

近畿大学大学院 学生員 ○森知 宏之 奈良県 田中 健司
 近畿大学理工学部 正会員 江藤 剛治 神戸大学工学部 正会員 道奥 康治
 近畿大学理工学部 正会員 竹原 幸生 神戸大学工学部 花谷 清明
 近畿大学理工学部 正会員 高野 保英

1. はじめに

従来用いられていた不透過性の堰やダムは、物質や生態系の縦断方向移動が分断されるため、河川本来の環境平衡が崩される。近年、多自然型河川工法の一つとして、透過性のある捨石を用いた堰が、これらの問題を解消する治水・利水構造物として期待されている。しかし、捨石を用いた堰に関する疎通性能、堰周辺の局所流況などの基本的な特性は未解明な部分が多い¹⁾。

捨石堰のような、間隙を有する媒体中の流れ場を計測することは非常に困難である。センサーなどを用いて計測する方法もあるが、センサー自体が流れを乱し、多点で計測することが困難である。そこで、光を透過し媒体内を流れる液体と同じ屈折率をもつ媒体を堰の代わりに用いれば、光は屈折することなく直進するので、流れ場の画像計測が可能となる。

本研究では、比較的屈折率が低いシリコンゴムで作製したブロックを捨石堰モデルとし、近畿大学水工学研究室で開発された屈折率整合法²⁾ および PTV を用いて、捨石堰モデル内の流れ場を計測する。

2. 型枠を用いた真球透明体の作製

2.1 型枠の設計・作製 本研究で用いる実験用水槽の水路幅 5cm に対応した捨石堰モデルとして、直径 1cm の球体を用いた多孔体を作成する。そのため接合部跡が極力小さい真球透明体を作製する。密閉性の高い型枠を作製し、多量のシリコン製真球透明体を一度に作製できるようにした。図-1 に今回作成した型枠を示す。

2.2 作製結果 試作した型枠で作製した真球透明体の接合部跡の幅は 0.13mm であった。試作した型枠で作製した真球透明体の接合部跡の幅であれば、あまり流れに影響を与えないと思われる。屈折率を一致させた場合には、接合部跡は見えなくなる。試作した型枠の密閉性が高まっていること、および一度に大量に作製できることが示される。250 個のシリコン製真球透明体を用いて写真-1 のような縦 5cm、横 5cm および奥行き 10cm の捨石堰モデルを作製した。

3. 屈折率整合法を用いた捨石堰モデル内の流れ場の画像計測

3.1 実験方法 実験に用いた主な機材を表-1、および実験手順を以下に示す。

- ① 屈折率整合法を用い、低屈折シリコンゴムの屈折率にヨウ化ナトリウム水溶液の屈折率を一致させる。
- ② 機材を図-2 のように水平に配置する。また、捨石堰モデルを開水路に設置する。

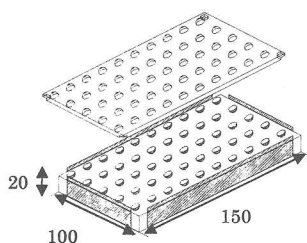


図-1 設計した型枠

(単位 ; mm)

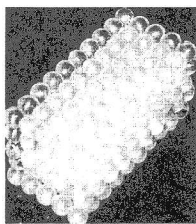


写真-1 捨石堰モデル

表-1 使用材料・器具

使用材料・器具	製造元	備考
ヨウ化ナトリウム水溶液	和光純薬工業(株)	型番 : 195-02285
ポリ塩化ビニル	日本ゼオン(株)	型番 : 103EP 比重 : 1.4 直径 : 148 μ m
CCDカメラ	Kodak社	MEGAPLUS CAMERA MODEL ESI.0
ダブルパルス YAGレーザー	NEW WAVE RESEARCH社	Mini Lase PIV Dual Pulse
ポンプ	日立	ハンディーポンプ C-P30J形
実験用水路	自主製作	寸法 : 400mm×60mm×50mm
捨石堰モデル		寸法 : 100mm×50mm×50mm

③レーザー光を撮影断面に合わせる。ポンプを用い、ヨウ化ナトリウム水溶液を実験用水槽内に循環させる。

④流れが安定した時点で反射鏡を利用し開水路部の下から撮影、および流量の計測を行う。撮影時のカメラの内部周波数は15Hz、およびダブルパルス間隔は $800\mu\text{sec}$ とした。

3.2 撮影結果 今回用いた開水路では一定流量になる上流側水深は約3.5cmで、流量は $47.59\text{cm}^3/\text{sec}$ であった。この実験条件に固定してすべての実験を行った。

捨石堰モデル内の曝気で真球透明体に気泡が付着する、間隙にトレーサー粒子が詰まるという2つの原因から屈折率を一致させ撮影を行ったにもかかわらず、真球透明体が見えていた。そのためにPTVを行う前に画像中から除去する必要性が生じた。

4. 撮影した画像中からの真球透明体の除去

撮影した画像中で動いているトレーサー粒子のみを抽出できると、PTVによりトレーサー粒子の移動量を算出し易くなる。撮影した画像中の動いていないものは、撮影した枚数の同じ座標の輝度値を足し合わせることで輝度値が高くなる。足し合わせた画像の枚数で割ることで、動いていないもののみの画像を人工的に作製し、背景画像とした。撮影した画像から人工的に作成した背景画像を差し引くことで動いているトレーサー粒子のみの画像を作成し、これを解析に用いた。

5. 捨石堰モデル内部の流れ場の算出

5.1 算出方法 捨石堰モデル内部の流れ場をPTVにより算出することを目的とする。動いているトレーサー粒子のみの画像を用いて以下の手順で流速を算出した。

①連続2時刻の画像を用いて、PTVを行う。この作業を300組について行う。

②PTVの結果を実空間に変換し、パルス間隔($800\mu\text{sec}$)で除し速度場を算出し、誤ベクトルの除去を行う。

5.2 算出結果 PTV後、誤ベクトルを除去した結果の一例(約 $3\text{cm} \times 3\text{cm}$ の画角)を図-3、図-4に示す。図-3は水路床から5.0mmの高さの断面で捨石堰モデルの下流端から0.0mm~30.0mmの位置、図-4は水路床から10.0mmの高さの断面で捨石堰モデルの下流部から30.0mm~60.0mmの位置である。図-4については、捨石堰モデル内で間隙の大きな部分であるため、ベクトルの除去を行わない。間隙が大きいため全体に直線的な流れが再現されている。

6. おわりに

屈折率整合法を用いた捨石堰モデル内の流れ場の画像計測結果として、人工的な背景画像を減算することで動いているトレーサー粒子のみの画像を作成し、真球透明体の周りの流れを可視化計測することができた。今後、本研究で示した手法を利用し、捨石堰モデルのような、多孔体中の流れ場の可視化計測を行う。

参考文献

- 1) 道奥康治, 他: 捨石堰における通過流量特性, 第45巻, 水工学論文集, pp.391-396, 2001
- 2) 江藤剛治, 竹原幸生, 他: 水流の可視化に必要な関連技術の開発, 土木学会論文集, pp.87-106, 1996

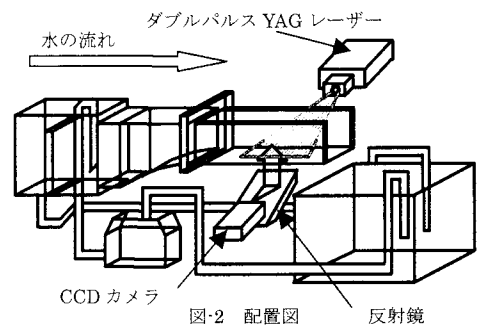


図-2 配置図

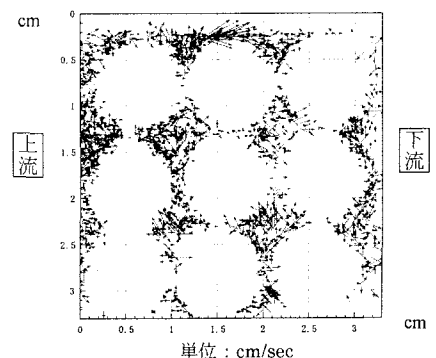


図-3 流速分布図の一例
(真球の直径部分の断面)

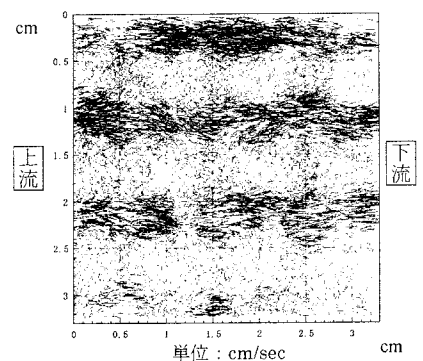


図-4 流速分布図の一例
(真球と真球の接合部分の断面)