

表面法に基づいた応答スペクトルによるコンクリート構造物の欠陥評価について

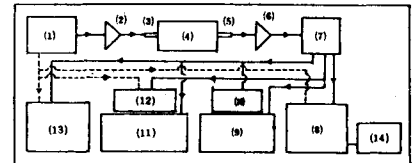
九州東海大学 正会員 坂田康徳
熊本大学 正会員 大津政康

1、はじめに コンクリート工学の分野における非破壊評価法は、従来、实在コンクリート構造物の強度推定や均一性評価に主眼が置かれていた傾向がある。しかしながら、近年、コンクリート構造物に生じた各種の欠陥に起因すると考えられる構造物の耐久性の欠如が社会問題となるに至って、コンクリート構造物中の欠陥評価に関する研究が急速に盛んになってきた。弾性波を利用したコンクリート非破壊評価法の中で、超音波音速法は最も一般的なものとして多用されてきたが、近年、その周波数特性に着目した種々の評価法が研究されている。この周波数特性を利用した方法は、超音波スペクトロスコピーと呼ばれている。個体中を伝播する超音波（又は弾性波）の周波数特性を得る方法は、インパルスによる受信波のフーリエ変換による方法が一般的であるが、筆者等は、信号発生器のスイープモードを利用した応答スペクトルによるコンクリートの非破壊評価法を検討している。

本報告は、本方法によるコンクリート構造物中の欠陥評価の可能性を検討するため、スチロール樹脂板による疑似欠陥を埋め込んだ床板模型を造り、表面法による欠陥の存在や位置、方向などを評価するための方法を検討したものである。

2、実験概要 図-1は本方法における計測システムを示している。本方法の原理および計測法についての詳細な説明は既報¹⁾を参照されたい。実験に使用した床板模型は幅2.0m、長さ3.0m、厚さ30cmの無筋コンクリート床板中に、厚さ約5mmの2枚のスチロール樹脂板の中央に厚さ0.5mmの鉄板を挟み込んだものや、発泡スチロール製の球を埋め込んだもので、板状欠陥は床板の表面に平行、斜め45°および垂直方向に埋め込んだ。床板表面に平行な欠陥の寸法は一辺aが5、10、20cmとし、その埋め込み深さhを上面より5、15、25cmとした。斜め、垂直方向の板および球は、その中心が床板厚の中央となるように配置した。図-2は床板中の欠陥配置状況を示している。又、表-1に使用したコンクリートの配合条件および特性値を示す。

応答スペクトルの測定は、欠陥埋め込み位置の直上近傍の同一面に、発信および受信トランスデューサーを取り付けて行なう表面法で実施した。その配置間隔は5~20cmで最も適当と考える間隔を選定して実施した。トランスデューサー取り付け用アダプターは独自に試作した三脚アダプターを用いた。又、測定はトランスデューサー取り付け時のコンクリート表面の凹凸や、トランスデューサーの微小な傾きによるアタッチメントの相違に基づく応答スペクトルのばらつきを極力避けるため、コンクリート表面とトランスデューサー間に、適当な軟らかさの仲介材を挿入して実施した。測定した応答スペクトルの周波数領域は0~102.3kHz間とし、スイープ時間は10秒間で、3回ずつ測定した。さらに、インパルスによる時間領域での受信波の



(1) 発信器 (2) 増幅器 (3) 発信トランスデューサー (4) 前置増幅器 (5) 制御部 (6) プリアンプ (7) ディスプレイ (8) デジタルマルチメーター (9) オシロスコープ (10) デジタルマルチメーター (11) カサフ式データレコーダ (12) ミューラルカウンタ (13) 電源モジュール (14) プロッタ

図-1 計測システム

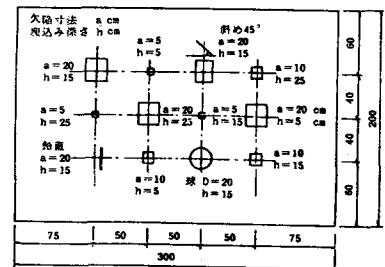


図-2 床板寸法および欠陥配置状況

表-1 コンクリートの配合条件および特性値

ϕ_{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	W	Q_s	E_s $\times 10^4$	E_1 $\times 10^3$	ν
20	18	4.0	53.5	47	187	254	3.07	2.30	0.203

ϕ_{max} は粗骨材最大寸法 E_s は初期弾性係数 (kg/cm^2)
W は単位水量 (kg/m^3) E_1 は割断弾性係数 (kg/cm^2)
 Q_s は圧縮強度 (kg/cm^2) ν はポアソン比

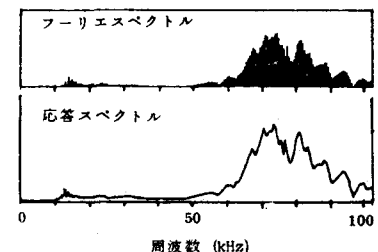


図-3 応答スペクトルとフーリエスペクトル

観測と波形解析機によるフーリエ解析を行なって、応答スペクトルとの比較検討を行なった。

3. 結果および考察 図-3は床板上の代表的な部分において得られた、発信および受信トランスデューサー間隔15cmの場合の応答スペクトルと、インパルスに対する受信波のフーリエスペクトルを周波数領域0~102.3kHz 間で比較したものである。フーリエスペクトルでは、ウィンドウ操作をしていない為、細かい凹凸が見られるが、そのエンベロープを考慮した場合、両スペクトルは全く一致しており、これより、本方法による応答スペクトルとフーリエスペクトルとの等価性が確認されたと言えよう。

図-4は床板上の代表的な位置で、トランスデューサー先端に伸介材として、ビニール板(厚さ約2mm)とビニールテープ(厚さ約0.1mm)を使用して得たインパルスによる時間波形とフーリエスペクトルを示している。ビニール板を使用した場合、時間波形には波長の大きな波が明瞭に現われており、又、そのスペクトルにはこれを反映して低周波数領域の成分が卓越して現われている。一方、

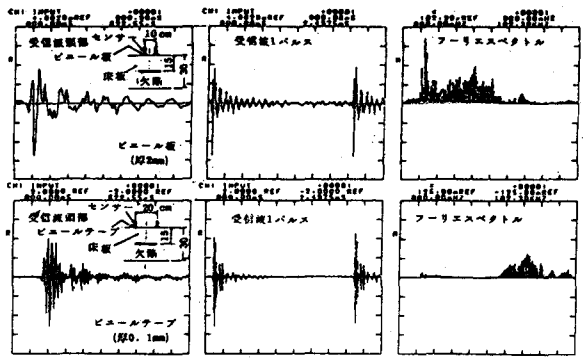


図-4 受信波形とフーリエスペクトル

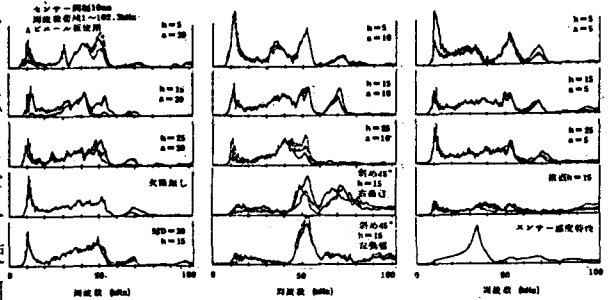


図-5 ビニール板使用の場合の応答スペクトル

ビニールテープ使用の場合には時間波形に波長の小さな波が強く現われ、そのフーリエスペクトルには高周波成分が卓越している。これは厚くて弾力性の有るビニール板が高周波成分を吸収しているためと考えられる。これより、適当な伸介材を用いることにより、応答スペクトルの波形を安定させると共に、必要とする周波数帯域の応答スペクトルを明瞭にすることが可能であると考えられる。

図-5はビニール板を伸介材として使用し、センサー間隔20cmとして各欠陥埋設位置上で測定された、周波数領域 0~102.3kHz間の応答スペクトルを示している。欠陥を床板表面に平行に埋設した場合、欠陥寸法の大小にかかわらず、h が大きくなるに従って凹凸の少ないものと変化し、欠陥のない場合のスペクトルに類似してくることが判る。また、h の変化に伴ってピーク周波数が移動するものと移動しないものがあることが判る。この図中の動かないピークAはいずれのスペクトルでも観察され、これより、床板厚に関するものと考えられる。また、欠陥方向が傾いている場合、発信および受信両トランスデューサーの入れ替えにより高周波数側における応答特性が異なってくることが判る。さらに、鉛直配置の場合、一様にピーク振幅の小さくなっている。球の場合には約20~50kHz 間の周波数領域でエネルギーが卓越する三角形分布となっており、各々特徴を持っていることが判る。

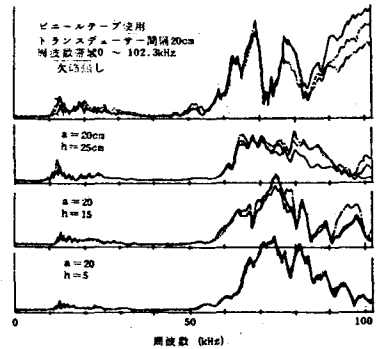


図-6 ビニールテープ使用の場合の応答スペクトル

図-6はビニールテープを伸介材に使用し、発信および受信トランスデューサー間隔を20cmとした場合の応答スペクトルを示している。高周波数領域における振幅の大きな周波数成分がh の減少に伴って、漸次高周波数側へ移動する様子が判る。

図-6はビニールテープを伸介材に使用し、発信および受信トランスデューサー間隔を20cmとした場合の応答スペクトルを示している。高周波数領域における振幅の大きな周波数成分がh の減少に伴って、漸次高周波数側へ移動する様子が判る。

参考文献 1) 坂田、大津” 弾性波フィルター特性によるコンクリートのひびわれ評価に関する基礎研究” コンクリート工学, Vol. 24, No. 7, July 1986, pp135-145