

V-4 インパクトエコー法における鉄筋の影響に関する考察

徳島大学工学部 学生員 ○久堀貴史
 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
 徳島大学工学部 正会員 石丸啓輔

1. はじめに

現在、既存コンクリート構造物の健全性の評価が広く求められ、その評価手法として多くの非破壊検査が開発されている。インパクトエコー法¹⁾は弾性波を利用した非破壊検査のひとつであり、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。鉄筋コンクリート構造物への適用に際しては、鉄筋位置を避けて計測することが一般である。しかし、鉄筋の影響に関して不明な点があることや、近年の鉄筋コンクリート構造物での配筋が密になる傾向を考えると、鉄筋の影響を評価しておくことは重要といえる。そこで本研究では、インパクトエコー法を適用する際の鉄筋の影響について実験的に評価・検討した。

2. 実験概要

本実験では、インパクトエコー法による鉄筋コンクリート内部の空隙探査を行うために、図-1 に示すような $600 \times 600 \times 290\text{mm}$ の鉄筋コンクリート供試体を作製した。供試体は、D10 の鉄筋を鉄筋間隔 50mm, 100mm と配筋した 2 種類を作製した。また、図-1 に示すように、供試体内部にスチロール材によって模擬した空隙を、鉄筋上部、鉄筋下部および深さ 150mm の位置に配置した。実験では、供試体上部に、鋼球の自由落下により弾性波を入力し、同じ上部に設置した加速度センサーにより弾性波を検出し、それを FFT 処理することにより、必要な周波数スペクトルを得た。計測は、入力と出力の位置を、鉄筋上に配置または鉄筋を避ける配置と組み合わせを変えて計測を行い、得られた周波数スペクトルを比較した。用いた鋼球の直径は、19mm, 9.5mm, 5.5mm である。計測パターンを図-2 に示す。さらに、SIBIE(Stack Imaging of spectral amplitudes Based on Impact Echo)²⁾を適用し、断面画像として視覚的に内部空隙を検出を試み、鉄筋の影響について検討した。ここではスペースの都合上、SIBIE の原理についての記述は省略する。

3. インパクトエコー法

インパクトエコー法は、コンクリート部材表面に衝撃的な外力を与えることにより弾性波を与え、内部空隙や部材の端部などから反射された弾性波により生じる共振周波数を周波数スペクトル中のピーク周波数としてとらえて評価する手法である。内部に空隙や鉄筋を有する部材では、板厚によるピーク周波数 f_T 、供試体内部空隙での反射によるピーク周波数 f_{void} 、鉄筋によるピーク周波数 f_{steel} が出現すると考えられている。式(1)~(4)にそれらの算定式を示す。こ

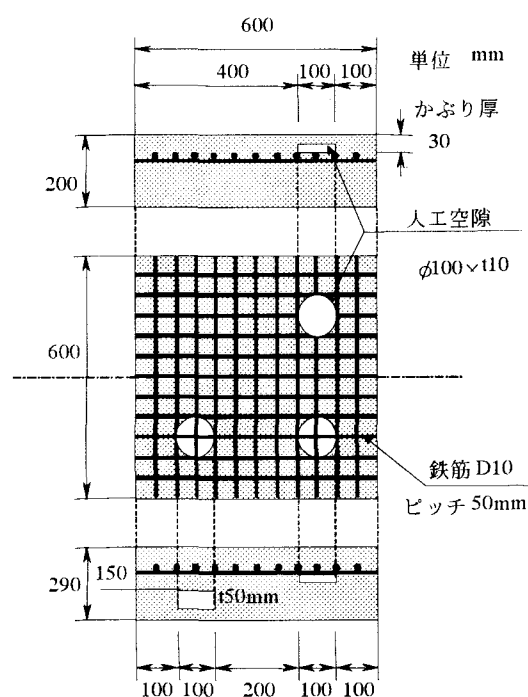


図-1 供試体 (ピッチ 50mm)

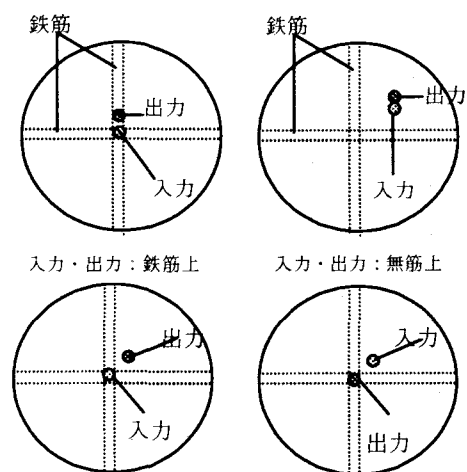


図-2 計測パターン

で、板厚を $T(m)$ 、空隙深さを $d(m)$ 、鉄筋径を $D(m)$ 、P 波の伝播速度を $C_p(m/s)$ とする。式(4)による式(3)中の係数 ξ は、経験的に得られている係数である。

$$f_T = 0.96 \frac{C_p}{2T} \quad (1), \quad f_{void} = 0.96 \frac{C_p}{2d} \quad (2), \quad f_{bar} = \frac{\xi C_p}{4d} \quad (3), \quad \xi = \frac{-0.6D}{t} + 1.5 \quad (4)$$

4. 結果と考察

4. 1 スペクトル比較

直径 9.5mm の鋼球を用い、空隙深さ 150mm の計測において、入力・出力ともに鉄筋を避けて計測した周波数スペクトルを図-3 に示す。また、入力・出力ともに鉄筋上で計測した周波数スペクトルを図-4 に示す。ここで、式(1)、(2)で求めた値は、 $f_T=8.1\text{kHz}$ 、 $f_{void}=16.3\text{kHz}$ であり、図中に矢印で示す。また、式(3)、(4)より $f_{steel}=39.8\text{kHz}$ である。図-3 および図-4 を比較すると、図-4 において、空隙よるピーク周

波数 f_{void} が相対的に減少し、若干のずれが見られた。またその現象は、配筋のピッチが 50mm で顕著である。これは、鉄筋により弾性波の伝播経路が乱されたためであると考えられる。 f_{steel} についてはピーク周波数として図中に明確に検出されていない。これは、衝撃力の上限周波数が f_{steel} を検出するのには十分でないためである。以上のことより、鉄筋コンクリート部材にインパクトエコー法を適用する場合、鉄筋上では周波数スペクトルが乱され、内部欠陥の検出が困難になる可能性が示された。インパクトエコー法を鉄筋が密に設置された部材やはり柱接合部等へ適用する際には、注意が必要であると考えられる。

4. 2 SIBIE における鉄筋の影響

図-3 に示すような入力・出力ともに鉄筋を避けて計測した周波数スペクトルに SIBIE を適用して得られた断面画像を図-5 示す。断面は $300 \times 200\text{mm}$ の大きさの断面を画像化したもので、図中の白い四角形は深さ 150mm の空隙を示す。図中の色の濃い箇所が欠陥の位置を意味している。図-5 では、空隙付近に色の濃い部分が出現し、空隙が SIBIE により検出されていることがわかる。スペース上省略しているが、図-4 に示した入力・出力ともに鉄筋上で計測した周波数スペクトルに SIBIE を適用した場合、ピーク周波数のずれに影響されて空隙がきちんと示されない場合があり、鉄筋による悪影響が SIBIE による結果でも示された。

5. 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

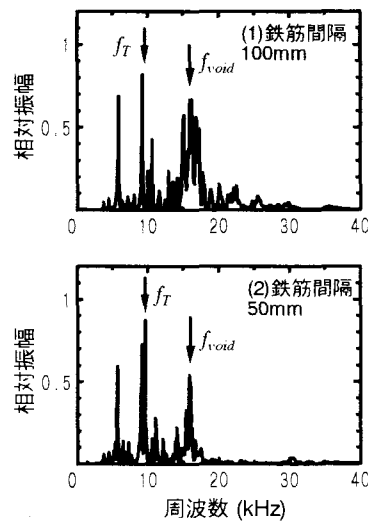


図-3 空隙深さ 150mm で鉄筋を避けた計測による周波数スペクトル

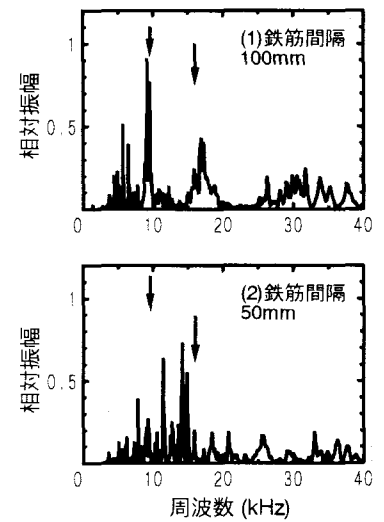
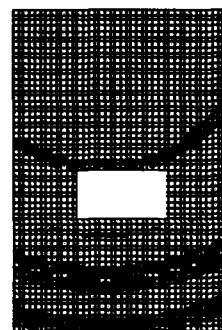
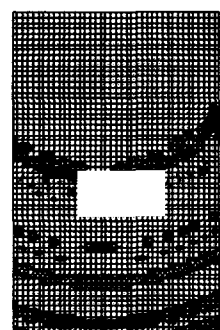


図-4 空隙深さ 150mm で鉄筋上の計測による周波数スペクトル



(1)鉄筋間隔 50mm



(2)鉄筋間隔 100mm

図-5 SIBIE による断面画像