

空中超音波法による供用中の農業用水路の粗度係数計測の実用化に向けて
 Toward the practical application of roughness coefficient measurement of agricultural channels
 under operation by aerial ultrasonic method

○岡島 賢治*, 渡邊 真人**, 長岡 誠也*, 伊藤 良栄*, 渡部 健***
 Kenji Okajima*, Masato Watanabe**, Seiya Nagaoka*, Ryouei Ito*, Ken Watanabe***

1. はじめに

コンクリート農業用水路の通水性を評価する指標として一般に粗度係数が用いられているが、竹村ら(2011)は現場水路での粗度係数計測の困難性を指摘している。その困難性を解決するため、現場水路の粗度係数を簡易に測定する手法が求められる。我々は、空中超音波法の反射波の最大振幅からコンクリート面の粗度係数を求める推定法を開発した。しかし、潤辺毎に粗さが異なる供用中の水路、特に堆砂のある水路底面への空中超音波法の適用が検討されていない。本研究では、空中超音波法による農業用水路の粗度係数計測の実用化に向けて、空中超音波法で求めた合成粗度係数の予測値が潤辺で粗さの異なる模型水路実験での粗度係数の実測値を予測できるかの検証と、堆砂した水路底面での空中超音波法の粗度係数の計測条件を明らかにすることを目的とした。

2. 空中超音波法による粗度係数計測法

空中超音波の反射波の最大振幅と粗度係数の関係から推定式を作成する実験を行った。まず、3種類の粗さの発泡スチロールパネルと滑面パネルを使用した模型水路実験により粗度係数計測を行った。次に、各パネルの空中超音波の最大振幅を測定した。超音波センサはLV-Maxsonar-EZ1 (Maxbotic 製) を使用した。パネルに1mの高さから空中超音波を照射し、1つのパネルにつき20個の最大振幅の平均をそのパネルの測定値とした。得られた粗度係数と最大振幅の関係から粗度係数推定式を作成した。

$$y = -8.85 \times 10^{-6}x + 0.0239$$

y:推定粗度係数($m^{-\frac{1}{3}} \cdot s$)

x:空中超音波の最大振幅(mV)

3. 合成粗度係数の予測値の検証

3.1 粗さの異なるパネルを用いた粗度係数実測

供用中の水路の状態をモデル化するために、実験水路に側面と底面で粗さの異なるコンクリートパネルを設置して模型水路実験を行い、粗度係数を実測した。水路部は総延長14mの水平勾配水路で、上流と下流の流れのみだれの影響を小さくするため、中央の区間8mを測定区間とした。

Fig.1は水路の断面図で、側面に滑面パネル、底面に粗面パネルを設置した。粗面パネルは、遅延剤を用いた洗い出し処理によって表面に凹凸を設けた。模型水路実験により平均流速 $v(m/s)$ 、径深 $R(m)$ 、エネルギー勾配 I_e を求め、マンニングの公式から粗度係数の実測値 n を求めた。

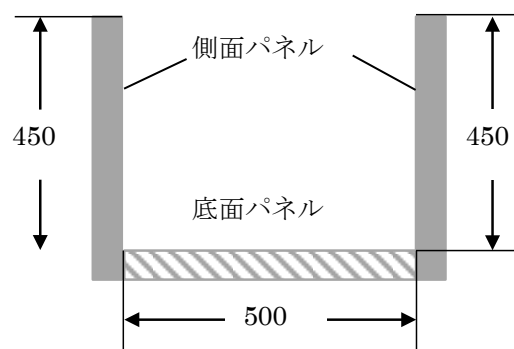


Fig.1 実験水路横断面図

*: 三重大学, Mie University ** : 若鈴コンサルタンツ株式会社, Wakasuzu Consultants Co.,Ltd. ***: 丸栄コンクリート工業株式会社, Maruei Concrete Industry Co.,Ltd キーワード:空中超音波, 粗度係数, 水路底面

3. 2粗度係数の実測値と予測値の比較

滑面パネルと粗面パネルにそれぞれ空中超音波を発射し、得られた最大振幅を粗度係数推定式に反映させたところ、粗度係数は滑面で0.0108、粗面で0.0173となった。潤辺毎で粗さの異なる水路の粗度係数には、合成粗度係数 n_i の式を用いて水路全体の粗度係数を計算できる。

$$n_i = \left(\frac{h \cdot n_s^{1.5} + B \cdot n_r^{1.5} + h \cdot n_s^{1.5}}{B + 2h} \right)^{\frac{2}{3}}$$

ここで B ：水路幅(m)、 h ：平均水深(m)、 n_r, n_s ：粗面、滑面パネルの粗度係数： $(m^{-\frac{1}{3}} \cdot s)$ である。これに滑面、粗面の空中超音波法による予測値を代入し、粗度係数の予測値 n_i を得た。

模型水路実験で求めた粗度係数の実測値 n と、予測値 n_i を比較した結果を **Table.1** に示す。

4. 堆砂した水路底面における計測条件

堆砂した水路底面において水深が空中超音波に与える影響を把握するための実験を行った。**Fig.2**に実験装置の概要図を示す。3種類の河床材料を用いて、堆砂した水路底面を模擬した測定面を作成した。河床材料の平均粒径は、砂利大で16.08mm、砂利中で9.42mm、砂利小は7.02mmであった。単一の河床材料で約3cmの層を形成し、水の追加と最大振幅の測定を繰り返した。水面が測定面より上に到達した時点で測定を終了した。結果を **Fig.3** に示す。粒径ごとに測定面からの距離でどのように最大振幅が変化するか

見るため、水位0mm (**Fig.3** 中左側) から実験を開始した。どの粒径においても水位上昇開始後しばらくは、水が無いときの最大振幅と比べて最大振幅に変化はないが、水位の増加に伴って最大振幅の増加がみられた。傾向としては、測定面からおよそ平均粒径の位置に水位が到達した付近から、水面への超音波の反射によって最大振幅の上昇がみられた。よって、堆砂した水路底面の粗さを計測するためには、測定面から平均粒径以下の水位とする必要がある。

5. まとめ

模型水路実験と空中超音波実験から以下の内容が得られた。

- 空中超音波法で求めた合成粗度係数の予測値 n_i は、潤辺ごとに粗さの異なる模型実験水路の粗度係数の実測値を比較的よく再現できた。
- 堆砂した水路底面においては河床材料の平均粒径以下まで水位を下げることで、不陸のない堆砂した水路底面の粗度係数について空中超音波法の利用が可能である。

Table.1 粗度係数の比較

模型水路実験による実測値 n	0.0146
空中超音波法による予測値 n_i	0.0153

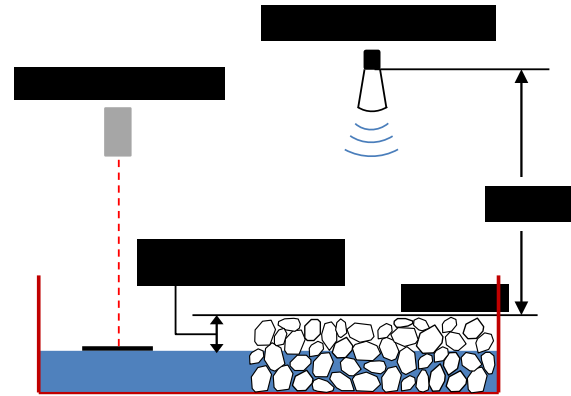


Fig.2 模擬水路底面超音波実験装置概要図

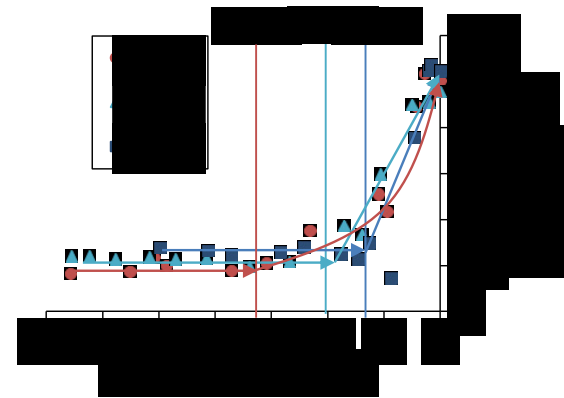


Fig.3 水位上昇と最大振幅の関係