

第II部門 河床下の浸透流に関する水理実験と数値実験の検討

大阪工業大学大学院 学生員 ○知原 光弘 大阪工業大学工学部 正会員 綾 史郎
大阪府立水生生物センター 非会員 平松 和也

1.はじめに 筆者らは安威川上流部において河川の横断測量, 等水位面の測定や中州の地下水位を計測するとともに水温測定を行い, これらやトレーサーテストの結果より河床下の浸透流の存在を明らかにするとともに, 地形や水面形より浸透流の流向, 流程を推定した. その結果, 河川水中に中州等が存在し, 流れが左右に分かれ, 横断方向に水位差が存在する場合にはその水位差により横断方向の浸透流が生じていることを推定した. また, 縦断方向には淵に早瀬が続くような河川地形で湧水が生じている例が多いことを明らかにした.¹⁾しかし, 河床下の地下構造が分からないため, どのような流れが生じるのかは明確できず, また, 河床下の浸透流については知見に乏しいため, 河床の縦断地形形状と浸透流の発生について室内水理実験と数値実験を試みたが, 数値実験において境界条件の取り方やモデル定数の選定など検討すべき問題が残された.²⁾本報ではそれらの問題点を改善し, 再度水理実験と数値実験を比較・検討を行ったので報告する.

2.水理実験

2.1 実験概要 大阪工業大学工学部の水工実験室に設置された幅 200mm の可変勾配水路の内に幅外径 80mm (内径 67mm), 高さ 217mm, 長さ 1000mm (部材厚さ 6mm) のアクリル板で作った溝の内部に直径 12.5mm のガラスビーズを並べた浸透層を設置して行った. 実験の基本ケースとして, 浸透層はガラスビーズを横断方向に 4~5 個, 水深方向には 10 段 (約 11.1cm) 重ねて平坦な河床 (RUN-1) とした. 凹凸のある形状としては, 縦断方向にガラスビーズの積み重ね段数を変えて浸透層の形状 (河床の縦断形状) (厚さ 8.0~14.1cm) を 6 通りに変えた. 実験条件を表 1, 流況の一例を写真 1 に示す. 可視化の方法としてはローダミン B 水溶液を入れた注射器からガラスビーズ内の浸透部や流れ部の側壁近傍に水溶液を注入し, その拡散状況を観察するとともにビデオ撮影した.

3.数値実験

3.1 数値実験モデル 数値モデルとしては, 鉛直 2 次元で長方形の被圧浸透層を仮定し, Darcy 則が適用できるものとした. また, 透水係数として $K=2\text{cm/s}$ と $K=2000\text{cm/s}$ の 2 種を用いて, その分布形状を変えることにより水理実験の河床 (浸透層上層) の凹凸を模擬できるとする. 連続式を用いるとラプラスの式が得られ, SOR 法を用いて差分式を解き, ポテンシャルの分布・流向を求めた. ただし, 左端を 15cm, 右端を 14.5cm とし, 上・下端は流入・流出がないものとした.

4.水理実験と数値実験の結果のまとめ 各条件における浸透流の流向について水理実験結果 (図-2) と数値実験結果 (図-3) を示すとともに比較・検討を行った.

- 4.1(1) RUN-1 (平坦河床):** 両方の実験で表層流と浸透層内の流れは, 下流に向かって一方向に流れた.
- 4.1(2) RUN-2 (凸部を有する場合):** 両方の実験で凸部の上流側において表層流は, 浸透層内に浸入する流れと凸部を越流する流れの 2 種類の流れが見られた. また, 浸透流は凸部の下を流下した後, 凸部下流で浸透層から表層に湧出した.
- 4.1(3) RUN-3 (凹部を有する場合):** 両方の実験で上流側では浸透層内を流下し, 流れは凹部の上流側傾斜面で表層に湧出した. また, 水理実験では凹部の下流側傾斜面で表層から浸透層へ浸入し, しばらく流下した後, 表層へ湧出する流れが見られたが, 数値実験では表層へ湧出する流れは見られなかった.
- 4.1(4) RUN-4 (凹部が連続する場合):** 両方の実験で上流側の凹部下流側傾斜面から浸透層に浸入した流れは, 下流側の凹部の上流側傾斜面から湧出した. また, 水理実験では下流側の凹部から浸入した後, 表層へ湧出する流れが見られたが, 数値実験では下流側の凹部から浸入した後, そのまま浸透層内を流れた.

表-1 実験条件

実験	水面勾配	路床形状
RUN-1	1/92	平坦河床
RUN-2	1/130	凸部を有する場合
RUN-3	1/430	凹部を有する場合
RUN-4	1/475	連続堰堤
RUN-5	1/114	淵から瀬へ
RUN-6	1/80	瀬から淵へ

路床勾配 1/100, 流量 248~275 ml/s

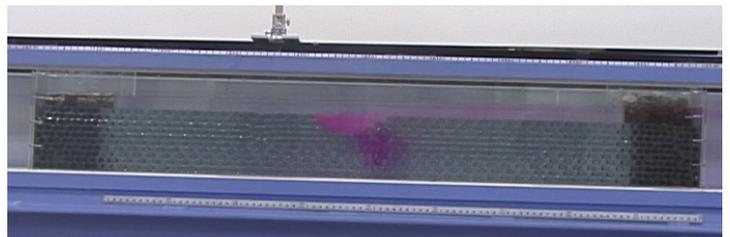


写真-1 流況の一例 (RUN-3)

Mitsuhiro CHIHARA, Shirou AYA and Kazuya HIRAMATSU

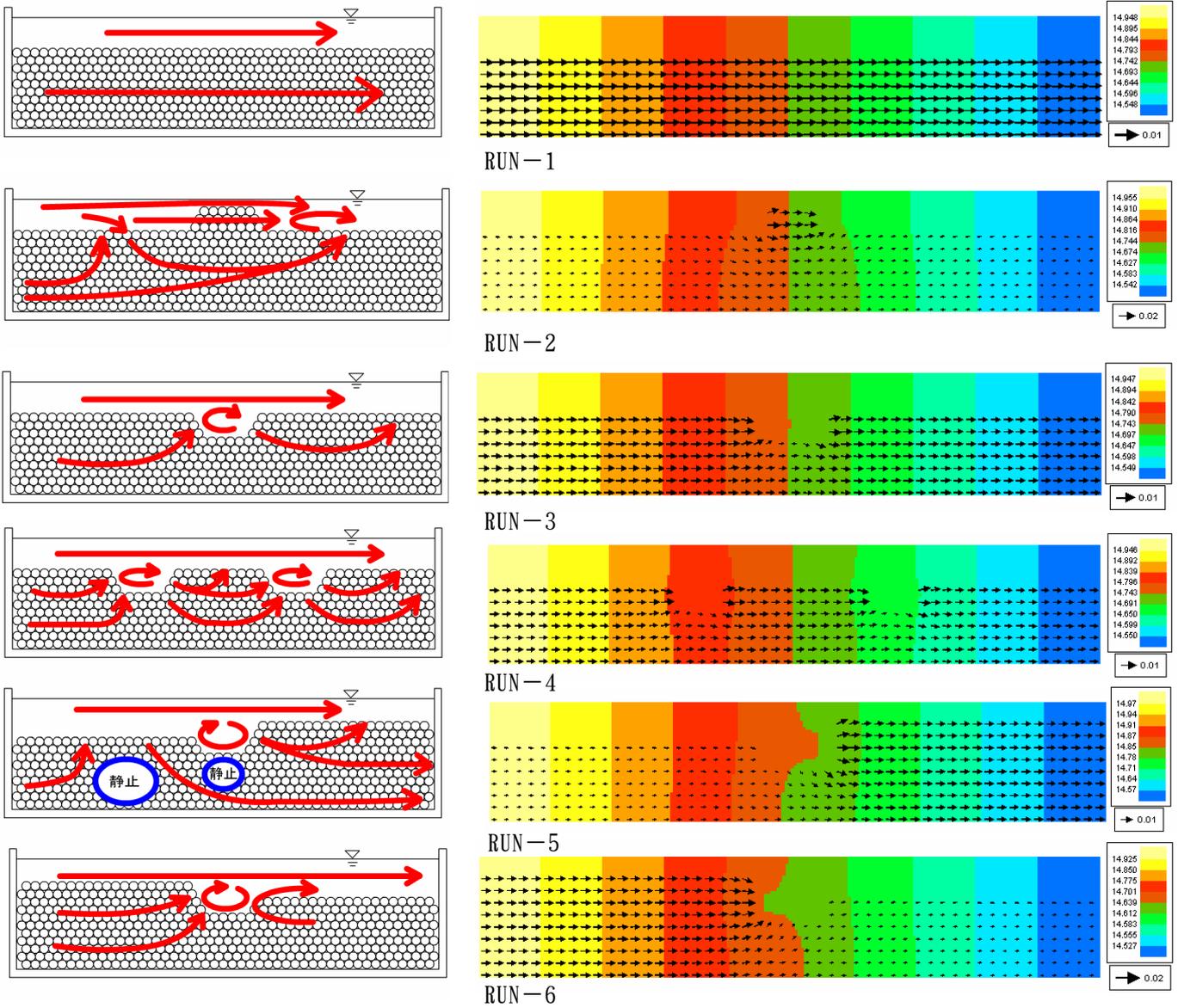


図-2 可視化実験で得られた流れ

図-3 数値実験で得られたポテンシャルの分布と流速分布

4.1(5) RUN-5(淵から瀬へ): 水理実験では凹部の上流側の浸透層および凹部直下の浸透層内での流れが停滞したが、数値実験では同様の現象は見られなかった。また、水理実験では凹部の下流側から浸透層へ浸入した後、表層へ湧出する流れと、浸透層内を流下する流れが見られたが、数値実験では表層へ湧出する流れは見られなかった。

4.1(6) RUN-6(瀬から淵へ): 両方の実験で上流側では浸透層内を流れ、凹部の上流側から表層へ湧出する流れが見られた。また、水理実験では凹部より下流側の浸透層内で上流側の凹部に向かって逆流する流れが生じたが、数値実験では同様の現象は見られなかった。

5.考察 数値計算結果は水理実験結果ほど細かな浸透流の挙動を再現していないが、浸透層に凹凸があれば、浸透層と表流水の間で水の出入りが生じ、湧水が発生していることが示された。RUN-5(淵から瀬へ)では水理実験で凹部上流側および凹部直下で流れが静止している現象とRUN-6(瀬から淵へ)では水理実験で凹部下流側から凹部下流側傾斜面に向かって流れている現象が見られるが、数値実験ではこの現象は見られなかった。また、RUN-2を除いて表層へ湧出する浸透経路が現れなかった。これらの数値実験と水理実験の差異を今後も検討する必要があると考えられる。

6.結論 河床下に存在する浸透流が湧出する場所として、淵に続く早瀬で、縦断方向の河床形状によるものの存在が水理実験で確認され、数値実験においてもほぼ同様の発生が見られた。今後、さらに複雑な形状の水理実験の結果を数値実験により検討していく必要がある。

参考文献 1) 知原 光弘 他：河川における河床下の浸透流, 第 58 回土木学会年次学術講演会, 2003 年 9 月。

2) 知原 光弘 他：河床下の浸透流に関する水理実験と数値解析, 第 59 回土木学会年次学術講演会, 2004 年 9 月。