

SIBIE による PC グラウト未充填部の検出

熊本大学工学部環境システム工学科 学生会員 ○山田雅彦
 熊本大学大学院自然科学研究科博士後期課程 非会員 渡海雅信
 熊本大学大学院自然科学研究科博士前期課程 非会員 中居陽子
 熊本大学大学院自然科学研究科教授 正会員 大津政康

1. はじめに

コンクリート構造物の一つとしてプレストレストコンクリート(PC)があるが、グラウトの充填不良はPC鋼材の損傷を始めとして、構造物の性能低下の大きな一因となる。そこで現在、コンクリート構造物の非破壊検査手法の一つであるインパクトエコー法¹⁾において得られる周波数スペクトルを用いて、調査断面において弾性波の反射の影響を画像化し、欠陥部を評価するSIBIEを開発している²⁾。本論では非破壊検査手法としてのSIBIEの確立および信頼性向上のため、インパクトエコー法では難しいとされる未充填シースの検出性能を検討した。

2. 欠陥検出の原理

2.1 インパクトエコー法

インパクトエコー法によれば図-1 に示すように板厚による共振周波数 f_i 、内部欠陥反射による f_{void} が出現するとされている。供試体中を伝わるP波の伝播速度を C_p とすると、出現するピーク周波数は図-1 に示す値を用いることにより以下の式で表される。

$$f_i = C_p / 2T \quad (1)$$

$$f_{void} = C_p / 2d \quad (2)$$

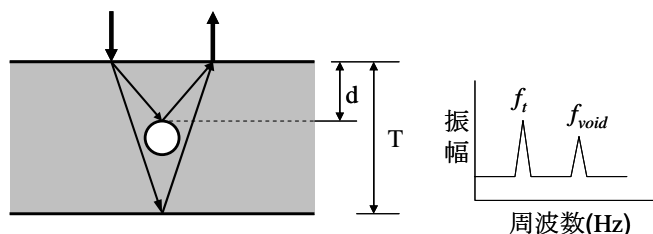


図-1 インパクトエコー法における欠陥検出の原理

2.2 SIBIE の原理

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反射することにより生じる。そこで、供試体断面での弾性波の反射位置を画像化するためにスペクトルイメージング：SIBIE(Stack Imaging of spectral amplitudes Based on Impact Echo)とい

う画像処理法を考案した²⁾。まず手順としては図-2 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そして出力点といった伝播経路を通る。その最短伝播経路を R とすると式(3)のように表される。

$$R = r_1 + r_2 \quad (3)$$

解析対象中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反射することにより生じる共振周波数は、式(4)のように考えられる。

$$f_R = C_p / R \quad (4)$$

実測した周波数スペクトルにおいて、式(4)で求められる理論的な反射による共振周波数の振幅値を合計することにより各要素からの反射の影響を検出する。さらに要素からの反射を強調するため、

$$f_{r2} = C_p / r_2 \quad (5)$$

を加えることとする。よって合計する周波数は f_R と f_{r2} の二つとし、さらに上限を 60kHzとした。

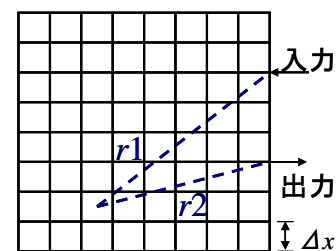


図-2 SIBIE 解析イメージングモデル

3. 実験概要

3.1 供試体

図-3 に示す 400mm×1000mm×260mm の角柱供試体内部に径 65mm、60mm のプラスチック製、鋼製シースを埋設した。供試体中の P 波の伝播速度 C_p を透過法により 10 回測定したところ平均は 4025m/s であった。

3.2 インパクト入力試験

供試体に高周波数の外力を入力するため、直径 8mm

長さ 17mm のアルミ飛翔体を使用し、空気圧約 0.05MPa で図-3 に示すプラスチック管上部、および鋼管上部の二ヶ所についてインパクト試験を行った。図-3 の矢印に示すように、供試体表面においてシース管中心部より弾性波を入力し、中心部から 50mm 離れた二ヶ所を検出点とした。

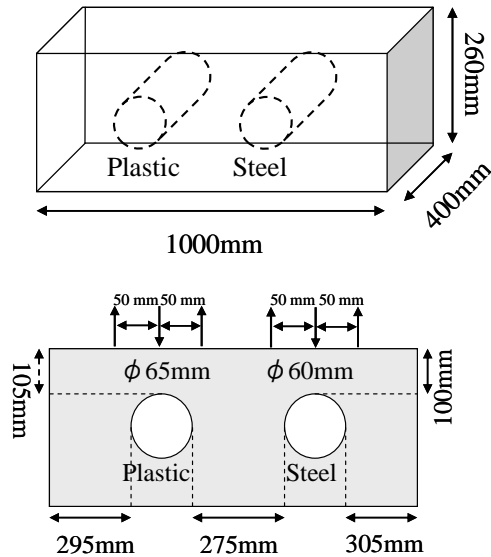


図-3 供試体と計測点

4. 結果および考察

インパクト試験により得られた周波数スペクトルを図-4 に示し、SIBIE の結果を図-5 に示す。

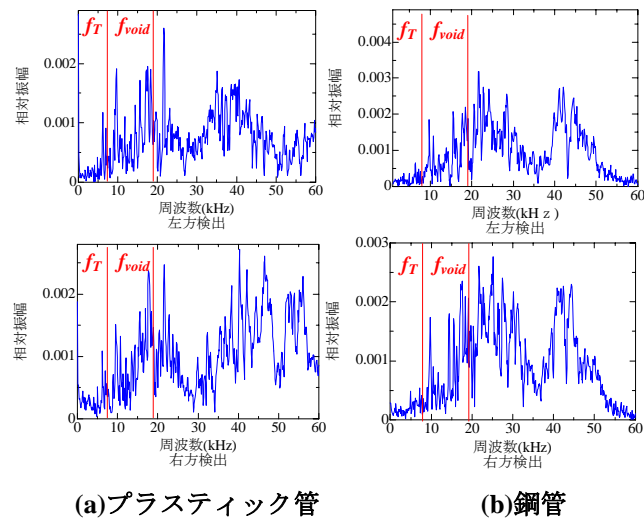
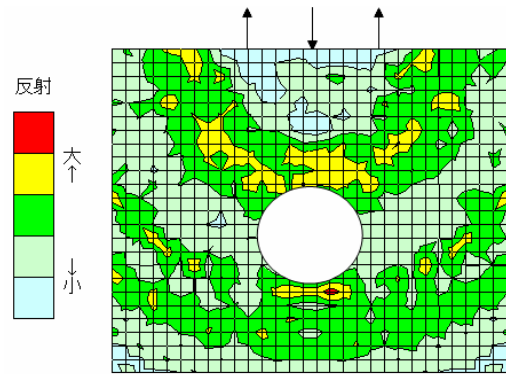


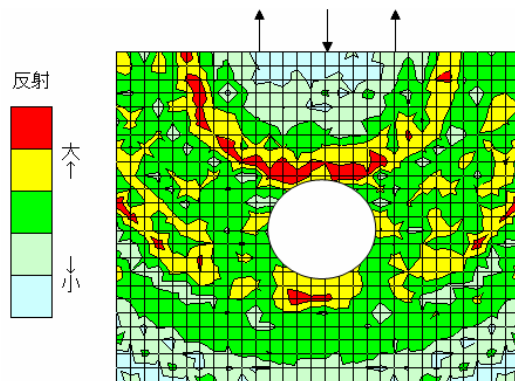
図-4 周波数スペクトル

図-4 に示す周波数スペクトルにおいて、シース管によるピーク周波数 f_{void} は 19.2KHz 付近に現れると予想される。図-4 の矢印で示す付近には f_{void} によると考えられるピーク周波数が見られる。しかし f_{void} と考えられるピーク周波数は共に他のピーク周波数と混在しているために明瞭に検出されているとは言い難い。

以上の結果より周波数スペクトルには多くのピークが存在しており、ピーク周波数のみから欠陥部を同定するのは容易ではない。



(a)プラスチック管の結果



(b)鋼管の結果

図-5 SIBIE の結果

SIBIE の結果によればプラスチック管・鋼管ともにシース管上部、また下部から反射部が検出された。下部からの反射はシース管径による影響と考えられる。下部からの反射が検出できたことにより、グラウトの充填が十分ではない場合に充填不良の程度も検出できる可能性が示された。プラスチック管は材料の特性上、鋼管に比べ下部からの反射が弱いという結果になったが、SIBIE を用いることにより未充填シースが視覚的に検出できることは確認できた。

6. 参考文献

- 1) M.J.Sansalone and W.B.Streett, Impact-Echo, Bullbrier Press, Ithaca, N.Y, 1997
- 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