

(V-33) 衝撃弾性波法によるコンクリート板裏側空洞の推定

東海大学 学生会員 藤井秀明

伊藤建設㈱ 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㈱ 正会員 境 友昭

1. はじめに

1999年に山陽新幹線トンネルの覆工コンクリートが崩落した事故を契機に、コンクリート構造物の健全性や耐久性が社会問題になっている。コンクリート構造物(道路、鉄道、橋、ダム、トンネル)は、日常生活と密着しており、安心して暮らすためにも信頼できる健全性診断技術が求められている。ここでは、港湾エプロンコンクリート舗装版下の空洞探査の可能性を検討することにした。現在、港湾エプロン下の空洞探査は、陥没やひび割れの発生を手がかりに目視によっておこなわれているが、定量的な判定はきわめて困難である。超音波法や電磁波法などの非破壊検査も試みられているが、作業性や信頼性の問題がある。最終的手段として、コアボーリング法があるが、調査費高価、構造物強度低下など問題が多い。

本研究は、衝撃弾性波法によってコンクリート板の裏側にある空洞を探査できるか検討するため、模型を製作し実験解析したので報告する。

2. 測定方法

試験体および測定状況を図1に示す。試験体は90×90×20cmのコンクリート板(一般的なコンクリートで圧縮強度は約40Mpa)を使用し、その裏面中央に20×20×0.4cmの気泡質プラスチック板を酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤で貼り付け、擬似的な空洞部を作製した。

測定は空洞部中心位置および空洞部から10cm四方について行った。測定点の表面に加速度センサー(PCB352C66)を手で押し付け、その近傍を直径16mm、質量17gの鋼球で打撃する。発生した弾性波振動をサンプリングクロック1マイクロ秒、データ数8195個で記録し、MEM(最大エントロピー法)により解析する。測定条件は、コンクリート板の裏側の状況を、空気に接する場合、水に密着し水深4.0cm、水深14.5cmの場合、完全飽和の砂地盤について行う。

3. 結果および考察

はじめに、図1および図2に示すように、コンクリート板の裏側が擬似空洞部と水に密着している部分の速度波形について検討する。図2から水に密着しているコンクリートでは、減衰する割合が大きいことが分かる。これは、弾性波動のエネルギーが水に漏洩するためと考えられる。2種類の物質が接しているときの、波動の反射率 R は、 $R = (Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)$ (1) により求められる。 Z は音響インピーダンスであり、 $Z = \rho \cdot c$ (2) である。 ρ は密度、 c は弾性波伝搬速度である。ここで、 Z_1 、 Z_2 をそれぞれコンクリートと水の音響インピーダンスとすると、コンクリートの密度は2300kg/m³、弾性波伝搬速度は3800m/sで、水の密度は1000kg/m³、弾性波伝搬速度は1500m/sであるから式(2)より、コンクリートの音響インピーダンス Z_1 は $8.74 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{s/m}^3$ 、水の音響インピーダンス Z_2 は $1.50 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{s/m}^3$ となる。これを式(1)に代入すると、反射率は71%と計算される。したがって、コンクリートが水に密着していると、水中に29%の弾性波動が透過するので速度波形の減衰が大きくなると考えられる。

同様に、コンクリートと空気の反射率を求める。空気の密度は1.0kg/m³、弾性波伝搬速度は340m/sであるから、式(2)より空気の音響インピーダンスは $340 \text{ N} \cdot \text{s/m}^3$ となり、これを Z_2 とする。コンクリートと空気

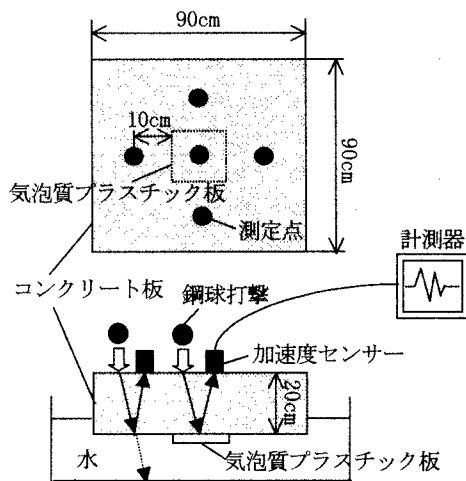


図1 試験体および測定状況

キーワード：衝撃弾性波法、空洞探査、音響インピーダンス、MEM、コンクリート板

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

の音響インピーダンス Z_1, Z_2 を式(1)に代入すると、反射率は 99.99%と計算され、波動はほぼ 100%反射することがわかる。次に、速度波形から MEM により振動数のピークを求める。コンクリートの厚さ D は、 $D=V_p/2f$ (3) により計算するが、 V_p は弾性波速度、 f は厚さの固有振動数である。

スペクトル解析によって得た固有振動数を式(3)に代入して、10 マイクロ秒ごとに時間をずらして、厚さと時間経過の関係を計算して視覚化したものが図3のMEMスペクトログラムである。

図3において、気泡質プラスチック板を貼り付けた擬似空洞部では、厚さ 200mm に対応したスペクトルが現れている。

一方、水に密着した部分では、厚さ 200mm に対応するスペクトルは約 500 マイクロ秒で消滅している。さらに、厚さ 350mm に相当する大きいスペクトルが出現している。これは、コンクリートと水との複合作用によるものと思われる。また、飽和砂に密着した部分では、厚さ 600mm に相当するスペクトルが出現している。このときの固有振動数を計算すると、厚さが 200mm では 9.5kHz、350mm では 5.4kHz、600mm では 3.2kHz と低振動数が観測される。

このように、水だけの場合よりも砂地盤の完全飽和砂の場合に 600mm 付近の低振動数スペクトルが観測されるのは、水に比べて飽和砂の方が密度が高いため、波動のエネルギーの漏洩する割合が大きくなった事も原因のひとつと考えられる。

4. まとめ

コンクリート板の裏面に気泡質プラスチック板を貼り付け、擬似空洞部を製作し測定を行った結果、次のことがわかった。

- (1) コンクリート板と水が密着している場合、速度波形は大きく減衰している。これは、弾性波のエネルギーが音響インピーダンスの透過率 29%に比例して、水に漏洩しているためと考えられる。
- (2) コンクリート板の裏側に気泡質プラスチック板を貼り付けた場合、弾性波は、ほぼ 100%反射するため空気と接するときと同様に、コンクリート板の厚さのみ測定される。
- (3) コンクリート板に水が密着している場合

では板厚 200mm($f=9.5\text{kHz}$)の他に板厚 350mm($f=5.4\text{kHz}$)に、飽和砂が密着した場合には板厚 600mm($f=3.2\text{kHz}$)に相当する大きいスペクトルが現れる。これは、水よりも飽和砂の密度が大きいので波動のエネルギーが多く漏洩するためと考えられる。以上をまとめると、速度波形の減衰パターンの相違と、板厚に対応したスペクトルに加えて水や飽和砂が影響するスペクトルが現れることを手がかりとして、コンクリート板裏側空洞の有無を推定することは可能と考えられる。

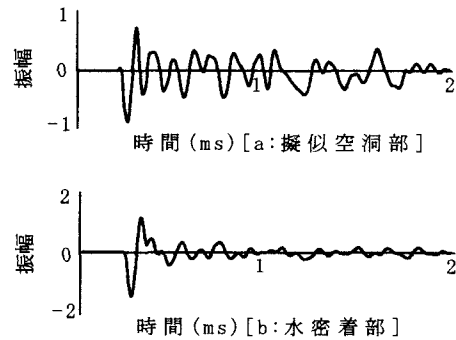


図2 速度波形の比較

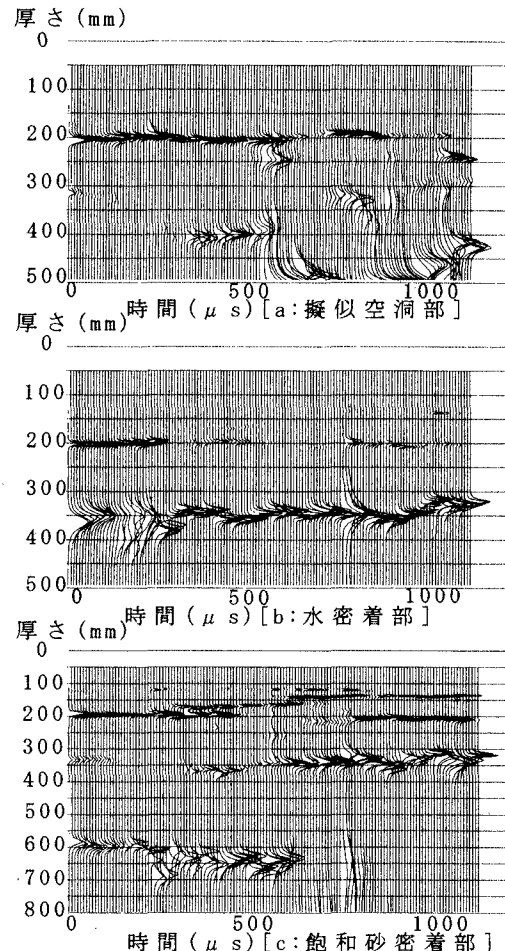


図3 MEMスペクトログラムの比較