

SIBIE 法による貫通ひび割れの貫通の同定

松江工業高等専門学校 学生会員 ○黒川 昂樹
 松江工業高等専門学校 正会員 渡海 雅信
 熊本大学 正会員 大津 政康

1. はじめに

トンネルや擁壁には貫通ひび割れと呼ばれるひび割れが発生する。貫通ひび割れとは、コンクリート部材の裏面に達する深さのひび割れであり、コンクリート部材の裏面に地山が存在する場合は目視ではひび割れの貫通を確認することができない。

本研究では、インパクトエコー法(以下、I-E 法とする)を用いた画像処理手法である走査 SIBIE 法の適用範囲の把握のため貫通ひび割れの貫通を確認できるか検証を行った。その結果、貫通ひび割れの貫通の有無を確認できることが明らかとなった。

2. インパクトエコー法および走査 SIBIE 法

I-E 法は、弾力的な衝撃力により入力された弾性波を利用する非破壊検査手法の一つである。同法の理論では、図-1 に示すように欠陥位置に対応したピーク周波数が得られるとされている。しかし、図-2 のように実際には様々な位置でのピーク周波数が現れるため、欠陥位置の検出は困難な場合がある。

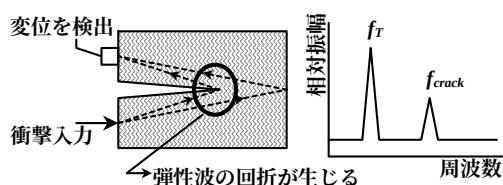


図-1 インパクトエコー法の概要

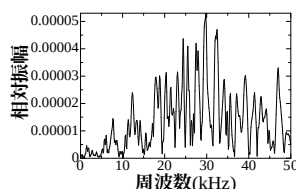


図-2 インパクトエコー法の実際の結果

そこで、インパクトエコー法の結果を用い、供試体断面での弾性波の反射および回折の強さを画像化する手法である SIBIE 法を使用する。手順としては、図-3 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、各要素の中心からの弾性

波の反射および回折から理論的に得られる一次共振周波数 f_{crack} および二次共振周波数 f'_{crack} を最短伝播経路 R より求める。各共振周波数は式(1)、式(2)に示す。 R は式(3)のように表される。

各要素で式(1)、式(2)で求められる理論的共振周波数の振幅値を周波数スペクトルより算出し重ね合わせ要素の値とし 2 次元画像を作成する。この値は反射または回折の強さを現すものである。

$$f_{crack} = C_p / R \quad (1)$$

$$f'_{crack} = C_p / (R/2) \quad (2)$$

$$R = r_1 + r_2 \quad (3)$$

従来、SIBIE 法は図-3 のように計測断面に対して衝撃入力および検出箇所は各 1 点で行っていた。本研究では SIBIE 画像の精度向上を図るため計測断面を数分割し各断面でインパクトエコー法および SIBIE 法を行い、最終的に画像を重ね合わせる走査型 SIBIE 法を適用した。

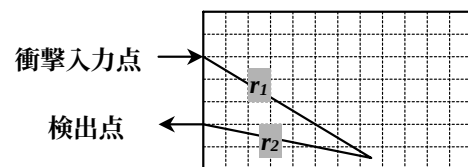


図-3 SIBIE 法の解析モデル

3. 実験概要

3.1 実験供試体および模擬地山

試験に用いた供試体概要および模擬地山を図-4 に示す。供試体サイズは W250×D500×H300mm、模擬地山のサイズは W550×D550×H50mm とした。この模

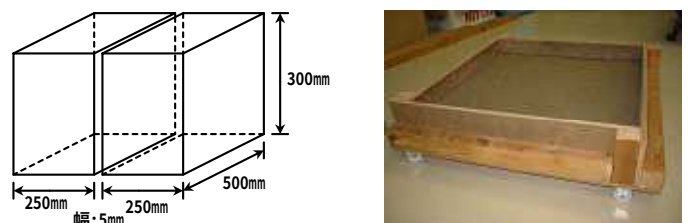


図-4 実験供試体および模擬地山

キーワード ひび割れ, 非破壊試験, インパクトエコー法, SIBIE

連絡先 〒690-0877 島根県松江市西生馬町 14-4 環境・建設工学科 渡海雅信 TEL0852-36-5212

擬地山に薄くセメントペーストを敷き、その上に供試体を 5mm 離して設置し、この間隔を貫通ひび割れとした。

3.2 実験概要

インパクトエコー試験では各断面で弾性波を発生させ、加速度計により受振した。次に波形を高速フーリエ変換(FFT) することで周波数スペクトルを求めた。波形のデータの個数は 2048 個、サンプリングタイムは $4\mu\text{s}$ 、弾性波伝播速度 C_p は 4600m/s を採用し、計測断面を各 50mm で三分割し中央断面に貫通ひび割れを含むように設置した。弾性波を入力する方法として、インパルスハンマと Pencil-lead break を使用した。インパルスハンマは弾性波を入力するときの衝撃力が大きい反面、約 8000Hz の周波数を入力でき、一方、Pencil-lead break の衝撃力は微小だが高周波数を入力できる。そして、それぞれの入力方法での結果を比較した。

4. 結果および考察

図-5 にそれぞれの衝撃入力方法で得られた周波数スペクトル図を示す。それぞれの②断面がひび割れを含む断面である。図内に式(1)および式(2)から理論的に得られるピーク周波数を示している。それらの近くにピークは存在するが、それ以外にもピークが多数存在しており、現状のインパクトエコー法のみでは欠陥位置を把握することは困難であることが明らかとなった。なお、スペクトルの形状を見ると Pencil-lead break で得られた波形には相対振幅値 0.0001 以下のピークが断続的に現れている。これは、Pencil-lead break では衝撃力が小さいため、多くのノイズの影響が現れたと考えられる。

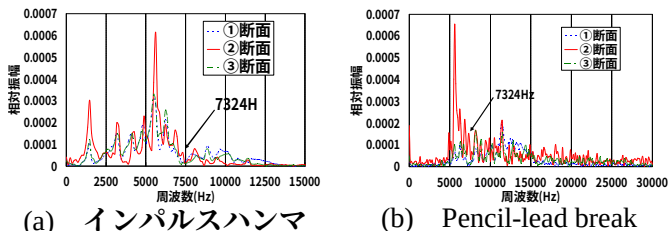


図-5 周波数スペクトル

図-6 にそれぞれの方法で得られた走査 SIBIE 画像を示す。SIBIE 画像は色が濃くなるほど、弾性波の反射の影響が強いことを表しており、白色→薄灰色→濃灰色→黒色と変化する。SIBIE 画像中の黒ラインは実際の貫通ひび割れを表している。

図-6 (a)では深さ 320mm 付近に、(b)では深さ 310mm 付近にひび割れ先端からの反射が確認できる。実際の深さは 300mm であり多少のずれはあるが、安全側の判定であり危険性はないと考えられる。二つの結果を比較すると Pencil-lead break の結果の方がインパルスハンマの結果よりずれが少なくなっている。本実験で使用した貫通ひび割れの理論的に得られるピーク周波数を式(1)より求めると 7700Hz である。理論的にはこの周波数よりもさらに高い周波数の入力が必要とされているが、本実験で使用したインパルスハンマの入力周波数は 8000Hz であり低すぎると考えられる。このため、より高い周波数を入力できる Pencil-lead break の方が正確な結果を得ることができたと考えられる。しかし、図-6 (b)の画像中にはいくつかの強い反応が現れている箇所があり、これらは Pencil-lead break で弾性波を入力した際に混入するノイズからの結果だと考えられる。

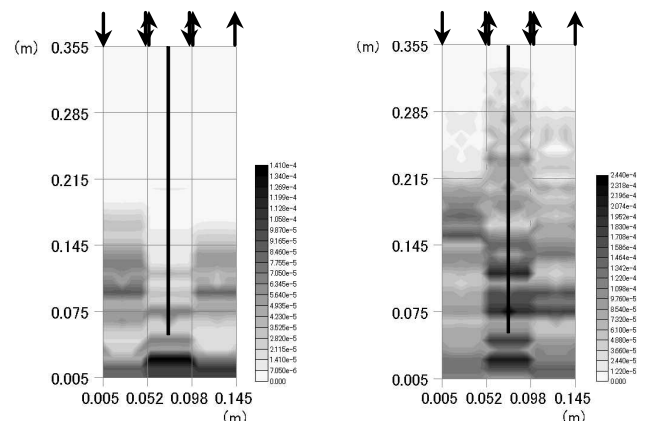


図-6 走査 SIBIE 画像

5. まとめ

走査 SIBIE 法により貫通ひび割れの貫通の有無を計測した。衝撃入力装置にインパルスハンマおよび Pencil-lead break を使用することで、深さ 300mm の貫通ひび割れの貫通の有無を確認することができた。

参考文献

- 1) 渡海雅信：コンクリート中のひび割れ欠陥の画像化同定のための SIBIE 法の実用化に関する研究，熊本大学博士論文，2008.3
- 2) 渡海雅信，大久保太郎，中居陽子，大津政康：走査 SIBIE 法によるひび割れ深さ評価の実用化，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.2，pp.613-618，2007