

(V-32) 衝撃弾性波法によるコンクリート内部空洞の測定

東海大学 学生会員 鈴木克利

伊藤建設(株) 正会員 岩野聡史

東海大学 正会員 極壇邦夫

アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

1. はじめに

コンクリート構造物のかぶり剥離検査は維持補修の面からも必要である。剥離の非破壊試験に用いられる超音波法は、厚さの測定精度は良好であるが、測定前に測定面を平滑にする作業が必要ことと、風化したコンクリート面は荒れているのが障害となり実構造物の測定は容易ではない。衝撃弾性波法は、衝撃による弾性波動が音響境界面で多重反射して発生する固有振動数を測定し、その振動数と弾性波速度から板の厚さを測定する技術である。普通のコンクリートでは前処理なしで測定できるので、1 時間に 100 点程度は測定可能で、多数データから疑似レーダ画像が得られる。しかし、加速度センサー (PCB352C66) の測定振動数 20kHz では、測定厚さは 10cm 以上となるので数センチのかぶり厚さは測定できないと考えていた。

本研究では、薄い板を打撃すると、多重反射振動と同時に曲げ振動が発生すると予想し、厚さ 5 cm のプレキャストコンクリート板の下に欠陥部として、厚さ 4 mm 大きさ 3cm、6cm、9cm、12cm の正方形の発泡スチロール板を厚さ 20cm のコンクリート板に挟み、実験研究したので報告する。

2. 測定方法

2.1 試験体

試験体の概要を図 1 に示す。下部のコンクリート板は、圧縮強度 28MPa の一般的なものである。その上に発泡スチロール板を接着剤で貼り付け、速効性のモルタルで埋没するように覆って、その上に市販のプレキャストコンクリート板を設置した。コンクリート板のサイズは、160×160×20cm で、疑似空洞部の発泡スチロール板の厚さは 4mm、大きさは 3×3cm、6×6cm、9×9cm、12×12cm である。プレキャストコンクリート板のサイズは、60×30×5cm で、圧縮強度は 40MPa 程度と推定した。測定する部分の厚さは、コンクリート板 20cm、モルタル 1cm、プレキャストコンクリート板 5cm を合計すると 26cm である。

2.2 測定方法

試験体の空洞部および健全部の中心位置を測定点とした。測定点の表面に加速度センサーを手で押し付け、その近傍を直径 16mm の鋼球で打撃する。発生した振動数をサンプリングクロック 1 マイクロ秒、データ数 8192 で記録する。弾性波の解析には、振動数の時間経過による変化を検討するため、最大エントロピー法(MEM)のスペクトログラムを用いた。

3. 結果および考察

3.1 速度波形による比較

空洞の有無によって速度波形がどのように変化するかを、波形の相違が明確である打撃直後 1 ミリ秒について空洞なし図 2(a)、かぶり厚さに対し同程度の空洞大きさ 6cm、倍程度の大きさを

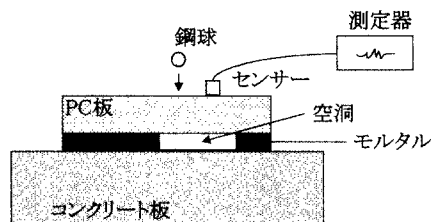
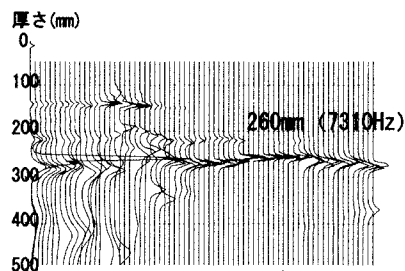


図1 試験体および測定状況



(a) 速度波形



(b) MEM スペクトログラム

図2 空洞なし(健全部)

キーワード：衝撃弾性波法、内部空洞、曲げ振動、MEM、コンクリート板

連絡先：〒259-1292 平塚市北金目 1117 東海大学 TEL 0463-50-2054 FAX 50-2045 E-mail gokudan@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

有する空洞 12cm で比較する。空洞なしの速度波形図 2(a)によると、鋼球打撃のインパルス波形に対応する最初の振幅が大きいが減衰は速く波形の周期も短い。空洞 6cm の速度波形図 3(a)では、打撃直後から時間が経過しても空洞なしとの相違が認められない。しかし、空洞 12cm 波形図 4(a)によると、正弦波が指数減衰する形と近似してくる。波形の周期も長く減衰は緩やかである。このように空洞なしと空洞 12cm の速度波形との違いは明確であるが、空洞 6cm との比較では明確な違いがないので判別が困難である。

3.2 MEM スペクトログラムによる比較

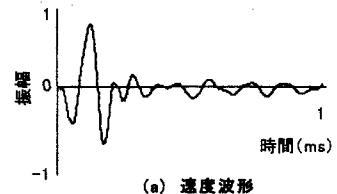
MEM スペクトログラムは、縦軸に厚さ(mm)を横軸に時間(ms)を表示している。図 2(b)の空洞なしの MEM スペクトログラムによると厚さ 260 mm に、ほぼ一直線のスペクトルが集中している。これを $f=V_p/2D$ (f :固有振動数、 V_p :弾性波速度、 D :厚さ)に代入すると固有振動数は 7310Hz となる。図 3(b)の空洞 6cm では、276 mm の厚さにスペクトルが集中し、換算した振動数は 6880Hz である。図 4(b)より空洞 12cm では、320mm の厚さにスペクトルが集中し、振動数は 5940Hz である。空洞なしと比較すると空洞ありは、振動数が低下する傾向を示している。

3.3 振動数と空洞の大きさの関係

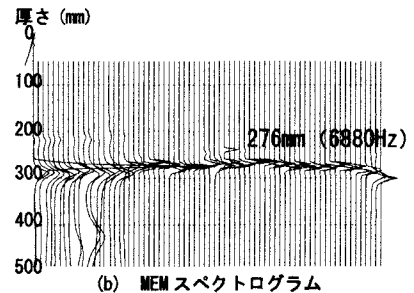
縦軸に振動数、横軸に空洞の大きさを取り、両者の関係を表したものが図 5 である。図 2 図 3 の速度波形を詳細に観察してもたわみ振動が生じているようには見えないので、空洞があるため弾性波の伝搬経路が屈折して長くなったため、どのくらい振動数が低くなるか振動数を計算したところ、空洞 3cm:7225Hz、空洞 6cm:7032Hz、空洞 9cm:6766Hz、空洞 12cm:6443Hz を得た。伝搬距離の違いによって、空洞 6cm では 152Hz、空洞 12cm では 503Hz と振動数は異なる。伝搬距離によって波形の減衰率パターンが大きく違うとは考えられないので、図 4 の空洞 12cm では伝搬距離増加よりも板のたわみ振動の影響が大きいと推測される。

4. まとめ

衝撃弾性波法は、衝撃により生じる弾性波が多重反射する場合(10cm から 4 メートル程度)に有効な方法である。コンクリートかぶりの剥離は数 cm と薄いので、衝撃弾性波法では困難と考えていた。今回の実験によると、空洞がある程度大きくなると、空洞の真上の板には多重反射振動よりもたわみ振動の影響が大きいと推測される実験結果となった。ただし実験に用いた材料の弾性係数、強度が特殊のため普遍性に欠けると思われる。今後は、コンクリートに発泡スチロールを埋設して空洞を作成した試験体を製作して実験する予定である。衝撃弾性波法の短時間多点測定の特徴を生かして、疑似レーダ図を作成すれば、多重反射振動と曲げ振動を指標にして、かぶりの剥離の範囲を決定できると考えられる。

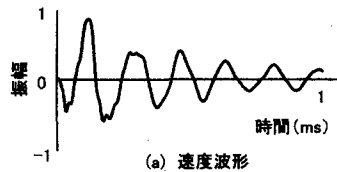


(a) 速度波形

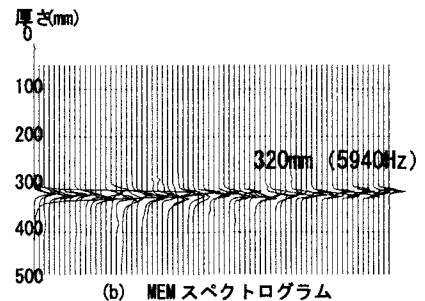


(b) MEM スペクトログラム

図 3 空洞 6cm



(a) 速度波形



(b) MEM スペクトログラム

図 4 空洞 12cm

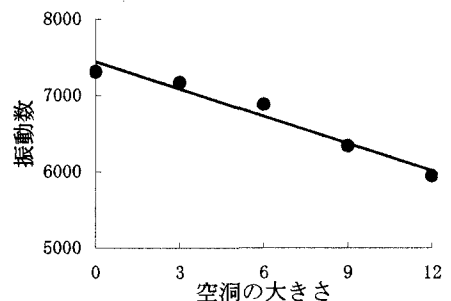


図5 空洞の大きさと振動数の関係