

周波数応答解析による内部欠陥の探査手法の検討その 1

(株) 東洋計測リサーチ 正会員 ○山下健太郎
 日本大学理工学部 学生会員 池端 宏太
 アプライドリサーチ (株) 正会員 境 友昭

1. はじめに

衝撃弾性波法では、打撃によって波動を入力し、これに対する応答を測定する。衝撃弾性波法は、板状コンクリート構造物の厚さ方向の Flutter echo の波長から、構造物の厚さあるいは内部欠陥の深さを測定することを基本原理¹⁾としており、一般的に、出力に相当する応答波形の周波数スペクトル分析を行い、卓越周波数、あるいは Flutter echo 周波数を推定する、という方法を用いる。この方法では、入力信号の測定を必要としないことから、比較的簡易な測定が可能である、という利点がある。しかし、構造物の健全性をより詳細に知るためには、構造物の振動振幅応答に関する情報を利用することが望ましい。特に、剥離状の水平ひび割れがある場合、比較的周波数が低く、かつ振幅の大きい板振動が生成され、応答波形のスペクトル解析のみでは、Flutter echo 周波数が板振動周波数か区別することが難しい場合がある。本論では、パワー伝送比及びその周波数関数を用いた剥離型内部欠陥の探査手法について、MC ナイロン板を用いて基礎的な実験を行い、その適用性について検討を行った結果を報告する。

2. 帯域フィルターによる周波数応答

周波数応答関数として、帯域フィルターを用いたパワー伝送比関数を取り上げる。パワー伝送比は、入力信号と出力信号のパワー比を周波数の関数、すなわち、出力信号のスペクトルパワー密度を入力信号のそれで除したものである。一般的に、スペクトル解析方法としてフーリエ解析が用いられるため、これらの周波数関数は、周波数を等差間隔することが多い。しかし、ここでは、周波数として 1/3 オクターブバンド周波数を用いている。これは、コンクリートは不均質な複合材料であり、Flutter echo 周波数であっても揺らぐ場合があるためである。周波数を線スペクトルではなく、ある程度、幅を持った範囲で捕らえることによって、周波数のゆらぎの影響を緩和しようとする考え方である。

3. 供試体による実験

3.1 供試体

実験に使用した供試体を図 1 に示す。MC ナイロン製板(厚さ 30mm, 高さ 150mm, 長さ 750mm)である。供試体中央部には、測定面から被り 30mm に幅 5mm のスリットがあり、空洞モデルとなっている。測定は、図 1 の上辺小口面で、25mm 間隔で行った。図 1 は模擬空洞供試体であるが、この他に参照供試体として、同一寸法同一材料で空洞のないものでも測定を行った。測定点は同じであり、空洞位置は測定点 12~17 間である。

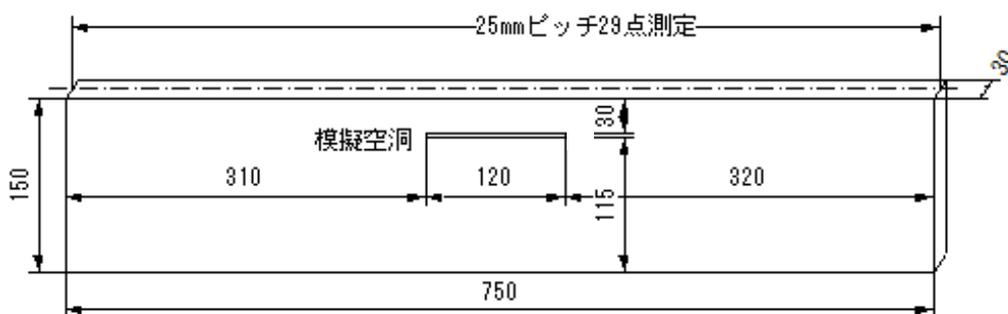


図 1 MC ナイロン供試体

キーワード 非破壊試験, 衝撃弾性波法, 周波数応答解析, パワー伝送比
 連絡先 〒300-2635 茨城県つくば市東光台 1-6-6 (株) 東洋計測リサーチ TEL029-848-0065

3.2 実験方法

測定では、加速度計を装備した iTECS インパクト(15g)で打撃し、25mm 離れた位置に加速度計(感度 100mV/G, 周波数 0.5~15kHz)を置き、入力としての打撃加速度波形及び、出力としての加速度応答波形を測定した。AD 変換速度は 10 μ s, 測定時間長は 10ms である。

4. 解析結果

解析は、測定した同じデータセットを使用し、従来からのパワースペクトルによる方法、周波数応答による方法について行った。図 2, 3 はその結果を示すものである。図は、いずれも横軸は測定点番号を示し、iTECS 法²⁾の縦軸は、周波数を厚さに変換した値である。図の色相は藍から赤に向かってスペクトル強度が強くなるコンターである。周波数応答解析の縦軸は、1/3 オクターブバンド周波数、色相は伝送比を dB で示している。パワー伝送比は、入出力間の全波形のパワー比である。図の比較から、従来のパワースペクトルによる方法では、剥離型空洞の有無に拘わらず、同様のスペクトルパターンを示しているが、周波数応答解析では、空隙部でのパワー比が大きくなっており、絵柄としてのパターンにも違いがある。また、全パワーの伝送比で見ると、空隙部では、パワー伝送比が大き(図では軸が反転)、空隙の有無が明瞭に判別可能となっている。また、この供試体では、左右端部で低周波域のパワー伝送比が大きく、供試体自体が撓み振動をしているものと想定される。このような振動モードの違いは、従来からの解析方法では推察することができない。

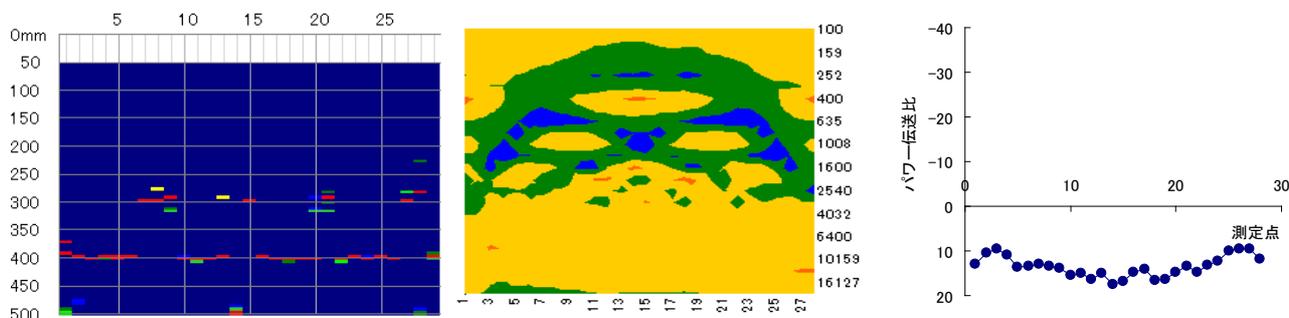


図 2 模擬空洞の無い供試体(左:iTECS 法, 中:周波数応答解析, 右:パワー伝送比)

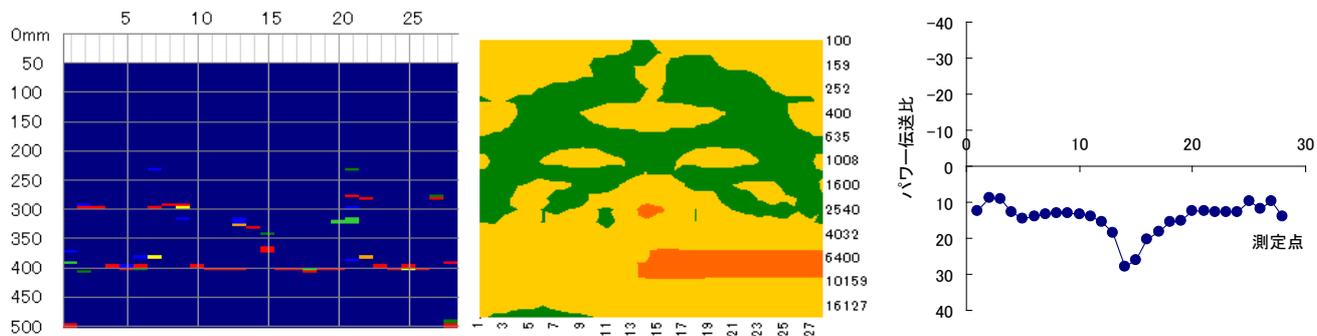


図 3 模擬空洞を有する供試体(左:iTECS 法, 中:周波数応答解析, 右:パワー伝送比)

5. まとめ

測定距離を横軸、周波数あるいは時間を縦軸とし、そのスペクトルや振幅の大きさを色相で表現するいわゆる SONAR 図は、測定結果をパターンとして示すことで、特異箇所を容易に判別できる方法として広く利用されてきた。しかし、解析結果が示すように、SONAR 図のみでは、測定対象の特性を十分に把握できるとは言い難い。今回、提案した周波数応答関数のコンター表示において、剥離型内部欠陥は、明瞭に図化されており、内部欠陥探査に有力な情報を提供できる手法と考えられる。

参考文献

- 1) Mary J. Sansalone William B. Streett ;IMPACT-ECHO Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry 1997
- 2) 岩野聡史・極檀邦夫・境友昭 衝撃弾性波法によるコンクリート内部欠陥探査 コンクリート工学年次論文集 vol.24,No1,2002