

コンクリートの非破壊検査 —超音波 SIBIE 法の鉄筋コンクリート表面ひび割れへの適用—

友田祐一¹，戸田善統¹，池崎智美¹，大津政康²

1 熊本大学工学部技術部，2 熊本大学大学院自然科学研究科

1. はじめに

コンクリート構造物は、メンテナンスフリーであると考えられていたが、現在、供用期間中に様々な劣化現象により、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、ひび割れによるコンクリートの劣化が挙げられる。特にひび割れが鉄筋にまで達すると鉄筋腐食による劣化を引き起こす。

これまでの研究では、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、ひび割れの深さを評価できることが明らかとなっている。

そこで本研究では、ひび割れ深さの異なる鉄筋コンクリート (RC) 供試体において Stack Imaging of spectral amplitudes Based on Impact Echo (SIBIE 法) を適用し、RC 供試体におけるコンクリート表面からのひび割れ深さの定量的な評価を行なった。

2. SIBIE 法の原理

SIBIE²⁾ 法は、供試体断面での弾性波の反射位置を画像化する画像処理法である。

これは、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。まず、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を通過し、出力点への伝播経路を通る。その最短伝播経路を R とすれば、式(1)のように表される。

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

解析の対象物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) のようになる。

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

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

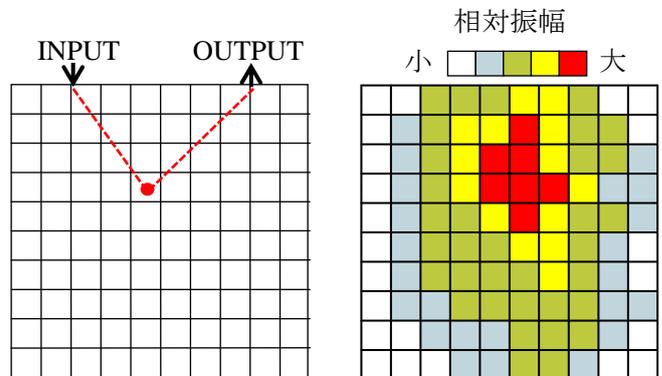


図 - 1 弾性波伝播経路

図 - 2 SIBIE 図例

評価する。また画像化したものを例として図-2 に示すように、相対振幅値を 5 段階に色分けしている。

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、かぶりは 50mm とした。ひび割れのない RC 供試体を 1 本、表面ひび割れ深さが鉄筋のかぶりより浅い RC 供試体 (表面ひび割れ深さ 30mm) を 1 本、表面ひび割れ深さが鉄筋のかぶりより深い RC 供試体 (表面ひび割れ深さ 122mm、56mm) を 2 本の計 4 本の RC 供試体を用いて実験を行った。

RC 供試体のひび割れは、三点載荷により生じさせており、構造物に影響を与えられられるひび割れ幅をクラックゲージにて測定し、0.1mm となる位置をひび割れ深さとした。

実験では、ひび割れ深さ検出のための入出力装置として、高周波数帯域まで検出可能な AE センサ (150kHz 共振型) を使用しており、計測間隔を 100mm とした、ホルダーを使用して実験を行った。

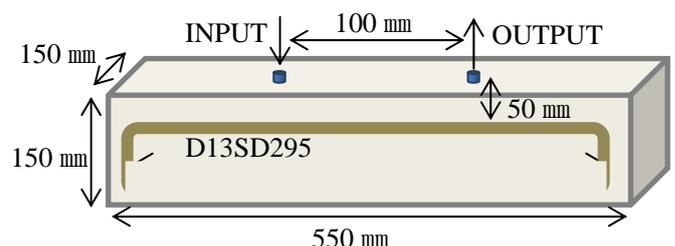


図 - 3 供試体モデル図

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。

実際に欠陥なしの RC 供試体である図 - 4 は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できなかったため、SIBIE 解析で 30 mm より浅いひび割れ検出は難しいことが確認できた。

図 - 5 では、RC 供試体の目視により確認した 122 mm の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、RC 供試体の目視により確認した 54 mm のひび割れ深さ付近での振幅が確認された。これは、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 以下を除くことにより、ひび割れ深さ付近に強い相対振幅が確認できた。

5. 結論

今回の実験の結論として、現状での超音波 SIBIE 法における鉄筋かぶりより浅いひび割れ深さの検出は困難であることが確認できた。

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、鉄筋かぶりより深いひび割れ深さでは、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 法の有効性が確認できた。

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.

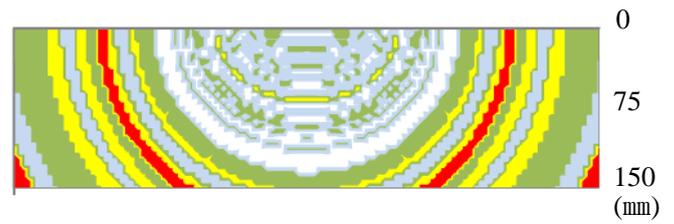


図 - 4 ひび割れなし供試体による SIBIE 図

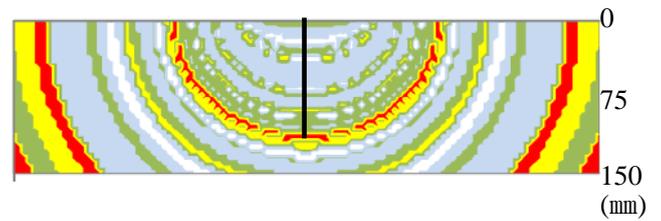


図 - 5 ひび割れ幅 1.6 mm、深さ 122 mm 供試体による SIBIE 図

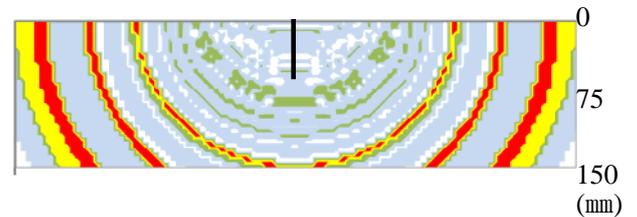


図 - 6 ひび割れ幅 0.15 mm、深さ 54 mm 供試体による SIBIE 図

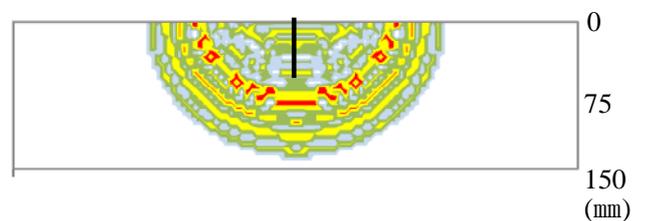


図 - 7 図 - 6 の 0～13kHz の共振周波数を除去した SIBIE 図