

# 多点入力方式によるコンクリート内部欠陥測定に対する 解析的検討

東北学院大学工学部環境建設工学科 学生会員 ○佐藤誠拓  
東北学院大学工学部環境建設工学科 正会員 李相勳

## 1. はじめに

コンクリートを対象に部材の寸法や内部の欠陥を検出する手法として衝撃弾性波法が幅広く使われている。この手法を応用し、測定結果を画像化する方法としてSIBIE法<sup>1)</sup>が提案されている。衝撃より得られた弾性波をフーリエ変換し、求めたスペクトルの周波数とその振幅を入出力点と反射点との距離と等高線の高さに変換することで画像化する方法は、可視化の観点からは有効であるが、その結果は本質的に一次元でありまた測定の環境や測定者の熟練度に左右されるという限界がある。

本研究では、SIBIE法の問題点を改善し、確実に欠陥を画像化する方法を提案する。まず画像を2次元化するために入力点を一点から多点にする方式を採用するとともに、受振子が一方方向であることを考慮するため入射角の概念を取り入れた。またフーリエスペクトルを平滑化することで、解析メッシュによって画像化の質が大きく変わることを改善を試みる。有限要素法による動的解析を用いて、内部に擬似欠陥を設けたモデルに対し衝撃弾性波法による測定を行い、その結果について提案の画像化手法を適用し、その有効性について報告する。

## 2. 検証解析

本研究で用いる有限要素動的解析プログラムの衝撃弾性波法への適用性を調べるために検証解析を行った。

解析時間短縮のため図1のように平面ひずみ要素として解析を行う。解析モデル(図2)には拘束条件が固定である最下端と対象物を想定する本体モデルの間に、剛性 $\approx 0$ である仮想の層を設けることで下面の自由面を表現した。解析条件は、密度 $2.3 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ 、ヤング係数 $2.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ 、ポアソン比0.20、時間間隔 $2.0 \mu\text{s}$ とした。要素の大きさは一律 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ である。測定方向の両端が自由の場合は、その区間の長さの半波長の整数倍に該当する周波数成分が共振式(1)の関係式が成立する。

$$f = \frac{V}{2L} \quad (1)$$

ここに、 $f$ : 共振周波数,  $V$ : 伝播速度,  $L$ : 棒の長さ

図3に示すベル型の衝撃波による解析結果を図4に示す。解析条件を式(1)に代入し求めた値の付近に周波数が卓越していることが分かる。

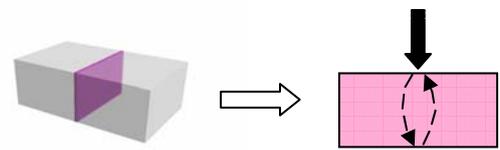


図1 解析概要

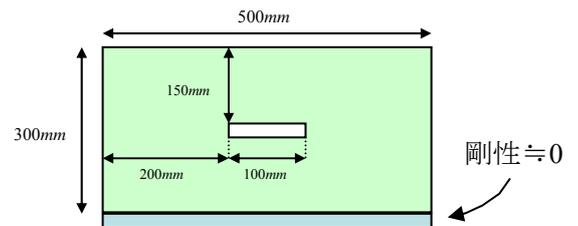


図2 解析モデル

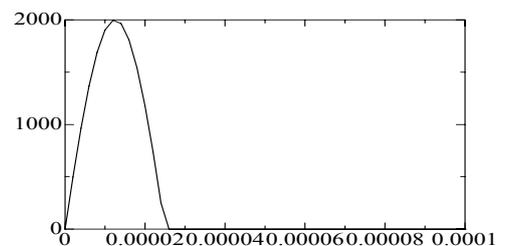


図3 入力衝撃波

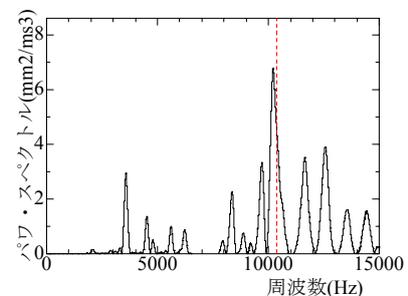


図4 モデル上面中心部のスペクトル  
(修正グラフ)

キーワード: インパクトエコー法 SIBIE法 フーリエスペクトル 多点入力方式

〒985-8537 宮城県多賀城市中央1丁目13番1号 022-368-1116

### 3. 多点入力方式による画像化

この方法は、測定方向の直角に一定間隔で入出力点を設け、各点での画像化データを合計することで、測定の2次元化を図る手法である。すなわち欠陥の有無による画像の違いからその位置が判定できる。さらに受振子が一方向性であることを考慮した入射角の概念や画像化精度のばらつきを最小化したフーリエスペクトルの平滑化を取り入れ、確実に欠陥を画像化することが可能となった。図5に各点における画像化を、図9.Dに合計データを示す。

### 4. 画像化対象の試験体

多点入力方式による画像化を、図6に示す共試験体に対し空洞の有無の2ケースについて行った。空洞が無い場合の測定に対する画像化の結果を図7に、空洞がある場合の結果を図8に示す。

図7と図8の比較から、空洞の位置が確実に捉えていることが分かる。図7の側面部の「みだれ」は、波動の側面反射による干渉現象によるものと考えられる。次にその影響について述べる。

### 5. 側面反射の影響

側面反射の影響を検討するために、縦横比の小さいモデルに対して解析を行った。モデル寸法は500x300であり、図9に画像化の結果を示す。Aは空洞無し、B、C、Dはそれぞれ100mm、150mm、250mmの深さに空洞があるモデルに対する結果である。空洞幅はすべて100mmである。

C、Dについては幾分空洞の位置が捉えているようにも見えるが、A、Bについては空洞の有無が判断できかねない状況である。このことは測定方法に比べて幅の小さい部材に対しては、側面反射の影響のため、有効な測定ができないことを示しており、注意が必要であると考えられる。

### 6. 結論

- ・入射角やスペクトルの平滑化を取り入れた多点入力方式により、衝撃弾性波法による測定の画像化を2次元化することで確実に欠陥を捉えることが確認できた。
- ・測定寸法に比べて幅の小さい部材に対しては側面反射の影響のため、有効な測定ができない場合がある。

### 参考文献

- 1) M.Ohtsu,T.Watanabe: Stack imaging of spectral amplitudes based on impact-echo for flaw detection, NDT&E International 35 P189~196 (2002)

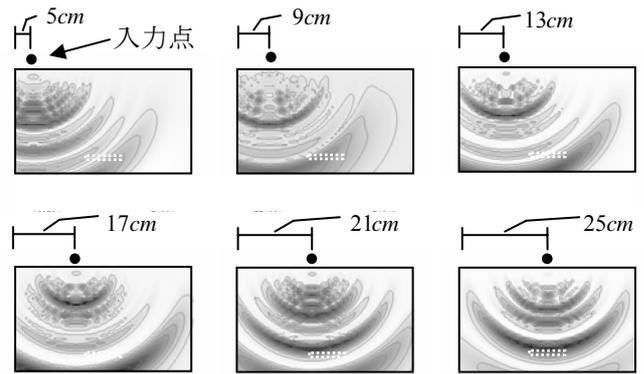


図5 各入力点における画像化

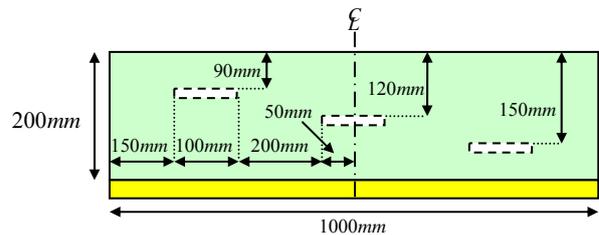


図6 解析モデル

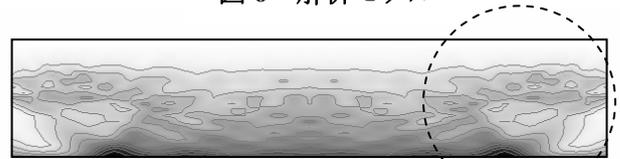


図7 空洞無しの画像

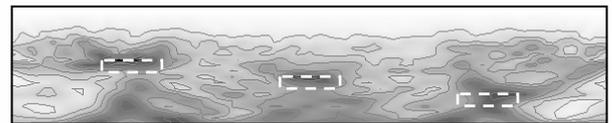


図8 空洞有りの画像

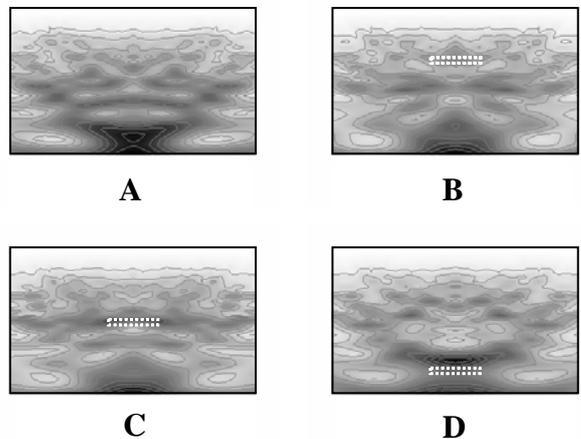


図9 側面反射の影響