

音響探査法を用いたコンクリート表層欠陥探査技術の開発

佐藤工業（株） 正会員 ○歌川 紀之*1
桐蔭横浜大学 赤松 亮*2
桐蔭横浜大学 杉本 恒美*2

1. はじめに

覆工コンクリートのはく離・はく落によりコンクリート塊が、通行車両や通行人へ当たるといった第三者への事故を防ぐため、定期的な目視検査および叩き点検などの検査が実施されている。近年、目視検査については、デジタル画像技術やレーザー技術、画像処理によるひび割れ抽出技術が開発され、検査は自動化されつつあるが、叩き点検については、自動化はあまり進んでいない。そのため、人力による叩き点検が実施されているが、高所作業のため安全性確保の課題や、上向き作業なので苦渋作業となること、得られた結果についても、点検者の耳頼りなので、信ぴょう性に欠けるという課題がある。近年、コンクリート表層の浮きやはく離を調べる非破壊検査技術として、打音法、赤外線法、電磁波法などが利用されているが、表-1に示すような課題があり、自動化・高速化という観点では完成されていない。一方、レーザーの照射でコンクリートを加振し、表面の振動をレーザードップラ法で測定し、欠陥を判断しようという技術¹⁾が開発されつつあるが、開発途上であり、現時点で実用化の目は立っていない。そこで、筆者らは、音響探査技術を用いた、コンクリート表層の欠陥を遠隔から探査するシステムの開発に着手した。ここでは、音響探査技術を紹介するとともに、実際にはく離欠陥を模擬したコンクリート試験体を用いた測定結果を示し、本技術の可能性、今後の課題を述べる。

表-1 コンクリート表層の欠陥探知技術の課題

手法	各手法の課題
叩き点検	結果が測定者の主観に委ねられる。 安全性確保、苦渋作業。
打音法	叩くという動作があるために、高速度化、自動化が難しい。
赤外線法	精度は環境条件の影響を受ける。探査深度が浅い。
電磁波法	はく離間隔が狭い場合に探査が難しい。近接する必要があり高速度化は難しい。

2. 音響探査技術の概要

音響探査技術とは、スピーカーにより発生する音響をコンクリートに入射させ、発生する振動をレーザードップラ振動計で遠隔地から測定し、欠陥の有無を判断する技術²⁾である。打音法や叩き点検はハンマーなどで振動させ、その発生音から内部欠陥を探査する手法に対し、音響探査技術ではスピーカーで音を発生させるため、面的な加力となることと、衝撃的な振動は与えにくいことが異なる。ただし、健全箇所と比較し、はく離や浮きの欠陥部分は振動しやすいという原理を用いる点では従来の手法と同様である。

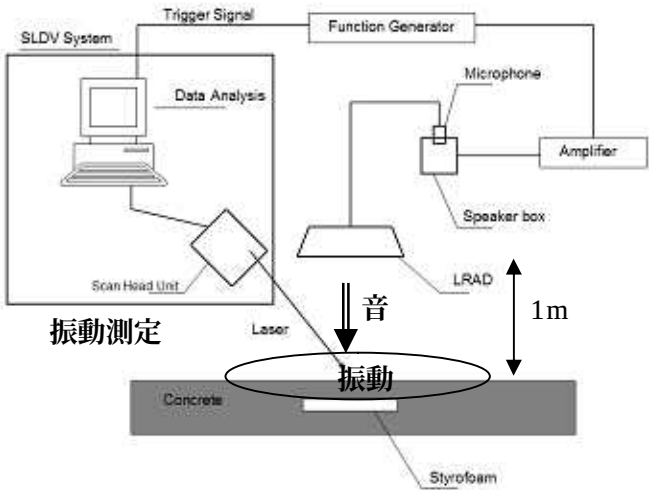


図-1 音響探査技術システム図

キーワード 非破壊試験、音響探査、レーザードップラ振動計

連絡先 *1 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL：046-270-3091 FAX：046-270-3093

*2 〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614 TEL：045-794-5264

ここでは、図-1 に示すように遠距離でも大きな音圧を与えることができる LRAD:Long Range Acoustic Device(LRAD Corp., LRAD 100X)およびレーザーのドップラ効果の原理により、平面的な振動分布を測定できる SLDV:Scanning Laser Doppler Vibrometer(Polytec Corp., PSV400-H4)でシステムを構成した。本研究では、いくつか

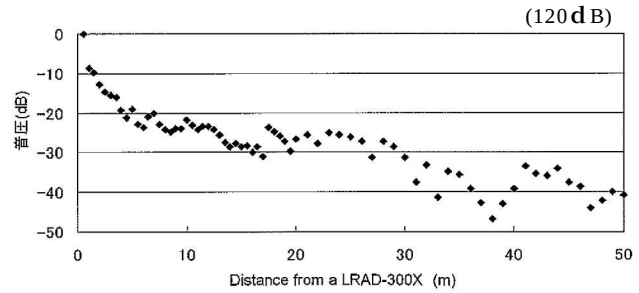


図-2. LRAD 軸上音圧分布

の人工的にファンクションジェネレーターで作成した音を LRAD で、音圧を上げて利用した。音圧の距離方向の分布を図-2 に示す。また、ファンクションジェネレーターの信号と SLDV の測定を同期させ、振動測定を行った。測定では最初にホワイトノイズを入射させ、欠陥があると推定される箇所の振動しやすい周波数（曲げ板の固有周波数に対応）を絞り、次に絞られた周波数帯を含む Linear Chirp 波を入射させ、欠陥位置を振動しやすくさせて、欠陥位置の面的な振動を健全部に比較して大きくさせることにより欠陥位置を抽出する。

3. 欠陥探査結果

欠陥の試験体は、厚さ 20 cm のコンクリート床板の表面から 5cm の位置に正方形の発泡スチロール（平面寸法 30cm*30cm 厚さ 10cm）を埋めたものである。振動測定は図-3 に示すように、健全部を含む欠陥周辺で、約 3.8cm 間隔で、195 点で行った。測定機と欠陥の距離は 1m である。図-4 にホワイトノイズを入力させた振動速度の測定結果を欠陥部と健全部の振動速度のスペクトル（図-3 の代表的な 4 点の平均値）で比較する。この図から、欠陥位置で 2200Hz および 2500Hz 周辺に何らかの固有振動が発生していることが分かった。そこで、2100-2500Hz の帯域に絞り Chirp 波を入力させ、面的な振動測定を行った。次に、0.5Hz 毎に面的な応答を図化し、欠陥の位置を探索した。図-5 に 2198Hz の面的な応答の分布図を示す。欠陥の位置周辺で、大きな振動が生じていることが分かり、欠陥の拡がりについても確認できる。

4. まとめ

音でコンクリート表面を振動させ、レーザードップラ振動計を用い、遠隔地から物体表層の振動を測定し、その結果から欠陥を探索する音響探索技術により、遠隔地からのコンクリートはく離探索の可能性を確認した。今後、測定箇所とセンサーの距離を離す工夫、欠陥情報が不明な場合でも短時間で欠陥探索可能なアルゴリズムの改良、環境への影響を与えない、環境からの影響を受けないシステムの改良を行い、本技術を完成させていく予定である。

参考文献 1) 島田他, 土木学会第65回年次学術講演会予稿集 pp327-328 (2010.9)
2) T.Abe and T. Sugimoto, Jpn. J. Appl. Phys. 49, 07HC15, pp1-4 (2010.7)

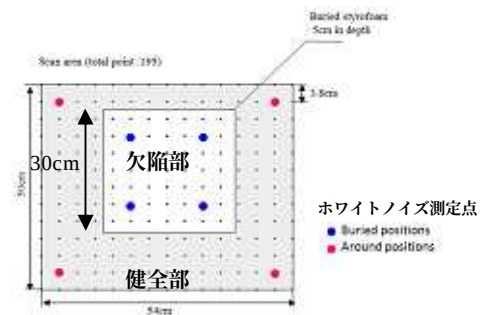


図-3 欠陥周辺の振動測定点(15*13 点)

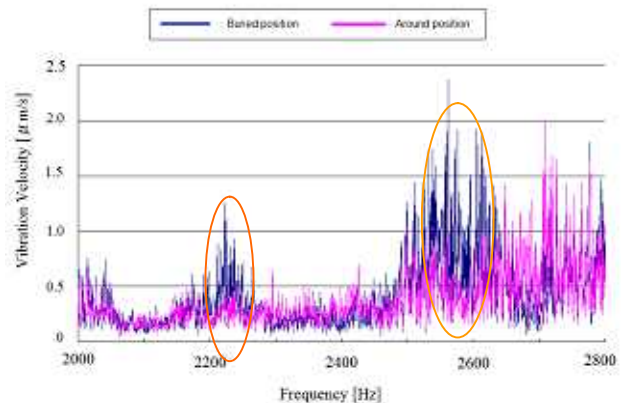


図-4 ホワイトノイズ入力測定結果（4 点の平均値）

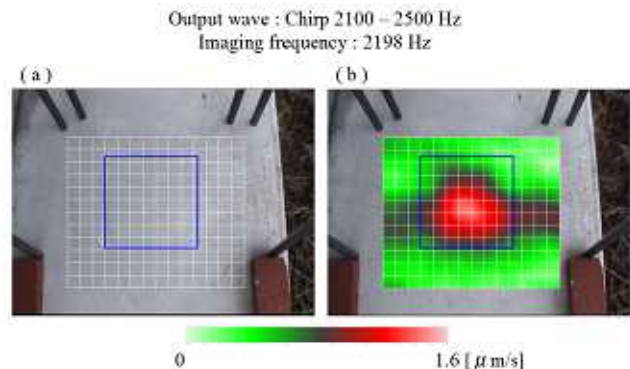


図-5 振動分布(2198Hz)