

共鳴振動試験によるコンクリート内部の空隙の検出

東北大学大学院 学生会員 ○齊木 佑介
 静岡県 平岡 拓朗

東北大学大学院 正会員 内藤 英樹
 東北大学大学院 フェロー 鈴木 基行

1. はじめに

コンクリート床版の土砂化など、コンクリート部材の内部に存在する損傷に対して、衝撃弾性波法や超音波法による非破壊検査法が提案されている¹⁾。しかし、これらの手法は、検査域が小さいため大規模構造物では測定点が膨大になる。

これに対して著者ら²⁾は、共鳴振動法に基づくコンクリート部材の健全度評価を検討している。提案手法は、振動系の1次固有振動数(部材厚さ方向の縦振動)を指標としてコンクリート内部の損傷の有無を判断するものであり、ひび割れ性状などの情報は得られないが、より広域を対象とした簡便な手法によって部材や構造物の中での最劣化箇所などが特定できれば、構造物の維持管理に貢献できると考えている。そこで、本研究では基礎的検討として、コンクリート内部に空隙を導入した供試体を作製し、損傷パターンと共鳴振動数の関係を整理する。

2. 共鳴振動試験

(1) 供試体諸元

供試体諸元および供試体概略図をそれぞれ表-1および図-1に示す。供試体はコンクリート床版を切り出したものを想定して、部材厚さ250mmとし、事前に解析的検討によって縦振動と他の振動モードが近接しないように、断面幅と断面高さをいずれも150mmに設定した。内部空隙は、厚さ10mmの発泡スチロール板をコンクリート打設時に型枠内に埋め込むことによって導入した。内部空隙の面積は、(空隙面積)/(供試体の断面積)を空隙率と定義して表-1のように与えた。健全供試体に対して、4つの損傷パターンを検討する。損傷パターンのイメージを図-1に示した。

(2) 試験方法

共鳴振動試験の状況を写真-1に示す。振動テーブルに錘(1.8kg)を固定した起振機を供試体の上に設置し、錘を鉛直方向に振動させる。起振機下面に貼付した鋼板を介して、起振機本体に発生する振動を供試体上面から伝達させた。供試体上面に接している鋼板の先端には、制御加速度ピックアップを貼付し、入力加速度が一定になるように小型起振機の出力を制御した。このとき、供試体表面に計測用加速度ピックアップを貼付し、供試体の共振曲線を得る。

(3) 実験結果

健全供試体の共振曲線を図-2に示す。健全供試体では7389Hzに応答加速度のピークが見られ、位相が-90°と対応した。これば別途算定した理論値とも精度良く合致している。

表-1 供試体諸元

供試体名	損傷の位置	損傷率 (%)
A0	なし	(健全)
A13	Type A	13
A28		28
A54		54
A64		64
B13	Type B	13
B28		28
B54		54
C	Type C	13%×4箇所
D	Type D	54%×2箇所

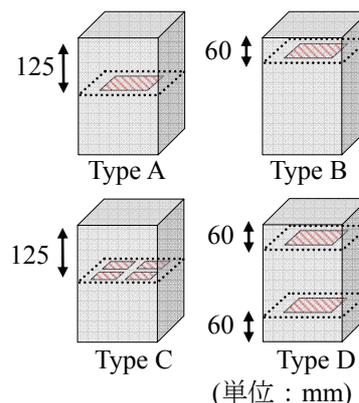


図-1 供試体概略図



写真-1 共鳴振動試験

Key Words : 非破壊検査, 共鳴振動試験, 縦振動

連絡先 : 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL : 022 (795) 7449 FAX : 022 (795) 7448

空隙を導入した供試体では、図-2の共振曲線に示すようにピークが健全時よりも大きく低下した。表-1の供試体から得られた固有振動数を図-3にまとめた。図-3では横軸を空隙率として整理した。図より、損傷位置や空隙の形状によっても固有振動数が異なったが、主として空隙率の増加に伴って固有振動数が大きく低下した。なお、供試体上部と下部の2箇所に空隙を導入したType Dでは共振点が複数存在し、縦振動の1次固有振動数を特定することができなかった。

なお、図-3に示すように、固有振動数の評価では損傷率、損傷位置、損傷形状などの組み合わせが多数存在する。本試験方法では、空隙の有無を判断することはできるが、損傷位置や形状などの詳細な情報は得られない。

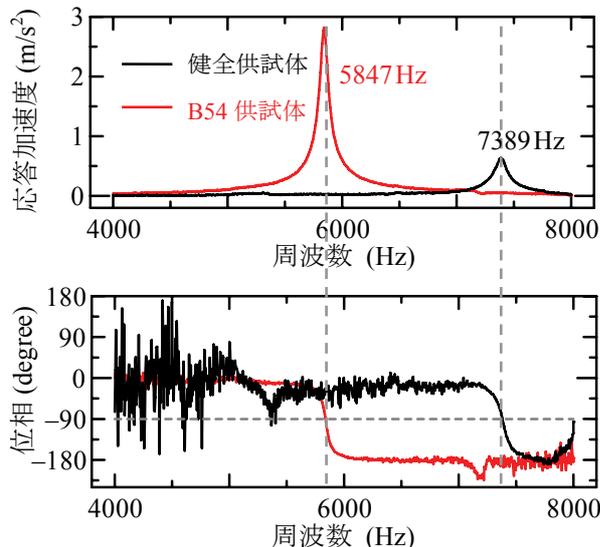


図-2 共振曲線

3. FEMによるモード解析

(1) 解析モデル

部材内部に損傷がある場合には、棒の振動方程式から固有振動数を陽に得ることができない。そこで表-1の供試体諸元に対してFEMによるモード解析を行い、図-3の実験結果の妥当性を検討する。

解析モデルは1/2モデルとし、8節点立方体ソリッド要素を用いてコンクリートをモデル化した。材料特性は円柱供試体の材料試験結果を用いた。解析は汎用有限要素法プログラムMARCを用いて、モード解析により縦振動の1次共鳴振動数を求めた。

(2) 解析結果

FEM解析の結果と実験結果を併せて図-3に示す。いずれの供試体についてもFEM解析の結果は空隙の大きさや位置などのパラメータに対して、実験結果と概ね同様の固有振動数を得ることができた。このことより、前記の共鳴振動試験の妥当性が確認できた。

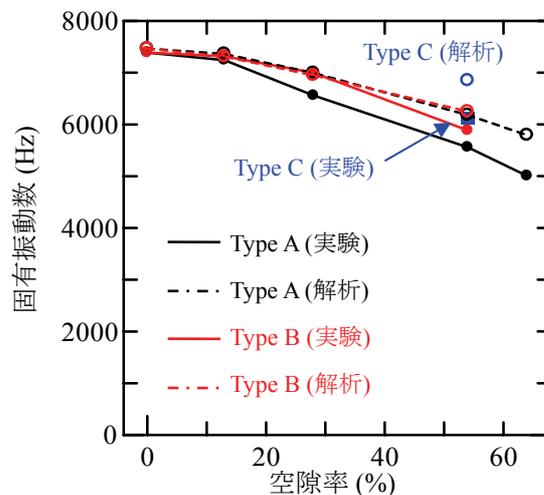


図-3 空隙率と共鳴振動数の関係

4. まとめ

共鳴振動試験によって得られる縦振動の1次共鳴振動数の低下に着目することにより、コンクリート内部の空隙を検出できることを示した。本実験の範囲では、空隙の位置や形状よりも、空隙面積が共鳴振動数の低下に大きく影響することが示された。なお、提案手法を構造物の非破壊検査法に発展させるためには、小型起振機の出力と検査領域(振動の伝達範囲)および検査精度・検査可能な損傷レベル、配筋の影響などを明らかにする必要がある。今後、はり部材や床版部材を模した供試体実験を行う予定である。

参考文献

- 1) 例えば、中山和也，鎌田敏郎，内田慎哉，大西弘志：衝撃弾性波法による道路橋RC床版の水平ひび割れの評価手法に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，pp.2113-2118，2009。
- 2) 林弘，内藤英樹，鈴木基行，齊木佑介，山洞晃一，古賀秀幸：共鳴振動試験によるコンクリートのひび割れ深さの推定，土木学会第64回年次学術講演会，V-214，pp.425-426，2009。