

内部欠陥を有するコンクリート供試体を用いた 波動伝播速度に関する基礎的研究

東北学院大学工学部 環境建設工学科 ○学生会員 李 東建
東北学院大学工学部 環境建設工学科 非会員 渡邊 秀太
東北学院大学工学部 環境建設工学科 正会員 李 相勲

1. はじめに

衝撃弾性波法¹⁾は主にコンクリート部材を対象とする非破壊検査の1つであり、鋼球のようなインパクトで対象物の表面を叩くことで弾性波を発生させ、表面に設置する振動センサによりその振動波形を計測・分析することで測定対象のコンクリート部材の厚さ、内部欠陥の有無、損傷程度などを推定する方法である。

本研究では、大きさと形態の異なる内部欠陥を設けたコンクリート供試体を製作し、欠陥のない部分と欠陥がある部分に対して衝撃弾性波法による波動伝播速度を測定した。厚さ方向の振動測定にはコンクリート板の両面にそれぞれ加速度センサを接触させ振動波形を得た。この振動波形の周波数分析からピーク振動数と位相角を求め、厚さ方向の伸び縮み振動の有無を調べることで、波動伝播速度を決定するための精度を高めるなど測定技術の向上のための基礎的研究を行った。また、実験時の打撃表面の状態や湿度の影響についても検討を行った。

2. 衝撃弾性波の概要

衝撃弾性波とは固体に衝撃を与えることで物質内の粒子が密度を変化させ、それが波となって現れたものである。対象物を鋼球などで打撃し生じた弾性波を対象物表面に接触させた受振子で受振することで対象物内部の欠陥までの距離や大きさを測定するのが衝撃弾性波法である。この原理は、超音波でも用いられているが、コンクリートが対象の場合では材質が不均一であるため、高周波帯域である超音波は減衰が著しく、測定は難しいとされている。一方、衝撃弾性波法は、超音波法に比べても大きなエ

ネルギーを持つ弾性波を発生させるため、深い位置の欠陥特定に適している。また、インパクトの大きさや種類、センサの受振位置などを変えるなどさまざまな試験方法があり幅広い適応性をもった試験方法であるといえる。

3. 試験体の概要と実測面

本研究の測定では、図 1.1 に示すような疑似内部欠陥埋め込みスラブ型試験体である。表面の状態は A 面が粗い状態、B 面が滑らかな状態になっていた。打撃位置は欠陥がない A～L を A 面と B 面から両方叩き伝播速度を求めた。

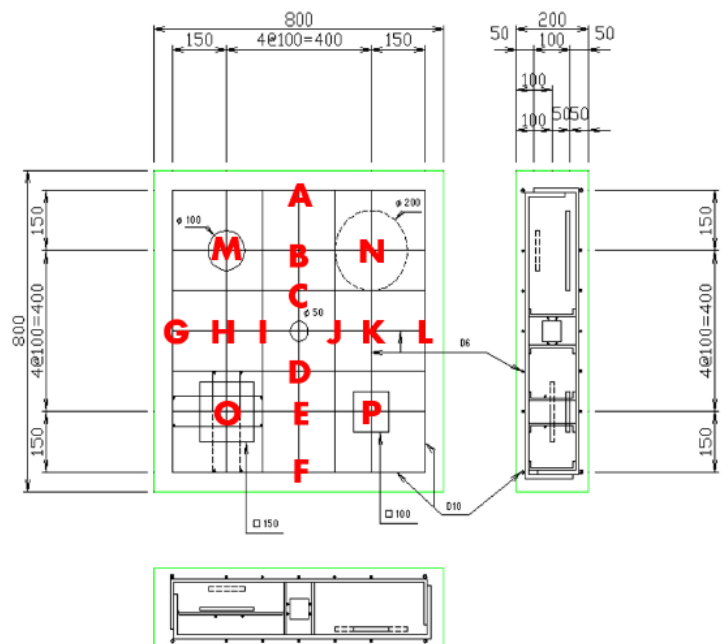


図 1 試験体 A 面

キーワード: 波動伝播速度, 内部欠陥, 衝撃弾性波法, 厚さ方向の振動

連絡先 〒986-8537 多賀城市中央 1-13-1 TEL 022-368-7213

4. 振動モードを考慮した弾性波速度の測定方法

1) 測定方法

測定の流れを以下に説明する。

図 2 のように加速度センサ A,B を供試体に挟み測定し、弾性波のデータを図 3 のような加速度スペクトルを求める。このスペクトルのピーク振動数が厚さ方向の振動モードに該当する場合、次式(1)によって波動伝播速度 V を求める。

$$D=V/2f \text{ or } V=2Df \quad (1)$$

ここに、 D :試験体の厚さ(m), V :伝播速度(m/s), f :振動数(Hz)

ただし、加速度スペクトルには多数の振動数成分に当たるピークが存在し、どの振動数を用いるべきかの判断が難しい。そこで、本研究では両測定面のセンサから求めた加速度スペクトルの各ピーク振動数（複素数）から位相角を取り出して、少なくとも測定点の振動モードが厚さ方向の振動（逆位相）か横揺れ（同位相）かを明らかにした。図 4 の単位円に示した 2 つの矢印の方向によって加速度スペクトルの各ピーク振動数に対する振動モードを判別する。位相角を考慮して求めた厚さ方向の振動モードに該当する各測定点における弾性波速度を表- 1 にまとめた。

結果を見ると、供試体面の表面状態による伝播速度の影響はあまり見受けられなかった。

2) 各測定面における測定結果

A 面の A~L 点の平均伝播速度は 3666m/s であり、A 面の偏差は 114.80 であった。B 面の A~L 点の平均伝播速度は 3700m/s で、B 面の偏差は 114.04 であった。表面の質感による伝播速度への影響はあまり見られなかった。

3) 湿度差の結果への影響

図 5 の左図は湿度が 17.7%,右図は湿度が 63.7%である。湿度が高いと高周波数成分が取れることが分かった。これはコンクリート中の空隙に水分が埋まることでより多くの高周波数成分が取れる。

5. 結論

今回の研究を経て以下の知見を得た。

- 1) 振動モードを考慮することで、厚さ方向の共振周波数を確実に得ることができた。
- 2) 衝撃を与えるコンクリート供試体の表面状態による伝播速度への影響はあまり見られなかった。
- 3) 湿度が高いほど高周波数成分が取れやすい傾向が

あり、測定厚さが小さい構造物には湿度が高い状態で測定するのが望ましい。

参考文献

- 1) NJ. Carino, M. Sansalone, NN. Hsu : Flaw detection in concrete by frequency spectrum analysis of impact-echo waveforms, International Advances in Nondestructive Testing, MaGonagle WJ. Editor, Gordon & Breach, New York, pp.117-146, 1986

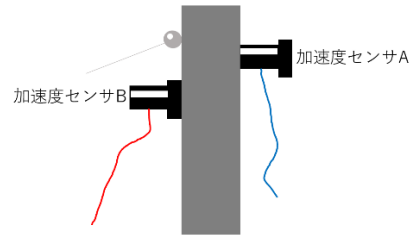


図 2 測定条件

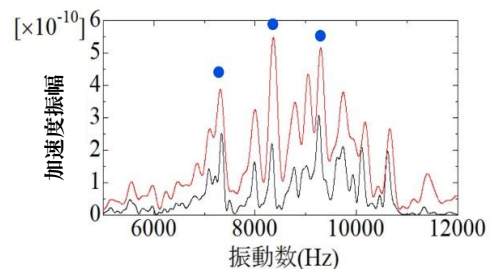


図 3 両測定面のフーリエ加速度スペクトル

測定点	A	B	C	D	E	F
	G	H	I	J	K	L
弾性波速度	3767	3790	3522	3635	3766	3596
	3506	3752	3562	3538	3866	3691
A面	3781	3797	3536	3634	3778	3662
	3729	3896	3563	3600	3870	3704
B面						

表-1 A~L 点までの伝播速度

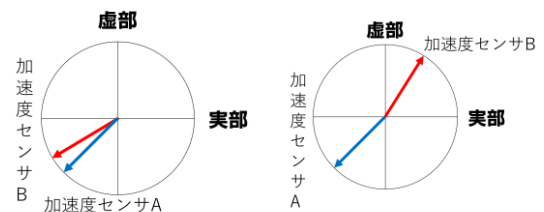


図 4 両測定面における波動の位相角

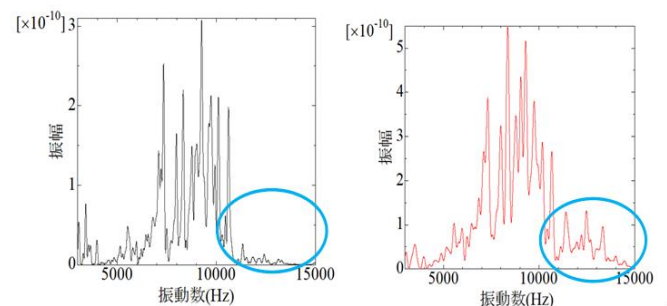


図 5 湿度差による結果の比較