

超音波 SIBIE 法の鉄筋コンクリート表面ひび割れへの適用

熊本大学 学生会員 ○梯 浩史郎
熊本大学 学生会員 荒巻 新
熊本大学 学生会員 園田 崇博
熊本大学 フェロー会員 大津 政康

1. はじめに

メンテナンスフリーであると考えられていたコンクリート構造物であったが、現在、供用期間中に様々な劣化が生じ社会的に大きな問題となっている。

その問題の一つとして表面ひび割れによるコンクリートの劣化が挙げられる。特に表面ひび割れが鉄筋にまで達していると腐食を引き起こしてしまう。

これまでの研究で無筋のコンクリートに対して超音波 SIBIE 法¹⁾を適用した結果、ひび割れ深さを評価できる可能性が示された。

本研究では表面ひび割れ深さが異なる RC 供試体において超音波 SIBIE 法を適用し、RC 供試体における表面ひび割れ深さの評価を行った。

2. SIBIE 法の原理

周波数スペクトルのピーク周波数は、理論的には入力された弾性波が不連続面での回折・反射により生じる。

そこで、供試体断面での弾性波の反射位置を画像化するために SIBIE²⁾ (Stack Imaging of spectral amplitudes Based on Impact Echo) という画像処理法を開発している。手順としては図-1に示すように解析対象の断面を正方形要素に分割しモデル化する。次に、分割された各要素の中心からの弾性波の回折・反射による共振周波数を求める。弾性波は入力点から要素中心、そして出力点といった伝播経路を通る。その最短伝播経路を R とすると式(1)のように表される。

$$R = r_1 + r_2 \quad (1)$$

解析対象中を伝わる弾性波の波速を C_p とすると、分割された要素の中心で回折・反射することにより生じる共振周波数は、式 (2) のように考えられる。

$$f_R = C_p / R \quad (2)$$

実測した周波数スペクトルにおいて、式(2) から

求められる理論的な回折・反射による共振周波数の相対振幅を要素値とし、各要素からの回折・反射の強さとする。これをコンター図として2次元画像化し、内部欠陥を評価する。また画像化したものを図-2とし、相対振幅値を5段階に色分けしている。

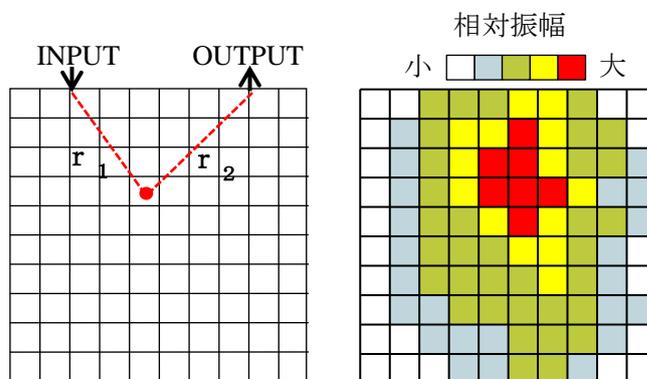


図-1 弾性波伝播経路

図-2 SIBIE図例

3. 実験概要

実験に用いたRC供試体を図-3に示す。鉄筋は異形棒鋼D13SD295を使用しており、ひび割れのない供試体×1、表面ひび割れ深さが鉄筋より浅い供試体(表面ひび割れ深さ30mm)×1、表面ひび割れ深さが鉄筋より深い供試体×2(表面ひび割れ深さ122mm, 56mm)の計4本の角柱供試体を用いて実験を行った。

鉄筋より深いひび割れは三点載荷によりひび割れを生じさせており、ひび割れが構造物に影響を与えると考えられるひび割れ幅(0.1mm)となる位置をひびわれ深さとしてクラックゲージを用いて測定を行った。

また、浅いひび割れ深さ検出のための入出力装置として、高周波帯域まで検出可能なAEセンサ(R15)を使用しており、その貼付間隔を100mmとして、ホルダーで固定して試験を行った。

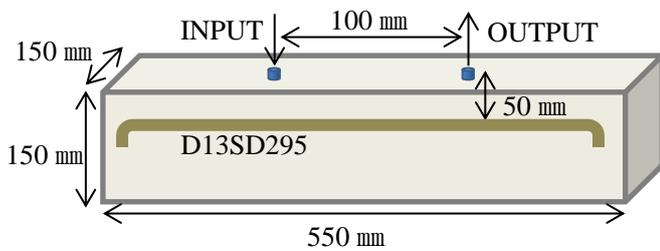


図 - 3 供試体モデル図

4. 結果及び考察

実験により得られた周波数スペクトルから SIBIE 解析を行った結果を図 - 4～図 - 7 に示す。

図 - 4 は実際に欠陥がない供試体であるため底面でのみ強い振幅が確認された。ただし、ひび割れ深さ 30 mm の場合には、今回の超音波装置の 30 mm 付近にひび割れ深さを示す強い相対振幅が確認されなかったため、SIBIE 解析で 30 mm より浅いひび割れ検出は難しいと考えられた。

図 - 5 では、表面ひび割れ深さ付近に強い振幅が確認された。

同じように図 - 6 では相対的に強くはないものの、ひび割れ深さ付近での反応が確認された。相対的に強くない原因として、ひび割れ深さでの弾性波の回折による振幅値に比べ、底面での反射による振幅値が強いことが考えられる。そこで、底面での共振周波数より高い共振周波数領域内でのみの SIBIE 解析を行った。その結果、図 - 7 では底面での共振周波数である 13kHz 以下を除くことで、ひび割れ深さ付近に強い相対振幅が確認された。

5. 結論

今回の実験の結論として、現状での超音波 SIBIE 法における鉄筋より浅い表面ひび割れ深さの検出は困難であると考えられる。

しかし、実際の RC 構造物に重大な影響を及ぼす可能性のある、鉄筋より深い表面ひび割れ深さは検出できることが明らかとなったため、鉄筋コンクリートの表面ひび割れに対する超音波 SIBIE 法の有効性が評価された。

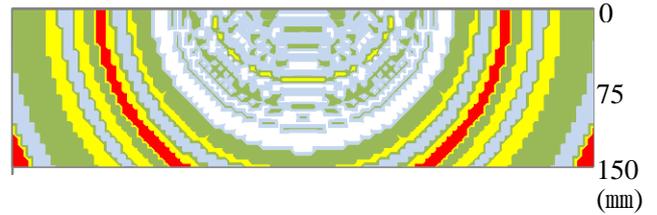


図 - 4 ひび割れなし供試体による SIBIE 図

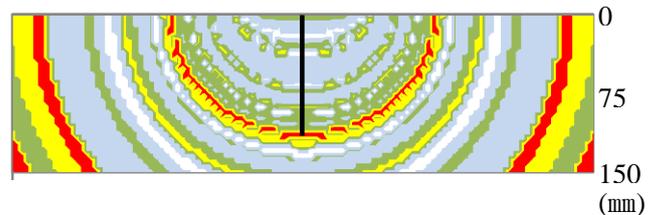


図 - 5 ひび割れ幅 1.6 mm、深さ 122 mm 供試体による SIBIE 図

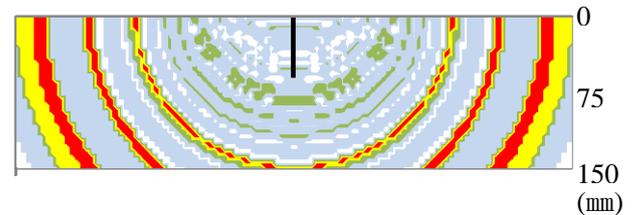


図 - 6 ひび割れ幅 0.15 mm、深さ 54 mm 供試体による SIBIE 図

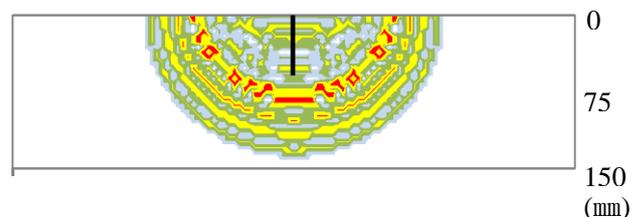


図 - 7 図 - 6 の 0～13kHz の共振周波数を除去した SIBIE 図

5. 参考文献

- 1) M.Ohtsu, "On-Site SIBIE Measurement of Surface Cracks and Defects in Concrete Structure of Highway," Proc. of SMT2010, New York, 2010.
- 2) 渡海雅信, 小坂浩二, 大津政康: SIBIE を用いたコンクリート中の欠陥検査法に関する考察, コンクリート工学年次論文集, vol.23, No.1, pp.499-504, 2001.