

衝撃弾性波法を用いたコンクリート構造物の欠陥探査システムの検証

東北学院大学工学部 学生会員 ○渡邊 正典
東北学院大学工学部 正会員 李 相勲
東北学院大学工学部 正会員 石川 雅美

1. はじめに

近年、建設後 10～20 年という早い時期に劣化現象を生ずるコンクリート構造物が多数存在している．そのため構造物を維持・管理するための耐久性診断の重要性が高まる中、構造物の健全性を適切に評価する手法として構造物に損傷を与えずに簡便に試験できる非破壊検査技術の確立が強く望まれている．

本研究では、衝撃弾性波法を用いて構造物の厚さや欠陥などの探査システムを構築し、擬似的に内部欠陥を作成した試験体に対し測定を行い、欠陥の深さや位置の評価が可能であるか実験的に検討した．

2. 測定システム概要

本測定システムは、受振子（加速度計）、データロガー（FFT 解析機能内蔵）、インパクター（鋼球）、波形処理装置としてコンピュータを使用している．（図 1）

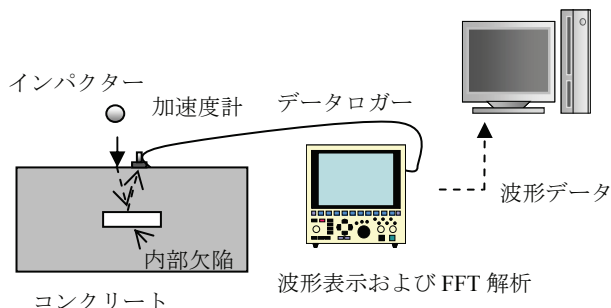


図 1 測定システム構成図

3. 測定原理^{1) 2)}

衝撃弾性波法は、コンクリート表面に受振子（加速度計）を接触させ、試験対象物に鋼球等で衝撃を与えることで弾性波を発生させ、対象物中を伝播した弾性波を受振子で受振し、その弾性波を FFT 解析により得られる共振周波数を用いて内部の欠陥の位置や寸法を測定する方法である．そして、得られた共振周波数と既知の弾性波伝播速度を式（1）に代入して測定長さを求めることができる．また、この式（1）で伝播速度や共振周波数の予測値も算出できる．

$$T=C_p/2f_p \quad (1)$$

ここで、 T :測定長さ、 C_p :伝播速度、 f_p :共振周波数である．

4. 実験概要

4.1 試験体の概要

試験体として、100x150x300mm のコンクリート試験体に対し、70x70x10mm のアクリル板でそれぞれの深さごとに内部欠陥を作成した．また、同材料で製作した直方体の試験体に対する共振周波数測定により伝播速度を 3882m/s とする．試験体の概要を図 2 に、内部欠陥深さを表 1 に示す．

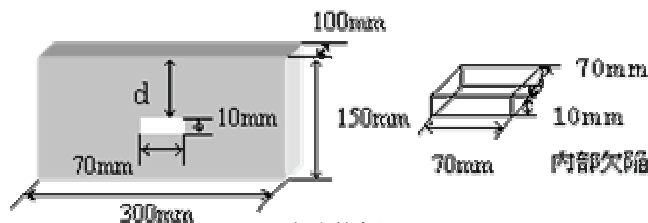


図 2 試験体概要

表 1 内部欠陥深さ d

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
d (mm)	125mm	105mm	85mm	75mm	55mm	35mm	15mm

4.2 測定方法

コンクリート表面に手で加速度計を接触させ、鋼球で加速度計にできるだけ近いところに、高さ 10cm からの自由落下で衝撃を与える．そのとき発生した弾性波を FFT 解析することによって共振周波数を測定した．また、測定位置として健全部、欠陥中央部、欠陥端部の 3 箇所を測定し、それぞれの測定位置で周波数スペクトルに与える影響を比較した．図 3 に測定位置の概要を示す．使用した鋼球は直径 6mm、11mm とする．

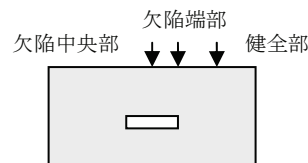


図 3 測定位置 3点

キーワード 衝撃弾性波法、内部欠陥、共振周波数

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1 東北学院大学工学部環境建設工学科 TEL(022)368-721

5. 測定結果および考察

5.1 内部欠陥深さ測定

図4に内部欠陥中央部での測定による周波数スペクトルを示す。図中の点線は内部欠陥深さでの予測共振周波数を表している。内部欠陥深さ55mmの周波数スペクトルでは、予測値付近に共振周波数はあるものの、振幅のピーク値が小さく、低周波数帯に存在する共振周波数と比較した場合、判断しづらい結果となった。これは、 $d=55\text{mm}$ で必要とする周波数成分35291Hzに対し、加速度計の測定範囲が25000Hzであるため、測定範囲外であることがその原因として考えられる。 $d=85\text{mm}$ では、予測値付近に複数のスペクトルは存在するが、明確な共振周波数は得られなかった。これは、作成した試験体の欠陥が斜めになっているなど、内部状況良くないためであると推測される。内部欠陥深さ75mm、105mmでは、予測値付近に共振周波数の存在が確認できる。これにより、本測定システムでは、内部欠陥深さ75mmの浅い欠陥まで測定できることがわかる。

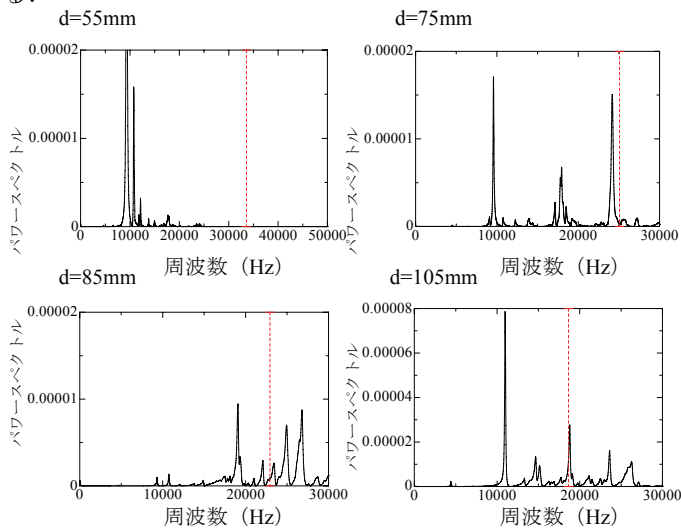


図4 各欠陥深さの周波数スペクトル

5.2 内部欠陥位置測定

図5、図6、図7に測定位置3点での測定による各欠陥深さの周波数スペクトルを示す。図中の点線は、左が健全部、右が内部欠陥の予測共振周波数を示す。 $d=75\text{mm}$ (図5)では、健全部で測定した場合、健全部での予測値付近に卓越した共振周波数(ピーク周波数)が存在し、欠陥中央部の予測値付近にはピーク周波数が見られなかった。それに対し、欠陥中央部で測定した場合は、健全部での予測値にピーク周波数は見られず、欠陥中央部の予測値にピーク周波数が見られた。これは、確実に内部欠陥を検出していることを表す。

この傾向は $d=105\text{mm}$ 、 $d=125\text{mm}$ にも(図6、図7)にも現れた。しかし、欠陥端部での測定では、どちらの予測値にもピーク周波数が見られなかった。これは、弾性波が垂直に反射せず、乱反射し、周波数スペクトルにその影響が現れたと考えられる。

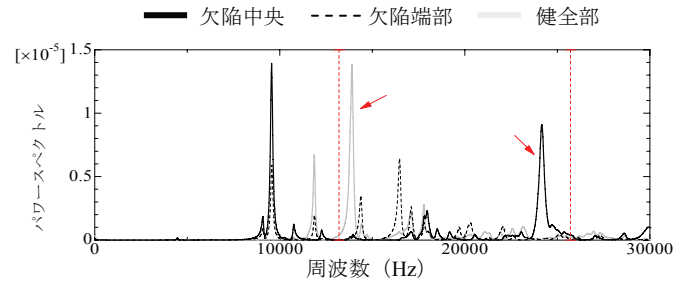


図5 $d=75\text{mm}$ の測定位置3点による周波数スペクトルの比較

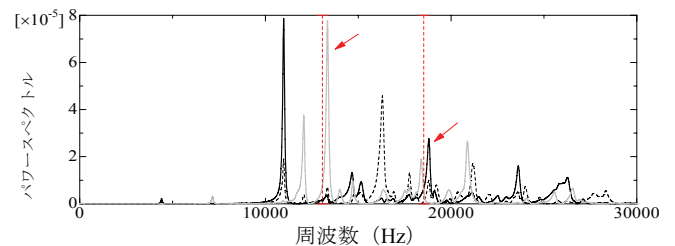


図6 $d=105\text{mm}$ の測定位置3点による周波数スペクトルの比較

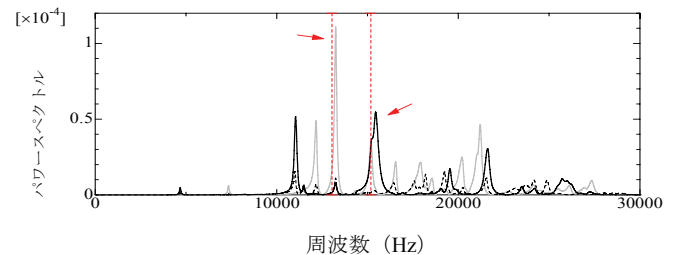


図7 $d=125\text{mm}$ の測定位置3点による周波数スペクトルの比較

6. まとめ

1. 本測定システムで内部欠陥深さ75mmの浅い欠陥まで測定できることが確認された。
2. 欠陥中央と健全部の比較から、欠陥までの深さに加え、欠陥の幅を一定の精度で特定できることが確認された。

今後は、内部欠陥検出の精度を高めるとともに、実構造物の適用について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート技術シリーズ No.61 弾性波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，2004.8
- 2) Sansalone, M. and Streett, W.B. : Impact-Echo , Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Ithaca, NY and Jersey Shore, PA, 1997