

V-18 衝撃弾性波法における弾性波伝播速度の検討と部材長さの同定に関する考察

徳島大学大学院	学生会員	○野上 茜
徳島大学工学部	正会員	渡辺 健
函館工業高等専門学校	正会員	橋本 紳一郎
徳島大学工学部	正会員	橋本 親典

1 はじめに

弾性波を利用した非破壊検査手法である衝撃弾性波法¹⁾では、その伝播速度を事前に正しく計測しておくことが非常に重要となるが、コンクリート構造物における弾性波速度の計測においては、弾性波の波長と部材寸法の関係より、見た目の伝播速度が変化することが指摘されている^{2,3)}。

そこで本研究では、コンクリートの部材寸法と伝播する弾性波の波長の関係が、弾性波伝播速度の計測結果にどのように影響するかを、実験的に検討することにした。また、得られた伝播速度を用いてインパクトエコー法により、部材長さの同定を試みた。

2 衝撃弾性波法

衝撃弾性波法は、機械的な外力により弾性波をコンクリート表面より入力し、伝播および反射した弾性波をコンクリート表面に設置したセンサにより検出し、これを分析することによってコンクリートに関する種々な情報を得て検査する方法である。鋼球を用いた機械的な衝撃力により発生する弾性波の上限周波数は、鋼球とコンクリート表面との接触時間により決定される。鋼球の直径を $D(m)$ とすると、接触時間 T_c および上限周波数 f_c はそれぞれ式(1)、(2)より決定される。

$$T_c = 0.0043D \quad (1) \quad f_c = \frac{1.25}{T_c} \quad (2)$$

また、コンクリート供試体内部で得られる周波数スペクトルは、コンクリートの厚さによるピーク周波数が出現すると考えられている。弾性波伝播速度 $V_p(m/s)$ 、部材長さを $L(m)$ とすると、長さによるピーク周波数 f_L は、式(3)のように表される。

$$f_L = \frac{V_p}{2L} \quad (3)$$

3 実験概要

本実験では、波長と部材寸法の関係について調べるために、長さの異なるコンクリート供試体を 5 種類用意した。それらの寸法はそれぞれ、 $100 \times 100 \times 100mm$ 、 $100 \times 100 \times 200mm$ 、 $100 \times 100 \times 400mm$ 、 $100 \times 100 \times 600mm$ 、 $100 \times 100 \times 1200mm$ である。

直径の異なる鋼球および周波数の異なる超音波発振子を用いて、コンクリート供試体端部から弾性波を入力し、伝播する弾性波を供試体に取り付けた 2 つの周波数広帯域 AE センサによって受振することにより、弾性波を検出した。使用した鋼球の直径と、式(1)、(2)よりもとめた上限周波数、超音波発振子により入力される周波数および入力波長を表-1 に示す。この波長は、予備試験として実施した、超音波計測器により計測した弾性波伝播速度 $V_p=4025m/s$ より算出した。計測におけるサンプリングタイムは、鋼球および超音波による入力において、それぞれ $1\mu sec$ とし、サンプリング数は 2048 とした。また供試体端部に加速度計を取り付け、同一の面を鋼球で打撃することにより、インパクトエコー試験を実施した。

4 結果と考察

供試体を両端支持し、センサを供試体端部に設置した際の計測による結果を図-1 に示す。鋼球による入力を用いた計測では、供試体長さ $100mm$ を除くと、鋼球径がいずれの場合においても、弾性波伝播速度は

表-1 上限周波数

入力方法		入力できる 上限周波数 (kHz)	波長(mm) ($V_p=4025m/s$)
鋼球による 衝撃力	5.5mm	52.9	76.1
	9.5mm	30.6	131.5
	15.9mm	18.3	219.9
	19.0mm	15.3	263.1
超音波 発振子	28kHz	28	143.8
	200kHz	200	20.1

予備試験とほぼ等しい値となり、精度の良い結果となった。超音波発振子による入力周波数が 200kHz および 28kHz を用いた計測では、供試体長さ 100mm での結果を除いて、弾性波伝播速度が 4000～4200m/s 程度になっている。この値も、予備試験とほぼ一致した。

鋼球径が 5.5mm の場合は、表-1 より波長は 76.1mm であり、供試体の断面寸法の 100mm よりも短い。その他の鋼球径では、波長が断面寸法よりも長い、その影響はほとんど見られない。鋼球径が 15.9mm および 19.0mm では波長がそれぞれ、219.9mm および 263.1mm である。そのため、波長より部材長さの長い 100×100×400mm の供試体もしくは、それより部材長さの長い供試体では伝播速度が正確に計測されることになる。鋼球径が、15.9mm と 19.0mm において、供試体長さが 200mm では、速度が 5.5mm および 9.5mm よりも速くなっており、波長が部材長さより長くなる場合は、見かけの弾性波伝播速度に影響を与えることが確認された。供試体長さが長くなるにつれて徐々に見かけの速度が遅くなる傾向がある。これは波の減衰により、波の立ち上がりが鈍くなっているためと考えられる。

インパクトエコー法に基づき、式(3)を用いて弾性波伝播速度とピーク周波数より、部材長さを算出した。その結果を表-2 に表す。また、実際に測定した供試体の長さ、と、表-2 の部材長さとの比較を表-3 に示す。表-3 より、400mm、600mm、1200mm において、実際の部材長さとの誤差は、それぞれ 12%、8%、7%となった。供試体長さが短くなるにつれて、実際の長さより誤差は大きくなった。これは、供試体長さが短いほど見かけの速度が速いため、相対的に算定値が長くなったためである。

5 まとめ

(1) 今回の実験の範囲では、波長と弾性波伝播方向と直交する断面寸法との関係は小さく、波長と部材長さの関係については、波長が部材長さより長い場合、弾性波伝播速度に影響を与えることが確認された。

(2) 実験で得られたデータをもとに、部材長さが誤差 10%程度の範囲内で得られることが分かった。

6 参考文献

- (1) 土木学会：弾性波法によるコンクリートの非破壊検査に関する委員会報告およびシンポジウム論文集，pp.124-125，2004.8
- (2) British Standards Institution：BS1881 Part203，1986
- (3) 斎藤秀樹，吉荒俊克，長井辰之，松沢英俊：マルチチャンネル衝撃弾性波法によるコンクリートの非破壊試験，物理探査学会第 109 回（平成 15 年度秋期）学術講演会論文集，2003.10

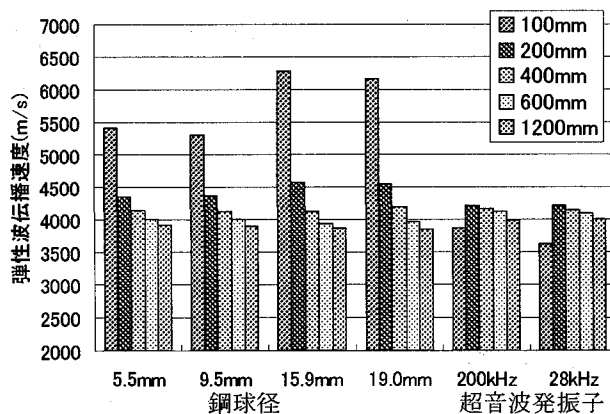


図-1 センサを供試体端部に設置した際の弾性波伝播速度

表-2 ピーク周波数より算出した部材長さ

供試体長さ	鋼球径	弾性波伝播速度 (m/s)	ピーク周波数 (kHz)	算定した部材長さ L (mm)
400mm	9.5mm	4120	4.600	450
	15.9mm	4057	4.600	440
600mm	9.5mm	4027	3.075	650
	15.9mm	4024	3.075	650
1200mm	9.5mm	3974	1.550	1280
	15.9mm	3934	1.550	1270

表-3 ピーク周波数より算出した部材長さと実測値の比較

供試体長さ	鋼球径	実測値 (mm)	算定値 L (mm)	実測値との誤差
400mm	9.5mm	399	450	12%
	15.9mm		440	
600mm	9.5mm	597	650	8%
	15.9mm		650	
1200mm	9.5mm	1199	1280	7%
	15.9mm		1270	