表面ひび割れ深さ検査に対する非接触型 SIBIE 法の開発

1. はじめに

コンクリートの表面ひび割れの深さ評価は構造物 の健全性を点検する上で大きな役割を持っている. 筆者らは、インパクトエコー法を利用し弾性波の反 射の影響を画像化し内部欠陥の位置を評価する SIBIE 法を開発中である.そこで、計測効率の向上を 図るために従来用いていた加速度計に代わるレーザ 一振動計を使用した非接触型 SIBIE 法をひび割れ深 さ評価に適用し実用性を検討した.その結果、非接 触型 SIBIE 法は従来の加速度計を用いた方法と遜色 なくひび割れ深さの計測が可能であることが明らか となり計測効率の向上を図ることができた.

2. インパクトエコー法および SIBIE 法

インパクトエコー法¹は弾性波法の一つである.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.



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²⁾を提案している.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

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	雅康

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.

$$f_{crack} = C_P / R \tag{1}$$

$$f_{crack}' = C_P / (R/2) \tag{2}$$

$$R = r_1 + r_2$$
 (3)
衝撃入力点 (3)



3. 実験概要

3.1 実験供試体

検出点

実験供試体として 2000mm×150mm×250mm の鉄 筋コンクリート梁を製作し,載荷試験により曲げひ び割れを発生させた.載荷試験は,支点間距離 1800mm,載荷点間距離 1000mm で実施した.供試体 の配合および 28 日養生後の力学特性を表-1,2 に示 す.なお,スランプ値は 6cm,空気量は 6.0%とした.

3.2 計測対象

梁供試体への載荷試験の結果,梁の数箇所にひび 割れが発生した.そのひび割れの中から表-3 に示す ひび割れを選びインパクトエコー法および SIBIE 法 を適用した.なお,深さ d は目視による表面観測の 概要値である.

表-1 コンクリート配合表

G _{max}	W/C	s/a		単位量	(kg/m^3)	
(mm)	(%)	(%)	W	С	S	G
20	55	42	175	318	717	1178

キーワード ひび割れ深さ,弾性波法,インパクトエコー,SIBIE
連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町14-4 松江工業高等専門学校 TEL0852-36-5212

表-2 コンクリートの力学特性

圧縮強度(MPa)	弾性係数(GPa)	ポアソン比	
29.7	28.2	0.20	

表-3	計測対象のひび割れ
• •	

形状	形状 (特徴)	深さ d(mm)
	ジグザグ	200

3.3 実験概要

図-4 に示すように、インパクトエコー試験では各 断面で弾性波を発生させ、表面変位は接触型の加速 度計(小野測器社製 NP-3211、共振周波数 50kHz)およ び非接触型のレーザー振動計(グラフテック社製 AT500、共振周波数 50kHz)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 4µs を採用した.衝撃入力は写 真-1 に示す装置を使用した.



4. 結果および考察

図-5 にインパクトエコー法で得られた周波数スペ クトルを示す.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,加速度計およびレーザー振動計共に 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.次に スペクトルの形状を比較すると 35kHz 以上の形状が 異なっていることが分かる.加速度計とレーザー振 動計の周波数応答の違いから生じたものと考えられ る.そこで,以下の SIBIE 法では,35kHz 以上のス ペクトル成分は解析結果に反映させないことにした.

図-6 に SIBIE 法の結果を示す. SIBIE 画像は黒色 になるほど,弾性波の反射が強いことを表わしてお 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ひび割れを表わしている. 加速度計の結果は 180mm 付近にひび割れ先端から の回折を捉えており,実深さ 200mm に均衡している. また,レーザー振動計の結果に関しても反射源が横 に広がっているものの,加速度計と同様に実深さに 均衡する結果が得られている.したがって,非接触 型のレーザー振動計によっても接触型と遜色ない結 果を得られることが解明できた.



5. まとめ

(1)接触型の加速度計および非接触型のレーザー振動 計でインパクトエコーを行った結果,35kHz までの 周波数スペクトルは同等の結果が得られ,SIBIE 法に 適用することができた.

(2)非接触型のレーザー振動計での SIBIE 法の結果は ひび割れ深さを明確に検出できること確認できた.

参考文献

 Mary J. Sansalone, and William B. Streett: Impact-echo, Ithaca, N.Y., Bullbrier Press,1997
渡海雅信,大津政康: SIBIE 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.29, No.2, pp.613-618, 2007