

水理模型実験による空中超音波センサを用いた粗度係数の推定

Estimation of Manning's coefficient using hydraulic experiment and aerial ultrasonic sensor

○渡邊 真人*, 長岡 誠也**, 岡島 賢治**, 石黒 寛**, 伊藤 良栄**, 渡部健***
 WATANABE Masato, NAGAOKA Seiya, OKAJIMA Kenji, ISHIGURO Satoru
 ITO Ryoei and WATANABE Ken

1 はじめに

コンクリート水路の通水性能を評価する際、マンニングの粗度係数がよく用いられる。効率的な保全管理を行うため、コンクリート水路の粗度係数を簡易に測定する手法が必要である。中矢ら(2008)は摩耗による水路表面の凹凸から算術平均粗さを求め、算術平均粗さと粗度係数との関係式を提案している。また、長岡ら(2015)は安価で簡便な測定方法として空中超音波を利用し、空中超音波の最大振れ幅から算術平均粗さを求める式を提案している。本研究では、粗さの異なるコンクリートパネルを設置した実験水路を用いて水理模型実験を行い、空中超音波の最大振れ幅から粗度係数を推定することを目的とした。

2 水理模型実験概要

本研究において設計・製作した実験水路の概要図を図-1、図-2に示す。

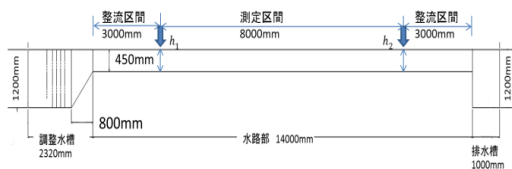


図-1 水路側面図

図-1より、実験水路は延長14mの水平勾配水路であり、コンクリートパネルを設置、取替え可能な構造となっている。給水部の乱れと下流の堰上げ背水の影響を小さくするた

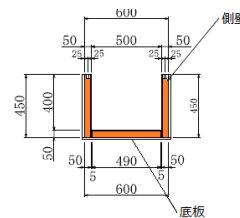


図-2 水路断面図

め、中央の区間8mを測定区間とした。水深計測は非接触型のレーザー式変位計IL-600(KEYENCE製)を用い、100個の

水面変動値を平均したものを水深とした。流量計測は電磁流量計AXF150(横河電機(株)製)により行った。フルード数が通常の農用水路の範囲内である0.4から0.7程度になるように実験を行った。各流量でエネルギー勾配 I_e を(1)式から求め、マンニングの平均流速公式(2)から粗度係数 n を求めた。

$$I_e = \frac{\left\{ \left(\frac{v_1^2}{2g} \right) + h_1 \right\} - \left\{ \left(\frac{v_2^2}{2g} \right) + h_2 \right\}}{L} \quad (1)$$

$$n = \frac{1}{\bar{v}} R^{\frac{2}{3}} I_e^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

ここで \bar{v} :平均流速(ms^{-1}), v_1, v_2 :流速(ms^{-1}), h_1, h_2 :水深(m), L :測定区間長(m), R :径深(m), g :重力加速度(ms^{-2})である。

3 コンクリートパネル

コンクリートパネルは遅延剤を用いて表面に凹凸を設けた。滑面パネル、粗面1パネル、粗面2パネルの3種類のコンクリートパネルを用いた。粗面1パネル(算術平均粗さ0.51)はセメントペースト、細骨材が洗い出された状態のパネル、粗面2パネル

*三重大学生物資源学部 Mie University faculty of Bioresources

**三重大学生物資源学研究科 Mie University Graduate School of Bioresources

***丸栄コンクリート工業株式会社 Maruei concrete industry Co,Ltd

(算術平均粗さ 1.32) は摩耗の進行により粗骨材が剥離した状態のパネルを想定した。図-2 に示すコンクリート水路の内法の寸法は、400(H)mm, 490(W)mm となるよう製作した。これは、想定される実験パターンのうち最も水深が高くなる 60l/s, フルード数 0.2 の条件で水があふれない寸法である。算術平均粗さの測定はレーザー式変位計 CD33(OPTEX-FA 製)により、1 枚につき 6 か所の算術平均粗さを測定し、平均をそのパネルの代表値とした。

4 空中超音波測定

空中超音波センサは LV-EZ1 (Maxbotic 製) を用いた。1.0m の距離から水理模型実験で用いた 3 種類のコンクリートパネルの底板各 14 枚に、空中超音波を発射し、その反射波の最大振れ幅を測定した。1 つのパネルにつき、測定した 20 個の最大振れ幅の平均をそのパネルの最大振れ幅とした。ここで、平均最大振れ幅は各 14 枚の底板コンクリートパネルの最大振れ幅の平均である。

5 結果と考察

水理模型実験による粗度係数と空中超音波測定による平均最大振れ幅、レーザー式変位計による算術平均粗さを表-1 に示す。

表-1 粗さについての実験結果

	滑面	粗面1	粗面2
粗度係数(m ^{-1/3} s)	0.00108	0.0148	0.162
標準偏差	0.000556	0.000173	0.000148
平均最大振れ幅(mV)	1849	1385.9	931.6
標準偏差	22.82	231.6	183.4
算術平均粗さ(mm)	0.037	0.51	1.32
標準偏差	0.0047	0.12	0.24

コンクリート水路の設計標準値は 0.012 から 0.016 とされている。表-1 の粗度係数によると、この 3 種類のパネルでは供用直後の水路から通水性が不健全な水路を再現できたといえる。

平均最大振れ幅の結果は、滑面パネルの標準偏差が平均値の 1%程度であるのに対し、粗面 1, 粗面 2 パネルでは平均値の 15%以

上であった。算術平均粗さの標準偏差を見ると、粗面 1, 粗面 2 パネルの標準偏差が滑面パネルの標準偏差よりも 25 倍以上大きかった。洗い出し処理により人工的に作成した粗面であるので、粗面 1, 粗面 2 パネルでは同じ種類のパネルでも粗さが異なっていることがわかった。そのため、最大振れ幅の標準偏差が大きくなった可能性が考えられた。

粗度係数と空中超音波による平均最大振れ幅の関係(図-3)から(3)式を得た。

$$y = -5.96 \times 10^{-6}x + 0.0222 \quad (3)$$

ここで、y:推定粗度係数(m^{1/3}s⁻¹), x:平均最大振れ幅(mV)とした。

決定係数が 0.93 と高く、平均最大振れ幅を用いて粗度係数を直接的に精度よく推定できることがわかった。

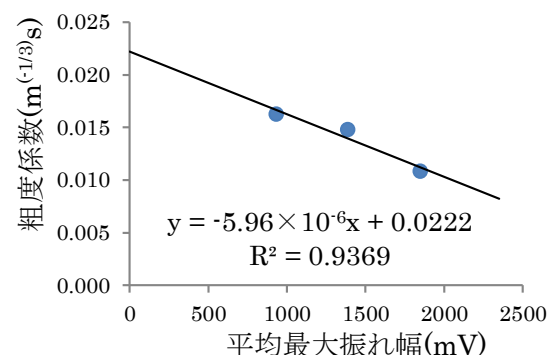


図-3 粗度係数と平均最大振れ幅の関係

6 まとめ

空中超音波の最大振れ幅を用いたコンクリート水路の粗度係数推定式について検討した結果以下の結論を得た。

- 使用した実験水路は供用直後から通水性が不健全な水路までを再現できた。
- 空中超音波センサの平均最大振れ幅を用いて粗度係数を精度よく推定できた。

引用文献

- 中矢ら(2008)：摩耗したコンクリート水路表層形状からの粗度係数推定手法，農業農村工学会論文集第 258 号，pp23-28
- 長岡ら(2015)：空中超音波によるコンクリート表面粗さ測定の送信・受信素子数による比較検討，農業農村工学会大会講演会講演要旨集，p676-677