

超音波スペクトロスコピー法によるコンクリート部材のひびわれ評価の定量化に関する一考察

○ 九州東海大学工学部 学生員 知花弘雄
九州東海大学工学部 正 員 坂田康徳
熊本大学工学部 正 員 大津政康

1. はじめに 近年、コンクリート構造物の早期劣化が大きな社会問題となっており、構造物の維持管理の立場から、構造物中の各種欠陥を効果的に評価する方法の開発が急務となっている。本研究は、発信器のスイープモード入力によって得られる応答スペクトルを用いて、無筋および鉄筋コンクリート部材に生じた曲げひびわれ深さを定量的に評価する方法について実験的に検討したものである。

2. 実験概要 実験では、無筋および鉄筋コンクリート部材による人工ひびわれ深さと応答スペクトル上のピーク周波数との関係を求め、これを基に、曲げひびわれを有する部材の応答スペクトルより、そのひびわれ深さを評価する方法について検討すると共に、その際の部材寸法の若干の変化が応答スペクトルに及ぼす影響についても検討した。曲げひびわれ評価の実験に使用した供試体寸法は、無筋コンクリートの場合には $10 \times 7.5 \times 40$ cm、鉄筋コンクリートの場合には $10 \times 7.5 \times 39$ cmとし、また部材寸法が応答スペクトルに及ぼす影響を調査する実験では、断面一定(幅 $B=7.5$ cm, 高さ $H=10$ cm)でその長さ L が $39 \sim 42$ cmまで1 cm毎に変化するケースと、部材長さ L と幅 B が一定($L=40$ cm, $B=7.5$ cm)で、その高さ H が $9 \sim 12$ cmまで1 cm毎に変化する無筋コンクリートのケースについて検討した。使用したコンクリートは粗骨材最大寸法 20 mm、水セメント比 $W/C=60\%$ のAEコンクリートである。人工ひびわれの導入は、無筋コンクリートについては幅約1.2 mmのカッターを用いて所定深さになるように切り欠き、また鉄筋コンクリートでは、厚さ約3 mmのスチロール樹脂板を所定の深さとなるように鉄筋と共に埋め込み、脱型後にこれをかき出して導入した。曲げひびわれ導入は、無筋コンクリート部材については、予め外部よりプレストレスを導入し、単純張りの状態で一点載荷曲げ試験を行なって導入した。また鉄筋コンクリート部材は、鉄筋の配置してある側のかぶりコンクリートをカッターで切り欠いた後、同様に一点載荷曲げ試験を行なって導入し、ひびわれ導入前後の応答スペクトルを測定した。曲げひびわれ深さは、約 4 kgf/cm^2 の圧力容器中でひびわれ導入した供試体を着色液(ピンソール原液の3倍液)中に約24時間浸した後、これを取り出してひびわれ面で割裂し、そのひびわれ面の着色部分より、ひびわれ深さを求めた。図-1は人工ひびわれを有する無筋および鉄筋コンクリート部材の形状寸法およびひびわれ位置を示している。

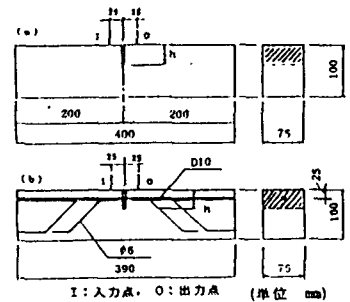


図-1 供試体の形状寸法、および人工ひびわれ配置状況

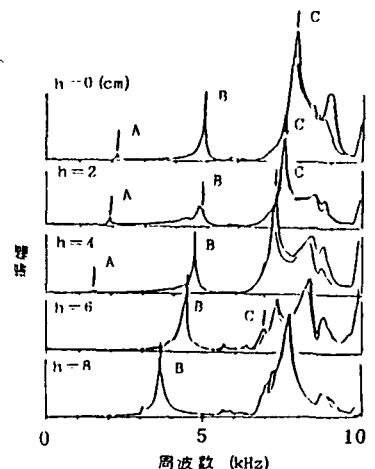


図-2 無筋コンクリート部材の人工ひびわれ深さ h の増加に伴う応答スペクトルの変化状況

測定では発信側電圧と受信波増幅率を一定にし、発信側に音速測定で使用する圧電素子トランスデューサを、また受信側に圧電加速度計を使用して、周波数領域 $0 \sim 10 \text{ kHz}$ 間で測定した。

3. 結果および考察 図-2および図-3は、無筋および鉄筋コンクリート部材における人工ひびわれ深さの増加に伴う応答スペクトルの変化状況を示している。ピークA,B,Cはここで着目したピークであり、各ピークは人工ひびわれ深さの増加に伴って漸次低周波数側へ移動している様子が判る。ピークAは始め約 2 kHz 付近にあり、ひびわ

れ深さ h の増加に伴って大きな割合で低周波数側へ移動し、またピークBは始め約5kHz付近にあり、 h の増加に伴って始めの内は変化率が小さいが、ひびわれ深さが大きくなると急激に低周波数側へ移動するのが判る。またピークCはその振幅が大きくて h が部材高さ H の約1/2以下では明瞭であり、ひびわれ深さの変化に対するピーク周波数の変化率も比較的大きいが、 h が $H/2$ 以上ではそのピーク振幅が急激に小さくなり、不明瞭となっている。

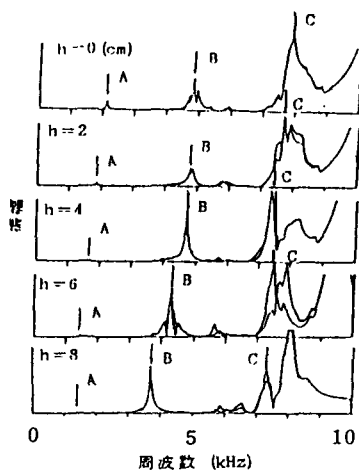


図-3 鉄筋コンクリート部材の人工ひび割れ深さ h の増加に伴う応答スペクトルの変化状況

図-4は縦軸にひびわれ深さ0の場合のピークA, Bの周波数 f_{A0} , f_{B0} に対するひびわれ深さ h の場合のピーク周波数 f_{Ah} , f_{Bh} の比 $n_A = f_{Ah}/f_{A0}$, $n_B = f_{Bh}/f_{B0}$ を取り、また横軸に部材高さ H に対する h の比 h/H を取って、無筋および鉄筋コンクリート部材における人工ひびわれによる参照曲線を求め、同時に曲げひびわれ深さとひびわれ導入前後のピーク周波数比の関係をプロットしたものである。この図において、曲線の左にあるものはひびわれ深さを過大評価し、また右にあるものは過小評価していることになる。曲げひびわれ深さの測定結果は n_A , n_B 共にほぼ曲線の近くにあるが、全体的には若干過小評価の傾向があること、無筋コンクリートと鉄筋コンクリートとは参照曲線が若干異なることが判る。この過小評価の原因は、着色液が曲げひびわれ先端部の遷移領域までしみ込んだか、またはこのような部分では割れている部分とそうでない部分が混在するため、あるいはひびわれ幅が非常に小さく、ひびわれ面が激しい凹凸を持つため、摩擦等により、超音波の一部が通過するためと考えられる。

図-5および図-6は部材断面一定でその長さ L が変化する場合、および部材長さ L と幅 B が一定でその高さ H が変化する場合の、ピーク周波数比 n_A , n_B とひびわれ深さ比 h/H との関係を示している。 n_A 曲線は両図共に、この程度の部材寸法の変化では n_A 曲線の変化が明瞭でなく、ほぼ一本の曲線で代表出来るものと考えられる。しかしながら n_B 曲線では、断面一定で部材長さ L が変化するケースでは L の増加と共に曲線の勾配が緩になり、また高さ H が変化するケースでは H の増加に伴って n_B 曲線の勾配が急になることが判る。これはピーク周波数 f_{A0} , f_{B0} が部材の形状共振に基づいており、部材寸法の変化がその断面剛性に影響するためと考えられる。

4. 結論 応答スペクトルを用いて無筋および鉄筋コンクリート部材に発生する曲げひびわれ深さをほぼ評価することが可能である。

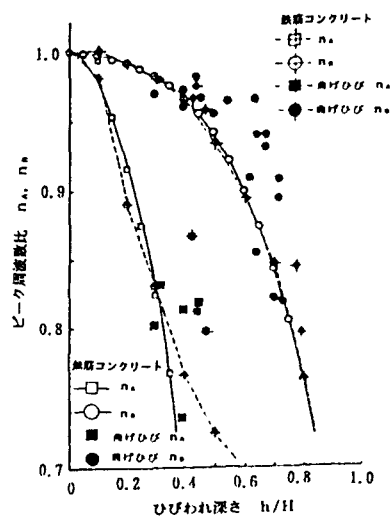


図-4 ピーク周波数 n_A , n_B と人工ひび割れ深さおよび曲げひび割れ深さ(h/H)との関係

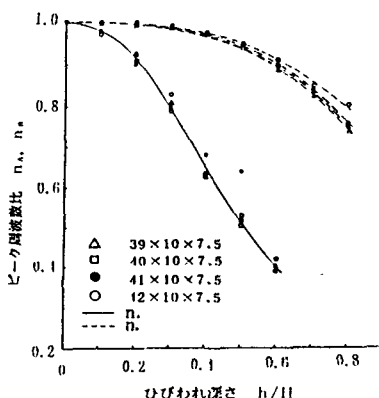


図-5 断面一定で、長さ L が変化する場合の n_A , n_B と h/H との関係

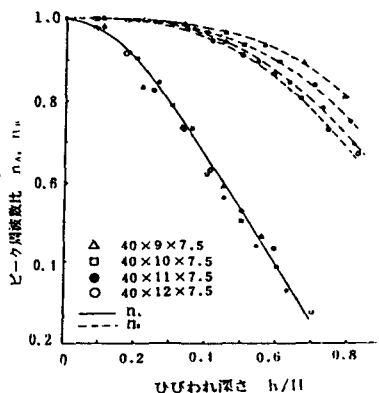


図-6 長さ L と幅 B が一定で、高さ H が変化する場合の n_A , n_B と h/H との関係