

光音響法を用いたコンクリート中の波動伝搬の可視化の試み

愛媛大学 正会員 ○中畑和之, 学生会員 武藤健太
電力中央研究所 非会員 永井政貴, 林 山

1. 目的

これまで、超音波を用いてコンクリート中の欠陥や損傷を評価する試みが数多く行われてきた[1]が、これらの多くは、コンクリートの劣化が超音波の伝搬速度の変化と相関がある等、超音波伝搬波形の一部を利用したものが多い。波形には、振幅や位相、モード波成分などの有用な指標があり、計測波形に含まれるこれらの情報を活用することがコンクリート非破壊検査の高度化に寄与する。コンクリート中を超音波が伝搬する際には、骨材による多重散乱によって波動が乱され、減衰が顕著になる。また、骨材の形状や配合、水セメント比等によって超音波の伝搬波形は大きく変化する。超音波波形に影響を及ぼす因子を、探触子で得られた A スコープのみで評価するのは容易ではない。ここでは、超音波の伝搬を可視化することで、コンクリート中の波動場の特性を調査することを目的とする。超音波を実験的に可視化するには、超音波探触子から送信した超音波をレーザードップラー振動計で計測する方法[2]と、レーザ光を照射したときの熱弾性効果によって光音響波を発生させ、これを超音波探触子で受信して可視化する方法[3]が提案されている。いずれも、主として金属表面を伝搬する超音波を可視化する研究に使用されており、コンクリートの波動伝搬を行った事例は少ない。表面の各点で得られた波形データは Wavefield データと呼ばれる。本研究では、セメントペーストとコンクリートに対して Wavefield データを計測し、それを解析することで波動伝搬特性を調査する。

2. 超音波伝搬の可視化手法

光音響効果によって発生した超音波を計測するシステムを自作したので、それを図 1(a)に示す。レーザ光の波長は 532nm、パルス幅は 4ns、パルスエネルギーはファイバー出口で 0.6mJ である。超音波探触子(プローブ)を図 1(b)のように供試体側面に固定し、レーザの照射点を移動させながら、光音響効果により発生した超音波を探触子で受信する。照射点を平行移動させることによってラスタ走査 (x - y 平面) を行う。超音波探触子で検出された信号は、弾性波動の相反性を利用すると、超音波探触子から発生した超音波であると見なすことができる。各点でレーザ照射することで発生した超音波の時間域波形 $u(x, y, t)$ を保存しておき、ある時刻 t の信号 u を (x, y) 上にプロットすることで、表面を伝搬する超音波の可視化が可能となる。

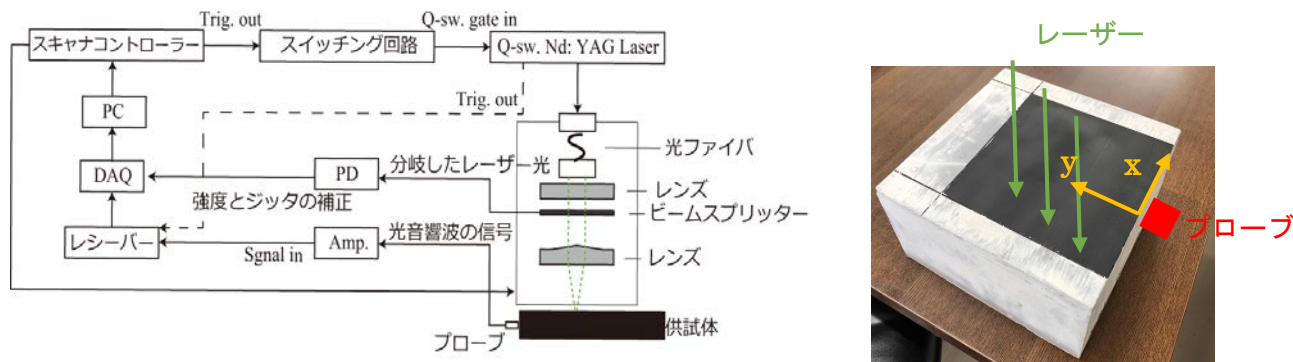


図 1 : (a)光音響波の計測システム, (b)レーザ照射方向及び超音波探触子の設置

3. セメントおよびコンクリート中を伝搬する超音波の可視化

ここでは、水セメント比が 50%のセメントペースト供試体と、水セメント比が 50%で骨材率が 60%、平均骨材粒径が 10mm のコンクリート供試体を作成した。供試体のサイズはいずれも約 200×200×100[mm]である。

キーワード 超音波, 光音響効果, コンクリート, 波動伝搬の可視化

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3 愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻

図 1(b)に示すような黒塗りの部分 100×100 [mm] にレーザー照射した。計測実験で用いた超音波探触子は、公称周波数 200kHz で直径 20mm の円形垂直型のものである。ここで、サンプリング周波数は 50MHz とした。探触子と供試体の間には、接触媒質であるソニコートを用いた。

レーザー照射後 $t=8.1\mu\text{s}$, $10.1\mu\text{s}$, $19.9\mu\text{s}$ の Wavefield データ u に色をつけて表示したものを図 2 と 3 に示す。図 2 はセメントペースト供試体である。骨材が無いので、骨材散乱がなく縦波が円筒状に伝搬しているのがわかる。また、横波が後から伝搬していくのがわかる。図 3 はコンクリート供試体について Wavefield データを表示したものである。骨材の存在により超音波の多重散乱が卓越し、縦波の波頭の識別が困難である。横波の波頭も観察できないが、骨材の存在によって超音波の伝搬が妨げられ、定在しているような観察結果となっている。

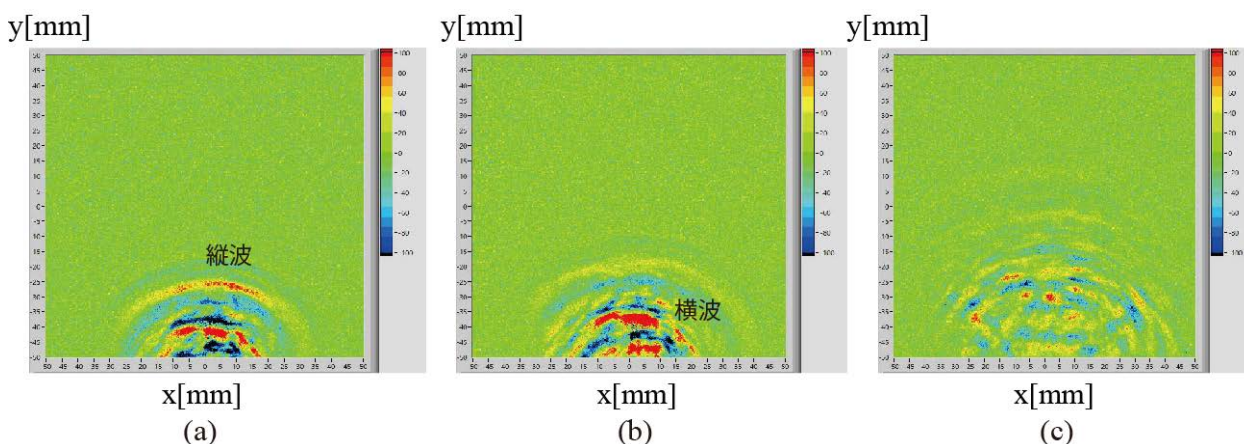


図 2 : セメントペースト供試体の Wavefield データ u のプロット. (a) $t = 8.1\mu\text{s}$, (b) $t = 10.1\mu\text{s}$, (c) $t = 19.9\mu\text{s}$

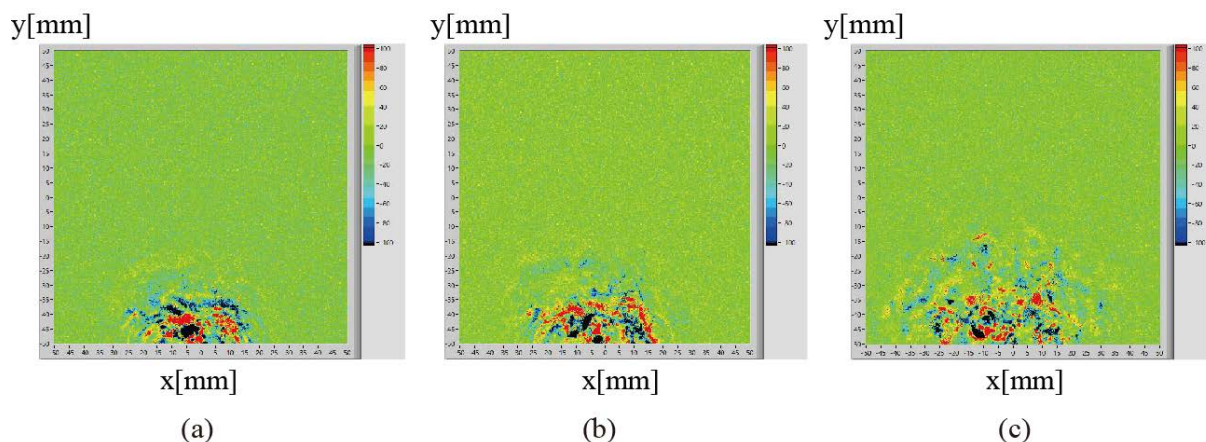


図 3 : コンクリート供試体の Wavefield データ u のプロット. (a) $t = 8.1\mu\text{s}$, (b) $t = 10.1\mu\text{s}$, (c) $t = 19.9\mu\text{s}$

4. まとめ

光音響法を用いて取得した Wavefield データから、セメントおよびコンクリート供試体表面を伝搬する超音波の可視化結果を示した。セメントペースト供試体では、縦波と横波の波面が確認できた。コンクリート供試体では、骨材の影響で超音波が散乱して波頭が崩れる様子が確認できた。このデータをさらに解析することで、コンクリート中の超音波の拡がりや減衰量など定量的指標が抽出できるが、これは講演会当日に発表する。

参考文献

- (1) 鎌田敏郎, 内田慎哉, コンクリート構造物の診断における非破壊検査の適用の現状と今後の展望. 物理探査, Vol. 60, No. 3, pp. 253–263, 2007.
- (2) B. Koehler, M. Kehlenbach, R. Bilgam, *Acoustical imaging / optical measurement and visualization of transient ultrasonic wave fields*, Vol.27, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- (3) S. Yashiro, J. Takatsubo, H. Miyauchi, N. Toyama, A novel technique for visualizing ultrasonic waves in general solid media by pulsed laser scan, *NDT & E International*, Vol.41, pp.137-144, 2008.