

弾性波フィルター特性によるコンクリート構造物の欠陥評価

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 コンクリート中の諸物性を非破壊的に評価する方法として、コンクリート中を伝ばする弾性波の周波数領域におけるフィルター特性(超音波スペクトロスコープとも呼ばれている)を利用した方法が検討されている。従来、コンクリート構造物中の空隙やひびわれを評価する方法として音速法が用いられているが、ここでは、弾性波フィルター特性を用いて発泡樹脂による人工欠陥を埋め込んだ壁体模型での欠陥評価の可能性を実験的に検討すると共に、有限要素法(FEM)を用い欠陥を有する部材の2次元共振解析を行ない、実験値との対応を検討した結果について述べる。

2、実験および解析の概要 実験に用いた壁体模型は、図-1に示すようにブーチング上に高さ2m、長さ3m、厚さ25cmの板状部分を持つコンクリート躯体中に、発泡樹脂製(厚さ約5mm)で直径5、10、20cmの円形板および20x20cmの正方形板を埋め込んだものである。円形欠陥は3ヶずつ作り、それぞれ埋め込み深さ5、12.5、20cmで壁面に平行に埋め、角形欠陥は壁中心において壁面に平行、斜め45°、垂直の各方向に埋め込んだ。

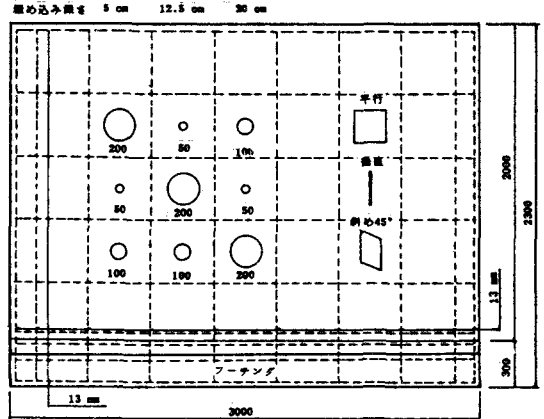


図-1 人工欠陥入り壁体模型

表-1 使用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	σ_s	E_s $\times 10^5$	E_t $\times 10^5$	ν
20	18	4.0	53.5	47	187	254	3.07	2.30	0.203

測定は欠陥埋め込み位置において、壁の両側に発、受信トランスデューサーを配置した透過法で検討した。その際、発、受信トランスデューサーの配置は欠陥埋め込み部壁面の中心とし、又、受信側は中心より左右5cmずつずらした位置でも測定した。計測時の受信波は増幅率70dB、又、発信部の電圧はフルスケールの1/2で測定した。表-1は実験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。

FEM解析は壁体模型に用いたコンクリートの特性値を用いて、壁体欠陥部のフィルター測定時の挙動を想定し、厚さ25cm、長さ60cmの部材に作用する発信子外力による応答解析を行なった。図-2は本解析に用いた部材の要素分割状況および支点拘束条件を示している。

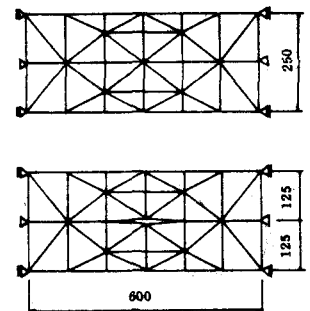


図-2 FEM解析における要素分割、支点拘束状況

3、結果および考察 図-3-A、B、C、Dは欠陥の無い部分と直径10cmの円形欠陥を壁面に平行にし、埋め込み深さを变化させた場合のフィルター特性を示している。欠陥の無い場合に比べて、欠陥の有場合は顕著なピークが現われること、そのピーク周波数は欠陥深さが増加するに従って大きくなること、受信トランスデューサーが中心位置より5cm程度ずれてもピーク周波数はあまり変わらないこと等が判る。これは発信トランスデューサーからの入力によって起こった弾性波が欠陥裏側へ回折する際、欠陥の裏面や端部と受信側壁面との位置関係より、特定の周波数の波が共振や重合を起こして振幅を増加させているものと考えられる。又、図-3-C、E、

Fは壁体中心に直径の異なる円形欠陥を壁面に平行に埋め込んだ場合のフィルター特性を示している。欠陥が小さくなると卓越したピークが現われにくいことが判る。図-4は直径10cmの円形欠陥の深さとピーク周波数の関係を示している。図-5は欠陥を有する部材と有しない部材のFEM解析結果を示す。この図は受信トランスデューサー設置位置での部材表面に垂直な方向の変位の変化を示している。本解析でも主なピーク群は10-20kHz付近に現われており、実測値とほぼ同様の傾向が見られる。しかし、実測値との対応を検討する場合、ピークの選定に苦慮することとなる。この原因は、部材を完全弾性体とし、且、欠

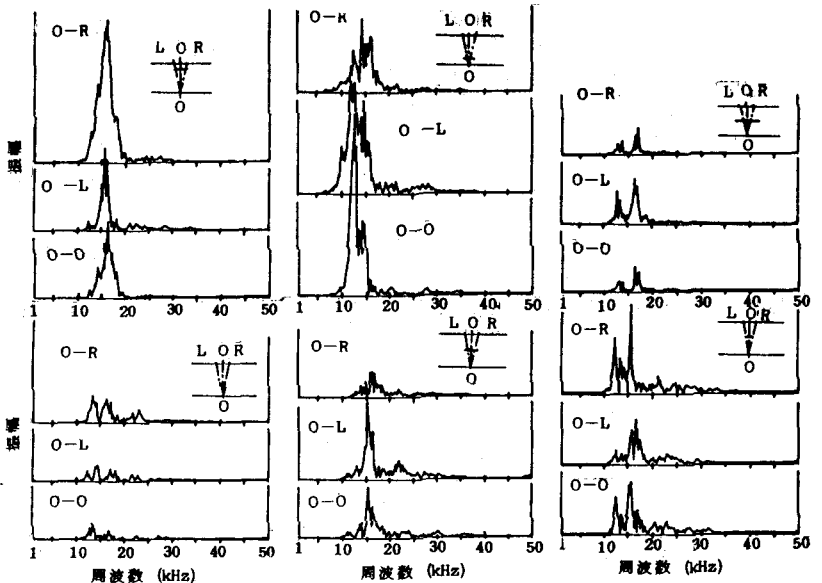


図-3 欠陥部のフィルター特性

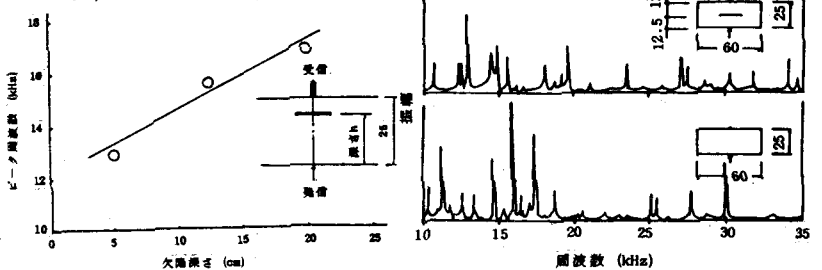


図-4 欠陥深さとピーク周波数の関係

図-5 FEM解析によるピーク出現状況

陥部分のみを25x60cmの小区間で切り出して2次元解析を行なっているため、部材軸方向の共振による影響がかなり大きく現われているものと考えられる。実際的には波動伝ば時に減衰が起こり、部材軸方向へ伝わる波はほとんど消滅するため、はね返りが起こらず、部材軸方向共振によるピークが小さくなり、部材厚方向の共振が卓越してくるものと考えられる。故に、解析に減衰を取り入れたり、3次元解析を行なうなど、より実際に近づいた解析を行なうことにより、さらに実測値に近い結果が得られるものと考えられる。図-6は壁中央に20x20cmの角形欠陥を壁面に平行、斜め45° 垂直の各方向に埋め込んだ場合のフィルター特性を示している。斜め45°の場合には他の

場合に比べて、受信トランスデューサー位置により、ピーク周波数がかなり異なることが判る。詳細は発表の時説明する。

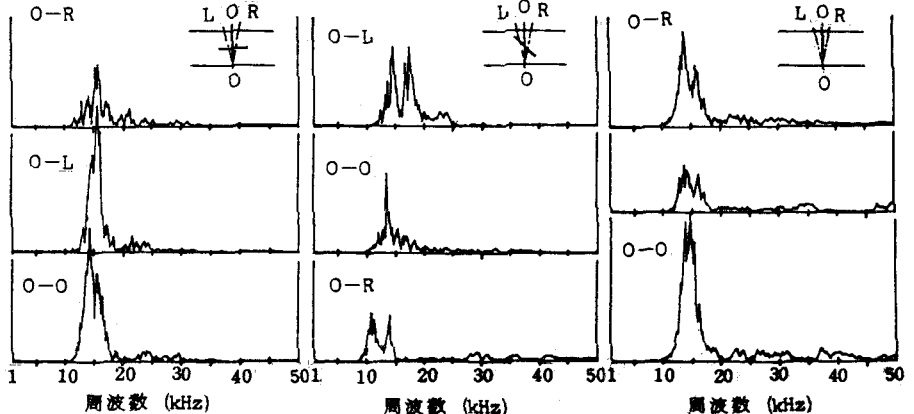


図-6 欠陥の埋め込み方向の相違に基づくフィルター特性