

超音波スペクトロスコピー法に基づくコンクリート構造物中の
ひびわれ評価に関する一考察

○ 九州東海大学 学生会員 田中裕幸
九州東海大学 正会員 坂田康徳

1. はじめに

コンクリート構造物の増加に伴って、近年、各種欠陥に基づく構造物の耐久性の欠如が大きな社会問題となっている。中でも塩分環境や湿潤環境下にあるコンクリート構造物中に生じたひびわれは、鉄筋の発生を促し、またその耐荷力を低下させる等、構造物の耐久性を著しく損なうことが考えられる。それ故、構造物の維持管理上、構造物中に生じたひびわれ深さ評価はコンクリート工学における重要なテーマの1つと考えられる。本研究は、スイープモード入力により得られる応答スペクトルの減衰に基づくコンクリート構造物中のひびわれ深さ評価の可能性を、実物大の構造物模型を用いて実験的に検討したものである。

2. 実験概要

本研究では、カッターにて導入した溝を有する供試体による予備実験を行なうと共に、人工の表面ひびわれを設けた構造物模型(床板)を用いて、ひびわれ深さ評価に関する実験を行なった。

予備実験に使用した供試体は、幅10cm、高さ15cm、長さ80cmで、直径13mm鉄筋を2本使用した単鉄筋矩形断面の鉄筋コンクリート梁である。実験では、その梁の圧縮側上表面に、カッターにて幅約3mmで深さが1~5cmまで1cm毎に変化する溝を15cm間隔で導入した。そして、発信および受信センサとしてAEセンサを使用し、供試体軸線に沿って溝を中心に左右5cmの位置に取り付けて応答スペクトルを計測した。また、計測時における発信電圧および受信波増幅率は一定にして測定した。

構造物模型は、幅約2.5m、長さ約5m、厚さ約30cmの無筋コンクリート床板であり、その上表面に、深さ $h=5, 10, 15, 20$ cmの人工の表面開口ひびわれを設けたものである。これらの表面ひびわれは、厚さ約5mmのスチロール樹脂板を所定の深さになる様にコンクリート表面に垂直に埋め込んで設けた。ひびわれ長さは測定時における超音波のひびわれ側面からの迂回による影響を極力避けるため、ひびわれ深さ h に対して、その長さ $L=2h+30$ cmとした。使用した計測機器および計測方法は予備実験と同じあり、上表面および底面共にひびわれ位置を中心に左右5cmの位置にAEセンサを取り付け、ひびわれ中心部2ヶ所において約10cm間隔で計測した。測定では周波数領域0~400kHz間の応答スペクトルを2回ずつ測定し、その平均値を求めた。なお、床板模型および梁供試体は呼び強度300kg/cm²、スランプ約12cmの市販の生コンクリートで作成し、打設後約1年経過したものである。

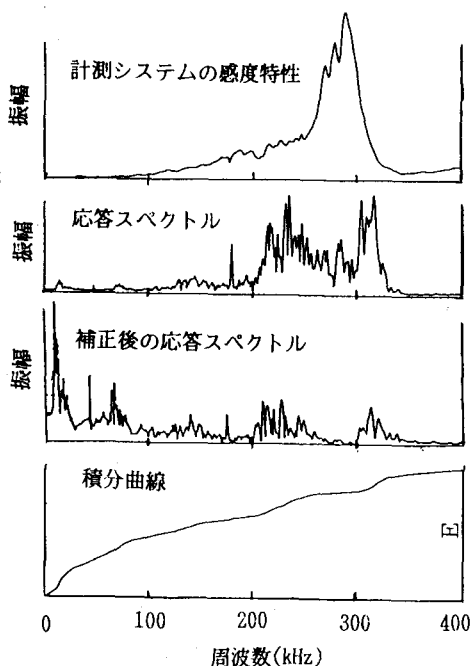


図-1 伝達エネルギーEの算出過程

3. 実験結果および考察

コンクリート中を伝播する超音波は、一般にその周波数に従って減衰し、高周波数領域では透過し難いことが知られている。本研究では、測定周波数領域間で得られた応答スペクトルを計測システムの感度特性で補正し、その周波数-振幅曲線の積分値(E)とひびわれ深さ(h)との関係を求めた。図-1は、計測システムの感度特性と、床板表面開口ひびわれの深さ $h=5$ cmにおける応答スペクトルとその補正曲線および積分曲線を示している。この積分曲線における最終値は、測定周波数領域全域における超音波の伝達エネルギーを示すものと考えられる。それ故、積分曲線には、測定周波数全域における超音波の減衰の影響が含まれているものと考えられる。以降ではこの積分曲線の最終値(E)を仮に伝達エネルギーと呼ぶことにする。

図-2は、供試体における人工ひびわれ(溝)深さ h の増加に伴う伝達エネルギー E の変化状況を示している。 h の増加に伴って E が漸次低下する様子が判る。これは、 h の増加に伴って超音波の伝達距離が長くなると共に、ひびわれ位置における部材断面が小さくなり、発信側から入射した超音波エネルギーが伝達し難くなるためと考えられる。なお、この部材における h と E の関係は、ひびわれ位置にほとんど関係無くほぼ一定であることが確認されている。

図-3は、床板における表面開口ひびわれ深さ h と伝達エネルギー E の関係を無次元表示したものである。縦軸は無ひびわれ部分における伝達エネルギー E_0 に対するひびわれ部分での伝達エネルギー E_h の比(E_h/E_0)を、また横軸は床板厚さ t に対するひびわれ深さ h の比(h/t)を示している。 h/t の増加に伴って漸次 E_h/E_0 が低下する様子が判る。これは、ひびわれ深さの増加に伴って超音波伝達距離が漸次長くなると共に、底面からの反射等による超音波の伝達面積が少なくなるためと考えられる。

4. 結論

以上のことをまとめると次のような結論が得られる。すなわち、計測器の感度特性で補正された応答スペクトルの積分曲線には、測定周波数領域における超音波の全周波数成分(すなわち応答スペクトル)の減衰特性が含まれ、その最終値は超音波の伝達エネルギーに相当するものと考えられる。本実験の結果、この応答スペクトルの減衰特性を利用して無筋コンクリート構造物中の表面開口ひびわれ深さ評価がほぼ可能であることが判った。

謝辞 本研究の遂行に当って卒業研究にて終始共に協力し、努力して頂いた出原茂尚氏に感謝致します。

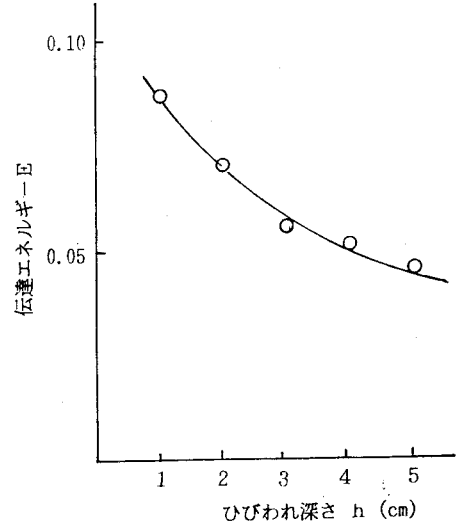


図-2 部材におけるひびわれ深さ h と伝達エネルギー E の関係

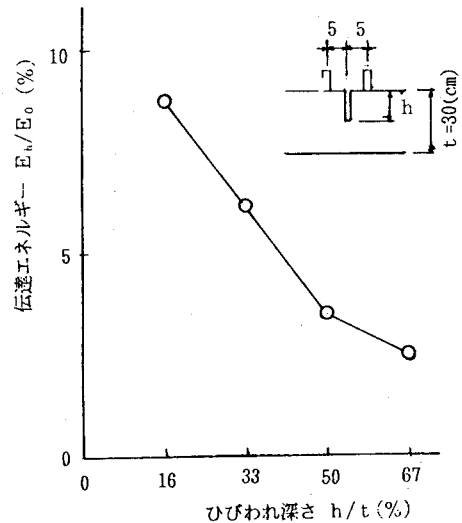


図-3 床板におけるひびわれ深さ h/t と伝達エネルギー E_h/E_0 の関係