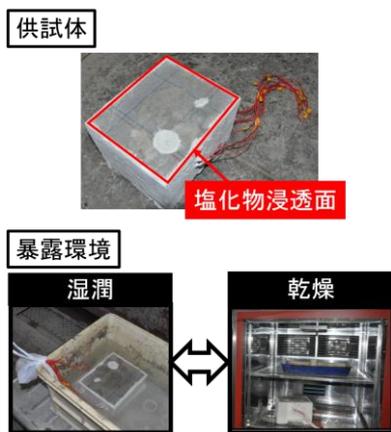


図2 実験概要

表1 乾湿繰返しの条件

状態名	温度	水分
乾燥	60°C	RH40%
湿潤	12°C	2.8%食塩水浸漬

表2 モルタルの示方配合

W/C [%]	単位量[kg/m ³]			
	W	C	S	LF
100	320	320	1500	150

LF=石灰石微粉末

キーワード 維持管理システム, モニタリング, 腐食, 塩化物イオン, 浸透
 連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-12 TEL03-5734-3194

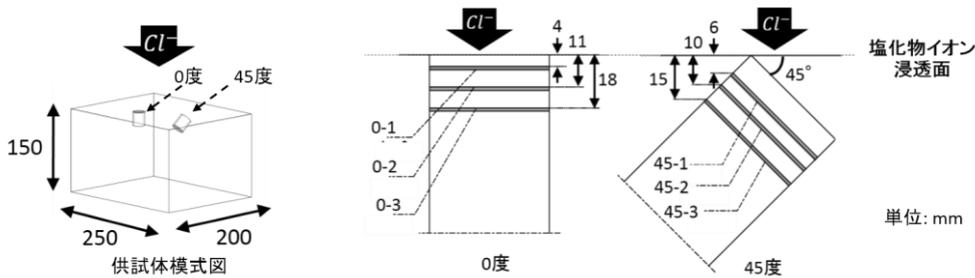


図3 センサ側面図

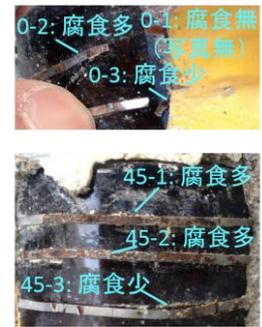


写真1 腐食状況

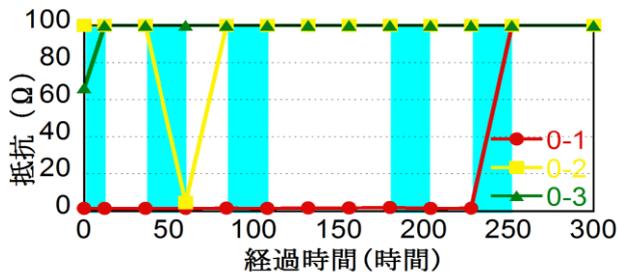


図4 0度センサ実験結果

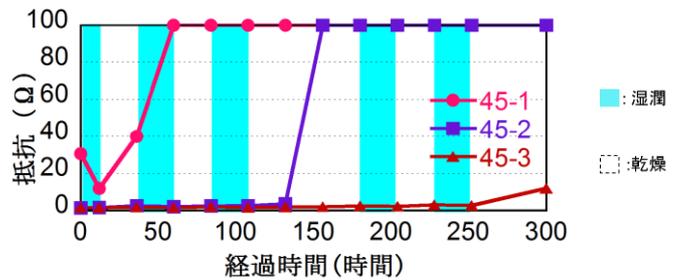


図5 45度センサ実験結果

として、粘度を増加し材料分離を防ぐために石灰石微粉末を混和した。

4. 実験結果

0度センサ, 45度センサにおける実験の結果を図4, 5に示す。腐食を示す閾値である100Ωを超えた値については100Ωとして示している。

45度センサにおいては塩化物浸透面に近い鉄筋から順に抵抗が上昇している。また、実験開始300時間経過後、供試体を割裂したところ写真1のように抵抗値が100Ωを越えた鉄筋表面の腐食が確認できた。これより、提案センサのコンセプト通り表面に近い鉄筋から順に塩化物イオンに接触、腐食を起こし抵抗が増加し、時系列で塩化物イオン浸透深さを検知できるといえる。

0度センサにおいて最初に抵抗が上昇した鉄筋は深さ15mmに存在する45-3であり、実験開始から48時間後(湿潤状態24時間, 乾燥状態24時間後)であった。既往の研究²⁾において、14日経過後の塩化物イオン浸透深さは1cm未満であり、塩化物イオンがモルタル中を浸透したとすると当該の結果は速すぎるため、センサとモルタルの界面を伝わったと考えられる。

2つのセンサの結果を比較すると0度センサは深い方から、45度センサは浅い方から順に抵抗が上昇している。設置の際、角度をつけることによって浸透面に露出するセンサとモルタルの界面域が少なく

なり、界面を伝わる塩化物イオンの影響が少なくなるため、深さ方向に配置したセンサの検知精度が向上したものと考えられる。

5. 結論

- (1) センサに用いた鉄筋の電気抵抗の上昇から、腐食因子(本実験では塩化物イオン)の存在を深さ方向に検知するという基礎的なメカニズムを確認した。
- (2) 界面を塩化物イオンが浸透することによってセンサの検知結果に誤差が生まれる可能性が示された。
- (3) センサ設置の際、ある程度の角度をつけて削孔することにより、界面からの塩化物イオンの浸透を抑制して腐食因子を検知できる可能性が示唆された。

今後の課題として、センサの検知性と塩化物イオン量との対比や界面浸透の抑制、さらなる小型化を検討する。

参考文献

- ・佐藤ら：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, 土木学会第65回年次学術講演会, 土木学会, V部門, pp.693~694, 2010
- ・丸屋ら：コンクリート中の塩化物イオンの移動に関する解析的研究, 土木学会論文集 No.442/V-16, pp.81-90, 1992