

超音波応答スペクトルによるコンクリート部材のひびわれ評価に関する一考察

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、超音波の周波数特性に着目したコンクリート中の欠陥評価法の研究が行われている。この周波数特性を得る方法には2～3の方法が考えられるが、筆者等は発信器のスイープモードを利用した方法を検討している。本報告は、本方法を用いて人工ひび割れを持つ供試体による、ひび割れ評価に関する実験並びに有限要素法(FEM)による解析を行って、その結果を取りまとめたものである。

2. 実験及び解析の概要 実験は、水セメント比 $W/C=45, 55, 65\%$ で部材寸法 $10 \times 7.5 \times 40$ cmの供試体と、 $W/C=55\%$ 、部材断面一定(10×7.5 cm)で、その長さ L を $34 \sim 40$ cmまで2 cm毎に変化させた供試体を用いた。そして、それ等の部材中央にカッターにて幅約1.2 mmの人工ひび割れを導入し、そのひび割れ深さ h を0～8 cmまで0.5 cm毎に変化させた。応答スペクトルの測定では、発信および受信トランスデューサをひび割れを中心に左右5 cmの位置に取り付け、0～30 kHz間の周波数領域で測定した。FEM解析は実験で使用した供試体を2次元的にモデル化し、部材寸法 10×40 cmのひび割れを有する部材と、高さ一定(10 cm)で L が $34 \sim 40$ cmまで2 cm毎に変化する無ひび割れ部材の、共振に基づく2次元ピーク解析を行った。

3. 結果及び考察 図-1は $W/C=45\%$ のコンクリートで造られた $10 \times 7.5 \times 40$ cm供試体において、 $h=0 \sim 8$ cmまで0.5 cm毎に増加させた場合の応答スペクトルを示している。図中のピークA, B, Cは応答スペクトルの主なピークを示している。ピークAは h が小さい場合はほとんどピーク周波数に変化がないが、 $h=5$ cm付近より大きくなると、急激に低周波数側へ移動し、また、ピークBは始め急激に低下し、 h が大きくなるとピーク移動量がやや低下している様子が判る。ピークCは h の変化に対してほとんど関係なく常に定位置に現われている。図-2は $W/C=45, 55, 65\%$ における、ひび割れ導入前のピークA, Bのピーク周波数 f_{A0}, f_{B0} とひび割れ導入後のピーク周波数 f_{Ah}, f_{Bh} との比 $f_{Ah}/f_{A0}, f_{Bh}/f_{B0}$ と h との関係を示している。 W/C のいかんにかかわらずほぼ1つの曲線で近似できる

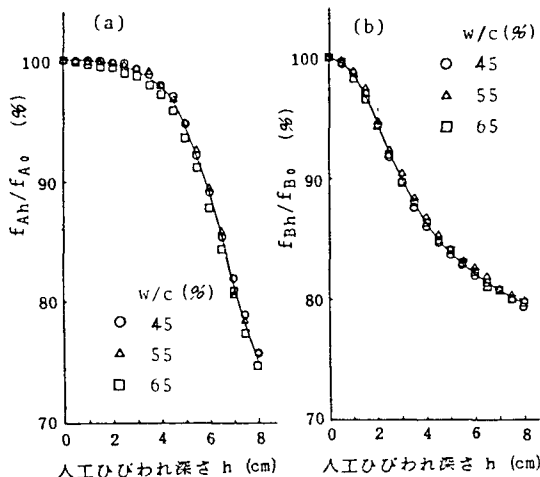


図-2 $W/C=45, 55, 65\%$ のコンクリートにおけるひび割れ導入前後のひび割れ深さ h の増加に伴うピーク周波数比 $f_{Ah}/f_{A0}, f_{Bh}/f_{B0}$ と h との関係

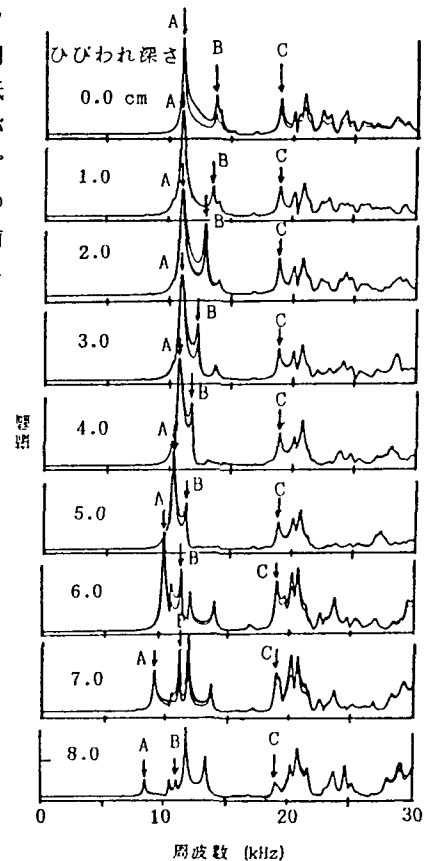


図-1 $W/C=45\%$ のコンクリートにおけるひび割れ深さの増加に伴う応答スペクトルの変化状況

ことが判る。これはこれ等のピークがひび割れを含む部材の幾何形状に基づいているためと考えられる。

図-3は $W/C=55\%$ における、断面一定($10 \times 7.5\text{cm}$)で L が40~34まで2cm毎に低下する無ひび割れ部材の応答スペクトルの変化状況を示している。ピークA,B,Cは L が小さくなるに従って高周波数側へ移動する様子が判る。これは、これらのピークが部材長さに応じた共振に基づいて生じるためと考えられる。

図-4と図-5は図-3と図-2の実験結果を理論的に確かめるため、FEMによる共振に基づく2次元ピーク解析を行った結果を示している。解析結果ではスペクトル上に $P_1 \sim P_5$ まで顕著なピークがあり、特に P_1 は約3kHz付近にあり、実験で得られる応答スペクトル上に無い大きなピークが見られる。これは、ここで使用している実験装置が10 kHz以下の低周波数領域で感度の低いものを用いているため、検出できなかったものと考えられる。本解析結果ではピークの出現する周波数帯域が実験結果と若干異なるため厳密な対応はできないが、図-4、図-5におけるピーク P_1, P_2, P_3 は応答スペクトル上のピークA,B,Cに相当するものと考えられる。図-5の各ピークは h の変化に対して図-2とほぼ同様の傾向で変化し、また図-4の各ピークも部材長さ L の減少と共に図-3のピークとほぼ同様の傾向で増加している様子が判る。

図-6は、図-5における h の変化に伴うピーク P_1, P_2, P_3 発生時の部材の各共振モードを示している。各ピークの共振モードはほぼ同じモードで変形していることが判る。

なお、詳細な説明は発表時に行う。

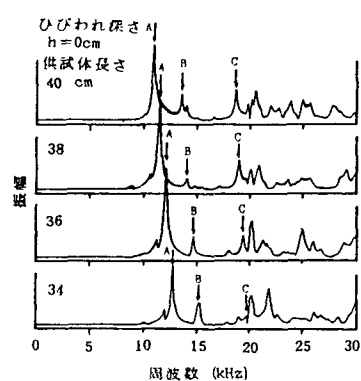


図-3 部材断面一定でその長さが変化する際の応答スペクトルの変化状況

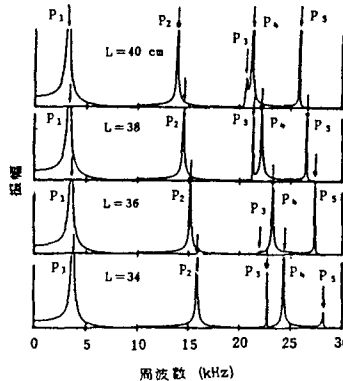


図-4 FEM解析に基づく部材長さ L 一定の場合のひびわれ深さ h の増加に伴う周波数応答の変化状況

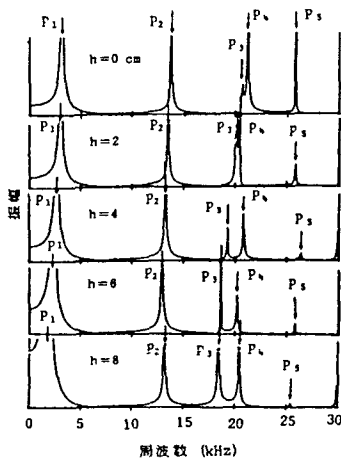


図-5 FEM解析に基づく無ひびわれ部材の部材長さ L の変化に伴う周波数応答の変化状況

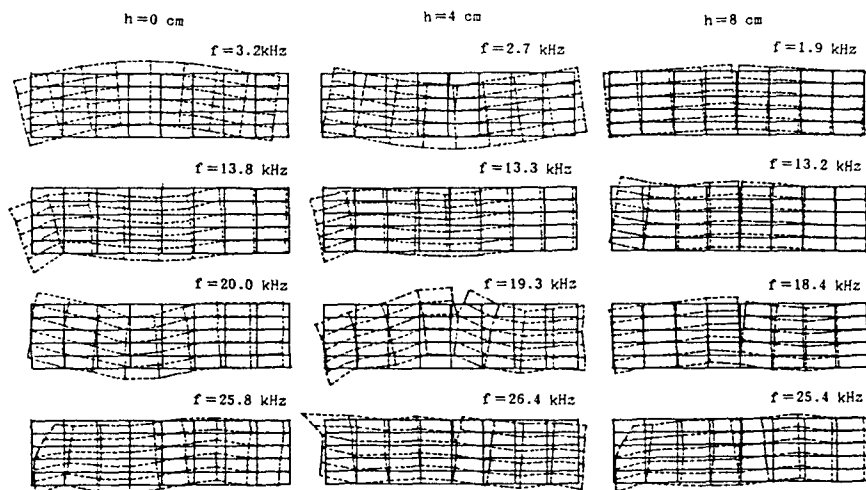


図-6 FEM解析における $L=0, 4, 8\text{cm}$ の場合のピーク P_1, P_2, P_3, P_5 の共振モード