

コンクリートの内部探査 2

衝撃弾性波法による空洞探査における空洞深さ及び断面積の適用範囲の検討

Disputation of range of cavity depth in hollow survey by impact elastic wave method and cross section

○首藤 浩一	伊藤建設(株)	極檀 邦夫	東海大学
Kouichi Shutou	Ito Construction	Kunio Gokudan	Tokai Univ.
岩野 聡史	伊藤建設(株)	境 友昭	アプライド・リサーチ(株)
Satoshi Iwano	Ito Construction	Tomoaki Sakai	Applied Research

概要

衝撃弾性波法では、鋼球でコンクリート表面を打撃し、内部を半球状に伝搬する縦弾性波が、内部空洞とコンクリート表面間で多重反射することから内部空洞を探査する方法がある。縦弾性波は半球状に伝搬するため、空洞の深さが深く、断面積が小さい場合には、空洞探査は困難になると予想される。そこで検出限界を把握するため、空洞深さ及び断面積を変化させて動的 FEM 解析を行い、本法の適用範囲を検討した。その結果、空洞深さと断面積の関連性が得られたので報告する。

キーワード：衝撃弾性波法、空洞探査、動的 FEM 解析、シミュレーション

1. はじめに

衝撃弾性波法による空洞探査には、鋼球打撃により発生した縦弾性波の入力面と内部空洞での多重反射により、空洞深さを求める方法がある。しかし、縦弾性波は入力点より半球状に伝搬していくため、空洞深さが深く、断面積が小さい場合には探査が難しくなると予想される。そこで検出限界を把握するために、空洞深さおよび断面積を変化させ、動的 FEM 解析を行い、測定シミュレーションにより本法の適用範囲を検討した。

2. 解析方法

今回、解析で用いたモデルの概要を図 1 に示す。このモデルは幅 1000mm、高さ 500mm、奥行き 40mm とし、2次元として考えた。コンクリートのヤング率は  $3.6 \times 10^9 \text{N/m}^2$ 、ポアソン比は 0.20、質量密度は  $2400 \text{kg/m}^3$  とした。モデル空洞は厚さ 20mm で、モデルの横位置中心に配置し、幅は 50mm から 50mm 間隔で 400mm まで、深さは 50mm から 50mm 間隔で 400mm まで変化させた。衝撃荷重は 1N とし、空洞中心に一回、 $100 \mu \text{sec}$  の半波正弦波を入力する。出力は加重点近傍の加速度とした。なお、このモデルの弾性波速度  $V_p$  はヤング率  $E$ 、ポアソン比  $\nu$ 、質量密度  $\rho$  の関係式(式 1)より約  $4000 \text{m/s}$  となる。

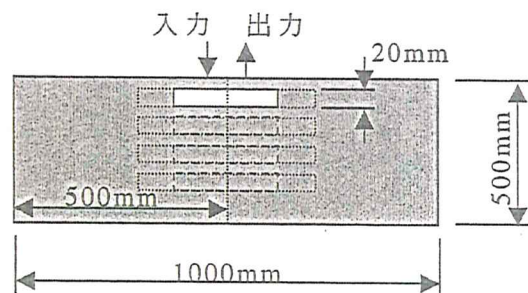


図 1 解析モデル概要

$$V_p = \frac{\sqrt{E(1-\nu)}}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)} \dots \dots \text{式 (1)}$$

### 3. シミュレーション結果

#### 3.1 振動数解析結果

シミュレーションで得た空洞深さ 50,400mm の結果を図 2 に示す。空洞深さ 50mm では、空洞幅 50,100mm に 4kHz 付近の卓越した振動数が見られる。これは、厚さ 500mm での多重反射による振動数成分に相当することから、底面で多重反射した縦弾性波が測定されており、空洞による影響はみられなかった。空洞幅 150~400mm では、3kHz 以下の曲げ振動による低い振動数が測定された。振動数は、幅が広くなるのに従って低く変化する。これから曲げ振動による振動数成分は空洞の断面積により変化されるものと考えられる。空洞深さ 400mm では、幅 50,100mm では、深さ 50mm と同様に空洞による影響はみられなかった。幅 150~400mm では 5kHz 付近が卓越した。これは深さ 400mm での多重反射による振動数に相当することから空洞表面での多重反射によるものであり、これから空洞までの深さ測定が可能となる。また、空洞深さ 400mm では全ての幅で曲げ振動を示す 3kHz 付近の低い振動数が測定された。これは空洞深さ 400mm ではモデルの底面から空洞までが 80mm となる。このことからモデル底面と空洞モデルの間で発生した曲げ振動と考えられる。

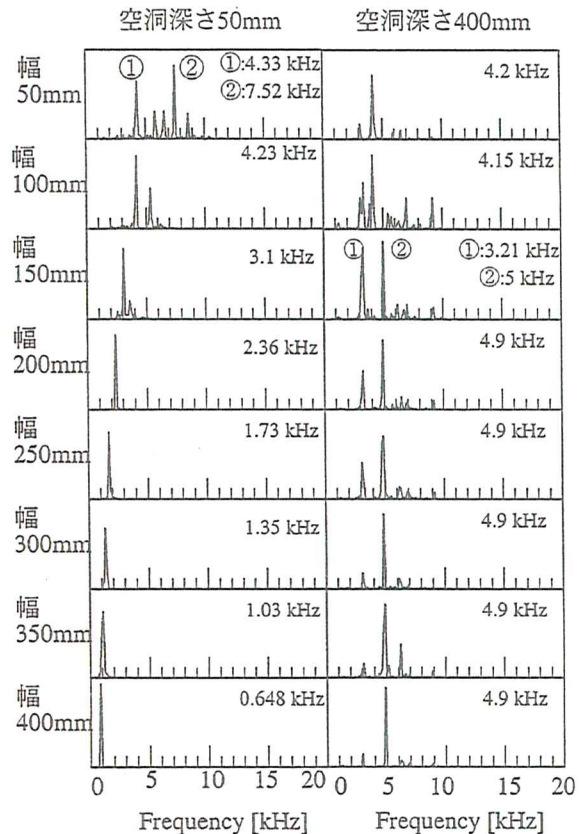


図 2 欠陥深さ 50, 400mm 振動数解析結果

#### 3.2 空洞探査の適用範囲の検討

以上のシミュレーション結果から空洞探査の適用範囲を検討した結果を表 1 に示す。各振動数解析結果を凡例に示す内容で表した。空洞幅 50mm では全深さにおいて、空洞による影響がみられない結果だったが、それ以外の場合では、空洞による影響がみられる結果であった。空洞深さ 50mm~150mm は空洞幅

表 1 振動数解析結果の変化

幅 \ 深さ	50	100	150	200	250	300	350	400
50	×	×	○	○	○	○	○	○
100	×	○	○	○	○	○	○	○
150	×	○	○	○	○	○	○	○
200	×	○	○	◎	◎	◎	◎	◎
250	×	○	○	○	◎	◎	◎	◎
300	×	○	○	◎	◎	◎	◎	◎
350	×	○	○	◎	◎	◎	◎	◎
400	×	×	○	◎	◎	◎	◎	◎

◎:空洞深さ ○:曲げ振動 ×:健全と同じ

が大きくなると、曲げ振動成分が主となっている。空洞深さ 200mm~400mm の幅 200mm~400mm については、空洞で多重反射する振動数が測定された。これから、空洞幅が深さ以上であれば、空洞の深さ測定が可能であるといえる。

#### 4. まとめ

衝撃弾性波法による空洞探査において、動的 FEM 解析から空洞探査の適用範囲を検討した。幅 50mm 以上では空洞深さが浅い場合、空洞までの深さは測定できないが曲げ振動により空洞の有無は探査可能である。また、空洞深さ 200mm より深い場合、深さと同じ幅があれば、空洞深さが測定可能といえる。