

混合粒径砂州内部における粒径が異なる部位の存在が浸透流に及ぼす影響

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○矢野 雅昭
北見工業大学教授 社会環境工学科 正会員 渡邊 康玄
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 谷瀬 敦

1. はじめに

砂州地形は河川水の伏流・湧出を促し、シロザケの産卵環境に寄与している¹⁾。混合粒径の砂州内部には、砂州の移動に伴い深度方向に粒径の異なる部位が存在することが指摘されている²⁾。河床材料の粒径は透水係数に関係するため³⁾、砂州内部の粒径の異なる部位の存在は浸透流にも影響している可能性がある。本研究は、水理実験により確認された砂州内部の粒径の異なる部位の存在が、浸透流の発生に及ぼす影響を検討したものである。

2. 水理実験

1) 方法

水理実験には、移動床部の延長が 20.0m、幅 0.45m、水路勾配 1/100 の水路を用いた。また、交互砂州の発生条件³⁾となるよう流量は $0.00344\text{m}^3/\text{s}$ とし、砂州が十分に発達できるよう通水時間は 5 時間 45 分とした。河床材料は平均粒径が 1.53, 0.77, 0.16mm である珪砂をそれぞれ 15 : 70 : 15 の割合で混合したものを用い、河床に厚さ 8cm で敷き均した。この河床材料の粒径加積曲線を図-1 に示すが、10, 50, 90%粒径はそれぞれ 0.09, 0.35, 1.00mm である。

通水終了後に、水路下流端から 2.00~6.50m の範囲に発生した砂州地形を、レーザー砂面計により計測した。計測は、縦断間隔 10cm で設けた横断測線上を、横断間隔 5mm で計測し、河床変動量のコンターを作成した。また、図-2 に示すとおり、砂州が形成された河床に、水路下流端から 3.75, 4.25, 4.75, 5.25m 上流の位置に 4 測線を設定し、各測線の右岸から 4.5, 13.5, 22.5, 31.5, 41.5cm の位置で河床材料のコア採取を行った。採取に使用した器具は Blom and Ribberink⁴⁾ が用いたものを参考に作成し、縦横 5×5cm、厚さ 10cm のコアを採取できる構造とした。採取したコアは河床面から 3cm 深部までを厚さ 5mm 間隔でスライスし、ふるい分け分析を行い、さらに有効径である 10%粒径を算出した。

2) 結果と考察

図-2 に河床変動量の平面コンターを示すが、波長 3m、波高 3cm 程度の交互砂州が形成されたことが分かる。図-2 に示す位置で河床材料をコア採取し、10%粒径を算出した結果を図-3 に示す。断面によりやや傾向が異なるが、

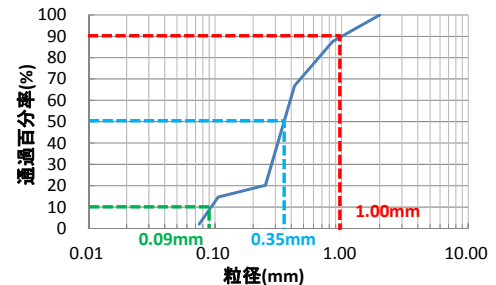


図-1 初期河床の粒度分布

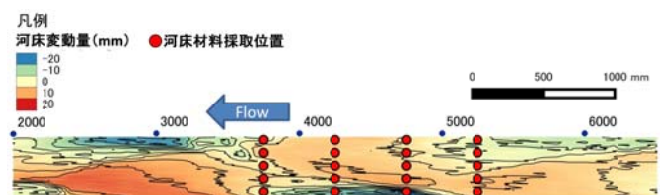


図-2 水理実験後の河床変動量の平面分布

水路下流端から 4.25, 4.75, 5.25m の位置において、外岸部の初期河床から -10~-20mm の深度の 10%粒径が、初期河床の 0.09mm の倍以上の値である 0.25mm 程度となり、粗粒化している。この外岸部の砂州内部における粗粒層は、砂州移動に伴い縦断的に連続していると考えられる。

3. 浸透流計算

水理実験により確認された外岸側の砂州内部の粗粒層が浸透流に及ぼす影響を、浸透流計算により検討した。

1) 方法

浸透流計算は 3 次元モデルである DTRANSU-3D・EL⁵⁾ を使用した。浸透流計算に当たっては、iRIC の Nays2DH⁶⁾ を用いて、実験と同じ水理条件の数値計算を行い、実験とほぼ同一規模の砂州を再現した。さらに、その河床に平水流量程度を想定した $0.00010\text{ m}^3/\text{s}$ が流れた際の水位分布についても計算し、その結果を浸透流計算において全水頭として河床面に作用させた。浸透流計算のケースは、図-4 右に示す外岸側の砂州内部に縦断的に連続した粗粒層を設定したものと、図-4 左に示す設定しないものの 2 つケースを行った。砂州内部の粗粒層の設定位置は、水理実験の結果を単純化したもので、幅は片岸あたり 9cm、深度方向の位置は、初期河床から -10~-20mm の範囲とした。透水係数は Terzaghi の式(1)³⁾を用いて 10%粒径から算出した。

キーワード 砂州, 混合粒径, 浸透流

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 寒地土木研究所 水環境保全チーム TEL011-841-1696

$$k = (460 \sim 800) \left(\frac{\mu_0}{\mu_t} \frac{\lambda - 0.13}{(1 - \lambda)^{1/3}} \right)^2 d_e^2 \quad (1)$$

ここに、 k : 透水係数(cm/s), μ_0 : 10℃のときの粘性係数(g/cm・s), μ_t : t ℃のときの粘性係数(g/cm・s), d_e : 有効径(cm), λ : 空隙率, 右辺最初の係数は800とした. 初期河床材料の10%粒径に0.09mm, 砂州内部の粗粒層の10%粒径に0.25mmを用い, 式(1)により透水係数を算出すると, それぞれ0.007, 0.050cm/sとなり, これらの値を浸透流計算に設定した. また, 浸透流計算に用いる有効空隙率は砂の0.3³⁾とした. 浸透流の計算結果は, Paraveiw⁷⁾を用いて可視化した.

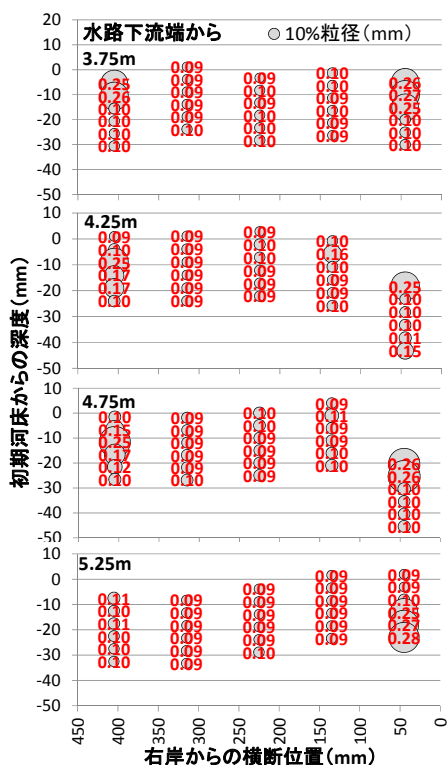


図-3 水路横断位置と深度による10%粒径の分布

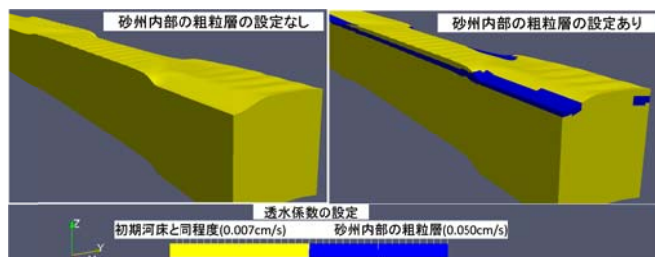


図-4 浸透流計算における透水係数の設定

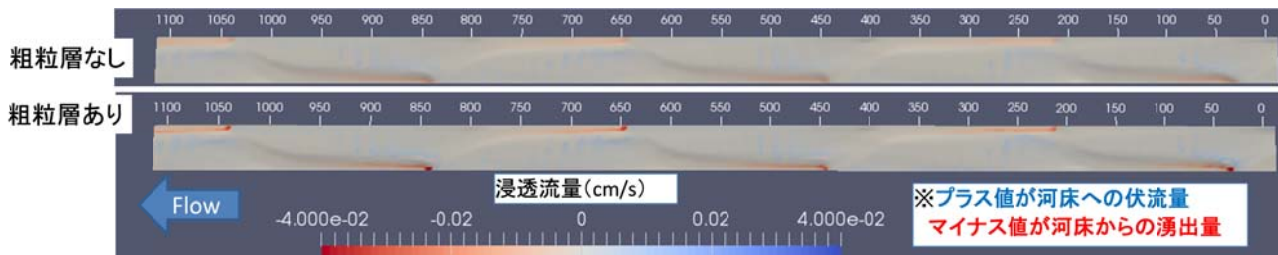


図-5 浸透流計算による河床面における河川水の伏流・湧出量の分布

2) 結果と考察

浸透流計算の結果として, 河床表面における伏流・湧出量の分布を図-5に示す. 図-5上に示す砂州内部に粗粒層を考慮したケースの方が, 図-5下に示すそうでないケースよりも, 砂州前縁部の深掘れ部の上流側において, 浸透流の湧出量が多い. また, 砂州内部に粗粒層を設定したケースの方が, 河床内に伏流する流量についても僅かに多くなっている. このことから, 砂州内部に透水係数が低い粗粒層が存在した場合, 河川水の伏流・湧出量が多くなるものと考えられる.

3. まとめ

砂州の移動に伴い形成される砂州内部の粒径が異なる部位の存在が, 浸透流に及ぼす影響を検討した結果, 以下のことが明らかとなった.

- ①水理実験により, 混合粒径の移動砂州条件では, 外岸部の砂州内部に粒径が粗い層が形成されることが確認された.
- ②外岸側の砂州内部の粒径が粗い粗粒層の透水係数を10%粒径から算出し, これを考慮した浸透流計算では, 考慮しないものよりも, 河川水の伏流, 河床からの湧出量が増え, 特に砂州前縁部の深掘れ部上流側で湧出量が多くなることが確認された.

参考文献

- 1) 矢野雅昭・渡邊康玄・杉原幸樹・渡邊和好・矢部浩規: 豊平川中流部のシロザケの産卵場における砂州地形に起因する浸透流の把握, 河川技術論文集, 第20巻, pp133-138, 2014, 6.
- 2) 忠津哲也・下条康之・内田龍彦・福岡捷二: 混合粒径からなる砂州と河川横断構造物周辺の河床変動解析法に関する研究, 河川技術論文集, 第17巻, pp95-100, 2011, 7.
- 3) 土木学会 水理公式集. 社団法人 土木学会, 1999.
- 4) Blom A. and Ribberink J.S., : Vertical sorting in bed form: Flume experiments with a natural and trimodal sediment mixture, water resources research, vol.39, no.2, 2003.
- 5) iRIC Project, <http://i-ric.org/ja/>
- 6) 西垣 誠, 三菱マテリアル株式会社, 株式会社ダイヤコンサルタント: オイラリアン・ラグランジアン・3次元飽和・不飽和浸透流-移流分散解析プログラムデータ入力マニュアル, 2001, 10.
- 7) Para view, <http://www.paraview.org/>