

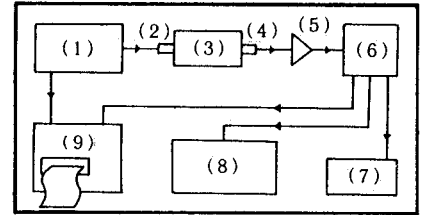
○ 九州東海大学 正会員 坂田康徳
熊本大学 正会員 大津政康

1、はじめに 近年、コンクリート構造物における各種の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。構造物に生じて問題となる欠陥の多くは、アルカリ骨材反応、塩害、あるいは、振動疲労や気象条件などの苛酷な環境に基づくひびわれや劣化、および、施工の不手際に基づく内部空隙等である。公共施設としての土木構造物の維持管理の見地から、これらの欠陥を効果的に評価し得る非破壊評価法の開発が望まれている。

筆者等はコンクリート中を通過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ピー¹⁾に等価であると考えられる）によるコンクリートの非破壊評価法を検討しているが、ここでは、本方法によるコンクリート構造物のひびわれ評価の可能性を検討するため、コンクリート部材に生じたひびわれの評価に関する基礎的な実験、および、有限要素法（FEM）による2次元共振解析を行なって、実験との対応を検討してみた。

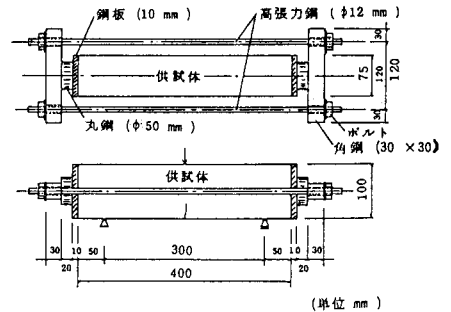
2、実験および解析の概要 図-1は本方法におけるフィルター特性の計測システムを示している。本方法の理論的背景および計測方法の詳細な説明については既報²⁾を参照されたい。

実験に使用したコンクリート供試体は、普通コンクリートの角型供試体（10 X 7.5 X 40 cm）12本と円柱形供試体（D15 X 30 cm）5本である。角型供試体はひびわれ導入前後における周波数領域 1 - 50 kHz 間の供試体軸方向のフィルター特性を測定した。尚、この場合のひびわれ導入は、図-2に示すように、供試体軸方向に外部より高張力鋼によるプレストレスを導入後、1点荷重曲げ試験により導入した。又、この時、目視によるひびわれ観察を行なって、供試体両側面のひびわれ深さより、その平均値でひびわれ深さを決定した。その後、プレストレスを開放し、ひびわれ導入後のフィルター特性を測定した。尚、この時のプレストレスの大きさは圧縮強度の約 1/3とした。円柱形供試体は標準養生後、材令28日で圧縮試験およびヒズミ測定を行なった。表-1はこの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している。

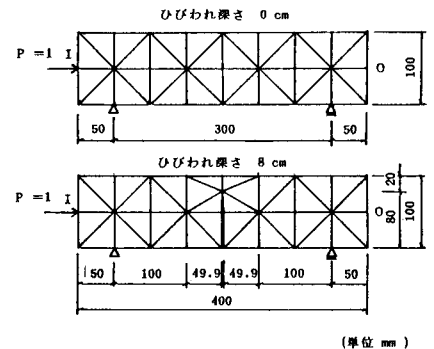


(1) 信号発生機 (2) 発信トランスデューサー
(3) 供試体 (4) 受信トランスデューサー
(5) プリアンプ (6) ディスクリミネーター
(7) デジタルマルチメーター
(8) オシロスコープ (9) 電磁オシログラフ

(図-1) フィルター特性の計測システム



(図-2) ひびわれ導入図



(図-3) 要素分割状況、支点拘束条件の一例

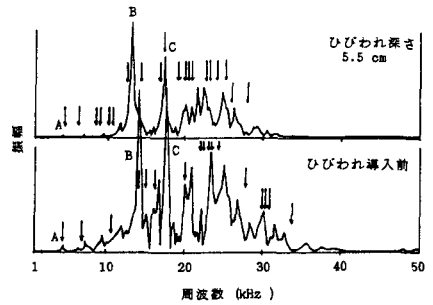
(表-1) コンクリートの配合条件および特性値

ϕ_{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	W	α_s	E_s $\times 10^5$	E_t $\times 10^5$	ν
20	10	1.4	65	48	185	304	3.33	2.93	0.210

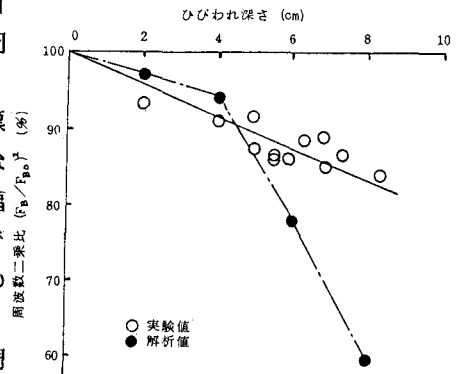
ϕ_{max} は粗骨材最大寸法 E_s は初期弾性係数 (kg/cm^2)
W は単位水量 (kg/m^3) E_t は割線弾性係数 (")
 α_s は圧縮強度 (kg/cm^2) ν はポアソン比

FEMによる解析は、実験に使用した供試体寸法およびコンクリートの特性値を用いて行なった。解析モデルは、ひびわれを有する部材および有しない部材への、発信トランスデューサー取り付け位置からの外部刺激による共振に基づく部材の周波数応答であり、その際の出力トランスデューサー取り付け位置に相当する格点の部材表面に垂直な変位を求めた。尚、ひびわれ深さは0-8 cm まで2 cm 毎に解析した。又、解析された周波数領域は約0-30 kHz 間であり、その時の周波数の増分は0.1 kHzとした。図-3は本解析における要素分割状況および支点拘束条件の一例を示している。

3、結果および考察 図-4はひびわれ導入前後の供試体軸方向のフィルター特性とFEM解析結果を比較したものである。図中の矢印はFEMによる周波数応答解析におけるピーク発生位置、Aはフィルター特性における初期ピーク周波数、B、Cは他の主要なピークを示している。解析結果に基づくピークとフィルター特性上のピークはひびわれ導入前においてほぼ一致していることが判る。又、フィルター特性上において着目した3つのピークA、B、Cの、ひびわれ発生前後における周波数変化量が異なっていることが判る。



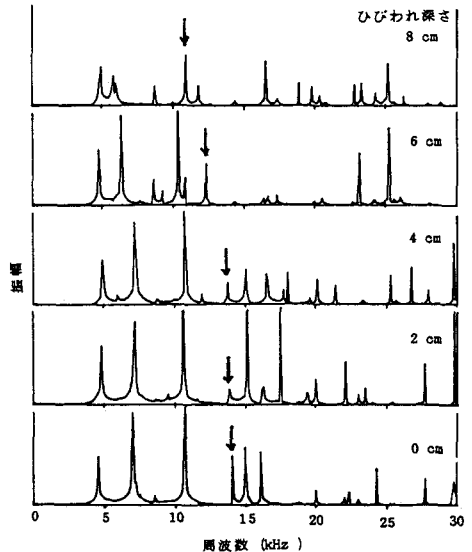
(図-4) フィルター特性と解析によるピーク周波数の関係の一例



(図-5) 実測および解析によるひびわれ深さとピーク周波数の関係

筆者等は、従来、初期ピーク周波数をフィルター特性の指標の1つとして各種の評価基準に用いてきたが、振幅が小さくなり、見落とされることも起こり得る難点がある。そこで、振幅が顕著でひびわれに対して敏感なピークBを取り上げて、ひびわれ導入前後の周波数の2乗比 $(F_B/F_{B0})^2$ とひびわれ深さとの関係を求めてみた。図-5中の○点はその関係を示している。測点が少なく、多少、ばらつきも大きい、両者にはほぼ単調減少的な関係があることが認められる。このばらつきの原因は、ひびわれ深さの測定が目視によるため誤差が大きいことや、ひびわれの位置や方向が必ずしも一定していないこと等が考えられる。又、●点は、FEM解析によって求められた、フィルター特性上のピークBに相当するピーク周波数(図-6中に矢印で示す)の変化を示している。図-6より、ひびわれ深さの増加に伴うピーク移動量の大きいものや小さいものが有ること等が判る。特に、矢印で示されるピークは、ひびわれ深さの増加に伴う周波数の低下が明瞭であり、実験結果と良く似た傾向を示している。

参考文献 1) 尼崎、明石、高木, "超音波スペクトロスコープのコンクリートへの適用に関する基礎研究," 土木学会, 第41回年次学術講演会概要集, 第5部, 昭和61年11月
2) 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法に関する基礎研究," コンクリート工学, Vol.24, No.7, July 1986



(図-6) FEM解析によるひびわれ深さと周波数応答特性