

公益信託 NEXCO関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：舗装内部の健全性評価のための低周波超音波アレイ映像化法の開発とその検証

研究代表者：愛媛大学大学院理工学研究科 教授 中畑和之

1. 研究の背景と目的

舗装は、主としてアスファルト舗装とコンクリート舗装に大別される。アスファルト舗装は表層、基層、路盤から構成される。表層は路面を形成し、路面の機能を維持するために基層と路盤は一体となって交通荷重に抵抗する。現存する道路舗装の約9割以上がアスファルトであり〔1〕、舗装の適切なメンテナンスを行うには、健全性評価が重要である。損傷の程度を評価するために、現状では路面調査と構造調査が行われている。路面調査には、目視検査と路面性状検査があり、主として表面状態を診るものである。一方、構造調査は、舗装の内部を調査するものであり、コア採取や開削による微破壊検査が行われる。

本研究の目的は、表層から路盤までの領域に存在する損傷を非破壊検査する手法を開発することである。ここでは超音波の適用を試みた。一般的な超音波探傷では、圧電素子等を内在した探触子から超音波を発生させ、超音波が介在物で散乱したときのエコーからきずの評価を行っている。本研究では、圧電素子を複数並べてアレイ配置した探触子を用いる。詳細は次節で述べるが、本研究では、中心周波数が75kHzの低周波アレイ探触子を設計・製作し、計測した散乱波を全波形サンプリング処理(Full waveforms sampling and processing; FSAP)方式〔2〕を用いて処理することで、舗装内部を映像化する技術を開発した。舗装を模擬した試験体を作成し、本技術を検証したので、これらの成果を報告する。

2. 全波形サンプリング処理方式

一般的なフェーズドアレイ法は各素子に遅延をつけて同時に励振するが、本研究では、電子スキャン装置による同時励振は行わずに、基本的には1素子で送信し、受信は各素子で個別に行うFSAP方式を採用した。FSAP方式では、送信素子を変えながら、各々の素子で超音波を計測・記録する。すべての送信を終えた後に、記録した波形群をポスト処理で合成し、任意の位置に集束するビームを再構成する方法である。散乱源があれば、ビーム強度が大きくなることから、各画素に送信したときのビーム振幅値を映像化に用いる。図

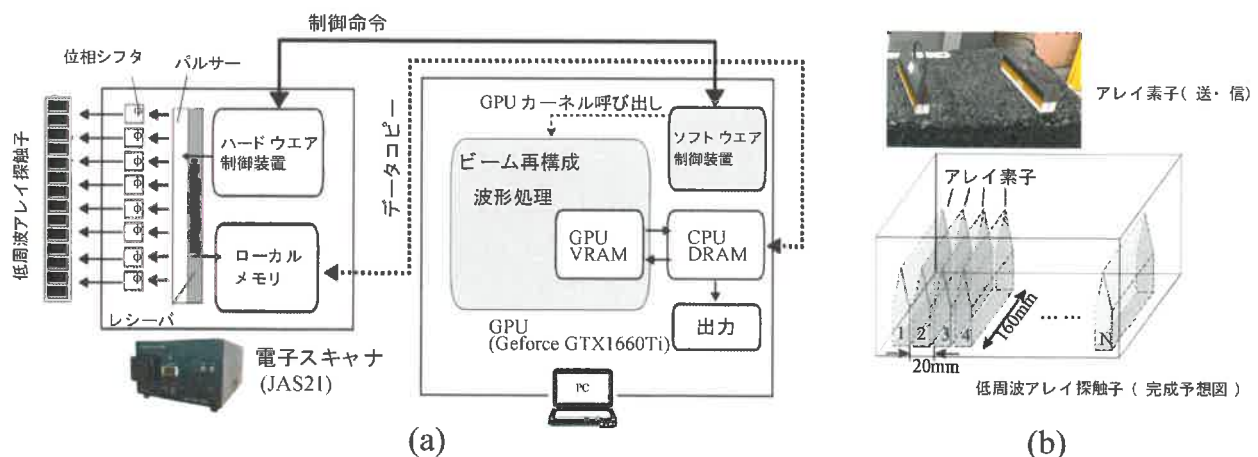


図-1 (a)FSAP方式を実装した映像化システムの概要、(b)アレイ探触子(フルアレイ配置の場合)

-1(a)に示すように、各々の素子で送・受信ができるような特別な電子スキャン装置を専用設計した（製作はジャパンプローブ(株)）。ここでは、GPU 計算を導入して集束ビームの計算を超並列化することで、波形取得から映像化まで1秒以内で実行可能である。

さて、超音波をアスファルト舗装の検査に応用する場合、アスファルトや路盤の非均質性に起因する波動減衰が問題となる。低周波振動を得るためには素子幅を大きくすることが肝要であるが、映像の分解能が低下したり、探触子の重量が大きくなる等の問題が発生する。そこで、数値シミュレーションを援用し、図-1(b)に示すような75kHzの共振ピークを有する低周波アレイ素子(素子ピッチ20mm)を設計・製作した。予算の関係上、フルアレイ素子は製作できなかったため、送・受用に2つの素子を製作した。FSAP方式は送受の全パタンの波形があればポスト処理で集束ビームが再構成可能であるため、以下の検証実験では、この2つの素子の位置を機械的に変えながら波形を収集した。

3. 映像化結果

人工的に損傷（ここではスリット）を設けたアスファルト供試体に対して、本手法による映像化実験を行った。実験では、高速道路の部分補修に使用している密粒度アスファルト混合物(最大粒径13mm)を表層の材料として用いた、路盤は最大粒径が20mmの普通コンクリートを用いた。表層の厚さはおよそ10cm、路盤の厚さは30cmとした。損傷として奥行き方向に一樣なスリットを、供試体のアスファルトとコンクリートの界面に入れた供試体(モデルA)と、コンクリート内部に入れた供試体(モデルB)を製作した。ここでは、アレイ素子を水平方向に16個並べることを想定して実験を行った結果を示す。映像化範囲は水平方向に30cm、鉛直方向に50cmとし、映像化のボクセルサイズは1mmとした。図-2(a)はモデルAに対する映像化結果、同図(b)はモデルBに対する映像化結果である。これらの結果から、スリットの位置が良好に把握できる。表層(アスファルト)と路盤(コンクリート)は音響インピーダンスが異なるため、その界面も映像化されている。

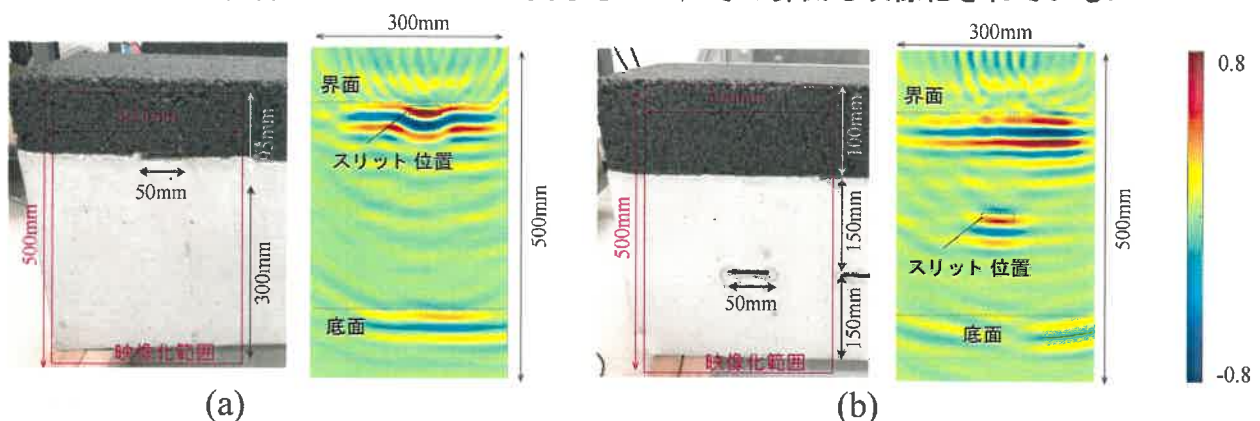


図-1 (a)モデルA(アスファルト／コンクリート界面にスリットがある試験体)の映像化結果、(b)モデルB(コンクリート内部にスリットがある供試体)の映像化結果

4. まとめと今後の課題

本研究では、舗装内部を非破壊で検査するための技術として、75kHzを中心周波数とするアレイ素子を設計・製作し、アスファルト舗装供試体の内部の損傷の映像化を行った。FSAP方式を用いれば、舗装の内部を精度良く映像化できることを示した。今後の課題は、本技術を搭載した試作機を作製すること、実際の舗装において検証を行うことである。

参考文献

- [1] 橋本鋼太郎, 菊川滋, 二羽淳一郎編, 社会インフラメンテナンス学, I 総論編, II 工学編, 土木学会, 2015.
- [2] 中畑和之, 小澤耀生, 大平克己, 小川健三, 低周波アレイ探触子を用いたコンクリート深部の埋設物の高速映像化, 検査技術, pp. 6-10, 2017.

＜ご執筆にあたってのお願い＞

- 広く一般の方々にも興味を持って理解していただけるよう、できるだけ分かりやすく、平易な文章でご執筆願います。
- 原稿の記述言語は日本語とし、ゴシック体・フォントサイズ 10 ポイントとします。
- 原稿は、全体で A4 版 2 枚程度（フォントサイズ 10 ポイント・50 字×40 行＝1 ページあたり図表を含んで 2,000 字程度）とします。（合計 4,000 字程度）
- 項目の番号の記入要領は、次のように統一します。
 - 第 1 順位：1、2、3 …
 - 第 2 順位：1－1、1－2、1－3 …
 - 第 3 順位：（1）、（2）、（3） …
- 図（写真は図に含みます）・表の作成、本文への挿入にあたって、見出しはゴシック体で「図－1 図の見出し」、「表－1 表の見出し」とし、図の見出しは図の下に、表の見出しは表の上に配置して下さい。また、図や表を他の著作物から引用する場合は、出典を必ず明記し、必要に応じて原著者の了承を得て下さい。
- 参考にした文献は、引用・参考箇所です〔1〕、〔2〕のように右肩に番号をふり、本文末に出現順にまとめて記載して下さい。