

## コンクリート内部空隙の検出における インパクトエコー法を利用したイメージング手法の有効性

徳島大学工学部 学生員 森田貴史

徳島大学工学部 正会員 渡辺 健

徳島大学工学部 正会員 橋本親典

徳島県生コンクリート工業組合 一宮桂一郎

### 1. はじめに

近年、コンクリート構造物の劣化が顕在化し、コンクリート構造物の健全性あるいは施工性の評価が広く求められている。その評価手法のひとつに弾性波を利用した非破壊検査手法のインパクトエコー法<sup>1)</sup>がある。これは、周波数スペクトルのピーク周波数から内部欠陥の位置を判断する検査手法である。しかし、インパクトエコー法によって理論的に得られる内部欠陥の位置を示すピーク周波数を、実際の計測により得られる周波数スペクトルのピーク周波数から同定することは困難な場合も多い。

そこで本研究では、インパクトエコー法で得られた周波数スペクトルに基づいたイメージングによる画像処理法により、コンクリート供試体に人工的に埋設した内部空隙の検出を実験的に試みるとともに、イメージング条件を変化させることで、内部空隙の検出に適したイメージング条件とその有効性について検討した。

### 2. 実験概要

本実験では、コンクリート内部の空隙探査を行うために、内部に人工的に空隙を有した900×900×300mmのコンクリート供試体を作製した。内部空隙はスチロール材によって模擬し、深さ30mmおよび150mmの位置に埋設した。表1に内部空隙の詳細を示す。

表 1 人工内部空隙の寸法

空隙寸法 (mm)	埋設深さ (mm)
80×80× t 20	d = 30
80×80× t 50	d = 150
160×160× t 20	

t は空隙の厚さを示す

今回は、鋼球の自由落下によってコンクリート内に弾性波を入力させて、コンクリート供試体の内部空隙で反射された弾性波の波形をPCによってFFT処理し、必要な周波数スペクトルを得た。

### 3. スペクトルイメージングの原理

インパクトエコー法で得られた周波数スペクトルに基づいて、弾性波の反射の影響をイメージング画像として現し、空隙の評価を行うSIBIE(Stack Imaging of spectral amplitudes Based on the Impact-Echo)という手法が考案されている<sup>2)</sup>。

解析手順としては、始めに検査対象の断面内に等間隔で要素点を設けモデル化する。今回は供試体および空隙寸法を考慮して300×200mmの断面をモデル化し、要素点間隔は10mmとした。(図1参照)

次に、各要素点からの弾性波の反射の共振周波数を次式によって求める。その際、各要素点の交点で弾性波が反射すると仮定し、弾性波は入力点 要素点 検出点と伝播するとした時の最短距離をRとした。

$$f_1=C_p/(R/2) \quad , \quad f_2=C_p/R \quad , \quad f_3=C_p/2R \quad , \quad f_4=C_p/3R \quad \dots \quad (1)$$

実測した周波数スペクトルにおいて、式(1)で求められる理論的な共振周波数に一致する周波数スペクトルを抽出し、その振幅値を合計することにより各要素点からの弾性波の反射の影響を検出する。

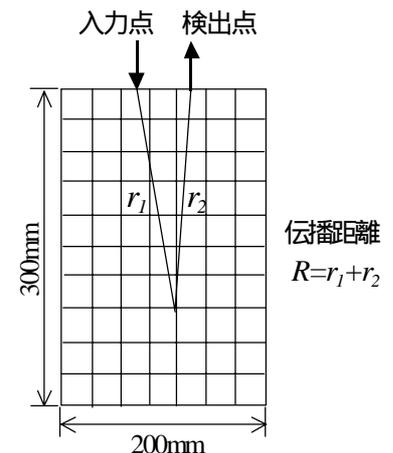


図 1 供試体の断面モデル

キーワード : インパクトエコー法, 弾性波, 周波数スペクトル, イメージング, 内部空隙

連絡先 : 〒770 8506 徳島県徳島市南常三島町2 1 徳島大学 TEL088 656 7320

#### 4. 結果と考察

本実験の代表的な例として、深さ 150mm の位置に存在する空隙上で、直径 9.5mm の鋼球を使用して落下試験を行って得られた周波数スペクトルを図 2 に示す。

埋設深さ 150mm の位置で理論的に空隙の影響を示す周波数スペクトルのピーク周波数（以下  $f_{void}$ ）を算出すると、 $f_{void} = 13200\text{Hz}$  となる。また、これより高周波数域での空隙の影響を示す周波数スペクトルのピーク周波数（以下  $f'_{void}$ ）は 26500Hz となる。ここで、本実験で計測した結果において  $f_{void}$  および  $f'_{void}$  周辺（図中(b)矢印参照）に突出したスペクトルピークが見られるが、その他にも多くのスペクトルピークが混在するため明瞭ではなく、この方法だけでは空隙の存在を明確に判断することは困難である。

次に上記の空隙深さ 150mm で得られた周波数スペクトルにイメージング手法を適用し、断面画像による空隙検出を試みた結果を図 3 に示す。図中で色が濃いほど、その位置での周波数スペクトルの振幅値の合計が大きいことを示しており、その要素からの反射の影響が強いことを意味する。また、図中の上側の矢印はインパクトによる弾性波の入力点および検出点を示す。

図 3 において、健全部と空隙が存在する断面を比較すると、深さ 150mm の位置に弾性波の反射の影響が確認できる。しかし、実際に空隙が存在する断面において、反射の影響は小さく、空隙を明確に評価していない。

そこで新しい条件として、理論上の共振周波数に一致する、実際に抽出する周波数スペクトルを  $f_{void}$  と  $f'_{void}$  のみに絞ってイメージングした図を図 4 に示す。この条件では図 3 と比較して、空隙が存在する断面の深さ 150mm の位置付近において、実際の空隙からと思われる強い反射の影響を確認することができた。

謝辞

本研究の一部は、(社)四国建設弘済会の「平成 12 年度建設事業の技術開発支援制度」による助成(助成番号 H12-02)により行われたものであり、ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Sansalone, M.J and Streett, W.B. : Impact-Echo, Bullbrier Press, Ithaca, N.Y., 1997
- 2) 渡辺 健, 渡海雅信, 小坂浩二, 大津政康: インパクトエコー法の画像処理に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 22, No. 1, pp391-396, 2000

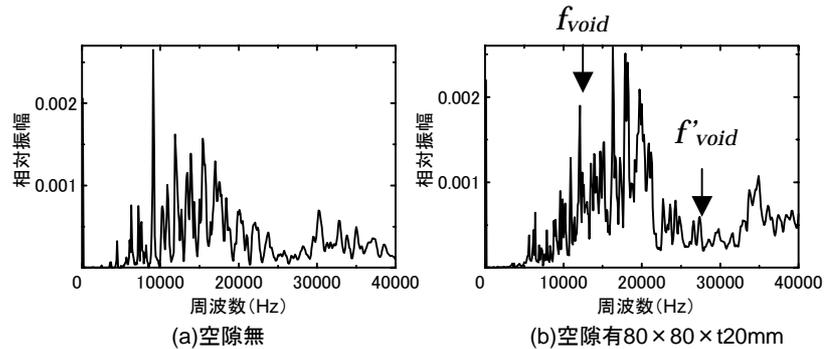


図 2 鋼球落下試験による計測波形の周波数スペクトル(深さ 150mm)

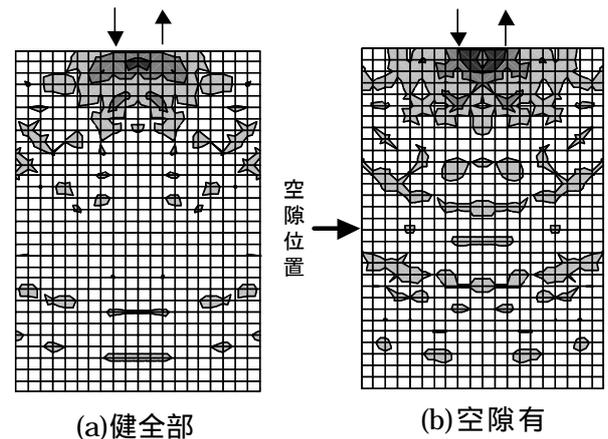


図 3 式(1)に基づくイメージング図

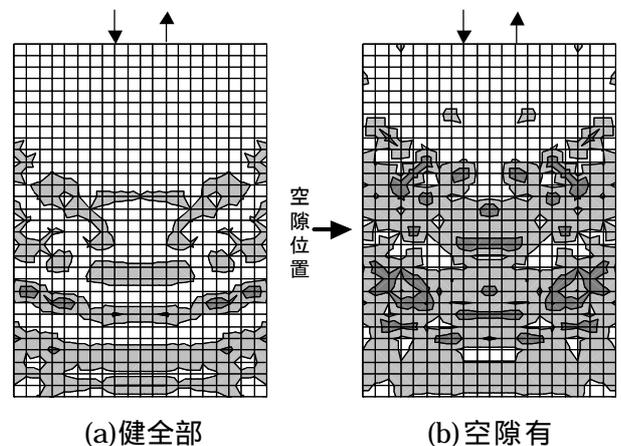


図 4  $f_{void}$  と  $f'_{void}$  のみによるイメージング図