

# 内部欠陥が弾性波伝搬特性へ及ぼす影響に関する基礎的検討

徳島大学 賛助会員 ○森成美 徳島大学大学院 正会員 渡辺健  
徳島大学大学院 フェロー 橋本親典 徳島大学大学院 正会員 石丸啓輔

## 1. はじめに

非破壊検査を用いた構造物の点検手法の確立及びそれらの精度向上は、今後、維持管理を実施する上で重要な課題のひとつである。弾性波を用いた非破壊試験では、弾性波の伝搬挙動が評価対象物の損傷度合や力学特性、欠陥の寸法や形状等に応じて変化することを利用して実施されている。弾性波を用いた非破壊試験の既往の研究<sup>1)</sup>では、伝搬時間や振幅値を用いた指標で検討されている。本研究では、原波形から得られる周波数スペクトル、伝搬速度に着目した指標を用いて、内部欠陥の大きさおよび量による弾性波特性への影響について定量的に評価可能か検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体

供試体は、 $\phi 100 \times 100\text{mm}$ 、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 、 $\phi 100 \times 400\text{mm}$ の3種類の高さに設定し、モルタルで作製後、28日間水中養生を行った。表-1に各供試体高さにおける内部空隙率とその大きさについて示す。内部欠陥は発泡スチロールを模擬空隙として用い、その割合を0%、2%、5%とした。また、2%、5%では発泡スチロールの大きさ5mm角、10mm角、20mm角をそれぞれ、モルタルを練る際に混入させ、供試体を作製した。

### 2.1 計測方法

弾性波の計測には、超音波法と衝撃弾性波法を用いた。超音波法、衝撃弾性波法のセンサの位置は、送信子、受信子を供試体の対になる面に設置した。超音波法での入力周波数は400kHzとし、電圧200Vで一定とした。衝撃弾性波法では、鋼球15mmのハンマを用いて送信子側を打撃することにより、波形入力を行った。打撃回数は5秒間につき10回程度、多重反射を使用した場合5秒間につき1回とした。記録した原波形は、波の立ち上がりから超音波法ではポイント数4096、衝撃弾性波法ではポイント数512で高速フーリエ変換(FFT)し、周波数スペクトルを算出した。

## 3. 試験結果

### 3.1 伝搬速度による評価

図-1に超音波法での伝搬速度、図-2に衝撃弾性波法での伝搬速度について示す。超音波法では、計測波形の初動の立ち上がり時間を目視で確認し、弾性波伝搬速度を算出した。衝撃弾性波法では、多重反射する共振周波数と、供試体の長さLの2倍を掛け合わせることで弾性波速度を算出した。

図-1より、高さ200mm、400mmでは、空隙率に着目すると、空隙率が大きくなると伝搬速度は遅くなる傾向があることが確認できる。また空隙の大きさに着目すると、空隙が小さくなるほど伝搬速度は遅くなる傾向があることが確認できる。これは、空隙率が小

表-1 内部空隙の大きさ

供試体高さ	空隙率	空隙の大きさ
$\phi 100 \times 100\text{mm}$	0%	
	2%	5mm
		10mm
$\phi 100 \times 200\text{mm}$		20mm
$\phi 100 \times 400\text{mm}$	5%	5mm
		10mm
		20mm

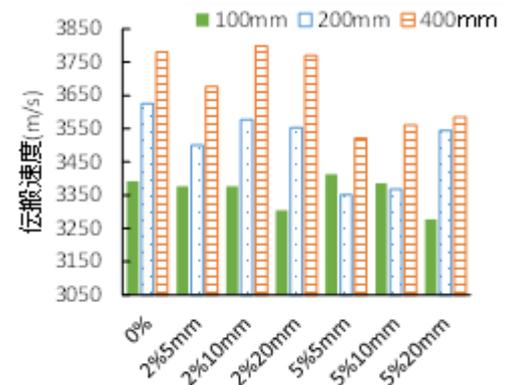


図-1 伝搬速度 (超音波法)

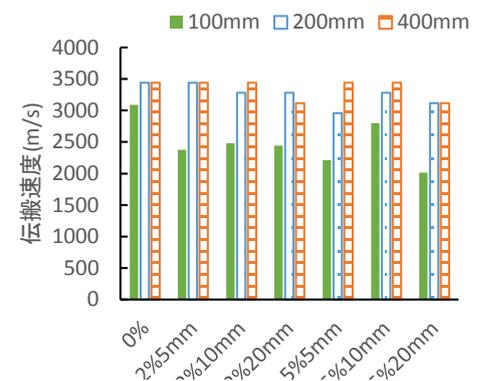


図-2 伝搬速度 (衝撃弾性波法)

さくなることや空隙の大きさが小さくなることにより、反射や屈折を繰り返す回数が多くなったため、伝搬速度が遅くなったと考えられる。しかし、高さ 100mm では同様の結果は得られず、どの空隙量においても伝搬速度が 3350m/s 付近であることが確認できる。この理由については明確ではないが、高さ 200mm、400mm に比べて高さ 100mm では、絶対的に内部欠陥である空隙の個数が少なかったため、反射や屈折の影響を受けなかったことが一因と考えられる。

図-2 より、衝撃弾性波法では高さ 200mm、400mm では空隙率や大きさについてはほとんど変化しないことが確認できる。これは、多重反射の基本周波数が生じていると考えれば波長は供試体の 2 倍であり、空隙の大きさに比べて波長が非常に長いためと考えられる。

### 3.2 重心周波数による評価

図-3 に超音波法での重心周波数を算出し、重心周波数と空隙率の関係を表したものを示す。超音波法では、空隙率に着目すると、空隙率が大きくなると重心周波数は小さくなることを確認できる。空隙の大きさに着目すると、空隙が大きくなるほど、近似直線の傾きが小さくなることを確認できる。これは、空隙率が小さくなることや空隙の大きさが小さくなることにより、反射や回折を繰り返す回数が多くなったため、小さくなることが考えられる。また、供試体の高さが大きくなるほど重心周波数の近似直線の傾きが小さくなることを確認できる。これは、距離減衰による影響を受けたため小さくなると思われるが、供試体の高さが変わっても空隙率や大きさによる変化は同様の結果が得られた。

### 3.3 波形減衰での評価

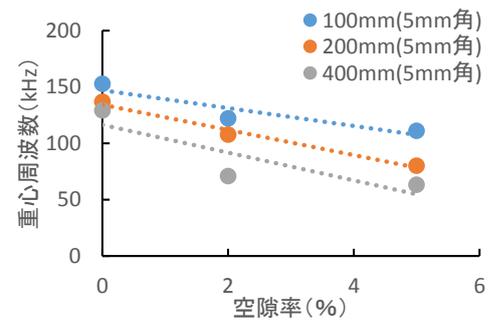
衝撃弾性波法での多重反射を使用した計測では、波形減衰の傾向を定量化するために、得られた波形の波形面積を算出し、その値を供試体の高さで割った値の評価を行った。相対的な比較とするため、各波形の最大振幅値を 1 としてそれぞれ計算した後に比較することとした。その結果を図-4 に示す。空隙率に着目すると、空隙率が大きくなると減衰傾向を示す値は小さくなる傾向があることが確認できる。しかし、空隙の大きさに着目すると、空隙率 2% では空隙が大きくなると減衰傾向を示す値は小さくなるが、空隙率 5% ではその傾向が確認できない。したがって、多重反射を利用した評価では、空隙率については評価することができるが、空隙の大きさについては、今後検討していく必要があると考えられる。

## 4. まとめ

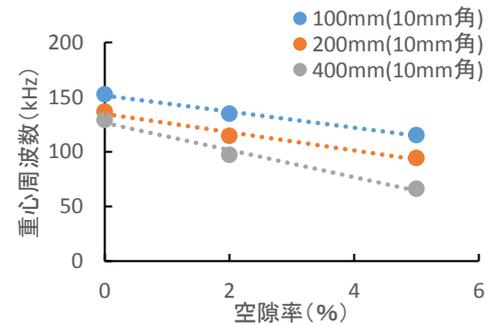
超音波法での重心周波数、伝搬速度を用いて、内部欠陥の大きさおよび量を定量化できる可能性を示した。

### 参考文献

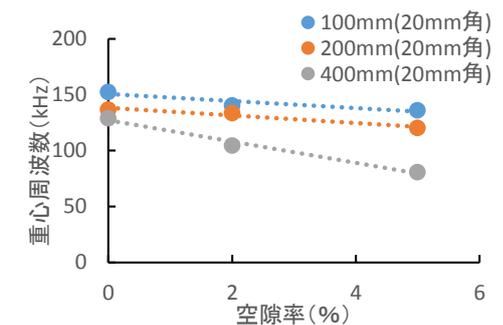
- 1) 山口喜堂、渡辺健、橋本親典、石丸啓輔：衝撃弾性波法（表面波法）を用いたコンクリートの表面ひび割れの評価，コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.1867-1872、2013



(1)空隙径 5mm



(2)空隙径 10mm



(3)空隙径 20mm

図-3 重心周波数（超音波法）

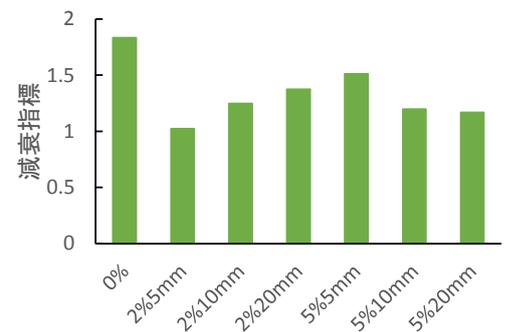


図-4 波形減衰での評価