

3D プリンターの魚道水理模型実験への導入 Introduction of 3D printer-based hydraulic model experiments for fishway

○堀内 孝人*, 矢田谷 健一**, 渡邊 潔*, 東 信行**

HORIUCHI Takato, YATAYA Kenichi, WATANABE Kiyoshi, AZUMA Nobuyuki

1. はじめに

水理模型実験は、農業水利施設や河川構造物の流れの特性を理解するために有効な手段である。これまで水理模型実験の模型を作製する際には、鋼材や木材、アクリル素材等を用いたハンドメイドが主であった。しかしながら、これらの素材を用いて複雑な縮小模型を用意するためには、特殊な技術力と多くの労力を要することが実状であった。一方、近年、樹脂材料を用いた 3D プリンターの社会での普及が急速に進み、実勢価格 10 万円以下で機器を導入することが可能となっている。

著者らは、幅 2m×長さ 1m の魚道ブロックを頭首工下流部に 1/8 急勾配で設置するにあたり、これに対応可能な越流部の形状検討を目的とした 1/3 縮尺の水理模型実験を行った。本実験にあたり、3D プリンターを導入して模型作製を行った結果、模型の精度確保・人的な作製時間の短縮を図ることができたので、主に模型作成方法について概要を報告する。

2. 模型作製

2.1. 使用機器

3D プリントに使用した機器等を **Table.1** に示す。

2.2. 作製模型の概要

Fig.1 に示す 1/3 縮尺の魚

道ブロック（幅 0.667m×長さ 0.329m）を作成した。1 ブロック当りの造形時間は約 60 時間であり、流水蛇行性を再現するため 4 ブロック 1 連とした。

2.3. 作製方法

模型サイズが、使用機器の最大作製サイズ (**Table 1**) を超えており 1 回の造形では作成できないため、1 つのブロックを 13 分割して造形した。

本 3D プリンターの造形方式は FDM (熱溶解積層方式) と呼ばれ¹⁾、樹脂製フィラメントを高温で溶解し下から 1 層ずつ積み上げていく方式であり、Y 型のような鉛直上向きに広がる形状や H 型のように中空がある形状の造形を苦手としている。また、積層方向によっては強度が期待できない場合がある。以上の特徴と実験の効率性を考慮し、部材の分割位置を定めた。具体的には、越流部（切欠き部）の形状を変化させて実験を行うために、隔壁部

Table 1 Equipment and software used

使用機器名	AnkerMake M5 (Anker 社製)
造形方式	FDM (熱溶解積層法)
最大作製サイズ ²⁾	幅 235mm×奥行 235mm×高さ 250mm
スライサー	AnkerMake Studio (Anker 社製)
CAD ソフト	Autodesk AutoCAD (Autodesk 社製)

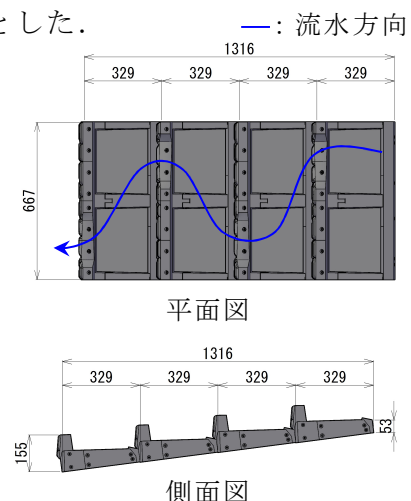


Fig.1 Shape and dimensions of hydraulic model test object

* 株式会社ホクエツ Hokuetsu Co., Ltd.

**弘前大学農学生命科学部 Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

キーワード：3D プリンター，水理模型実験，魚道

と基底部に分けて部材を作成した (Fig.2). 各部材は造形時間短縮のため箱抜き形状とした (Fig.5). 隔壁部 (Fig.3) は、水理実験段階においてもボルトで簡単に基底部に脱着できる. 基底部 (Fig.4) は、最大作製サイズより9分割とし、中空形状での造形を避けるため頂部を下端として積層した. 各部材はボルトで連結して魚道ブロック化し、4つの魚道ブロックを寸切りボルトで連結した.

造形素材には PLA フィラメントを採用し、Table 2 の条件で造形を行った. 本条件は、いずれも使用機器の標準値に相当する. また、強度確保のために隔壁部は概ね 8cm、基底部は概ね 20cm 間隔でリブを設けた (Fig.5).

3. 水理実験

作製した模型は幅 70cm の長方形水路に据え付けて、水理実験を行った (Fig.6). 据付には、コの字型 SUS 製アタッチメントを用いた. また、水路と模型の境界部には、防水テープで止水処理を施した. 実験時のプール間水位差は 4.0cm で、切欠き部の越流水深の条件は、最大 5.4cm とした. 本条件下の隔壁にかかる水平方向の全水圧の合力は、約 30N で、曲げモーメントは、約 2N・m である. 本実験で、模型に変状が生じることはなかった.

4. まとめ

3D プリンターの最大作製サイズを超える模型であっても、分割造形して連結することで水理実験を行うことができた. また、ボルト連結用の穴等を造形前の設計に組み込むことで、製作の効率化を図ることができた. 3D モデル作成の際の精度誤差は 1mm 程度の範囲であり、擬岩形状や曲面形状の造形も可能な点に 3D プリンター導入の強みがある. なお、本実験では大まかな流況評価を目的としたが、詳細な水理諸量の評価を行うためには、部材の粗度調整やボルト頭部の被覆が必要になるものと考えられる. 今後は、多様な魚種に配慮した魚道ブロックの開発を進める.



Fig.2 Fishway block model



Fig.3 Parts of weir section



Fig.4 Parts of base section

Table 2 Model print settings

積層ピッチ	0.2mm
充填密度	15%
プリント温度	215℃
ヒートベッド温度	60℃
上部・下部リフトレイヤー	5層
境界線	3層

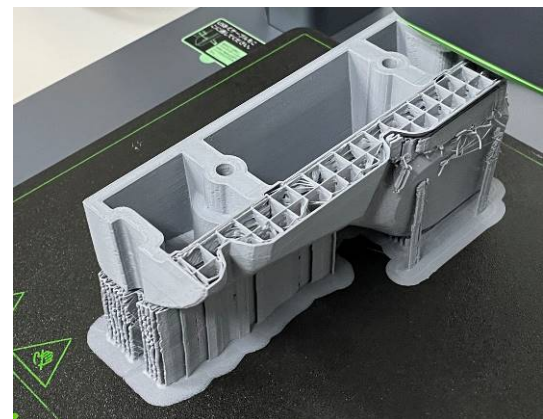


Fig.5 Molding situation



Fig.6 Scene of hydraulic experiment

参考文献：1) 渡辺崇史(2016)：3D プリンターの基礎知識，日本義肢装具学会誌，32(3)，pp.148-153.