

コンクリート中の鉄筋腐食速度に及ぼす測定機器の影響

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員 ○渡邊 晋也
KEYTEC 株式会社 岩田 和彦, 安藤 康志, 藤枝 繁

1. 目的

コンクリート構造物を適切に維持管理するためには、鉄筋腐食の状態と今後の進行を適切に評価する必要がある。鉄筋腐食の評価には、一般的に自然電位や腐食速度が用いられており、自然電位については、照合電極の種類により、得られるデータの特性が把握されている。一方、腐食速度については、いろいろな測定方法や測定器があり、近年では鉄筋に短絡しない方法で腐食速度を測定することができる測定器も開発されているが、各測定器の特性については十分に把握されていない現状である。そこで本研究では、市販されている3機種を用いて同一試験体で腐食速度を測定し、各測定器の測定結果について比較した、特性の把握を試みた。

2. 使用した測定器の仕様

本研究では、表1に示す測定原理・手法が異なる3種類の測定器を用いて鉄筋の腐食速度を測定した。測定器Aは国内で製造販売されている交流インピーダンス法を用いたもの、測定器Bは海外製のガルバパルス法を用いたもの、測定器Cは近年開発されたコンクリート表面から電流を流して鉄筋の腐食速度を求めるものである。なお、測定器AおよびBは、測定と対象の鉄筋を短絡させる必要があり、測定には鉄筋をはつり出さなければならない。一方、測定器Cはコンクリートの表面から測定するもので、測定器と鉄筋を短絡する必要がなく、完全非破壊で測定することができ、かつ鉄筋交差部において交差する鉄筋を個別に測定することが可能だとされている。

表1 測定器の測定手法と原理

| 記号 | A | B | C |
|------|--|--|--|
| 測定手法 | 交流インピーダンス | ガルバパルス | CEPRA |
| 原理 | コンクリート表面に配置された対極から高低2周波の交流を印加し、両者のインピーダンスの差から分極抵抗を求める。 | コンクリート表面に配置した対極から定電圧パルスを与え、測定された電圧の過渡応答の近似曲線から分極抵抗を計算する。 | コンクリート表面に配置された外側二極からステップ電流を鉄筋に与え、それに対する電圧の過渡応答を内側二極で高速サンプリングし、近似曲線から分極抵抗を計算する。 |

表2 コンクリートの配合

| | W/C | s/A | W | C | S1 | S2 | G | Ad | 28日 圧縮強度 |
|-----|------|------|-------------------|-----|-----|-----|------|-------|-------------------|
| | % | % | kg/m ³ | | | | | | N/mm ² |
| 配合A | 64.5 | 50.1 | 155 | 241 | 575 | 383 | 960 | 3.615 | 21.0 |
| 配合B | 38.5 | 40.9 | 167 | 434 | 421 | 281 | 1024 | 6.510 | 45.7 |

C:普通ポルトランドセメント、S1:川砂、S2:山砂、G:川砂利、Ad:AE減水剤

3. 試験概要

本研究では、表2に示すように配合の異なる2種類の試験体(1000mm×1000mm×250mm)の試験体を作製した。試験体には主鉄筋としてD16の異形鉄筋をかぶり15mm、30mm、40mm、50mm、70mm、100mmの6条件で埋設した。また、配力筋を模擬しD10を主鉄筋に直交させて3箇所を設置した。鉄筋腐食の促進は、塩温水乾湿繰返しで実施した。促進条件は、NaCl水溶液5±0.5%、液温40±10℃に24時間浸漬させた後、温風(40±10℃)で60時間乾燥させた。このサイクルを1サイクルとし、1週間で2サイクル実施した。測定間隔は、測定初期は測定値の変動を確認するために2サイクル時とし、その後4サイクル毎とした。測定位置は、鉄筋交差部と単鉄筋部の2箇所とした。本報告では30サイクルまで実施した結果について記載する。

4. 試験結果

本報告ではかぶり15mmと40mmでの測定結果について示す。

4.1 外観の変状

塩温水乾湿繰返しで生じた変状を写真1に示す。図中の黒線は鉄筋の配筋を示している。配合AおよびBの試験体では、10サイクルの時点でかぶり15mmの配力筋に腐食ひび割れが確認された。その後、徐々にひび割れが長く大きくなり、錆汁も確

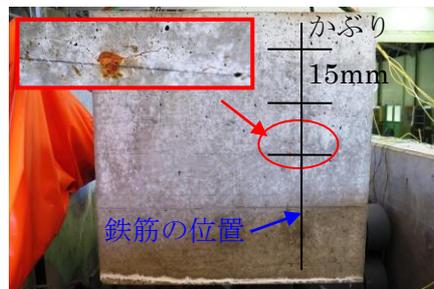


写真1 配合Aのひび割れ状況

認められた。他のかぶりではひび割れ等の変状は確認されていない。

4.2 腐食速度

(1) 配合 A (鉄筋交差部)

水セメント比 64.5% (呼び強度 18 相当) のコンクリート試験体から得られた腐食速度の測定結果を図 1 に示す。かぶり 15mm の場合、各測定器とも測定ごとに値が変動し、特に測定器 A, B で変動幅が大きい。一方、かぶり 40mm の場合、18 サイクル時までは 3 測定器であまり違いは確認されず増加傾向を示したが、22 サイクルで測定機 A の腐食速度が急激に遅くなった。これは、かぶりが浅く、腐食促進が非常に厳しい試験条件であったため、腐食が早期から急激に発生したこと、また主筋と配力筋の交差部で測定していることから、測定範囲内に複数の鉄筋がある場合の影響と考えられる。

(2) 配合 B (鉄筋交差部)

水セメント比 38.5% (呼び強度 40 相当) のコンクリート試験体から得られた腐食速度の測定結果を図 2 に示す。かぶり 40mm の鉄筋では、全ての測定器で腐食速度は低く、この間、腐食が始っていないと推定される。よって腐食開始前までの測定結果についてはいずれの測定器も同等であると考えられる。一方、かぶり 15mm では、測定器 A, B で初期から徐々に腐食している傾向を示す結果となっているが、測定機 C-配力筋では 24 サイクルから 28 サイクルにかけて急激に腐食が進行した結果となった。試験体外観より 10 サイクル時点で少量の錆汁が確認されていることから、かぶり 15mm の鉄筋では初期から腐食が進行していると推定される。

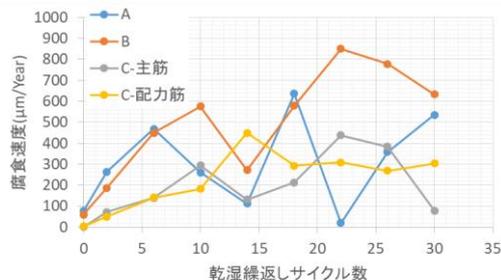
以下の結果からいずれの機種も腐食が進行するにつれ測定値が大きくなる傾向が見られたが、機種による変動や差が大きいことがわかった。

(3) 単鉄筋の場合

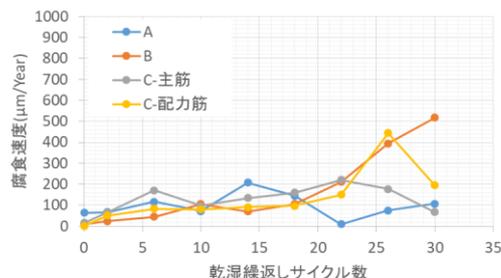
鉄筋交差部での測定の影響を確認するため、配合 A の試験体を用いて、鉄筋交差部以外のかぶり 15mm の主筋を測定した。その結果を図 3 に示す。鉄筋交差部で測定した結果と異なり、測定値のばらつきが小さく増加傾向を示し、14 サイクルまでは腐食速度の結果に顕著な違いが見られなかったが、18 サイクル時で測定器 A と測定器 B, C で腐食速度に違いが見受けられた。

5. まとめ

本報告では、鉄筋腐食の指標の一つである腐食速度について市販 3 機種を用いて測定した結果についてとりまとめた。その結果、いずれの機種も腐食開始前までの測定結果については同等であったが、腐食が進行し腐食速度が上昇するにつれ、鉄筋交差部では機種により測定結果に変動とばらつきが確認されたのに対して、単鉄筋の場合は測定結果のばらつきは少なかった。これより鉄筋交差部のように深度・径の異なる鉄筋が存在すると、特に 2 本の鉄筋をそれぞれ分離して測定できない機種では、測定値が大きく変動する結果となった。今後も継続して試験を実施し鉄筋腐食速度の適切な測定方法の検討を進めていきたいと考えている。

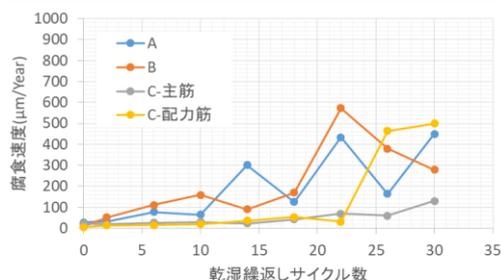


1) かぶり 15mm

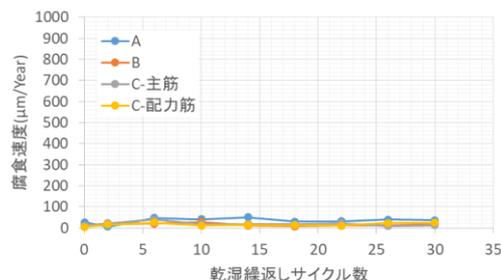


2) かぶり 40mm

図 1 配合 A の腐食速度



1) かぶり 15mm



2) かぶり 40mm

図 2 配合 B の腐食速度

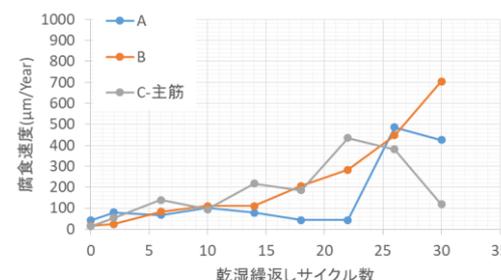


図 3 単鉄筋の測定結果