## 1. はじめに

コンクリート内部の空隙等を探査する手法として, 衝撃弾性波法がある.これは、非破壊検査の一つであ り、コンクリート表面に衝撃を与えてコンクリート内 部を伝播する弾性波の反射等を分析して、空隙の位置 を特定するものである.この際に、空隙の深さやその 形が弾性波の反射に何らかの影響を与えることは明ら かであり、実験などでそれを究明し判断基準を定める ことは非常に重要な課題である.しかし、実験により コンクリートの空隙の大きさや位置を特定するには, コンクリート表面の状態,インパクト点と反射波の測 定点との違い、インパクトの大きさや方向を一定に保 つことなどが測定精度のカギとなる.また、実際のコ ンクリート構造物中の空隙は形や大きさがさまざまで あり、これら形態の影響を実験的に究明するには相当 な製作技術や費用,時間のかかるものである.このよ うな実験上の難点を解決する一つの方法として動的解 析を衝撃弾性波法に適用することが挙げられる.

本研究では、有限要素法構造解析プログラムをコン クリート構造物の欠陥を探査する衝撃弾性波法の解析 に適用することを試みた.メッシュの大きさや解析の 時間刻みなどに注意しながら、棒やスラブなどのコン クリート部材のモデルを作成し衝撃解析を行った.そ の結果に衝撃弾性波法を適用し分析することで、欠陥 の大きさや位置を特定できるかを検討した.

#### 2. 検証解析

本研究で使用す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.

# 2.1 棒部材

まず,棒部材を使った簡単な解析を行った.ここで は棒の方端を固定した場合と,方端に剛性≒0の材料を

東北学院大学工学部	学生会員	○関川	知秀
東北学院大学工学部	正会員	李	相勲
東北学院大学工学部	正会員	中沢	正利

介することで自由にさせた場合における検証を行った. モデルの大きさは 0.2m×0.2m×3.0m である(図 1). 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の共振し式(1)の関係式が成立する.一方,片端を固定した場合では打撃 により発生した弾性波(P波)が固定面で同位相で反射 するので式(2)のようになる.

$$f = \frac{V}{2L} \tag{1}$$

$$f = \frac{V}{4L} \tag{2}$$

ここに, *f*: 共振周波数, *V*: 伝播速度, *L*: 棒の長さ 検証結果は図(2)に示す. 両方とも理論値どおりの周 波数が卓越していることが分かる.

### 2.2 スラブ部材

使用プログラムは三次元解析ができるが,解析時間 短縮のため図 3 のように平面ひずみ要素として解析を 行う.解析条件は,密度  $2.3 \times 10^{-6}$  kg/mm<sup>3</sup>,ヤング係 数  $2.2 \times 10^{4}$  N/mm<sup>2</sup>,ポアソン比 0.20,減衰定数  $5.0 \times 10^{-7}$ ,時間間隔  $2.0 \mu s$  とした.

衝撃弾性波法に適用するための解析の精度は、減衰



キーワード 衝撃弾性波法 内部欠陥 共振周波数

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1 東北学院大学工学部環境建設工学科 TEL(022)368-7213

定数,時間間隔,要素分割などに影響される.また, 要素の分割はその数が多いほど解析の精度はよくなる が,そのかわりに解析時間も長くなる.予備解析によ る経験をもとに本研究では1要素 10mm×10mm×10mm 程度として解析する.また,衝撃波は図4に示したベ ル型の波形を使用する.例としてモデルの大きさ 500mm×200mm×10mmに対する,測定方法200mmの衝 撃弾性波法による打撃点のフーリエスペクトルを図5 に示す.解析結果として打撃点である頂部の応答には, モデル高さを表す周波数のほかに曲げ振動や,表面波 の周波数成分も検出される.測定寸法200mmを表す共 振周波数(破線)付近のみならず,曲げ振動(矢印上)や表 面波(矢印下)を表す共振周波数も卓越している.

#### 3. 空洞幅による影響

空洞の幅が測定に与える影響を調べるために、3 つの 異なる空洞幅を設定し、解析を行った.モデルの大き さは 1000mm x 300mm x 10mm とし、1/2 モデルを用 いた.空洞幅は 100mm、200mm、300mm の 3 ケース とし、その深さは 150mm とした(図 6).解析条件は、 スラブ部材と同様である.

空洞幅の3ケースに対する解析結果を図7に示す. 空洞幅が100mmの場合では空洞の深さ150mmを表す 周波数(破線表記)よりモデルの高さ300mmを表す周波 数(矢印表記)がもっと卓越していることが分かる.一方, 空洞幅が300mmの場合ではモデルの高さを表す周波 数より空洞の深さを表す周波数のほうが卓越している. これは,空洞の大きさ(幅)が小さい場合は第1ピークと して空洞の位置(深さ)が測定できないことを表してい る.

# 4. まとめ

本研究を通して以下の知見を得た.

- 本研究で用いたプログラムによる動的解析は、構造 物の寸法を測定するための衝撃弾性波法の適用が 可能である。
- 空洞幅が小さい場合は、空洞の深さが第1ピークとして測定できない。

また,空洞深さによる影響を比較した解析結果については発表時に述べることとする.

参考文献

 土木学会:コンクリート技術シリーズ No.61 弾性 波によるコンクリートの非破壊検査に関する委員 会報告およびシンポジウム論文集, 2004.8

