

コンクリート表面ひび割れ深さの SIBIE 解析

熊本大学 学生会員 ○荒巻 新
熊本大学 学生会員 園田 崇博
熊本大学 学生会員 山田 雅彦
熊本大学 フェロー会員 大津 政康

1. はじめに

メンテナンスフリーであると考えられていたコンクリート構造物であったが、現在、供用期間中に様々な劣化が生じ社会的に大きな問題となっている。2010年2月の大野川橋下部工工事ひび割れ調査において、SIBIE 法¹⁾によりグラウトによる表面補修をしたひび割れ部の内部深さ検出試験を行ったところ、図-1 に示すように補修深さ・ひび割れ深さにおいて反射・回折の影響が強く表れた。つまり、SIBIE 解析により補修深さ・ひび割れ深さを評価できる可能性が示された。

この検討のために今回、コンクリート表面ひび割れに補修を施した状態を想定したモデルを考え、BEM 解析により得られた周波数スペクトルをもとに SIBIE 解析を行った。

特に、補修深さを評価するためには高周波数帯域までを対象とする必要があるため、100kHz までのスペクトルを考慮した。

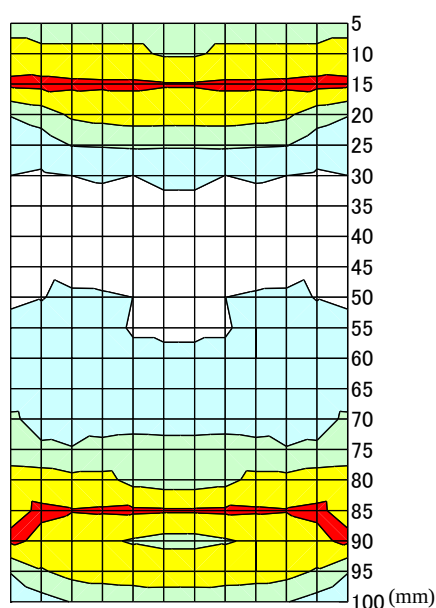


図-1 グラウトによる表面補修をしたひび割れ部の内部深さ検出試験による SIBIE 図

2. SIBIE 法の原理

周波数スペクトルのピーク周波数は、理論的には入力された弾性波が不連続面で回折することにより生じる。そこで、供試体断面での弾性波の反射位置を画像化するためにスペクトルイメージング：SIBIE²⁾ (Stack Imaging of spectral amplitudes Based on Impact Echo) という画像処理法を開発中である。まず手順としては図-2 に示すように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回折による共振周波数を求める。弾性波は入力点から要素中心そして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。

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

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回折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。

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

さらに要素からの回折を強調するための共振周波数として、

$$f_{R/2} = C_p / (R/2) \quad (3)$$

が考えられる。実測した周波数スペクトルにおいて、式(2)、式(3)で求められる理論的な回折による共振周波数の相対振幅値を合計することにより要素値とし、各要素からの回折の強さとする。これを2次元上にプロットすることによって画像化し、構造物内部を評価する。

最後にモデル化する際の分割する正方形要素の大きさについて、弾性波の伝播速度 C_p と波形計測時のサンプリングタイム Δt の関係を図-1 の経路で考えると、正方形要素の一辺の長さ Δx は次式で求められる値以下である必要がある。

$$\Delta x = C_p \Delta t / 2 \quad (4)$$

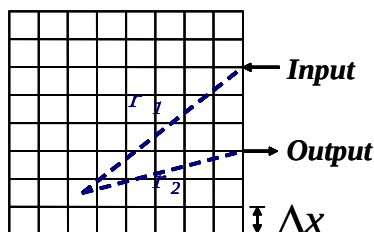


図-2 弾性波の最短伝播経路

3. 実験概要

BEM 解析に用いたモデルを図-3 に示す。モデルは 200mm×400mm×400mm とし、モデル中央にはひび割れを模した空隙が配置されている。

なお、弾性波速度は $C_p = 4000\text{m/s}$ 、モデルの境界間隔は 5mm とした。以上の条件より、入力をひび割れ直上から左に 50mm の地点に、出力をひび割れ直上から右に 50mm の地点に、補修深さを $d=30\text{mm}$ 及び $d=50\text{mm}$ と定め BEM 解析により周波数スペクトルを求めた。この周波数スペクトルにより SIBIE 法を用い二次元画像化を行った。

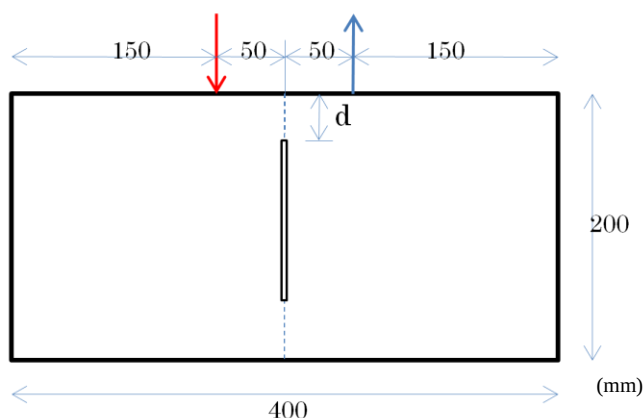


図-3 表面ひび割れ補修 BEM モデル

4. 結果及び考察

補修深さ BEM 解析により得られた周波数スペクトルから SIBIE 法を用い二次元画像化を行い、図-4・図-5 に示す結果が得られた。これらは 0kHz から 100kHz の範囲で解析を行ったものである。要素値の大きさにより 5 段階で色分けを行っており、図中央の黒い長方形はひび割れを示している。図-4・図-5 に示す結果によれば、ひび割れ深さおよび補修深さのどちらにも強い反射がみられた。

今回、BEM 解析により得られた SIBIE 図と 2010 年 2 月の大野川橋下部工工事ひび割れ調査でのグラ

ウトによる表面補修をしたひび割れ部の内部深さ検出試験において得られた図-1 に示す SIBIE 図を比較すると、どちらもひび割れ深さおよび補修深さに強い反応が確認できるため、2010 年度の内部深さ検出試験は妥当であったといえる。つまり SIBIE 法がひび割れ深さ及び補修深さ、両方の検出に有効であることが確認された。

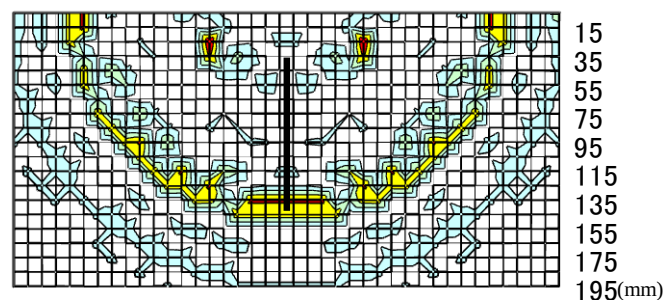


図-4 補修深さ 30mm モデルの BEM 解析による SIBIE 図

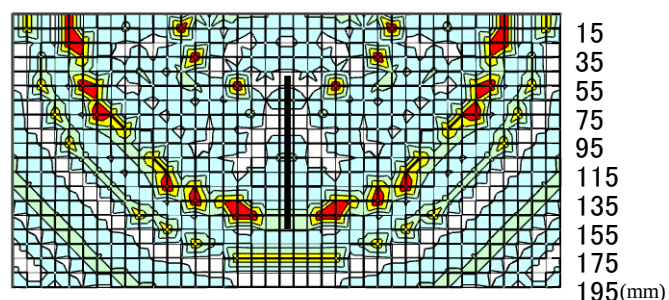


図-5 補修深さ 50mm モデルの BEM 解析による SIBIE 図

5. 参考文献

- 1) M.Ohtsu, "On-Site SIBIE Measurement of Surface Cracks and Defects in Concrete Structure of Highway," Proc. of SMT2010, New York, 2010.
- 2) 渡海雅信, 小坂浩二, 大津政康: SIBIE を用いたコンクリート中の欠陥検査法に関する考察, コンクリート工学年次論文集, vol.23, No.1, pp.499-504, 2001.