

応答スペクトルによるコンクリート床板中の欠陥深さ評価について

○ 九州東海大学 工学部 嘉数 喬
九州東海大学 工学部 坂田康徳
熊本大学 工学部 大津政康

1. はじめに コンクリート構造物中に含まれる各種の欠陥(ひび割れ、空隙、鉄筋の腐食、振動疲労や凍結融解作用による劣化等)は構造物の耐久性を阻害する大きな要因となっている。コンクリート構造物の安全性確保と経済性の見地から、これらの欠陥を早期に発見し、適当な処置を施すために、効果的な非破壊評価法の開発が急がれている。本研究は、発信器のスィープモードを利用した超音波の周波数特性(応答スペクトル)を用いて、構造物中の欠陥評価の可能性を検討したものである。ここでは、無筋および鉄筋コンクリート部分を持つ床板中にディスク状欠陥を埋め込んだ構造物模型を用いて、その深さ評価に対する実験並びに境界要素法(BEM)による2次元共振解析を行なって、その定量化について検討したので報告する。

2. 実験および解析の概要 実験に使用した床板模型は、縦3.5m、横4.0m、厚さ0.3mの無筋コンクリートと鉄筋コンクリート部分を持ち、その中に直径 $D=20, 30, 50$ cmで厚さ約10mmのディスク状の人工欠陥を、深さを変化させてコンクリート表面に平行に埋め込んだものである。この際鉄筋は、直径 $D13$ mmの鉄筋(SD30)をコンクリート表面より、かぶり厚約2 cmで、縦横に10cm間隔で配置した。埋設した各欠陥部は、測定終了後に直径 $\phi=12$ mmのドリルで穿孔し、ファイバースコープでその深さを確認した。測定では発信および受信センサーを欠陥部の同一表面に約5 cm間隔で取り付け、発信側に音速計用のトランスデューサを、また受信側に圧電加速度計を使用した。測定は発信電圧および受信波増幅率を一定にし、また、測定周波数領域を0~10kHz間とした。なお、本方法の原理および計測方法の詳細については既報¹⁾を参照されたい。図-1は床板模型の概要を示している。

BEM解析は欠陥部および無欠陥部を1 mの部材でモデル化し、欠陥寸法およびその深さ h を5~25 cmまで5 cm毎に変化させて、2次元共振解析を行なった。解析した周波数領域は0~10kHz間とし、その増分は0.1kHzとした。図-2はBEM解析に使用したモデル部材の一例を示している。

3. 結果および考察 図-3は無筋および鉄筋コンクリート部の各欠陥に置ける応答スペクトルの一例を示している。無筋および鉄筋コンクリート部共にほぼ同じ周波数帯域にピークSが現われており、また深さ一定の場合(例えば h が約5cm)には、欠陥寸法の増加に伴ってそのピーク周波数が低下する様子が判る。これより、無筋コンクリート、鉄筋コンクリートの区別無く、本方法を用いて欠陥評価が可能であることが判る。

図-4は無筋および鉄筋コンクリート部における直径 $D=20, 30, 50$ cmの各欠陥部における、欠陥深さの増加に伴うピークSの周波数の変化状況を示している。無筋および鉄筋コンクリート部共に、欠陥深さの増加に伴ってほぼ同じ周波数で増加する

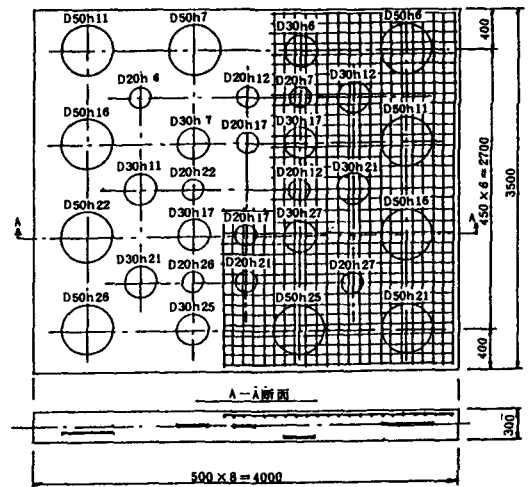


図-1 床板の形状寸法および欠陥配置状況

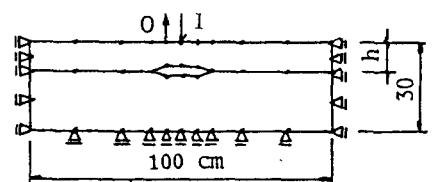


図-2 BEM解析におけるモデル化された欠陥を有する部材の形状寸法および支点拘束条件

ことが判る。そして欠陥深さ h が床板厚さの約 $1/2$ 以下の場合には欠陥深さの増加に伴ってピーク周波数が放物線状に増加し、また h がこれより大きくなると一定または若干低下する傾向がある。この様な現象を呈するのは、欠陥とコンクリート表面間の板状部分がたわみ振動による共振を起こすためと考えられる。しかしながら板の振動理論²⁾に従えば、全周囲を固定的に支持された円形板の振動は板厚 h に比例し、その直径 D の2乗に逆比例するとされ、実験結果とかなり異なる結果となる。これはこの円形板の板厚に対する直径（またはスパン）の比が大きく、ディープビーム的な要素が有るため、スパン方向の支点変位が無視出来なくなるためと考えられる。

図-5はBEM解析による $D=20\text{cm}$ で $h=10\text{cm}$ の場合の周波数応答上の、各ピーク周波数における共振モードを示している。各種の共振モードが見られるか、上述の板状部分がたわみモードを呈していることが判る。また欠陥直径 $D=20\text{ cm}$ における、欠陥深さ h の増加に伴うピーク周波数の変化状況を、図-4中に示している。 h の増加に伴うBEM解析値の変化状況は実験値とほぼ同様の傾向を呈しているが、実験値に比べてその変化率が若干小さくなっていることが判る。これはBEM解析が2次元であるためと考えられる。

4. 結論 以上の結果を要約すると、1)床板中のコンクリート表面にほぼ平行な欠陥は、その直径が大きい程低周波数側にピークSが現われ、また欠陥の大きさがほぼ一定の場合には、その深さが大きくなるに従ってほぼ放物線状にピーク周波数が低下する。2)BEMによる2次元共振解析により、床板中の欠陥寸法およびその深さの変化に伴う応答スペクトル上のピーク周波数の変化状況がほぼ確認された。

[参考文献] 1)坂田,大津:超音波スペクトロスコピーに基づくコンクリートのひび割れわき評価に関する基礎研究,土木学会論文集,第414号/V-12,1990.2, pp69~78, 2)小坪清真:土木振動学,岩波書店,1978

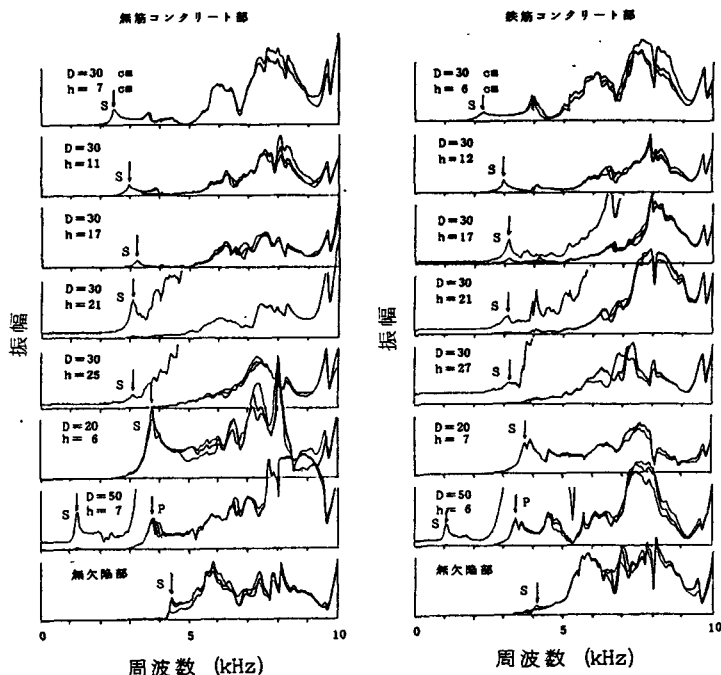


図-3 欠陥部の応答スペクトルの一例

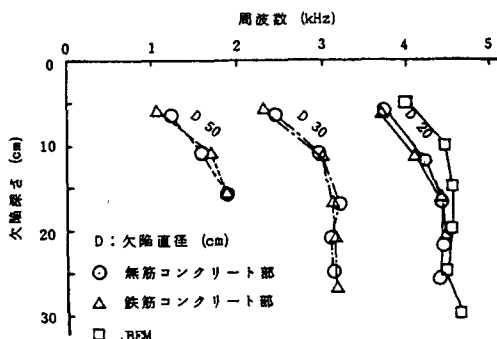


図-4 無筋および鉄筋コンクリート部の D と h の変化に伴うピークSの変化状況、およびBEM解析における $D=20\text{ cm}$ の場合の h の増加に伴うピーク周波数の変化状況

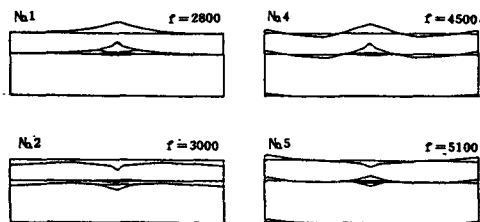


図-5 BEM解析における $D=20\text{ cm}$, $h=10\text{ cm}$ の場合の共振モードの一例