

周波数制御した弾性波によるコンクリート内部欠陥探査—供試体実験—

(株) 大進コンサルタント 正会員 ○炭谷 浩一
 (株) 大進コンサルタント 正会員 池端 秀幸
 (株) 東洋計測リサーチ 正会員 山下健太郎

1. はじめに

これまで、衝撃弾性波法によるコンクリート構造物などの内部欠陥探査では、内部欠陥及び厚さ方向に対する多重反射現象が成立するとして、その固有周波数から厚さを推定する方法が用いられてきた^{1), 2)}。この考え方では、内部欠陥の場合であっても、測定面と欠陥との間に多重反射現象が成立することが前提となっている。しかし、この方法は基本的には構造物が板状であることを前提としており、PC 橋桁の下フランジ部のように板状でない構造の内部欠陥探査などへの応用は難しい。本論文では、打撃点に近接した複数点で構造物の応答波形を測定し、内部欠陥からの反射波を検出できるかどうか、PC シースの充填、未充填模型供試体を用いて、実験的検討を行った。

2. 実験方法と結果

2. 1 供試体と測定方法

図-1 に実験に用いた供試体の構造及び測定位置を示す。図に示すように、測定は未充填シースの直上とシースの影響のない 2 箇所で行った。試験対象としたシースは、直径 80mm であり、測定面からのかぶり深さは 90mm である。図-2 に測定方法を示す。打撃は、プランジャーを介した間接打撃³⁾であるが、この実験ではパルスを入力するため、長さ 40mm 及び 125mm のプランジャーを用いた。打撃に使用した鋼球は、直径 10mm であり、プランジャーを用いた場合の基本周波数は 20.2kHz である。打撃入力位置は、シースの直上から左側 50mm とした。測定点（センサー2）は、シース直上及び右側の 50, 100, 150mm の 4 点として順次、測定を行った。なお、打撃信号入力タイミングを測定するため、プランジャーの先端部に加速度計を取り付けている。

2. 2 パワースペクトル解析

測定応答波形のパワースペクトル解析は、従来からの内部欠陥探査方法である。図-3 は入力信号が打撃による単発パルスの時、図-4 は、長さ 125mm のプランジャーを使用して 20.2kHz のトーンバースト状信号を入力した場合のパワースペクトル（いずれも測定点はシース直上時）を例示する。単発パルス入力時では、供試体の厚さ方向の多重反射による周波数が卓越するが、欠陥が無い場合には 6.5kHz であるのに対して、欠陥がある場合は 3.9kHz に低下している。しかし、内部欠陥と測定面間での多重反射の固有周波数(22kHz 前後)のスペクトルは観察されない。一方、トーンバースト状信号を入力した場合、供試体の厚さの固有振動数は、観測されず、入力周波数付近の成分が卓越する傾向を示す。分析結果では、欠陥がある場合の方がやや低い周波数となっている。この原因の一つは、プランジャー先端がコンクリート表面と接触することによって、自由境界で無くなり、プランジャー側から見たコンクリート表面の機械インピーダンスの影響を受けるためと考えられる。

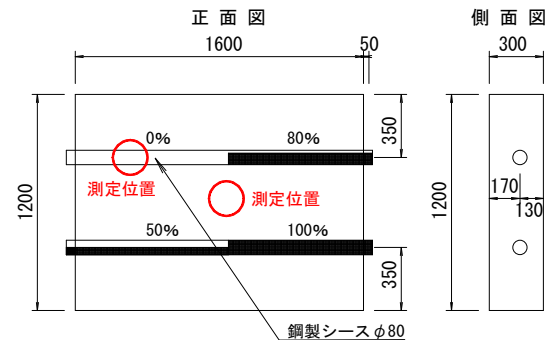


図-1 供試体の寸法及び測定位置

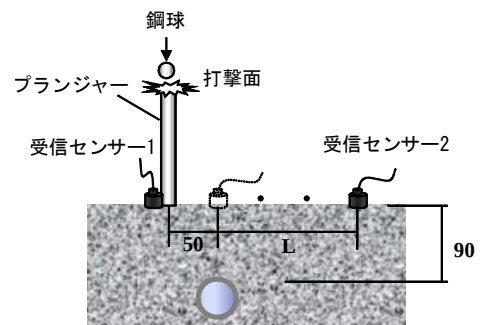


図-2 測定点の配置（シース上）

キーワード 非破壊試験, 衝撃弾性波法, 供試体実験, ヒルベルト変換

連絡先 〒861-2102 熊本県熊本市東区沼山津4丁目2-22 (株) 大進コンサルタント TEL096-365-0112

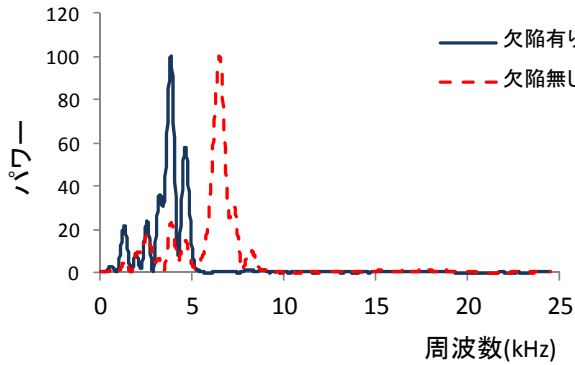


図-3 インパルス入力時のパワースペクトル

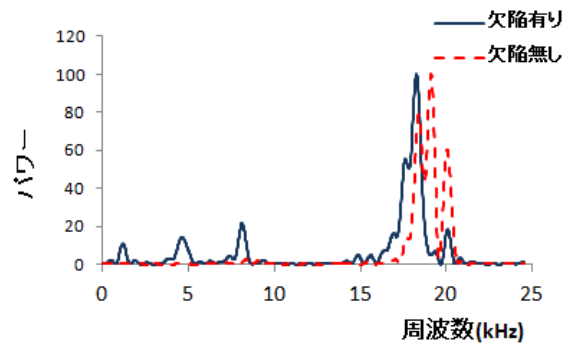


図-4 トーンバースト入力時のパワースペクトル

2. 3 位相解析

図-5, 6 は, 測定波形をヒルベルト変換し, その位相の時間変化を図示したものである。図-5 は, インパルス入力, 図-6 は, トーンバースト状入力の場合である。位相解析は, 表面を進行する波動と位相の異なる反射波が到達すると, 測定波形の位相に乱れが生じることを利用し, 内部欠陥などからの反射波の到達時刻を推定しようとする方法である。信号の無い時間帯では位相は激しくランダムに変化するが, 信号が検出されると, 位相の変化はほぼ一定となる。図から, 実際の信号成分は 150~170 μ s の時間で, 観測開始されている。図-6 に示されるように, 内部欠陥がない場合には, 位相の変化はほぼ一定となっているのに対し, 内部欠陥がある場合には, 位相の乱れが生じている。その時刻は, おおよそ 200, 250, 300 μ s であり, これは, 内部欠陥からの反射波が測定面に到達する時間間隔に等しい。インパルス入力の場合でも, 位相の乱れが観測されるが, 欠陥が無い場合にも位相の乱れがあり, その原因を特定することが難しい。

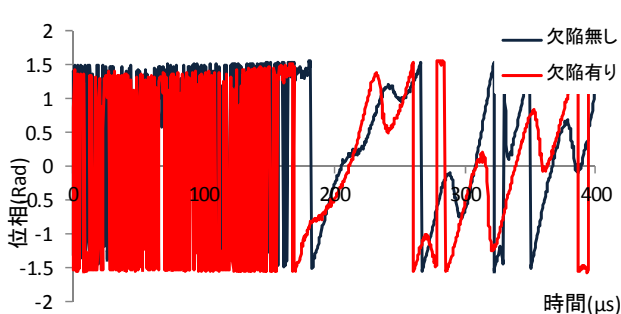


図-5 インパルス入力時の位相変化

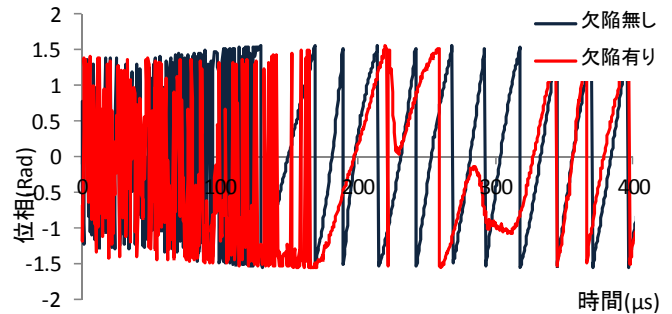


図-6 トーンバースト入力時の位相変化

3. まとめ

実験の結果, 多重反射による固有周波数の生成を期待する場合には, インパルス信号, 位相の変化に着目して内部欠陥からの反射波を検知する場合には, トーンバースト信号を利用する方が, よい結果を得られることがわかった。これは, 入力信号自体の位相変化が時間に比例しており, 位相の乱れは反射波か外乱ノイズに依ると考えられるためである。また, 位相に乱れが生じる時刻を分析することによって, 内部欠陥の有無と位置を推定できる可能性が示された。

参考文献

- 1) Mary J. Sansalone William B. Streett: IMPACT-ECHO Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry 1997
- 2) (一社) iTECS 技術協会規格: SIA-M-01, 多重反射による 1 次共振周波数測定方法
- 3) 炭谷浩一ら: 衝撃弾性波法における入力信号周波数制御方法, 日本非破壊検査協会平成 27 年度秋季大会講演概要集