多点入力方式によるコンクリート内部欠陥の画像化

東北学院大学　学生会員　○宍戸　洋貴
東北学院大学　学生会員　　菊地　恭平
東北学院大学　　正会員　　李　相勲

1. はじめに

コンクリートの内部欠陥を検出するための非破壊検査技術の一つとして SIBIE 法[1)]が用いられている．この手法は，簡便に欠陥位置を画像化するという長所がある反面，未知の欠陥に対してはその存在の判断が容易ではないという，インパクトエコー法の本質的な問題点が改善されたとは言えない．

本研究では，本質的には一次元である SIBIE 法の問題点を改善するため，対象物へのインパクトを多点入力することで二次元化するとともに，受振センサーへの波動の入射角を考慮し，水平方向の波動まで計算されるという問題点を取り除いた．また，画像化の基本データである周波数スペクトルを平滑化し，要素の大きさが画像化精度に及ぼす影響を最小化した．

2. SIBIE 法の原理[2)]

この手法の手順は，まず解析対象の断面を正方形要素に分割しモデル化する．次に分割された各要素の中心からの弾性波の反射による共振周波数を求める．その際，弾性波は図-1 に示すように入力点→要素中心→出力点といった伝播経路を通る．その最短伝播経路を R とすると式(1)のように表される．

$$R = r_1 + r_2 \qquad (1)$$

解析対象中を伝わる弾性波の波速を C_p とすると，分割された要素の中心で反射することにより生じる共振周波数は，式(2)のように考えられる．

$$f_R = C_p / R \qquad (2)$$

実測した周波数スペクトルにおいて，式(2)で求められる理論的な反射による共振周波数の振幅値を合計することにより要素からの反射の影響を検出する．

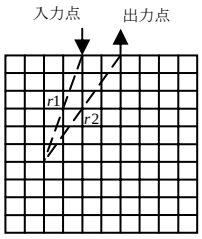
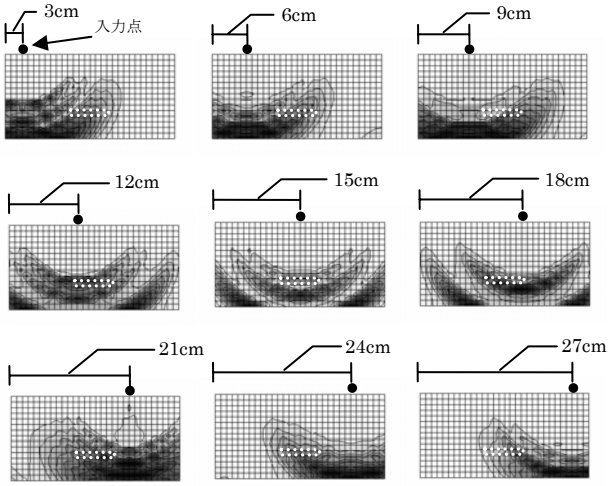


図-1　SIBIE 解析
イメージングモデル

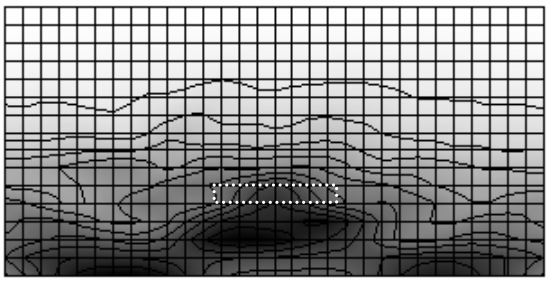
3. 多点入力方式による欠陥の画像化

3.1 多点入力方式による画像化の概要

この方法は，測定方向の直角に一定間隔で入出力点を設け，各点での画像化データを合計することで，測定の二次元化を図る手法である．すなわち欠陥の有無による画像の違いからその位置が判定できる．さらに受振子が一方向性であることを考慮した入射角の概念や画像化精度のばらつきを最小化した周波数スペクトルの平滑化を取り入れ，確実に欠陥を画像化することが可能となった．図-2 に各点においての画像と合計画像を示す．



(a)各点においての画像



(b)多点入力による合計画像

図-2　多点入力方式による画像化の概要

キーワード：多点入力方式　インパクトエコー法　SIBIE 法

東北学院大学工学部　〒985-8537　宮城県多賀城市中央一丁目 13 番 1 号

3.2 要素の大きさが画像化精度に及ぼす影響

SIBIE 法では，図-4(a)，(b)のようにモデルの要素の大きさにより画像化精度にばらつきがあった．そこで，図-3 のように周波数スペクトルを平滑化することで，その影響を最小化した．

3.3 受振センサーの一方向性への考慮

受振センサーには，直角方向の波動のみをとらえる一方向性がある．しかし，SIBIE 法ではセンサーへの波動の入射角が考慮されておらず，水平方向の波動まで計算される．そのため，本来の反射波とは異なる波動も含まれ，画像にその影響が出る．また，検査断面から入力した弾性波は不連続面で多重反射し，ある程度角度があると反射しないため，さらに角度を考慮する必要がある．図-5 に角度考慮前後の画像を示す．

4. 画像化対象の試験体

実験により３つの試験体に対し多点入力方式での画像化を行った．以下に使用した試験体の概要を示す．図-6 に試験体(c)の写真を示す．

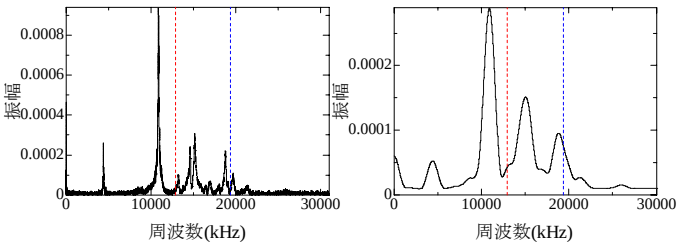
(a)寸法 100×300×150mm，欠陥部(空隙)70×70×10mm，
(b)寸法 200×600×200mm，欠陥なし
(c)寸法 200×1000×200mm，欠陥部(木)200×100×20mm

実験に際しては，試験体上面において測定方向に直角に入力点間隔 1cm で打撃した．また，インパクターとして(a)と(c)は直径 1cm，(b)は直径 1.5cm の鋼球を使用した．

図-7 に画像化の結果を示す．(a)については空隙の位置を捉えており，(b)については寸法を確認することができた．(c)については，欠陥深さは確認できないものの，欠陥の位置や幅の判別は可能であることが分かる．

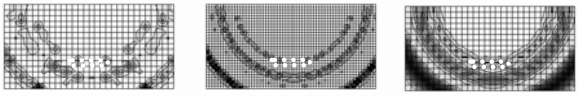
5. 結論

入射角の考慮，周波数スペクトルの平滑化を取り入れた多点入力方式による実験で，インパクトエコー法による測定の画像化を二次元化することで確実に欠陥を捉えることが確認できた．



(a)平滑化前　(b)平滑化後

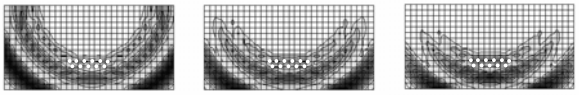
図-3　周波数スペクトルの平滑化



(a)要素(10mm)　(b)要素(5mm)　(c)要素(10mm)

平滑化前　平滑化前　平滑化後

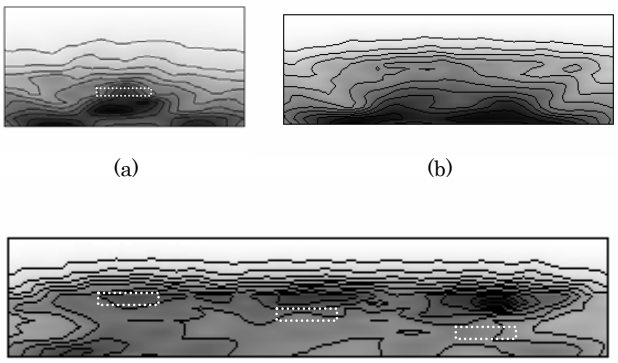
図-4　要素の大きさが画像化精度に及ぼす影響



(a)入射角の考慮前　(b)入射角の考慮後　(c)さらに入射角を考慮

図-5　受振センサーの一方向性への考慮

図-6　試験体(c)



(a)　(b)

(c)

図-7　多点入力方式による画像

参考文献

1)M.Ohtsu,T.Watanabe：Stack imaging of spectral amplitudes based on impact-echo for flaw detection ,NDT&E international 35,pp.189-196,2002
2)山田雅彦ほか：SIBIE による PC グラウト未充填部のモデル試験による検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，pp.2048，2009