

立命館大学大学院

学生員 ○望戸 昌観

立命館大学理工学部

正会員 金 海生

立命館大学理工学部

正会員 江頭 進治

京都大学農学部

正会員 藤田 正治

1. はじめに ブランタス川はジャワ島の東部に位置し、流域面積 12,000km²、流路延長 320km である。本川は、火山を取り巻くように流れているため、その噴出物による支川からの供給土砂、河川構造物などの影響による土砂の不均衡によって河床変動が激しい。本研究では、掃流砂および浮遊砂を考慮して、平面二次元河床変動計算を行い、流路の弱点部を探ることを目的としたものである。対象区間は、図 1 に示しているように、蛇行部を含む流路で、河口から 125km～136km の 11km である。

2. 二次元河床変動モデル 計算においては、図 1 に示す区間を流下方向 (ξ_1 方向) に 142 分割、河幅方向 (ξ_2 方向) に 17 分割し、境界適合直交曲線座標系の 2 次元平面流モデル¹⁾を使用する。掃流砂量式と浮遊砂の基準点濃度式には芦田・道上式を用い、砂粒子の浮上率には板倉らの式²⁾、さらに、拡散の影響を考慮した浮遊砂の連続式を用いる。なお、掃流砂の向きに対する二次流の影響を考慮するため、流線の曲率に対応する底面二次流速を導入している。なお、板倉らの砂粒子の浮上率は次式のようである。

$$\frac{q_{s,k}}{\sqrt{sgd_k}} = f_{b,k} \cdot K \left(\alpha \cdot \frac{\rho}{\rho_s} \cdot \frac{\Omega}{\sqrt{\tau_{*k}}} - \frac{w_{f,k}}{\sqrt{sgd_k}} \right) \quad (1) \quad \Omega = \frac{\tau_{*k}}{B} \cdot \frac{\int_{a'}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\xi^2) d\xi}{\int_{a'}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\xi^2) d\xi} + \frac{\tau_{*k}}{B \cdot \eta_0} - 1 \quad (2)$$

ここに、 τ_{*k} は粒径階 k のせん断力、 $f_{b,k}$ は交換層において k 粒径が占める割合、 d_k は粒径階 k の砂粒の粒径、 $w_{f,k}$ は粒径階 k の砂粒の沈降速度、 $K = 0.0018$ 、 $\alpha = 0.14$ 、 $a' = B / \tau_{*k} - 1/\eta_0$ 、 $B = 0.143$ 、 $\eta_0 = 0.5$ 、 ρ_s は砂粒の密度、 ρ は水の密度、 s は砂の水中比重、 g は重力加速度である。

3. 計算条件 初期流路の横断面形には、水平床台形断面を用いる。上流端では、この区間での 10 年に一度の洪水ハイドログラフの平均流量に相当する $Q = 784.4 \text{ m}^3/\text{s}$ を定常的に与え、給砂量は平衡状態とする。粒度分布には、1994 年に同区間内で採取したデータを用い、これを 11 粒径階に分けて全地点一様に与えた。図 2 が、その粒度分布である。平均粒径は 0.6mm である。

計算は、2 ケースについて行い、掃流砂のみ取り扱うものを Run1、掃流砂・浮遊砂の両方を扱うものを Run2 とする。

4. 結果 図 3(a)、(b)は、それぞれ Run1 および Run2 に関する最深部の河床位と水位に関する計算結果である。ここに距離は図 1 の流路上に示すものに対

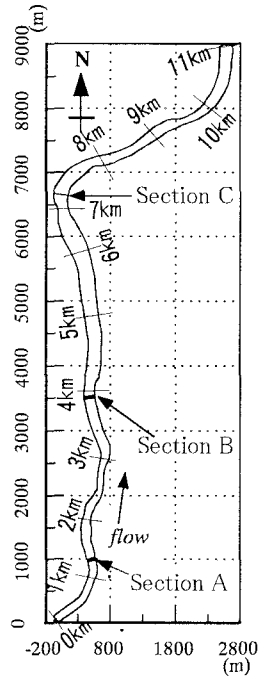


図 1 ブランタス川

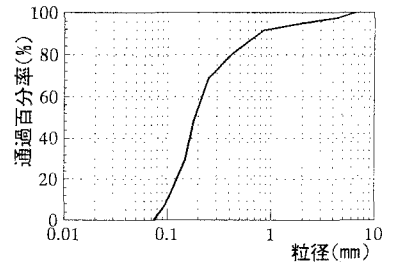


図 2 河床材料の粒度分布

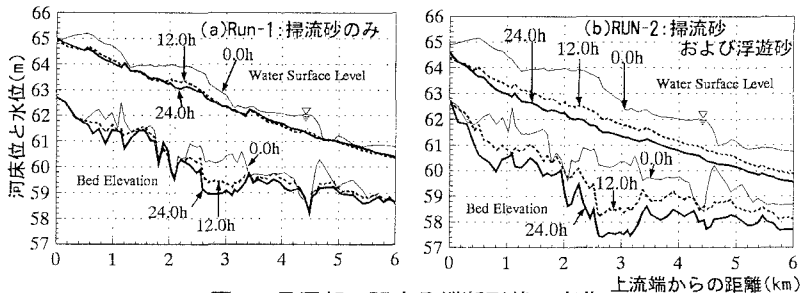


図 3 最深部に関する縦断形状の変化

応している。流路平面形状を参照すれば、流路蛇行部に深掘れが生じ、しかも3.5km 付近において流路が蛇行しながら幅が広がる部分において最も大きく侵食されていることがわかる。また、両図の結果から明らかのように、浮遊砂を考慮した Run2 において深掘れが大きいことが分かる。

次に弯曲部の Sec. A,B,C における流路横断形状と河床材料の平均粒径についてみる。なお Sec. A は弯曲の出口、Sec. B は緩やかな弯曲中央、Sec. C は弯曲入口の少し下流である。図 4 (a)、(b)は、それぞれ Run1、2 の結果である。これらによれば、Run1、Run2 ともに弯曲出口の Sec. A において外岸の侵食および内岸の堆積が顕著にみられ、いずれの断面においても浮遊砂を考慮した Run2 のものは Run1 のものを全体的に低下させたような横断形状になっている。図 3 の結果において、Run2 において深掘れが顕著に現れているのは、このことに対応している。また、平均粒径の横断分布についてみると、Run1 においては、内岸部で細粒化しているのに対し、Run2 においては、逆に粗粒化している。これは、流砂量において、浮遊砂が掃流砂の1.5～2 倍程度³⁾になっていることから考えて、Run2 では河床材料の粒度分布が浮遊砂に支配されているからである。すなわち、内岸部においては大きい粒子が堆積しやすく、しかも浮遊しにくいためである。

5. 結論 本研究においては、河床材料の粒度分布や浮遊砂を考慮した平面二次元流モデルによってブランタス川の河床変動解析を行い、浮遊砂を考慮すると河床変動が増長されることや、浮遊砂が卓越する場合には、河床材料が弯曲外岸部で細粒化し、内岸部で粗粒化することなどが判明した。

本研究は、一部文部省科学研究費、国際学術研究(代表者 江頭進治)、国際防災10年京都大学防災研究所特別事業の補助を受けて推進しているものであり、ここに記して感謝いたします。さらに、京都大学農学部 藤田正治助教授、京都大学防災研究所 里深好文助手、ならびに立命館大学理工学部 金海生助手に本研究を行うにあたり、多大な御指導をいただき心より感謝いたします。

参考文献 1) S. Egashira, H. S. Jin and F. Nakanishi : Characteristics of Flow and Bed Deformation in Meandering Reach of Brantas River Indonesia, Proc. of WDFGM, Yogyakarta Indonesia, 1996.
2) T. Itakura, and T. Kishi : Open Channel Flow with Suspended Sediments, Proc. ASCE, Vol. 106, No.HY8, 1980, pp. 1325-1343.
3) 大倉祐郎 : ブランタス川中流部における一次元河床変動計算、立命館大学学士論文、1997.

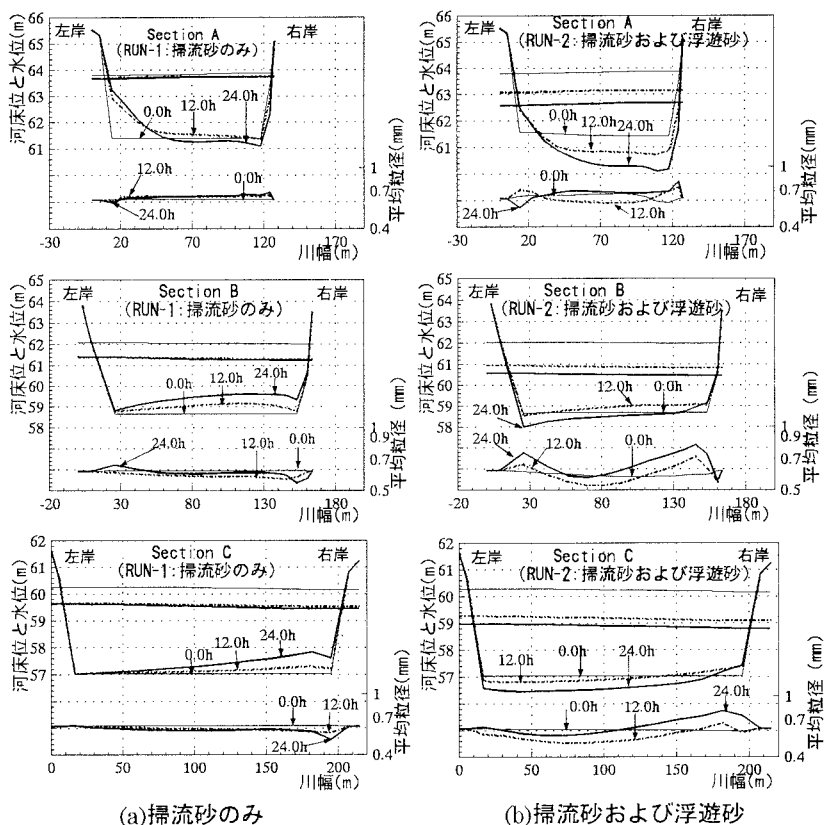


図 4 流路横断形状と河床材料の平均粒径の変化