

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

1. はじめに

光学的表面弾性波可視化技術¹⁾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ため、コンクリートの表面ひび割れや剥離を高い感度で検知できる特長を持つ。本研究では本技術を鉄筋腐食膨張の模擬実験に導入し、内部の膨張に伴い発生・進展するかぶり部の欠陥を検査し、従来の検査方法との比較を行うことで実際の検査への適用を検討した。

2. 実験概要

かぶりを20, 30 および40mmの3種類、鉄筋膨張部分長さを25, 75mmの2種類としたRC供試体をそれぞれ3体ずつ準備した。寸法は400×400×150mmであり、鉄筋膨張を載荷実験により模擬できるようにするため、打設時にφ20mmのプラスチックパイプを用いて腐食膨張を模擬する鉄筋位置は空洞になるようにした。

図-1のような実験装置に供試体を設置し、膨張部分の治具が供試体中央付近に来るように、供試体空洞部分に位置決め治具、膨張部分の治具を順に挿入し、その後くさび角を3°とした押し込み治具を挿入した。図-2に示すように上から押し込むことで、内部の膨張部分の半径が拡大し鉄筋腐食膨張を模擬できる仕組み(図-3)とし²⁾、押し込み治具を毎秒0.01mmの速度で下降させることで静的に載荷した。

押し込み変位0.5mmごとに載荷を止めて、表面に発生したひび割れ幅をクラックスケールで計測し、その後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-4)で可視化し確かめた。今回の実験で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。押し込み変位が増えた終盤にかけて、表面ひび割れ幅が縮小する

様子が各供試体で確認できた。これは、膨張部分から斜め方向に伸びるひび割れが進展したことにより、剥離部分が外方向に押し出されたためと考えられ、剥離が進展していると見なすことができる。そこで、表面ひび割れ幅が縮小した時点で載荷を終了した。

また、本技術の適用性を検証するため、かぶり40mmの供試体では、表面ひび割れや剥離に対する既往の検査方法として目視検査、打音検査およびサーモグラフィ検査を併せて行い、本技術による検査結果との比較を行った。

- 1) 目視検査：表面の様子を目視観察するとともに、表面ひび割れ幅をクラックスケールで計測した。
- 2) 打音検査：ハンマーで表面を叩き、打撃音の違いから剥離部分を推測した。
- 3) サーモグラフィ検査：供試体表面を30°Cに設定したラバーヒーターで5分間温めた後、表面の温度分布を計測した。

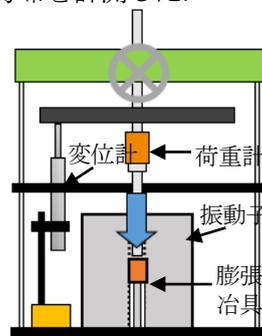


図-1 載荷装置

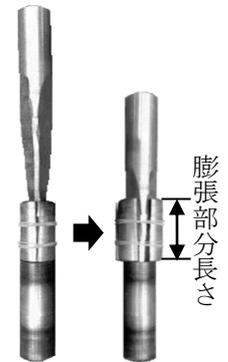


図-3 治具による

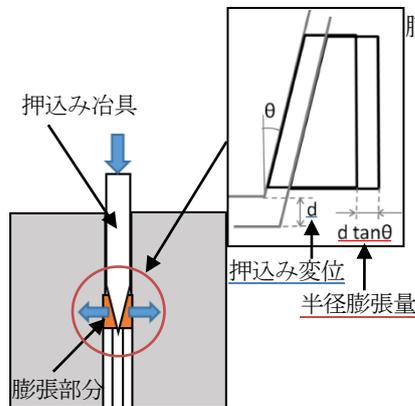


図-2 模擬膨張発生機構

膨張部分の変化²⁾



図-4 カメラ

3. 実験結果および考察

(1) 表面ひび割れの検査

ひび割れを検査する上で、音場像（表面弾性波）と目視検査の比較を行った（図-5）。実際の音場像は動画形式であるが、欠陥が確認しやすい時点で動画を停止し、静止画像化している。音場像では、表面ひび割れは筋のような形で確認することができた。初めて表面ひび割れが確認できた時点での押し込み変位は、音場像のほうが光学像より少なかったことから、本技術による検査は、目視検査よりも鉄筋の腐食膨張が小さい時点で表面ひび割れを検知することができると言える。また、音場像と目視検査の比較により欠陥場所を容易に特定することができ、見落としの防止につながられると期待できる。

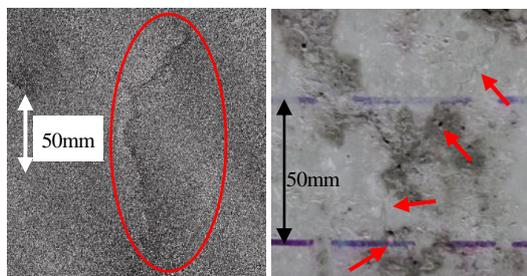


図-5 ひび割れの様子 c30-75-2
左：音場像（押し込み変位 3.5mm）
右：目視（押し込み変位 6.0mm）

(2) 剥離の検査

剥離を検査する上で、音場像・目視検査・打音検査・サーモグラフィ検査の比較を行った。押し込み変位 11.0mm（図-6左）で初めて、赤枠円にあるように音場像では白黒の影のような形で剥離部分を確認することができた。押し込み変位が 12.0mm になると、音場像（図-6右）にて目視では確認できない状況でも剥離が更に進行している様子を把握できた。また、一部の剥離を打音検査によって微かに確認することができた。押し込み変位が 14.0mm になると、初

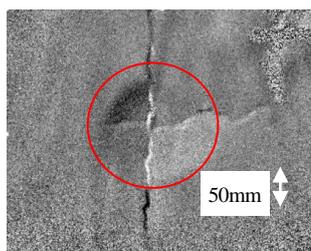


図-6左 剥離の様子
c40-75-3
音場像（押し込み変位
11.0mm）

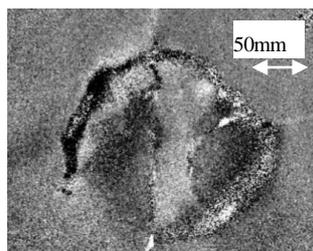


図-6右 剥離の様子
c40-75-3
音場像（押し込み変位
12.0mm）

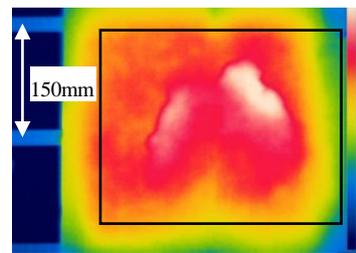


図-7 剥離の様子 c40-75-3
サーモグラフィ（押し込み変位 14.0mm）

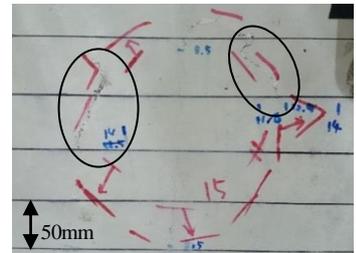


図-8 剥離の様子 c40-75-3
目視+打音（押し込み変位 15.0mm）

めてサーモグラフィ検査（図-7）でも表面の温度差から剥離部分の形状を確認できるようになり、続けて押し込み変位が 15.0mm になると、目視検査（図-8、黒枠円）によっても剥離を確認することができた。

打音検査とサーモグラフィ検査は目視検査よりも早く剥離の様子を把握する上で有効であるが、音場像による検査は更に早く剥離を把握することができた。よって、剥離に対しても本技術による検査は早期検知が可能という点で有効であると言える。

4. 結論

本技術による検査は以下の2点で効果的である。

- 1) 伝播動画で欠陥を検知できるため、欠陥の場所を特定できるほか、見落としを防ぐことができる。
- 2) 目視検査など従来の検査方法よりも早く欠陥を検知することができるため、欠陥の予防保全や進展予測に活用することができると考えられる。

参考文献

- 1) 畠堀貴秀 他：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

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。