

安定断面形状を有する流路の掃流砂量に関する研究

中央大学大学院 学生会員 ○浅野 文典
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

1. はじめに

著者らは、大きな洪水を受けることで形成される沖積地河川の安定河道形状は、流域の特徴を表す支配流量、流域の地形、地質、河道勾配、河床材料(粒度分布)により決定すると考えている。安定河道とは変動が生じても元の状態に戻る河道と定義する。一度、安定河道が形成されると、河道の平面形、縦・横断面形と流砂、流れの相互作用により変動は生じるが、安定な状態は継続される。流域の特徴と河幅、水深の関係について著者らは、日本の基本方針河道と海外の自然河道について検討し、安定河道の断面形(河幅、水深)は、次元解析により導いた流域の特徴を表す物理量からなる無次元流量により規定されることを示している^{1),2)}。また、この無次元流量は掃流砂量についても重要な支配関数となることを、水路実験結果により示している³⁾。しかし、無次元流量と断面形状の関係式(福岡の式)については、より多くの河川に適用し、その一般性について検討する必要がある。また、無次元流量と無次元掃流砂量の関係について、水路実験だけではなく現地河川についても検討する必要がある。そこで、本研究では、現地河川データを用いて無次元流量と無次元水面幅、無次元水深及び無次元掃流砂量の関係について検討する。

2. 現地河川データ

検討には、Nakato^{4),5)}の研究で用いられているアメリカ、ミシシッピー川の河床変動特性の把握を目的として観測された52個のデータ、Hollingshead⁶⁾の研究で用いられているカナダ、エルボー川での流量と流砂量の関係を検討するため観測された21個のデータを用いて検討を行う。各データの詳細については文献^{4),5),6)}を参照されたい。検討に用いたデータの範囲は、ミシシッピー川で、流量:46~4500(m³/s)、勾配:1/1400~1/5500000、水面幅:86~880(m)、水深:1.4~7.0(m)、河床材料:0.25~0.85(mm)、掃流砂量:4.4×10⁻³~2.2×10(m³/s)である。また、エルボー川は、流量:35~110(m³/s)、勾配:1/130、河床材料:33(mm)、掃流砂量:2.8×10⁻⁶~4.8×10⁻³(m³/s)である。ここで、小規模流量時に観測されたデータは、大規模流量時に観測されたデータに比べ誤差を多く含むため、検討から除外した。

3. 無次元流量と無次元水面幅、無次元水深の関係

無次元流量と無次元水面幅、無次元水深の関係について検討する。基本方針河道とカナダ、アメリカの自然河道、常願寺川現地実験のデータに、ミシシッピー川のデータを加えた無次元流量と無次元水面幅、無次元水深の関係を図-1に示す。基本方針河道は、複断面河道と単断面河道に分けてプロットしている。また、河岸や河床に岩が露出している河道のデータは検討から除外した。図より、基本方針河道や海外の自然河川と同様に、ミシシッピー川においても式(1)、式(2)の福岡の式が成り立つことがわかる。無次元流量は、安定河道を規定する物理量からなる無次元量であり、河川の特徴は全てこの無次元流量の中で考慮されるため、大河川であり、河

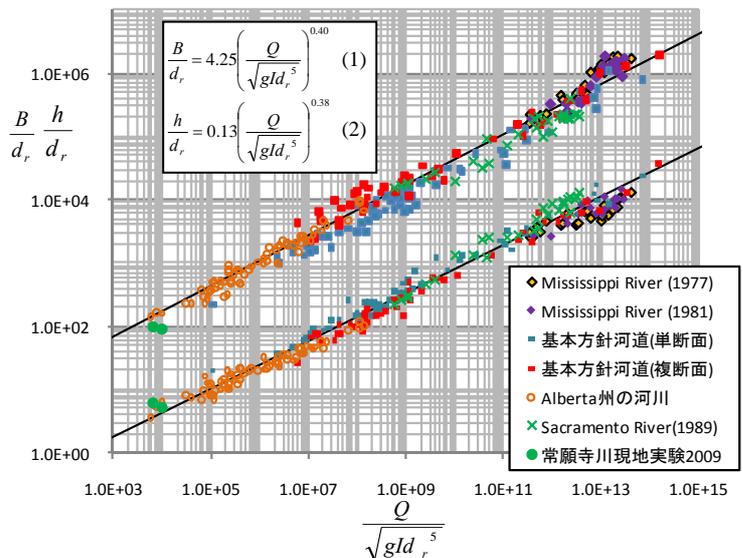


図-1 無次元流量と無次元水面幅、無次元水深の関係

キーワード 無次元流量, 無次元掃流砂量, 自然河川, 現地河川データ, 安定断面形状

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1611

幅が 880(m)のミシシッピー川と、8.0(m)の常願寺川現地実験で同様に成り立つ。このことから、福岡の式は安定河道の断面形状の決定に対して、一般性を持った関係式であるといえる。

4. 無次元掃流砂量と無次元流量の関係

無次元流量と無次元掃流砂量の関係について検討する。掃流砂量は以下に示す独立な物理量から決まると考えられる。

$$Q_B = f(Q, I, d_r, g, B, h, \sigma, \rho)$$

ここで、 Q_B : 掃流砂量, Q : 流量, I : 勾配, d_r : 河床材料粒径, g : 重力加速度, B : 水面幅, h : 水深, σ : 河床材料の密度, ρ : 水の密度である。次元解析より、次に示す無次元量の関係が導かれる。

$$\frac{Q_B}{\sqrt{sgId_r^5}} = \phi \left(\frac{Q}{\sqrt{sgId_r^5}}, I, \frac{B}{d_r}, \frac{h}{d_r}, \frac{\sigma}{\rho} \right)$$

自然河道では、断面形状(河幅, 水深)が決まることにより、河道の流砂量が決まると考えられる。

また、浮遊砂量は無次元流量に加え、河岸侵食による土砂供給の影響を強く受けると考えられるが、掃流砂量は局所的な水理量である勾配の影響を強く受ける。そのため無次元流量に勾配のべき乗を乗ずることで、この影響を考慮する。すなわち、無次元掃流砂量は流域の特徴から決まる無次元流量と河道の局所的な水理量である勾配の組み合わせで表現できると考えられる。

土木研究所で行われた水路実験データに、ミシシッピー川, エルボー川で観測された現地河川データを加えた無次元流量と無次元掃流砂量の間を **図-2** に示す。ここでは、全体の分布が最もまとまる $I^{1.3}$ を乗じている。現地河川データは、水路実験データに比べ観測値自体に誤差を多く含むため、水路実験データに比べばらつきが生じている。また、エルボー川のデータに比べ水路実験データの無次元掃流砂量が大きな値となっている。これは、実験水路では水路幅が一定であり、自然河道に比べ流量の増加に対し水深の増加が大きいため、その影響により掃流砂量も大きくなるためである。このように、観測条件の違いによる各データがもつ誤差により、ある程度の幅が生じる。しかし、誤差を含んでいるにもかかわらず無次元流量と無次元掃流砂量の間に関係が見られることは、無次元流量は現地河川においても掃流砂量に対して重要な支配関数となることを示している。

6. まとめ

本研究では、現地河川データを用いて無次元流量と無次元水面幅, 無次元水深, 無次元掃流砂量の関係について検討した。以下に主な結論を述べる。

- 1) 福岡の式はミシシッピー川においても成り立ち、安定河道の断面形状(河幅, 水深)の決定に対して、一般性を持った関係式であることを示した。
- 2) 無次元流量は、局所的な水理量である勾配のべき乗と組み合わせることで、水路実験に加え現地河川における掃流砂量に対しても重要な支配関数となることを示した。

参考文献 1) 浅野文典, 福岡捷二: 沖積地河川における安定な川幅・水深, 水工学論文集, 第54巻, pp. 1021-1026, 2010. 2) 福岡捷二: これからの河川管理を考える—自然河川に学ぶ, 河川 66巻, 第3号, pp. 3-9, 2010. 3) 浅野文典, 福岡捷二: 河道特性と流砂量の関係についての基礎的研究, 第37回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, II-67, 2010. 4) Nakato, T., and Kennedy, J. F.: Field Study of Sediment Transport Characteristics of the Mississippi River near Fox Island (RM 355-6) and Buzzard Island (RM 349-50), IIHR Report No. 201, Iowa Institute of Hydraulic Research, 1977. 5) Nakato, T., and Vadnal, J. L.: Field Study and Test of Several One-Dimensional Sediment-Transport computer Models for Pool 20, Mississippi River, IIHR Report No. 237, Iowa Institute of Hydraulic Research, 1981. 6) Hollingshead, A. B.: Sediment Transport Measurements in Gravel River, J. Hydraulics Div. ASCE, Vol. 97, HY11, pp. 1817-1834, 1971.

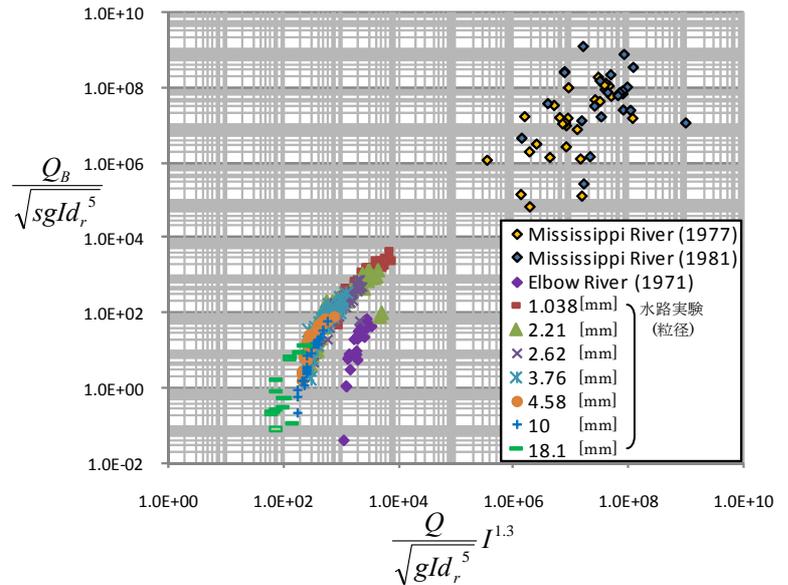


図-4 無次元流量と無次元掃流砂量の関係