

## 衝撃弾性波法による欠陥探査時における測定間隔の検討

Disputation of time between measurements in fault survey  
by impact elastic wave method

○首藤 浩一 リック㈱  
Kouichi Syutou RIK  
岩野 聡史 リック㈱  
Satoshi Iwano RIK

極檀 邦夫 東海大学  
Kunio Gokudan Tokai Univ.  
境 友昭 アプライド リサーチ㈱  
Tomoaki Sakai Applied Research

## 概 要

衝撃弾性波法における内部欠陥探査は、鋼球でコンクリート表面を打撃した際にコンクリート内部を半球状に発生する弾性波が、内部欠陥とコンクリート表面の多重反射から測定する。平面的に欠陥位置を測定する場合、内部欠陥の大きさより測定間隔を大きくすると内部欠陥を検出できない可能性がある。そこで測定間隔に対して、検出できる内部欠陥の大きさを把握するため、欠陥の大きさに対し、測定位置を変化させて動的 FEM 解析を行い、本法の適用範囲を検討した結果、欠陥の大きさと測定間隔の関係性が得られたので報告する。

キーワード：衝撃弾性波法、動的 FEM 解析、シミュレーション、測定位置

## 1. まえがき

衝撃弾性波法による内部欠陥探査では、本法の特徴である測定箇所の前処理が不要で測定が簡便であるということを生かし、測定間隔を定め、面的に測定を行う。測定間隔は欠陥断面積により決定するが、現場等の欠陥断面積が不明の場合、測定間隔を大きくすると内部欠陥を検出できない可能性がある。そこで、測定間隔に対し、検出できる内部欠陥の大きさを把握するために、欠陥の大きさに対し、測定位置を変化させて動的 FEM 解析を行い、本法の適用範囲を検討した。

## 2. 測定原理

今回、解析で用いたモデルの概要を図 1 に示す。このモデルは、幅 1000mm、高さ 500mm、奥行き 40mm とし二次元として考え、モデル中央、深さ 200mm と 100mm の位置に幅 200mm、縦 20mm の欠陥モデルを配置した。衝撃荷重は 1N とし、100  $\mu$  sec の半端正弦波を入力する。出力は加重点近傍の加速度とし、コンクリートモデル上面から 20mm ピッチで測定点を設けた。加速度波形の出力間隔は 10  $\mu$  sec、出力時間は 8ms とし、シミュレーション

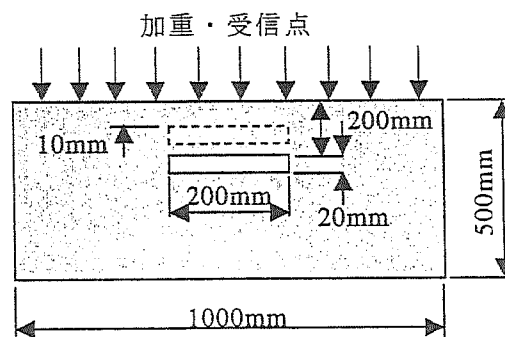


図 1 解析モデル概要

を行った。このコンクリートモデルの材料特性として、コンクリートのヤング率  $E$  は  $3.6 \times 10^9 \text{N/m}^2$ 、ポアソン比  $\nu$  は 0.20、質量密度  $\rho$  は  $2400 \text{kg/m}^3$  とした。なお、このモデルの弾性波速度  $V_p$  はヤング率  $E$ 、ポアソン比  $\nu$ 、質量密度  $\rho$  の関係式 (式 1) より約 4000m/s となる。

PC 構造物の検査のための非破壊検査方法 (II)

弾性波が発生する。このため、離開した欠陥であっても、欠陥部で反射する縦弾性波が存在し、影響したものと考えられる。20mm から 100mm、880mm から 980mm では、コンクリートモデル深さおよび欠陥モデル深さとは異なる厚さが測定された。これは、欠陥モデル部と同様にコンクリート内部に発生した縦弾性波は、コンクリート内部を半球状に伝搬していく。このため、コンクリートモデル端部から 100mm と離開しているが、コンクリートモデル端部で反射する縦弾性波の影響を受けたものと考えられる。

3.2 欠陥深さ 100mm

欠陥深さ 100mm での、測定結果を 図 4 に、各測点での振動数解析結果および式 2 からの測定深さを表 2 に示す。

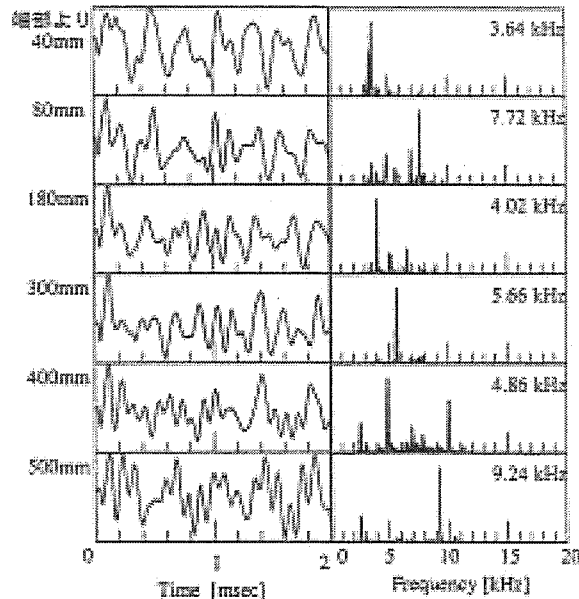


図 3 欠陥深さ 200mm での主な速度波形および振動数解析結果

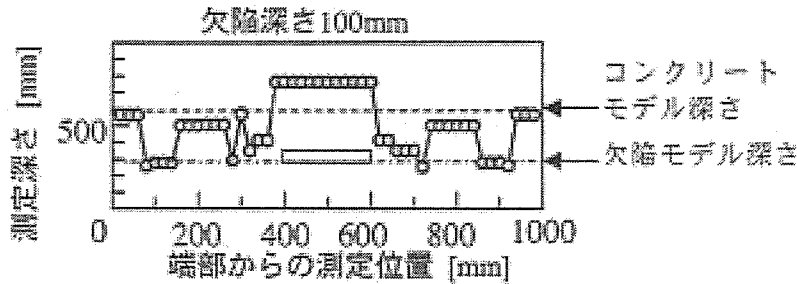


図 4 欠陥深さ 100mm での測定深さ結果

表 2 欠陥深さ 100mm での振動数と式 2 からの測定厚さ

端部からの距離 mm	振動数 kHz	式 2 からの測定深さ mm	端部からの距離 mm	振動数 kHz	式 2 からの測定深さ mm	端部からの距離 mm	振動数 kHz	式 2 からの測定深さ mm
20	3.45	580	360	4.87	411	700	5.70	351
40	3.45	580	380	2.82	763	720	7.88	254
60	3.45	580	400	2.82	763	740	4.00	500
80	7.72	258	420	2.82	763	760	4.00	500
100	7.19	278	440	2.84	758	780	4.00	500
120	7.19	278	460	2.84	758	800	3.99	501
140	7.21	277	480	2.84	758	820	3.99	501
160	3.99	501	500	2.84	758	840	3.99	501
180	3.99	501	520	2.84	758	860	7.20	278
200	3.99	501	540	2.84	758	880	7.19	278
220	3.97	504	560	2.82	763	900	7.19	278
240	3.97	504	580	2.82	763	920	7.72	258
260	3.97	504	600	2.82	763	940	3.53	567
280	6.87	291	620	4.87	411	960	3.53	567
300	3.25	818	640	4.87	411	980	3.54	565
320	5.72	350	660	5.72	350			
340	4.87	411	680	5.72	350			

欠陥モデルが位置する、モデル端部より 400mm から 600mm では、コンクリートモデル深さよりも深い測定結果となった。図 5 の欠陥モデル直上での速度波形をみると、他の速度波形と比べ、周期が長く、振幅も大きい。このことから、欠陥モデル直上では、曲げ振動が発生していると考えられる。このことから縦弾性波の多重反射による欠陥深さ測定は難しい。

コンクリートモデル端部から欠陥モデルまででは、コンクリートモデル深さが測定されたのは 160mm から 260mm、740mm から 840mm となった。20mm から 140mm、280mm から 380mm、620mm から 720mm、860mm から 980mm ではコンクリートモデル深さとは異なる振動数が卓越した。図 5 のモデル端部より 80mm の振動数解析結果では、7.72kHz という

コンクリートモデル深さとは異なる振動数が卓越しているが、コンクリートモデル深さを示す 4kHz にも確認できる。これは、欠陥モデル深さ 200mm と同様に、コンクリート内部を伝搬する縦弾性波は半球状に伝搬するため、モデル端部より 20mm から 140mm と 860mm から 980mm のモデル端部付近では、モデル端部からの縦弾性波の反射波の影響、モデル端部より 280mm から 380mm、620mm から 720mm では、欠陥モデルからの縦弾性波の反射波の影響と考えられる。欠陥モデル深さ 100mm では、欠陥深さの測定は難しいが、欠陥モデル位置から 120mm 離間した位置においても、欠陥の存在が確認できる結果となった。

### 3.3 欠陥モデル位置に対する測定箇所による測定への影響

3.1、3.2 のシミュレーション結果から、入力する縦弾性波の拡散により、欠陥モデル直上付近で欠陥の存在を確認できる結果となった。欠陥モデル深さ 200mm では、欠陥モデル位置より 140mm までの測定点に影響が確認され、欠陥モデル深さ 100mm では、欠陥モデル端部より 120mm までの測定点に影響が確認された。欠陥モデル深さ 200mm と 100mm では、欠陥モデル端部による測定上の影響がある範囲が異なる。これは、コンクリート内部で伝搬する縦弾性波が半球状に伝搬していくため、欠陥モデル深さが深いほど、縦弾性波は拡散していくため、影響を受ける範囲が広くなると考えられる。このことから、欠陥深さ測定は欠陥直上で行い、欠陥探査を行う場合、欠陥深さ 200mm、断面積 200mm では、欠陥自体が 200mm、影響範囲が欠陥両端で 280mm、計 480mm となることから、400mm から 450mm 程度、欠陥深さ 100mm では欠陥自体が 200mm、影響範囲が欠陥両端で 240mm、計 440mm となることから 400mm 程度であれば、欠陥を検出できると思われる。

## 4. まとめ

衝撃弾性波法における欠陥探査時において、動的 FEM 解析を行った結果、縦弾性波の指向性の関係により、欠陥探査を行う際は、欠陥深さ 200mm、断面積 200mm の場合では、450mm 程度、欠陥深さ 100mm、断面積 200mm では 400mm 程度であれば欠陥を検出できると思われる。

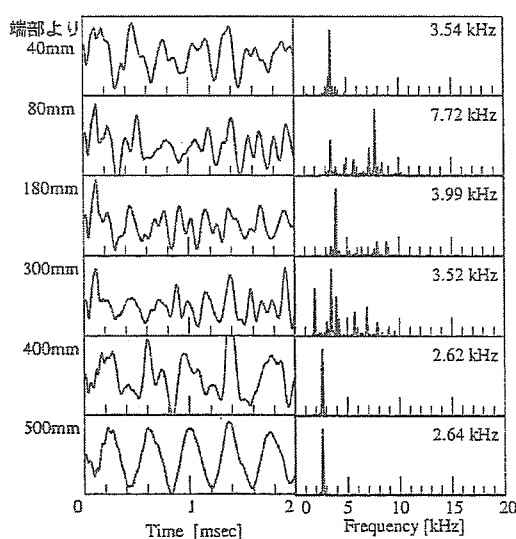


図 5 欠陥深さ 100mm での主な速度波形および振動数解析結果