

SIBIEによるコンクリートひび割れ欠陥の検出性能に関する考察

○熊本大学 学員 高木 耕一 富士ピーエス(株) 三原 真一

熊本大学 学員 Ninel Ata 熊本大学 正員 大津 政康

1. はじめに

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において得られる周波数スペクトルより、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 (Stack Imaging of spectral amplitudes Based on the Impact Echo)¹⁾ 法を研究中である。

本研究では SIBIE をコンクリートの表面ひび割れ深さ評価に適用し、ひび割れを有するコンクリート供試体について水の存在、グラウト充填などの影響を検討した。

2. SIBIE 法

周波数スペクトルのピーク周波数は、理論的には図-1 のイメージ図で示すように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 SIBIE という画像処理法を考案している。手順は、まず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。その際、弾性波は入力点、出力点といった伝播経路を通るが、その最短伝播経路を R とすると式(1)で表される。

$$R=r_1+r_2 \quad (1)$$

解析対象中を伝わる P 波の速度を C_p とすると共振周波数は、以下のようになると考えられる。

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

実測し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回折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。これまでの研究により、合計の対象となる周波数を上記から f_1 と f_2 を選んだ場合に最適な結果が得られることが認められている。そこで、 f_1 の振幅を分解して、

$$f_{11}=C_p/r_1, f_{12}=C_p/r_2 \quad (3)$$

と 2 つとして合計する周波数は f_{11}, f_{12}, f_2 の 3 つにした。さらに解析対象の周波数スペクトルの上限を 100kHz とし、下限は板厚 T による反射の $f'_1=C_p/T$ とした。

3. 実験概要

実験に用いた供試体は 400mm×250mm×150mm の直方体で供試体表面に幅 1mm 深さ $d=50\text{mm}$ のひび割れ部分を有するものと、250mm×250mm×250mm の立方体で供試体表面に幅 1mm 深さ $d=70\text{mm}$ のひび割れを有するものである。計測に際しては両供試体ともにひび割れから 50mm ずつ離れた位置に AE センサ (R6) (共振周波数 50~60kHz) を発振子、受振子として取り付け計測した。また、供試体中の P 波の伝播速度 C_p を透過法により SIBIE 実験時に測定したところ、ひび割れ深さ $d=50\text{mm}$ の供試体では $C_p=3861\text{m/s}$ 、 $d=70\text{mm}$ の供試体では $C_p=4157\text{m/s}$ であった。発振子に 60kHz のパルスを入力し、計測波形のデータ処理は、センサより検出した弾性波をサンプリングタイム Δt を $4\mu\text{sec}$ としてパーソナルコンピュータに記録し、それを高速フーリエ変換 (FFT) 処理することによりスペクトルを求めた。なお標準コンクリート供試体を用いた材令 28 日の力学的特性を表-1 に示す。

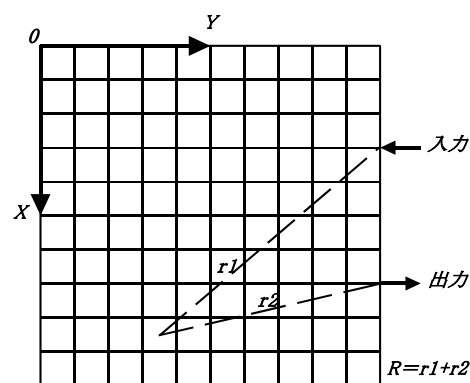


図-1 イメージング図

キーワード：インパクトエコー法 SIBIE 透過法 ピーク周波数

〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号

4. 実験結果および考察

それぞれの供試体について実験を行い得られた周波数スペクトルを元に SIBIE を行った結果を下図に示す。図-2 は、0 ひび割れ深さ 70mm の供試体での結果である。図-3 には同供試体においてひび割れ箇所を水でひび割れ深さの半分にくるところまで注入して計測した結果を示す。図-4 は欠陥部 $d=50\text{mm}$ での SIBIE の有効性を確認後に、上半分 $d=25\text{mm}$ までをセメントペーストで充填して深さ 25mm の部分に未充填部分を設けて計測した結果である。図中の白線は供試体のひび割れ位置と深さを、図-3 での欠陥部の色つき部分は水を含んでいることを、図-4 での欠陥部分での色つき部分は上部をセメントペーストで充填していることを表す。また矢印はインパクトの入力点・出力点を表す。まず図-2 においてひび割れ深さ $d=70\text{mm}$ を表す白線部分の先端付近において強い反射を検出することができており、ひび割れ深さを明確に検出している様子が見て取れる。図-3 では、従来ひび割れ欠陥部の評価において影響が懸念されている欠陥部の含水状態²⁾においても図-2 同様、欠陥部の先端に強い反射を検出することが出来ている。図-4 では、未充填部の部分に強い反射を検出することが出来ている。

表-1 コンクリートの力学的特性

圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
32.8	26.2	0.23

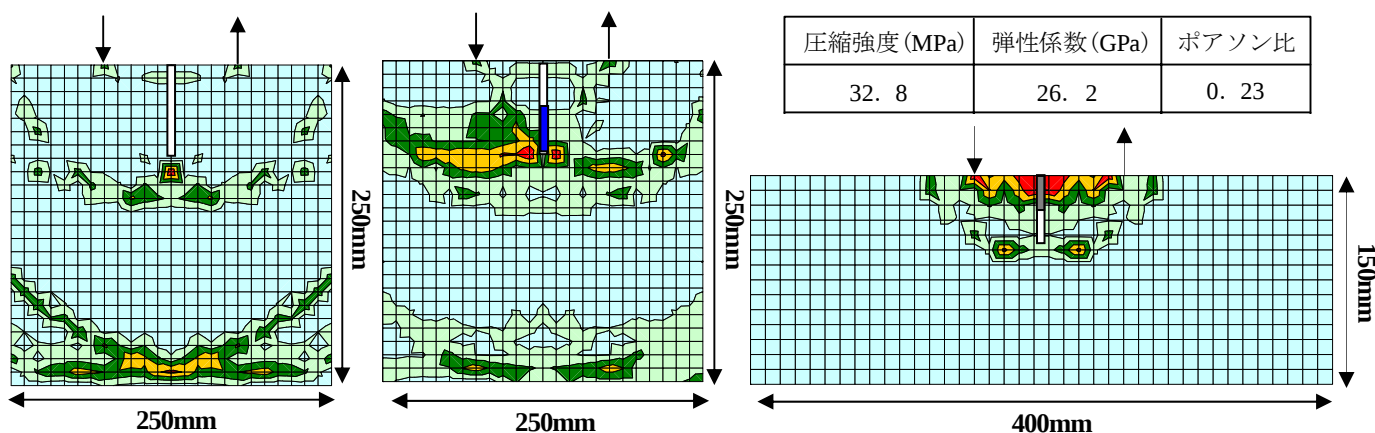
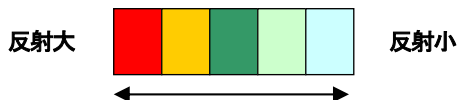


図-2 $d=70\text{mm}$

図-3 ひび割れ部に水が存在

図-4 $d=50\text{mm}$ (セメントペースト注入)



5. まとめ

本研究ではひび割れ欠陥部を有するモデル供試体についてインパクトエコー法を用いて調査断面を画像化する SIBIE 法のひび割れ深さ評価性能について検討した。実験より得られた結果を以下に示す。

- 1) ひび割れ欠陥の同定に際して SIBIE 法を用いることにより、ひび割れ部先端に強い反射源を確認することが出来、SIBIE は表面ひび割れ欠陥部の深さを同定できる可能性が示された。
- 2) ひび割れ中に水が存在する場合、実際のひび割れ深さより過小評価する可能性が指摘されているが、SIBIE では欠陥中の水の有無に関わらずその深さを同定できることが認められた。
- 3) SIBIE は表面ひび割れ補修時に注入剤を用いた場合の充填度評価に有用であることが示された。

6. 参考文献

- 1) 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書, 2000
- 2) 社団法人日本建材産業協会:コンクリートの非破壊検査法, 2003