

V-12 SIBIE による鉄筋コンクリート内部空隙の評価

徳島大学工学部 正会員 ○渡辺 健
徳島大学大学院 学生会員 森田貴史
徳島大学工学部 正会員 橋本親典
徳島大学工学部 正会員 石丸啓輔

1. はじめに

現在、インパクトエコー法¹⁾を利用し、コンクリートの内部欠陥を可視化する技術として SIBIE (Stack Imaging of spectral amplitude Based on Impact Echo) が開発されている²⁾。本研究では、SIBIE を利用して鉄筋コンクリート内部の空隙を視覚的に検出することを目的とし、新しい画像処理法について提案し、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 600×600×200mm の RC 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、鉄筋ピッチを 50mm および 100mm の 2 種類とした。図-1 に鉄筋ピッチ 100mm の供試体を示す。この供試体において、深さ 150mm の位置に埋設した空隙により生じる共振周波数は、式(1)より 12.6kHz, 25.2kHz となる。

$$f_{void}=0.96C_p/(2d) \quad f'_{void}=0.96C_p/d \quad (1)$$

ここで C_p : P 波の伝播速度(m/s), d : 空隙の深さ(m)

衝撃テストとして、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。鋼球の直径およびその衝撃力による上限周波数は表-1 に示す通りである。

3. スペクトルイメージングの原理

SIBIE による解析手順は次の通りである。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 200×200mm の断面のモデルとした。次に、各要素点からの弾性波の反射の共振周波数を式(2)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 とする。

$$f_1=C_p/(R/2) \quad , \quad f_2=C_p/R \quad \text{ここで } C_p : \text{P 波の伝播速度} \quad (2)$$

インパクトエコー法で得られた周波数スペクトルにおいて、式(2)で求められる理論的な共振周波数と一致する周波数より振幅値を抽出し、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し相対的に評価する。

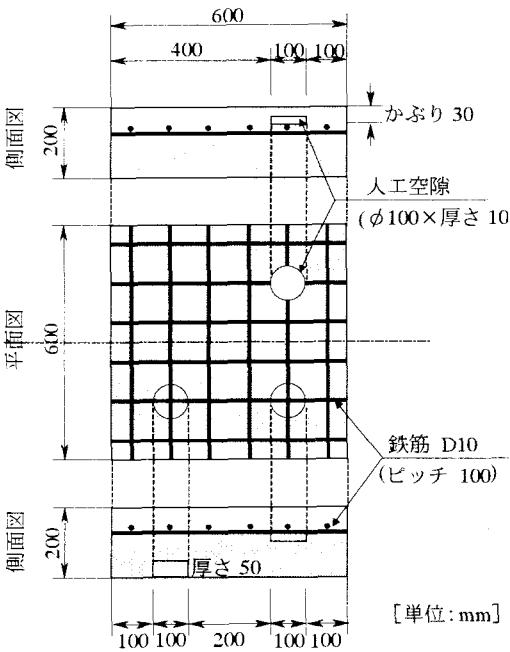


図-1 RC 供試体

表-1 鋼球の直径と上限周波数

鋼球の直径(mm)	5.5	9.5	19.0
衝撃力の上限周波数(kHz)	52.9	30.6	15.3

4. 結果と考察

本実験の代表的な例として、鉄筋ピッチ 100mm の供試体における深さ 150mm の位置に存在する空隙上で、直径 9.5mm の鋼球を使用した衝撃試験を行って得られた周波数スペクトルを用いた SIBIE による断面画像の結果を図-2 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衝撃力による弾性波の入力点および加速度計による波の検出点を示している。

図-2 において、健全部と空隙が存在する断面を比較すると、イメージング図に違いがあることが確認できる。しかし、空隙が存在する箇所以外にも反射の影響が見られ、空隙の位置を検出できているとは言い難い。

そこで、空隙を有する断面での SIBIE の結果を健全なコンクリート断面での結果により除する処理を行うこととした。これは、空隙を有する条件のみを検出する方法である。得られた断面画像を図-3 に示す。

図-3 の(a)は鉄筋ピッチ 100mm での結果である。図には直径 9.5mm の鋼球を使用した際の結果である。図には示していないが他の鋼球を使用した場合と比較して明確に空隙位置を評価できている。図-3 の(b)は鉄筋ピッチ 50mm の供試体、鋼球直径 19.0mm での結果である。空隙位置付近に反射の強い影響が見られ、空隙位置を検出することができた。鋼球の直径

が 19.0mm 以外では空隙の検出が難しかった。以上の結果より、鉄筋コンクリート構造物での評価においては鉄筋がその評価に影響を及ぼすことが明らかとなった。また、その検出には衝撃力の上限周波数が空隙により発生する共振周波数を含むだけでなく、適切な衝撃力の選定が必要である可能性が分かった。

5. 結論

SIBIE により、鉄筋コンクリート内部の空隙を画像化して検出することが可能である。

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

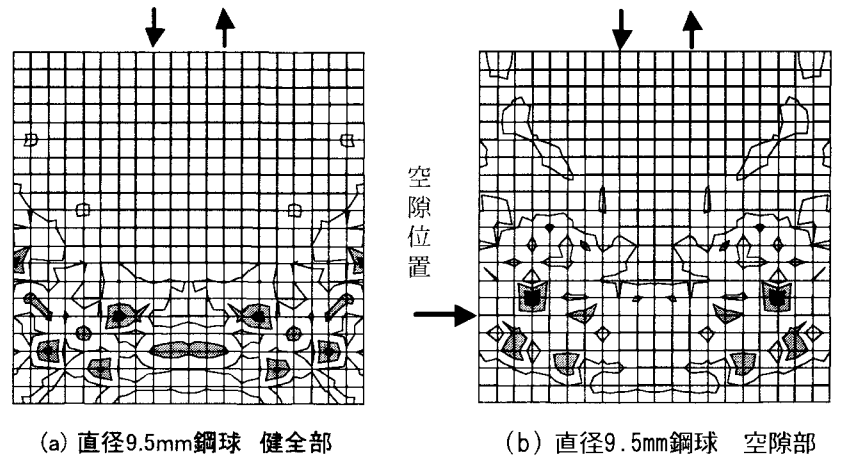


図-2 SIBIE による健全部と空隙部での断面画像

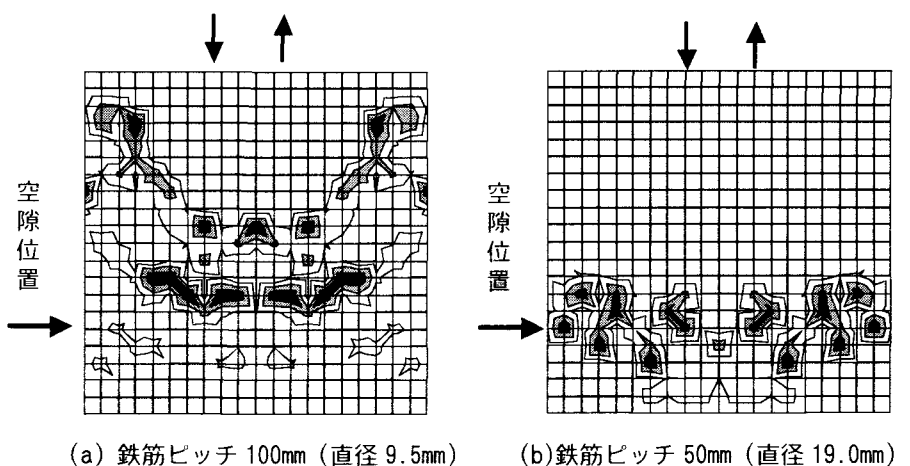


図-3 除算処理後の空隙部での断面画像