

第II部門 超音波を用いた底面及び高濃度浮遊層の検出に関する基礎的研究

神戸市立工業高等専門学校都市工学科 学生員 ○高重 建太  
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 柿木 哲哉  
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 宇野 宏司

1. 研究の背景と目的

高濃度の浮遊砂や浮泥の観測方法としては、直接採取による観測、レーザーによる観測、画像による観測、光学式濁度計による計測などがある。いずれの手法も一長一短あり、特に浮遊層が高濃度になると観測できない場合がある。一方、加藤ら(2009)は、粒径が0.15 mm~0.35 mm程度の砂を用い、反射エコー強度と浮遊砂濃度の間に一定の対応関係があることを明らかにしている。また、この実験の中では10,000 ppmの高濃度でも測定可能であるとするとともに、浮遊砂を透過した超音波により背後の壁面を検出していることから浮遊砂の空間的な情報が取得可能であることを示唆している。中嶋ら(2014)は超音波パルスによる粒子の粒径情報取得の可能性を示している。

本研究では、高濃度の浮遊層内の濃度と粒度を空間的に測定することを目指し、それらに必要な基礎的知見を得るため、室内実験を行った。

2. 研究方法

(1) 超音波送受信装置の概要

図-1 は実験装置の構成を表す模式図である。超音波パルスレーザはOLYMPUS 5072PRを使用した。これを使って超音波を送受信、またそれらの送受信データを有線接続されたオシロスコープに送信する。オシロスコープはエヌエフ回路設計ブロックのGDS1102Aを使用した。これを用い、パルスレーザからの受信波のチェックや2 GbのSDメモリへのデータの保存を行った。サンプリングレートは100 MHzとした。水浸型探触子はOLYMPUS V309-SU U8423013を使用した。この探触子の先端径は約12.7 mmで、5 MHzの超音波パルスを発生する。図-2 は入力パルス、図-3はこのパルスを5 kHzで発生させたものを3波分抜き出して描いたものである。受信も同一の探触子で行った。写真-1 は実際の測定の様子を撮影したもので、容積2 Lのガラス製のメスシリンダーを容器代わりに使用した。



図-1 実験装置（超音波側）の構成

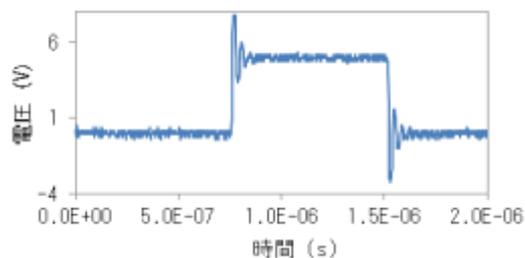


図-2 入力パルス（1波）

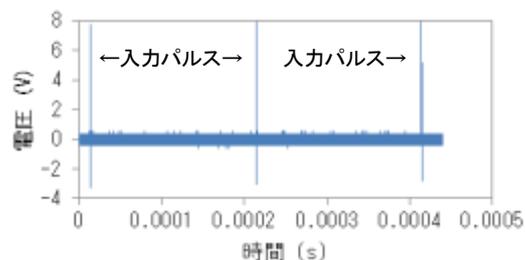


図-3 入力パルス（3波分）



写真-1 実験状況

(2) 側壁の影響についての検討

実験では直径 80 mm のメスシリンダー (写真-1) を使用するので、超音波の送受信に対して側壁が影響するかどうかを調べた。580 mm×270 mm×350 mm のガラス水槽に真水を入れ、水中に入れた探触子を側壁に徐々に近づけエコーの変化を調べた。測定点と側壁との間の距離はそれぞれ⑦290 mm (水槽の中心)、①120 mm、⑨40 mm (メスシリンダーの半径に相当) の 3 点とした。探触子の底面からの距離は約 50 mm とした。⑦～⑨でえられた超音波エコーの波形を用いて探触子から底面までの距離を算定したところ、⑦48 mm、①55 mm、⑨55 mm であった。また、⑦～⑨の波形を比較したところ、部分的に多少違いはあったが、顕著な差異は認められなかった。

3. 研究結果

(1) ベントナイトを用いた高濃度浮遊層の検出

2L のメスシリンダー内に高濃度の浮遊層を作り、探触子の高さを変えてエコーの測定を行った。浮遊層の作成は、まず真水をメスシリンダー内に入れておき、次に、マイクロピペットで水底に少しずつ懸濁液 (10,000 ppm のものを別のビーカーに作成) を注入し、写真-1 および図-4 のような深さ 40 mm の高濃度浮遊層を作成した。図-5 を見ると、②は 97.28 mm の距離を示すエコーで、実際の距離が 95 mm であることから底面の検出は出来ている。しかし、目的としていた浮遊層ははっきりとは検出できていない。検出できていたとすれば探触子から水と懸濁液の境界までの距離が 55 mm であるため、入力パルスからの経過時間 0.000077 s の位置にエコーが現れるはずだが明瞭には現れていない。これは、使用した超音波の波長がベントナイトの粒径を大きく上回るため、この程度の濃度では検出できないものと思われる。図-6 を見ると、探触子を底面から 40 mm 遠ざけたことで、底面のエコーを検知するのとほぼ同じタイミングで、入力パルスである②を検知してしまい、底面のエコーがわかりにくくなった。このことより探触子は入力パルスの間隔が 0.0002 s であることから底面のエコーが 0.0002 s よりも遅く検出してしまうと、データを読み取りづらくなる。よって、超音波パルスの出力間隔を決める際は、底面と探触子の距離も考慮した方がよいことがわかる。

(2) 高濃度浮遊砂層の検出

超音波の波長と同程度の直径を持つ、粒径 150 μm～106 μm、および粒径 425 μm～355 μm の砂を用いて 3。

(1)と同様の方法で実験を行った。図-7 はその結果の 1 例

で、底面と浮遊砂を捉えたと思われる信号が検出された。その他、詳細は講演時に述べる。

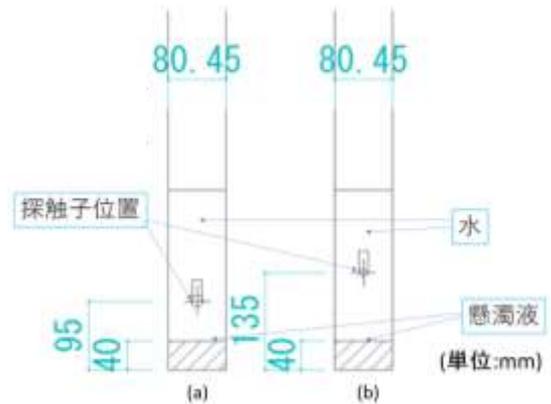


図-4 実験条件

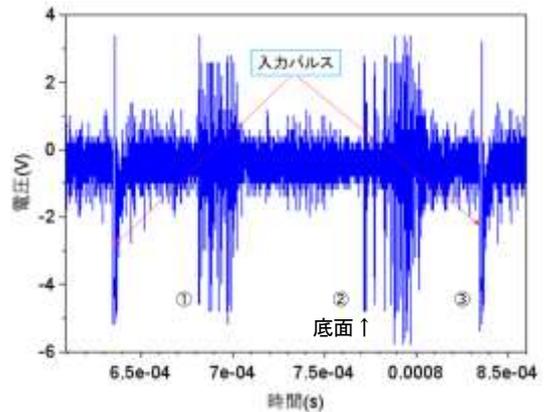


図-5 探触子の高さ 95 mm のエコー

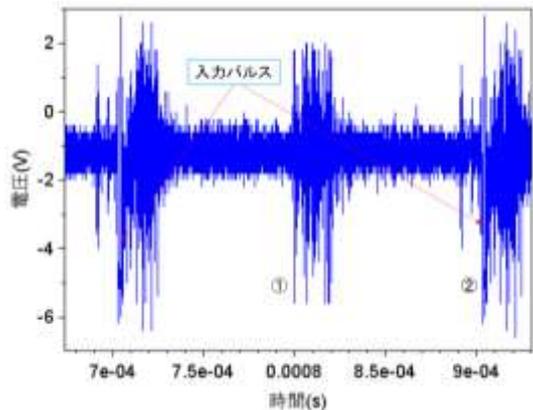


図-6 探触子の高さ 135 mm のエコー

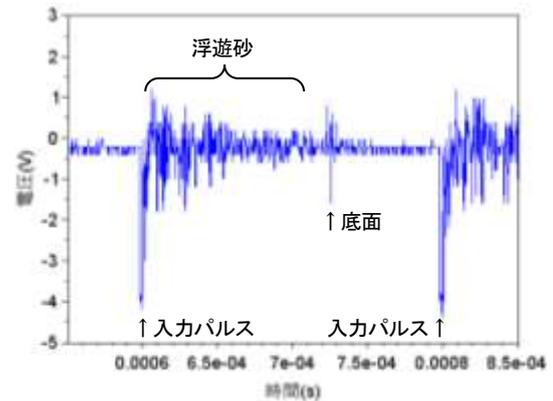


図-7 粒径 425 μm～355 μm の浮遊砂のエコー