

# 水位-流量関係同定を目的とした極小水理模型の流況評価

宮崎大学工学部 学生会員 ○中川敦貴  
宮崎大学工学部 正会員 入江光輝

## 1. はじめに

近年、気候変動による河川の災害激甚化が懸念され、流量予測の精度向上が進められている。分布型モデルはその有効なツールだが、パラメーター調整のための流量観測地点は限られた数しかない。高精度化には多地点の流量時系列の取得が望ましいが、山間部小流域等での高水流量観測は危険を伴う。このとき支配断面となり得る砂防堰堤を利用した模型実験による水位-流量(H-Q)関係の同定は一つの手段となり得る<sup>1)</sup>。一方、近年では LiDAR-UAV 等で比較的容易に現地詳細地形の点群データが取得可能である。

そこで本研究では、堰堤周辺の地形を LiDAR で取得し 3D プリンタで出力した極小模型を用いて、水理実験を行い H-Q 関係の同定を試みた。そして、その流況を精査し、得られた H-Q 関係の信頼性について検討した。

## 2. 研究手法

### (1) 調査地点と現地測量

調査対象は、宮崎県北部を流れる耳川の最上流部である(図-1)。筆者らは同流域における濁質供給源を同定し<sup>2)</sup>、流域の地質が異なる2流域からの生産量原単位の比較を目指している。そこで、図中に示す地点A、Bの2地点に見られた砂防堰堤に水位計(Onset社製 HOB0-U20)を設置し、本手法による H-Q 関係同定に基づいた流量評価を試みている。

現地地形の測量は2022年10月に実施した。直前の大型台風の出水により土砂移動が見られたが、いずれの堰堤も満砂状態であったため、台風前から地形や勾配に大きな変化は生じていない。

今回、高精度かつ高密度の点群データを取得できるレーザースキャナー(Topcon社製 GLS-2200)および LiDAR-UAV(DJI社製 Matrice-300-RTK, Zenmuse-L1)を用いて、両地点で測量を実施した。レーザースキャナーは、両地点ともターゲットを2つ設置する後方交会法を2回ずつ実施した。LiDAR-UAVの航路は、両地点とも河道中央の1測線と岸沿いの2測線をすべて河川と平行に飛行させた。

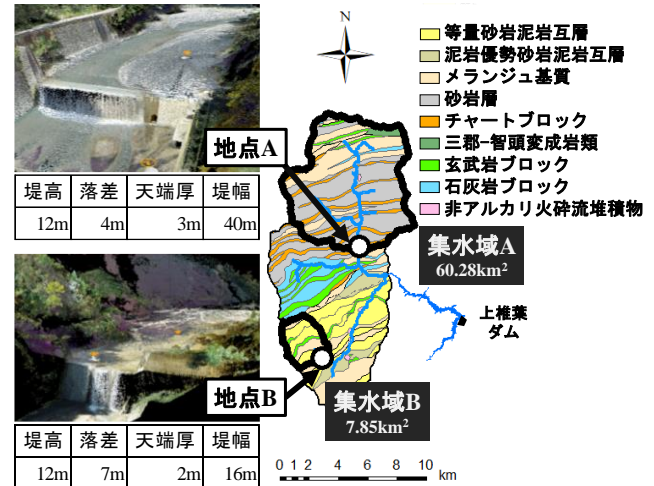


図-1 対象流域の位置

### (2) 極小模型作成と水理実験

取得したデータはソフトウェア(DJI社製 Terra, Topcon社製 MAGNETCollage)を用いて点群処理した。点群は高密度にランダムで得られており、3Dプリンタで出力するにはデータが大きいため、そこで水平面0.25m四方の格子内で最低点を抽出してDEM化することで、河道上空の樹木などの遮蔽物の点も除去した。さらに河道から大きく外れた点は除去し、点の座標値を縮尺にあわせて変更した後にメッシュ化した。縮尺は、完成した模型の河道幅が30cm程度となるように水平方向を1/250とした。極小模型ゆえに水深が非常に浅くなり、粘性が大きく影響することが懸念されるため、鉛直方向の縮尺は1/250以外に3/250, 6/250としたひずみ模型を作製した。

使用した3Dプリンタ(XYZprinting社製ダヴィンチ1.0Pro)で最大可能な造形サイズが20×20cmであるため、測量成果をいくつか分割して造形し、最後に接着剤で接合して一体とした。3Dプリンタのフィラメントは加工性が優れ、熱収縮が小さく作成後の反りが生じにくい Tough PLA を使用した。

水理実験では、模型上流部には整流水路を設けている。流量は下流端の堰からの落水を受けて計量した。これをフルードの相似則に基づいて実スケール流量に換算し、各模型について実スケールの H-Q 関係を求めた。

3. 実験結果と考察

水理実験で得られた H-Q 関係を図-2 に示す. ここで紙面の関係で地点 B の結果のみ示す.

鉛直縮尺 3/250 と 6/250 の結果は概ね一致したが, ひずみのない 1/250 では実水深 1.5m 相当付近までの低流量時の水位がばらつきを見せている. これは実験時に流量を変更するとその度に流路が変わり, 定点計測した水位は流量を必ずしも反映していないためである. 流量を大きくしていき堰で幅広く落水するようになると, 1/250 の H-Q 関係も収束した.

図-3 右は各実験水位時の堰上の断面平均流速からレイノルズ数を求めたものである. ひずみなしの場合, レイノルズ数が非常に低い上にばらつきを見せ, 粘性が卓越した層流的振る舞いをしている. したがって, フルードの相似則に従っているとは考えづらい. 前述のような低水時の流路の複雑な変化も粘性の影響が高いために河床微地形の影響を強く受けた結果であると考えられる. 一方, ひずみ模型では代表長さの水深が相対的に大きく, 粘性の影響が弱まる. また勾配がきつくなり流速も速くなるため 3/250, 6/250 ではいずれの水深の時も層流と遷移領域の境界の 500<sup>3)</sup>を超えている.

図-3 左に示した各実験水深時のフルード数を見ると, ひずみなしの模型では他の 2 つのひずみ模型とフルード数の挙動が大きく異なっている一方, 3/250, 6/250 は傾向が概ね一致した. 概算であるため完全には一致していないが, 互いにフルードの相似則に準じていると見られる. このことから, 2 つのひずみ模型では粘性に対して重力の効果が十分に大きく, フルードの相似則に基づいた図-2 の H-Q 関係はある程度の信頼性があると考えられる.

4. まとめ

本研究では, 砂防堰堤の周辺で点群を取得し, 3D プリンタで極小模型を作成した. そして水理実験を行って H-Q 関係の同定を試みた. その結果, 鉛直縮尺が 3/250 と 6/250 の H-Q 関係は概ね一致したが, ひずみなしでは挙動が異なった. したがって, ひずみを与えたことで十分に粘性の影響が排除され, フルードの相似則が保たれていると考えられた.

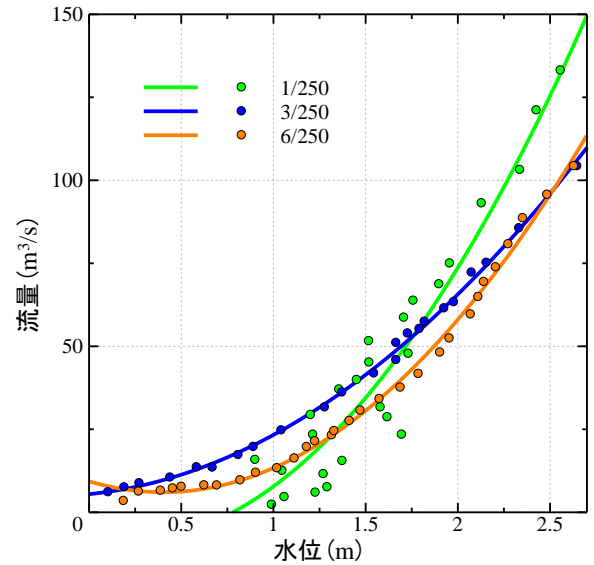


図-2 水位-流量関係(H-Q 関係) [地点 B]

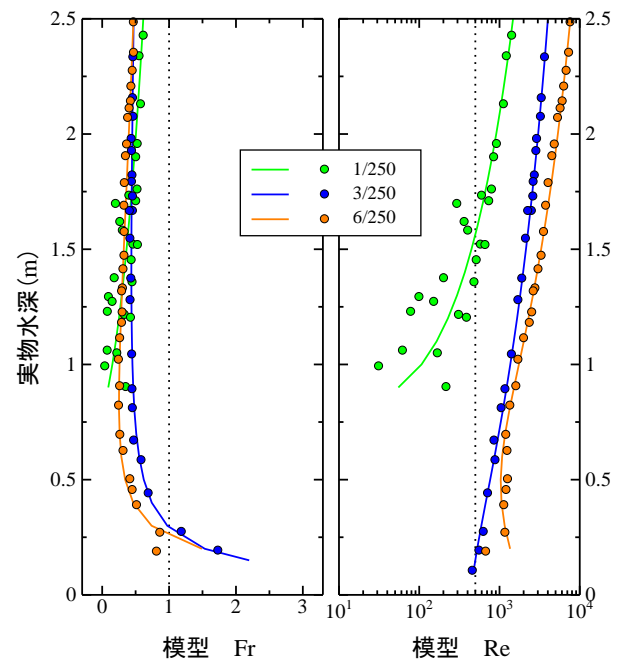


図-3 各水深の Fr 数と Re 数 [地点 B]

参考文献

- 1) 小葉竹重機, 清水義彦, 小保方和彦, 荒井良介, 岡本康博: 砂防ダム の水位・流量曲線の検討, 水工論文集, 43巻, pp.55-60, 1999.
- 2) 東俊孝, 入江光輝: 上椎葉ダムに流入する濁水の起源同定と高分子凝集剤による流出抑制効果の検討, 水工学論文集B1, 77巻, 2号, pp.I\_583-I\_588, 2021.
- 3) Chow, V.T. (1959) Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York.