

V-163 超音波スペクトロスコピーに基づくコンクリート床板中の欠陥評価について

○九州東海大学工学部 正会員 坂田康徳
熊本大学工学部 正会員 大津政康

1. はじめに 近年、コンクリート構造物の耐久性に関する諸問題が各方面で論議されているが、中でも構造物中に生じたひびわれや空隙等は、構造物の耐荷力低下や破壊に繋る大きな要因となる可能性がある。そこで、これらの欠陥を未然に調査し、適切な補修、補強を施すための効果的な欠陥評価法の開発が急務となっている。本研究はコンクリート中を伝播する超音波または弾性波の周波数特性（応答スペクトル）による構造物内部の各種欠陥評価に関するものであり、ここでは人工欠陥を埋め込んだコンクリート床板模型中の内部欠陥評価を行なうと共に、レーダー法との比較検討を行なってみたので報告する。

2. 実験の概要 使用した床板模型は約 $2 \times 3 \times 0.3\text{m}$ の無筋コンクリートで造られ、その中に厚さ約 5mm のスチロール樹脂板2枚で厚さ約 0.5mm の鉄板を挟み込んだ板状欠陥と発泡スチロールの球を埋め込んだものである。板状欠陥は一辺 $a=5, 10, 20\text{cm}$ の正方形とし、その深さや方向を変化させて埋め込んだ。発泡スチロール球の直径は約 20cm である。図-1は人工欠陥を埋め込んだ床板模型の欠陥配置状況を示している。床板の製作には市販の生コン(呼び強度 240kg/cm^2 , スラップ 18cm)を使用した。なお欠陥部は、測定後にドリルで穴開けし、ファイバースコープでその欠陥深さ確認した。

応答スペクトルの測定は、特に10 kHz以下の低周波数領域における感度を良くするため、プリアンプ及びディスクリミネータの内部を一部改造すると共に、発信および受信センサーとして従来使用していたA Eトえて、発信側に音速計用の圧電素子トランスデューサた受信側に圧電加速度計(707, TEAC)を使用した。発信スのみでコンクリート表面に押し付けて、また受信側剤で固定して取り付けた。測定は発信電圧および信号周波数領域0~10kHz間で実施した。発信および受信セよび10cmとし、発信センサーを各3回ずつ付け替えて法で使用した計測器はR Cレーダ(JEJ-60A, 日本無線)

3. 結果および考察 図-2は一辺 $a=20\text{cm}$ の角形欠陥を深さ $h=7\text{cm}$ に水平に埋め込んだ欠陥部を発信および受深センサー間隔 10cm で操作した場合の応答スペクトルの変化状況を示している。無欠陥部では約 5kHz 以下の低周波数領域にはほとんど応答が無いのに比べて、欠陥上では顕著なピークが現われていることが判る。ここでは示していないが、発信および受信センサー間隔が小さいほど欠陥に基づくピーク振幅が大きくなり、また小さなセンサー間隔で走査すれば、その形状もほぼ把握出来ることが判った。

図-3は床板の各欠陥部をセンサー間隔5 cmで測定した場合の応答スペクトルを示している。(1),(2),(3)は $a=20\text{cm}$ の板状欠陥を $h=7, 16, 27\text{cm}$ で水平に埋め込んだ場合であり、 $h=7\text{cm}$ では約 3kHz付近に、 $h=16\text{cm}$ では約 4

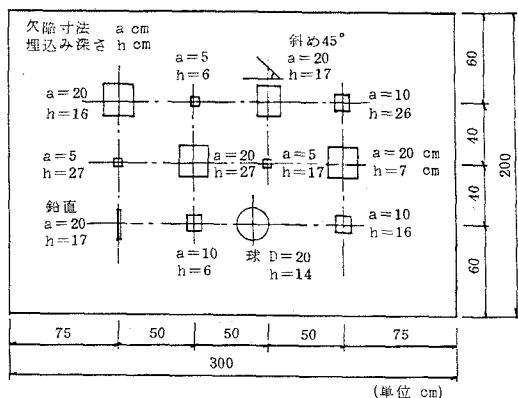


図-1 床板模型中の欠陥配置状況

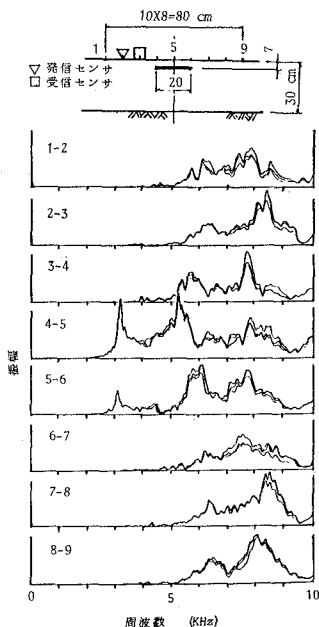


図-2 床板欠陥部における走査の一例

kHz付近に大きなピークが、そして $h=27\text{cm}$ では約 3.5kHz と約 5.7kHz 付近に小さいピークと鈍い大きなピークが現われている。欠陥が大きければ浅い場合や中程度の深さでは欠陥の存在が明瞭に把握出来るが、深くなると評価し難いことが判る。(4-1),(4-2),(4-3)は $a=20\text{cm}$ の板状欠陥を斜めに埋め込んだ場合であり、発信センサーを浅い方に配置した場合には約 4.2kHz 付近に小さくて尖鋭なピークが現われ、またその位置を若干ずらすとピーク周波数も変化している。(5-1),(5-2),(5-3)は $a=20\text{cm}$ の板状欠陥を鉛直に配置したケースであり、発信および受信センサーが欠陥を跨ぐ場合には約 6kHz と 7kHz 付近に鈍い大きな2つのピークが現われ、受信センサーが欠陥直上に有る場合ではその応答振幅がかなり小さくなるが判る。これより欠陥の傾斜の方向や度合いがおおよそ把握出来るものと考えられる。(6-1),(6-2)発泡スチロール球の場合であり、その直上(6-1)では約 4.5kHz 付近に大きなピークがあり、また振幅の大きな応答が高周波数にまで及んで異常性が認められる。(7),(8),(9)は $a=10\text{cm}$ で $h=6, 16, 26\text{cm}$ と変化するケースである。 $h=6\text{cm}$ では約 5.3kHz 付近に鈍い大きなピークがあり、振幅の大きな応答が高い周波数領域で続くのに比べ、 $h=16, 26\text{cm}$ ではそのピークが漸次高周波数側へ移動すると共に、その応答振幅も次第に小さくなっている。(10),(11),(12)は $a=5\text{cm}$ で $h=6, 17, 27\text{cm}$ と変化するケースであり、特に $h=6\text{cm}$ では約 4kHz 付近に急激な段差を生じた小さなピークがあり、また高周波数側で大きな応答が続くのに比べ、 $h=17, 27\text{cm}$ では無欠陥部の応答(図-2参照)とほとんど差違がないことが判る。

図-4は床板欠陥部をRCレーダーで走査した結果を示してい

る。図中の矢印番号は図-3中の番号に対応している。(1),(2)は $a=20\text{cm}$ で $h=7\text{cm}$ と $h=16\text{cm}$ の板状欠陥、(6)は発泡スチロール球、(5)は鉛直配置の板状欠陥のケースであり、いずれも欠陥の大きさやその深さが良く判る。(7)は $a=10\text{cm}$, $h=6\text{cm}$ の板状欠陥のケース、(4)は $a=20\text{cm}$ の斜め配置の板状欠陥のケースであり、縞模様の乱れから欠陥の存在が判る。また、(3),(8)は $a=20\text{cm}$ で $h=27\text{cm}$, $a=10\text{cm}$ で $h=16\text{cm}$ の板状欠陥のケースであるが、わずかな縞模様の乱れが起っている程度で、欠陥存在の疑いが懸念される程度である。他の小さな欠陥、深い欠陥はほとんど判別出来ない。同図中には、その他に予定外の映像として T, T', T'' と T_1, T_1', T_1'' が見られるが、これらは、打設時に内側より型枠を支保していた木材を埋め込んだためと判った。

4. 結論 総合的に本方法では、欠陥が浅いほど、欠陥が大きいほど欠陥評価が容易となるが、小さな間隔での連続的走査が可能になれば、応答スペクトルの形状変化から 5cm 程度の浅くて小さい欠陥や深くて大きな欠陥でも識別可能と考えられ、またレーダー法との比較では、両者にそれぞれ長短はあるものの、欠陥の存在についてはほぼ同程度の評価が可能であると言えよう。

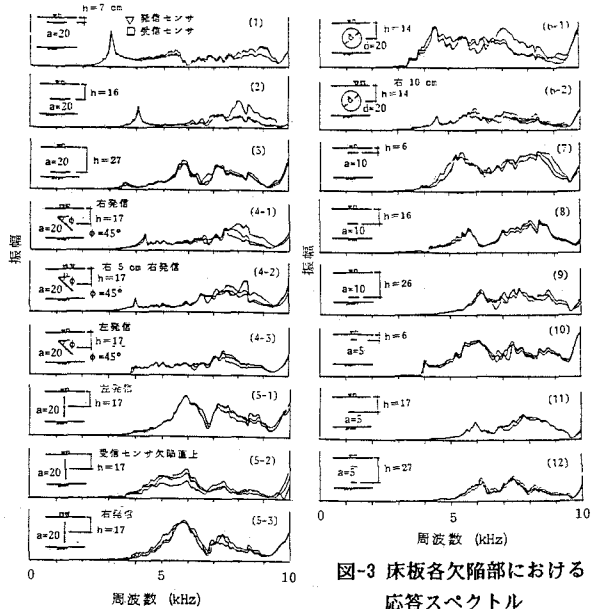


図-3 床板各欠陥部における
応答スペクトル

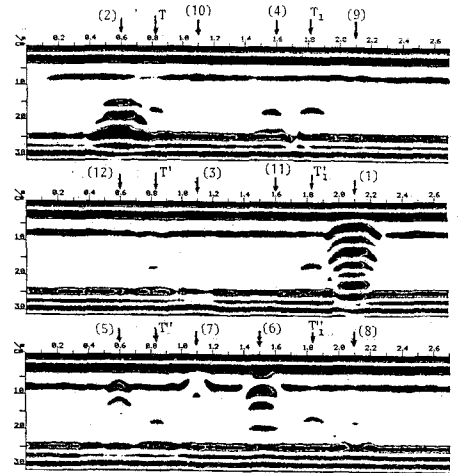


図-4 レーダー法による床板欠陥部の走査結果