

微小欠陥が多重反射の周波数・波形に及ぼす影響

(株)東洋計測リサーチ 正会員 ○山下健太郎
一般社団法人 i T E C S 技術協会 正会員 極壇 邦夫
アプライドリサーチ (株) 正会員 境 友昭

1. まえがき

衝撃弾性波法によるコンクリート構造物の内部欠陥探査では、多重反射の周波数の低下を指標としていた。これは、内部に欠陥があることによって、見掛けの弾性波速度が低下する現象が見られるからである。しかし、内部欠陥の位置や大きさと見掛けの弾性波速度の低下量(率)の関係について検討された事例は少なく、定性的な判定を行っているのが現状であった。本論では、1次元弾性体をモデルとした数値計算によって、欠陥(断面欠損)の位置と大きさが、多重反射の周波数あるいは波形に及ぼす影響について考察した結果を報告する。

2. 実際の鉄筋棒で観測された現象

実際に断面欠損を持つ鉄筋棒を対象として測定した波形(φ32mm丸鋼, サンプリング 0.1μs)を図1上、欠損がない状態での測定波形を下に示す。打撃によって入力された波形が棒の中で多重反射している状況が示されているが、時間の経過とともに、主たる反射波以外に微細の振幅を持つ波動が相対的に目立って来ていることがわかる。パワースペクトル解析では、測定面と対向反射面間を多重反射する波動の振幅が卓越するため、このような微細振幅のスペクトルに着目されることは少ない。

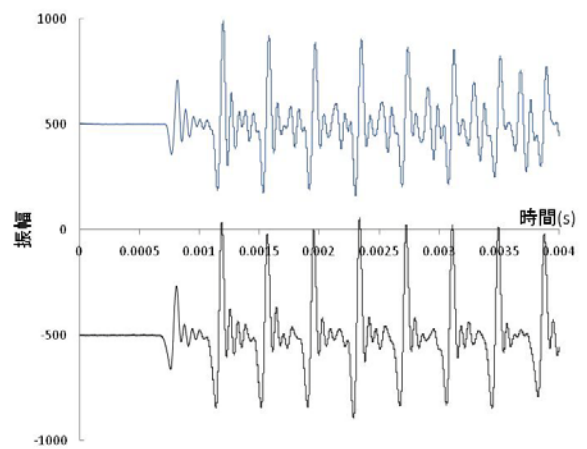


図1 測定波形(上:欠陥有,下:健全)

3. 数値計算

3.1 欠陥による波形の変化

数値計算では、棒(長さ 100 ユニット, 共振周波数 5050Hz)を仮定し、棒要素のインピーダンス値を変化させる方法を用いた。なお、1ユニットの長さは、波動が1μsで進行する距離であり、コンクリートであれば、約4mmに相当する。図2は、棒に欠陥がない場合の波形と、測定位置から1/4長の箇所に断面が1/2となる欠陥がある場合の計算波形である。実際に測定された波形と同様に、欠陥がある場合には、後半部で微細振幅振動が相対的に大きくなっていることがわかる。

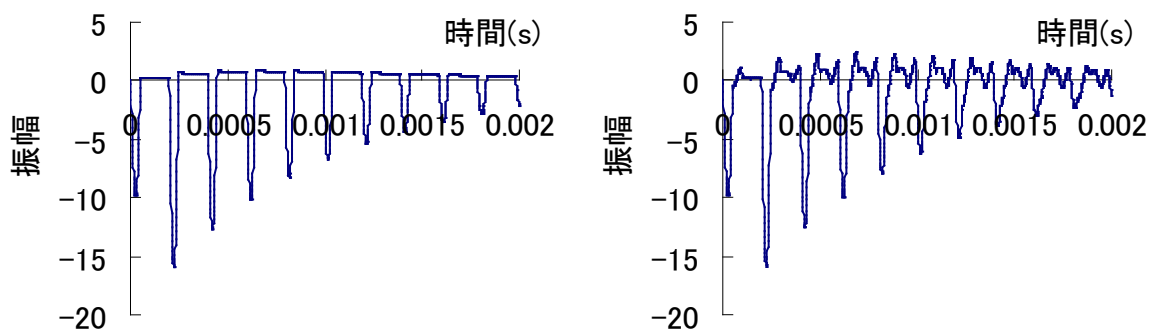


図2 欠陥がない場合(左)と微小欠陥がある場合(右)の波形比較

キーワード 多重反射, 内部欠陥, 周波数

連絡先 〒300-2633 茨城県つくば市遠東 904-1 (株)東洋計測リサーチ TEL 029-848-0065

3.2 欠陥位置と周波数

図3は、欠陥位置と周波数の関係についての解析結果である。横軸は、欠陥位置を棒の長さでの比率で示している。縦軸は、欠陥がない場合の固有振動数に対して欠陥がある場合の周波数の比率である。欠陥が棒の中央にあるほど、固有周波数の低下が大きいことがわかる。傷の幅は、この場合全体長さの1%、断面欠損率は50%である。

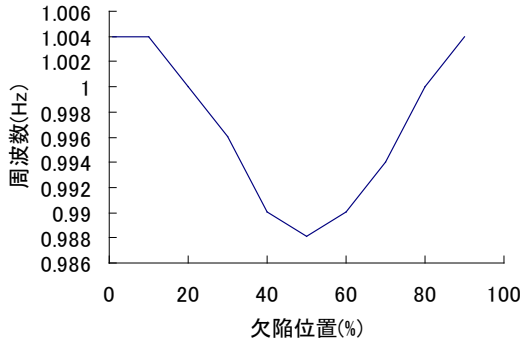


図3 欠陥位置と周波数

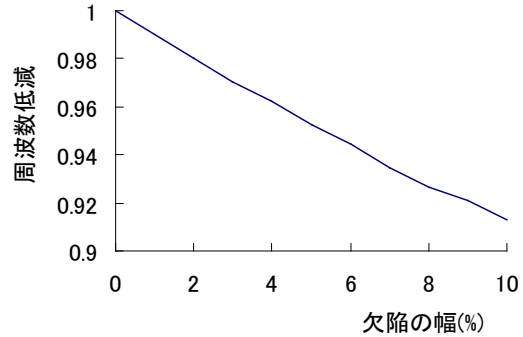


図4 中央に位置する欠陥の幅と周波数変化

図4は、棒の中央部に1/2の断面欠損が存在する場合の欠陥幅と固有周波数変化の関係を示したものである。欠陥幅が広がるほど、周波数の低減が大きくなり、また、欠陥幅と周波数低減はほぼ直線関係にあることがわかる。

図5は、欠陥の程度を変化させて得た計算波形の1.5msから2.0msの間での周波数構成を示したものである。欠陥サイズが大きくなると、棒全体の固有振動数とは調和関係にないローカルピーク周波数が生じていることがわかる。これは、欠陥と測定面、欠陥と対向反射面間での多重反射による波の干渉によって特異な周波数が生成されていることを示しているものと考えられる。

図6は図1の測定波形において、反射波と生成された高調波成分の振幅の比率を反射回数ごとに示したものである。「欠陥有」の波形では反射回数が増えるとともに、高調波の振幅が増幅していることが伺える。

また、図2の計算波形においても、同様の傾向が見られたため、振幅の増幅率をもとに欠陥サイズを定量的に評価できる可能性がある。

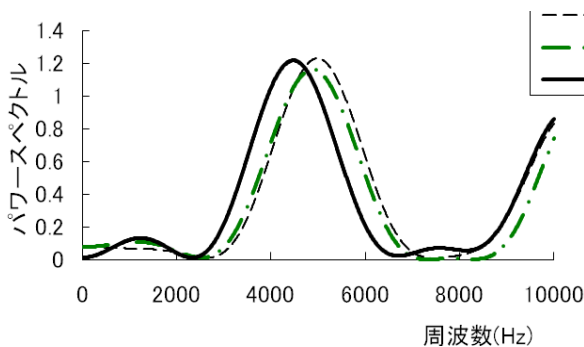


図5 欠陥がある場合の周波数(高周波域)

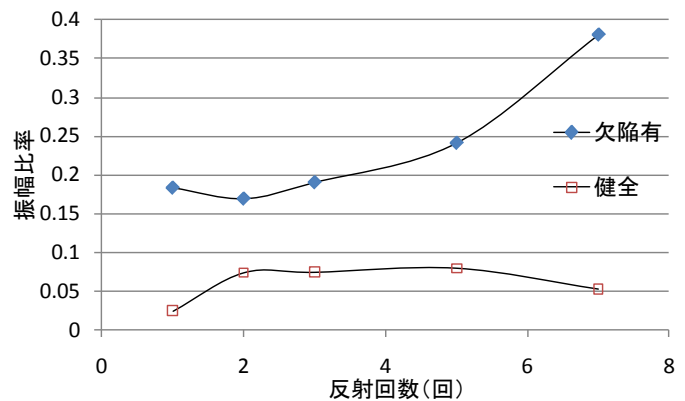


図6 反射回数毎の振幅比率

4. まとめ

定性的には、欠陥が大きいほど共振周波数の低下が大きいことは知られていたが、今回の解析で、欠陥の大きさと共振周波数の低減率が比例関係にあるらしいことがわかった。

また、周波数の低減率は、欠陥の位置の影響を受け、欠陥が「高さ」の中央近傍にあるほど、その影響が大きいことがわかった。実際の板状構造のコンクリートの場合、欠陥が測定面近傍にあり、かつその寸法が大きいと、膜振動を発生させ、1次元弾性体として解析した結果とは異なる周波数となる。

また、波形を見た場合、時間の経過とともに高周波成分が生成される傾向を示していることから、内部欠陥の有無を定性的に判断する資料とすることもできよう。