コンクリートの欠陥による曲げモードを可視化するための Accumulated SIBIE 法の拡張

1.はじめに

衝撃弾性波法を用いてコンクリート内部の欠陥の位 置や大きさを比較的良い精度で検出する2次元の可視 化手法として Accumulated SIBIE 法¹⁾が提案されてい る。しかし、Accumulated SIBIE 法による画像は、打撃 面から垂直方向に最も遠い反射面までの距離に該当す る厚さ振動数より高い振動数を用いて描いたものであ り、厚さ振動数より低い振動数成分は反映されていな い。そのため、表面から浅い位置の欠陥や剥離などに よる曲げ振動モードについては画像化されず、そもそ もの測定から除外される可能性が存在する。本研究で は、深さの異なる3つの欠陥を有するコンクリート構 造物を対象に衝撃弾性波法を用いて測定を行い、曲げ 振動の発生有無を測定結果と理論値との比較などを通 して、Accumulated SIBIE 法に曲げ振動を表示するため の検討を行なった。また、厚さ振動数より低い振動数 成分を表示することで得られる効果についても検討を 行なった。

2.Accumulated SIBIE 法の概要

可視化の一つである SIBIE 法のイメージは測定対 象物の1点を打撃しその付近の1点または2点で捉え た「打撃面に垂直方向の」反射波に対する単数の周波数 領域スペクトルを用いるため根本的には1次元であり、 断面の欠陥を2次元座標で表すには限界がある。それ に対し Accumulated SIBIE 法は、欠陥を有するコンクリ ート構造物に対し衝撃弾性波法による欠陥探査を行な った結果を可視化する手法として従来の SIBIE の弱点 を大きく改善した方法であり、多点入力により得られ たデータは入力点ごとにイメージデータ化され、最終 的にはひとつのイメージデータに蓄積され画像化され る(画像の重畳)。個別イメージデータへの変換には 東北学院大学 学生会員 加藤 遼大東北学院大学 学生会員 佐藤 一樹東北学院大学 正会員 李 相勲

SIBIE 法が適用されるが、この SIBIE のイメージデータ に平滑化と反射角の補正を行なうことで合理性を与え た方法である。

3.Accumulated SIBIE 法によるコンクリート内部欠陥 の可視化

本実験で用いた供試体の寸法は 100×20×20(cm)であ り、その内部に供試体表面からの深さが異なる3つの 空隙を有している。空隙の寸法は 10×20×2(cm)であ る。供試体は欠陥の表面からの深さが上面と下面で異 なるので、図-1に示すように上面を叩く測定を実験 1、下面を叩く測定を実験2とした。供試体表面を叩 く間隔を1cmとし、伝播速度を3306cmとして可視化 を行なった。空隙の深さが 10cm(センサの性能による 厚さ測定の限界)以上で行なう実験1に対する可視化 (図-2)を見ると、すべての欠陥の位置が二次元で正確 に捉えていることに対し、実験2の可視化(図-3)では 欠陥の位置を捉えていないことがわかる。それに対 し、本来可視化する上で供試体の外部ではあるが、可 視化範囲を供試体の下方向に拡大すると、欠陥下方に あたる位置にこれまで見られなかったピークが表示さ れている。両方とも空隙を含む様々な損傷によって供 試体の厚さ振動数が健全な場合より低くなった影響に よるものと考えられる。





図-1 供試体の概要

キーワード:衝撃弾性波法、 Accumulated SIBIE 法、曲げモード、コンクリート欠陥、可視化 連絡先:〒985-8537 多賀城市中央 1-13-1 東北学院大学工学部環境建設工学科 TEL: 022-368-7213



図-2 実験1の可視化



図-3 実験2の可視化

4.曲げモードによる欠陥位置の特定

欠陥位置が供試体表面から10cm以内にあるような空 隙や剥離の場合、センサの性能という制限によりその 欠陥の厚さ振動数に対応した高周波数成分を検出する ことができない。このような場合に欠陥位置を特定す る手段の一つとして、曲げ振動を考慮することが挙げ られる。

ここでは、前章で使用していた供試体を裏返すこと で欠陥深さが10cm以内に存在する状況で行なった。実 験-2の結果と比較するために、欠陥上部を両端固定梁 と仮定して式(1)の理論解により曲げ振動数を算出 する。

固有円振動数 $n_s = \frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{mA}} (\lambda_s l)^2$ (1) ここで、ヤング係数 $E = 2 \times 10^{10} (\text{N/m}^3)$ 、コンクリートの密度 $m = 2350 (\text{kg/m}^3)$ 、断面積断面 A、2次モーメント I、両端固定ばりの固有値 $\lambda_s l = 4.73$ とする。

図-4に示すように欠陥の中心に位置する打点①での スペクトルでは理論値(一次モード)の近くにピーク が確認でき曲げ振動と判断されるが、欠陥の中心から 少しずれた位置に該当する②と③の位置ではピークが 小さく曲げ振動であると判断することは困難である。 ただし、位置②については、二次モードにあたる周波 数は位置①と同様に確認出来る。

よって、これらのピークは曲げ振動によるものであ ると判定し、欠陥深さが浅い場合の位置特定は曲げ振 動を用いることで可能となることと判断した。



図-4 曲げ振動数の比較

5.結論

本研究の結論を次のようにまとめる。

1) 計測システムの測定限界以内であれば、Accumulated SIBIE 法はコンクリート内部の欠陥の検出に有効である。

2)測定限界を超えても、厚さ振動数より低域を可視化することで損傷の有無を検出することが可能である。
3)剥離などの浅い位置の欠陥については曲げモードを考慮する必要がある。

参考文献

 李相勲,鎌田敏郎: ACCUMULATED SIBIE 法による コンクリート構造物の欠陥探査数値解析,コンクリート 構造物の非破壊検査論文集,Vol.4,日本非破壊検査協 会,pp.435-440,2012