

表面弾性波可視化技術と目視検査による 表面ひび割れ発生確認に基づく鉄筋腐食率の早期推定

清水建設(株) 正会員 辻岡章雅 京都大学 学生会員 ○北条優
(株) 島津製作所 島堀貴秀 京都大学 正会員 松本理佐 服部篤史 河野広隆

1. はじめに

表面弾性波可視化技術¹⁾(以下、本技術)は、コンクリート表面に与えた表面弾性波の伝播の様子を可視化することで、コンクリートの表面ひび割れの発生を幅が微細な早い段階で検知できる。本研究では、鉄筋腐食膨張を模擬した载荷実験を行い、本技術の鉄筋腐食率の推定への活用について検討した。

2. 実験概要

かぶりを 20, 30, 40mm, 鉄筋膨張部分長さを 25, 75mm の 2 種類とした RC 供試体を各 3 体作成した。寸法は 400×400×150mm である。鉄筋膨張を载荷実験により模擬するため、打設時にφ20mm のプラスチックパイプを用いて鉄筋位置を空洞にし、図-1に示す载荷装置と図-2に示すくさび角を 3° とした押し込み治具²⁾を用いて载荷した。

押し込み治具は毎秒 0.01mm の速度で下降させて载荷し、押し込み変位 0.5mm ごとに载荷を止めて、表面に発生したひび割れ幅をクラックスケールで目視検査する。それとともに、供試体右上に設置した振動子により表面弾性波を発生させ、その伝播の様子を供試体から約 1m 離れたカメラ(図-3)で音場像(動画)に可視化した。このカメラは微分干渉光学系を内蔵し、照明用

のレーザダイオードと CMOS イメージセンサ(1920×1200 画素)を用いている。対象とした表面ひび割れは、供試体中央高さ付近のかぶり側に発生した縦方向のひび割れ(腐食による軸方向ひび割れに相当)とした。また、式(1)により押し込み変位から鉄筋腐食膨張率を半径変化率として算出した。

$$x = \frac{d \tan \theta}{r_0} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 x : 半径変化率(%), d : 押し込み変位(mm), θ : くさび角(=3°), r_0 : 膨張部分初期半径(=10mm)

3. 表面ひび割れ幅と半径変化率の関係

载荷試験から得られた表面ひび割れ幅と半径変化率の関係に着目した。両者の関係の一例として、かぶり



図-3 カメラ

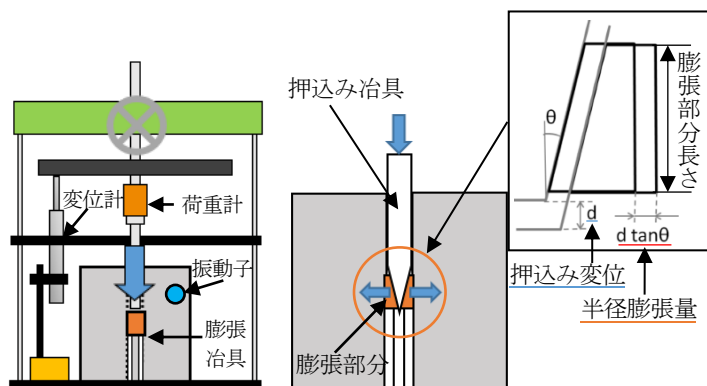


図-1 载荷装置

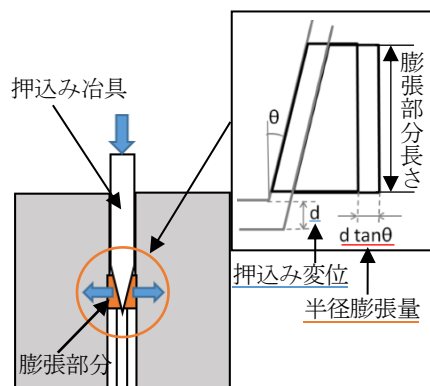


図-2 押し込み治具と
模擬膨張発生の機構

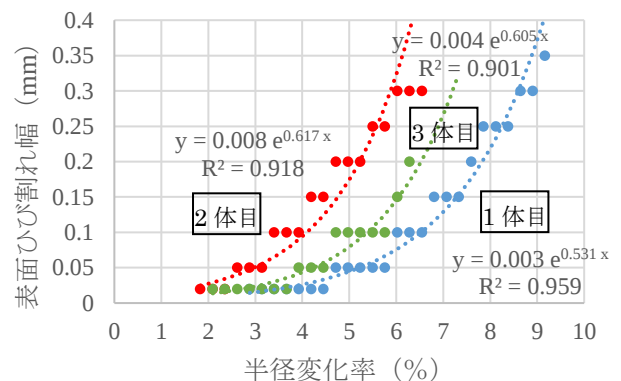


図-4 表面ひび割れ幅と半径変化率
(かぶり 30mm, 膨張部分長さ 75mm)

キーワード 表面弾性波可視化技術, 目視検査, 表面ひび割れ, 鉄筋腐食
連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学桂キャンパス C1-2-227 075-393-3321

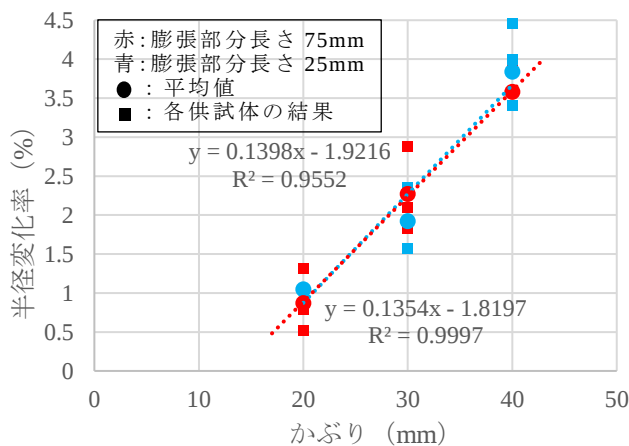


図-5 表面ひび割れ（幅 0.02mm）が初めて確認できた時点の半径変化率

30mm, 膨張部分長さ 75mm の結果を図-4に示す。ばらつきは小さくないが、両者の関係が既往の研究³⁾と同じく指数関数であることが確認できた。ここで、音場像でのみ確認することができる微細なひび割れの幅はクラックスケールを用いた目視検査では計測できないため、簡易マイクロスコープでひび割れ部を拡大し、幅を算出した。その結果、音場像でのみ確認できる微細なひび割れの幅は 0.02mm としてグラフに組み入れた。すなわち、クラックスケールを用いた従来の目視検査では、確認することができるひび割れは幅 0.05mm 以上のものに限られることが一般的だが、音場像により幅 0.02mm のものを新たに発見することができる。そこで、幅 0.02mm のひび割れが本技術で初めて確認できた時点の半径変化率と、その時点から幅 0.05mm のひび割れが目視検査で初めて確認できた時点までの半径変化率の増加量に注目した。

幅 0.02mm 時点の半径変化率と、幅 0.05mm までの半径変化率の増加量について、かぶり、膨張部分長さの要因ごとに 3 体の平均値を算出して図-5, 6に示す。なお、かぶり 20mm, 膨張部分長さ 25mm の供試体は膨張部分に不具合が生じたため、1 体のみの結果である。両図から、半径変化率および半径変化率増加量がかぶりに対してそれぞれ直線関係になること、また、膨張部分長さの影響は小さいことが分かる。

4. 本技術の鉄筋腐食率の推定への活用

以上から想定した本技術の活用手順について記し、まとめとする。

(1) 腐食ひび割れの発生が予想される構造物上の箇

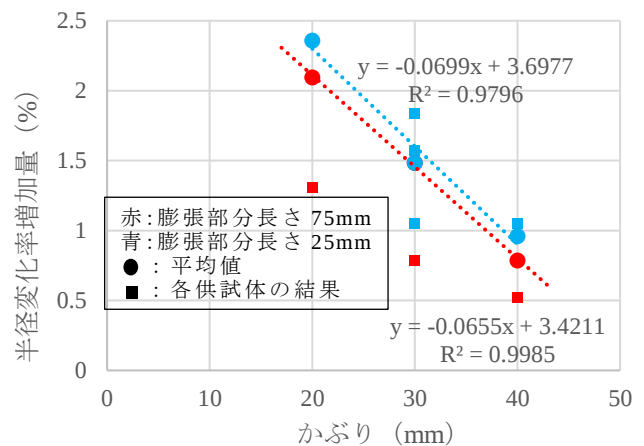


図-6 表面ひび割れの幅が 0.02mm から 0.05mm になる間の半径変化率の増加量

所や、併設した供試体に対し、本技術により腐食ひび割れ発生（幅 0.02mm）を確認する。

(2) 確認されると、予防的な早期の対策を行うか、または経過観察（目視検査）に移行し、腐食ひび割れ発生（幅 0.05mm）を確認する。

(3) 両確認時点での半径変化率を図-5, 6より得て、表面ひび割れ幅-半径変化率の近似指数関数が、劣化過程の早い段階で得られる。この関数は時間を含まないが、腐食と腐食ひび割れの進展の速度などの傾向を得ることができる。表面ひび割れ幅の目視検査を続けることでより明確になる。

以上の手順は、近接目視点検のタイミングと発生の確認作業をどうすり合わせるかなど、実現に向けた課題もある。今後、本技術の維持管理における有効な利用方法について、さらに検討を進めたい。

参考文献

- 1) 畠堀貴秀, 長田侑也, 田窪健二, 服部篤史: 光学的表面弾性波可視化技術のコンクリート検査への適用, コンクリート工学年次論文集, vol.38, No.1, 2016.7
- 2) 平野裕一: コンクリート構造物中の鉄筋膨張模擬装置の技術開発, 平成 26 年度北海道大学総合技術研究会報告集, 10-01, 2014.9
- 3) 荒木弘祐: かぶりコンクリート剥落による第三者損傷防止を目的とした維持管理対策に関する研究, 京都大学大学院博士論文, 2006.3

謝辞

本研究に協力いただいた(株)島津製作所の田窪健二氏, 長田侑也氏に感謝いたします。