

立命館大学理工学部 学生員 ○大倉 祐郎
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
京都大学防災研究所 正会員 里深 好文

1. はじめに ブラントス川は、ジャワ島東部に位置し、流域面積は 12,000km²、流路延長は、320km である。図 1 に示すように、本川は、Arjuno 山、Budak 山、Kerud 山などの周りを取り囲むように流れ、Madura 海峡へと流れ込んでいる。本川には多くの支川が流れ込み、火山が噴火すると大量の火山噴出物が本川に流れ込む。さらに、雨期には山腹斜面に堆積した土砂が本川へと輸送される。そのため、本川は河床変動が激しく、常に洪水の危険にさらされている。本研究では、洪水災害を防止、軽減するための情報を得ることを目的として、ブラントス川中流域を対象に上流端、および支川からの給砂条件を変え、一次元河床変動計算を行った結果について報告する。

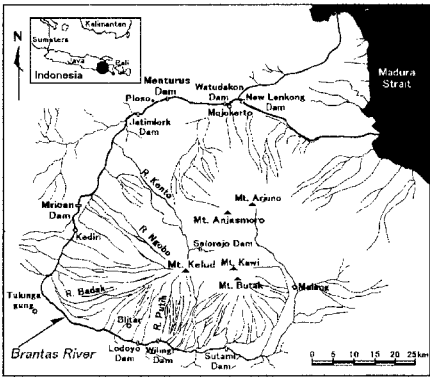


図 1 ブラントス川

2. 一次元河床変動モデル 本研究では、河口部から 47km～139km の 92km 区間において、一次元河床変動計算を Preissmann implicit scheme を用いて行った。ここに慣用記号を用いた支配方程式は(1)～(4)の通りである。

3. 計算条件 流れは非定常流とし、洪水時のハイドログラフ(図 2)を繰り返し与える。上流端からの給砂は、平衡とする。2 本の支川(Konto 川、Ngobo 川)の流入を考慮する。計算区間には 4 ヶ所の堰(Mrican ダム、Jatimalerk ダム、Menturus ダム、Watudakon ダム)がある。初期河床勾配は、1/2500～1/1300 である。Δx は 200m、Δt は上流端の流量(350m³/s～1033m³/s)に応じて 6s～50s の間で与える。また、支川からの流量は、67.7m³/s～200m³/s とする。交換層厚は 20cm とし、初期河床材料は、平均粒径 0.178cm の混合砂を全地点一様に与える。また、支川の粒度分布は、本川と同じとする。河床横断形状は 1991 年の実測値を用い、川幅は Δt 時間ごとに更新する。表 1 に流砂に関する条件を示す。

4. 計算結果 図 3 に上流端における流量が 1027m³/s のときの計算区間の川幅を示す。図 4、5 は、case1 の結果で、河床材料の平均粒径、河床位、流砂の平均粒径および流砂量の時間的場所的变化を示している。計算初期において浮遊砂の影響により全般的に粗粒化が起こる。そして、相対的に小さい粒径の砂が流砂として流れるために、河床材料の平均粒径は、堆積区間では小さく、侵食区間では大きく

・流れの連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_1 \quad (1)$$

・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{Q|Q|}{K^2} \right) = 0 \quad (2)$$

・流砂の連続式

$$\frac{\partial Bz_k}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial Q_{bsk}}{\partial x} - q_{lbs} \right) = 0 \quad (3)$$

・粒度分布式

$$\frac{\partial f_{bk}}{\partial t} = - \frac{1}{(1-\lambda)\delta} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_{bk}}{B} \right) - \frac{1}{\delta} \frac{\partial z}{\partial t} F$$
$$F = f_{bk} \quad , \quad \frac{\partial z}{\partial t} \geq 0$$
$$F = f_{0k} \quad , \quad \frac{\partial z}{\partial t} < 0 \quad (4)$$

表 1 計算条件

case No	流砂	支川からの給砂
case1	掃流砂と浮遊砂	有
case4	掃流砂のみ	有
case5	掃流砂と浮遊砂	無

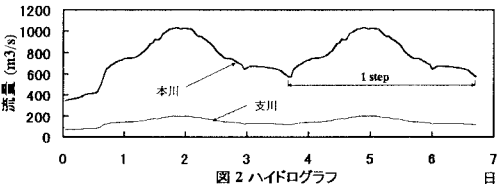


図 2 ハイドログラフ

なる傾向を示す。85km 付近では、流積の急増により堆積傾向が強く、下流側への流砂が少なくなっている。このため、85km 下流側においては、計算初期の段階において粗粒化が顕著にみられる。そして、計算 90 日目を超えた頃から徐々に下流に輸送される流砂が増え、河床材料の平均粒径の凹凸は下流に伝播している。360 日目には大きな凹凸はみられなくなる。また、83km 付近にある侵食区間は、堆積傾向を示すようになる。

図 6 は、掃流砂のみを考慮した場合(case4)の河床材料の平均粒径である。比較のために case1 の 120 日目の結果も示している。堆積が顕著にみられる 85km 下流側から 10km にわたって激しい粗粒化が起こっている。この case で河床変動が小さくなるのはもちろんであるが、河床材料の平均粒径の時間的変化についても、小さい粒径の砂が動きにくくなるために、下流に伝播する速度が遅くなる。また、一度粗粒化が起こると平均粒径は小さくなくなり、平均粒径の凹凸はその形をとどめながら下流側に伝わっている。なお case1 における浮遊砂量は掃流砂量の約 1.5 倍である。case1 と case4 の比較より、河床材料の伝播特性に対して浮遊砂の影響が大きいことが分かる。

図 7.8 は、支川からの流砂がないものとして計算した結果(case5)である。case1 と比較して、河床は支川合流地点の下流側において若干低下し、その影響で水位も下がっている。河床材料の平均粒径をみると、case1 に比べ平均粒径は、全体的に大きくなっているのが分かる。

5. おわりに ブランタス川中流域における一次元河床変動計算を行い、河床材料の伝播特性について調べた。その結果、それは、流砂形態、川幅、および支川からの流入流砂量により影響を受けることが分かった。特に、本川においては、火山灰の流入により河床材料の平均粒径は小さくなっており、浮遊砂が河床材料の伝播特性に大きく影響している。

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。

参考文献 1) Egashira, S. and Isnugroho : Sediment Yield from Drainage Area and Bed Variation of Brantas River, Japan-Indonesia Joint Research on Natural Hazard Prediction and Mitigation, 1994, pp. 140-149.2) 望戸昌観、江頭進治、金海生、中西史尚 : ブランタス川中流部における河床変動、平成 8 年度関西支部年次学術講演会、II-36

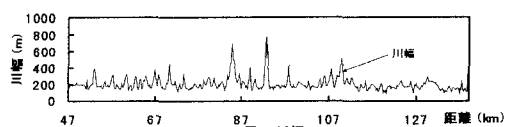


図 3 川幅

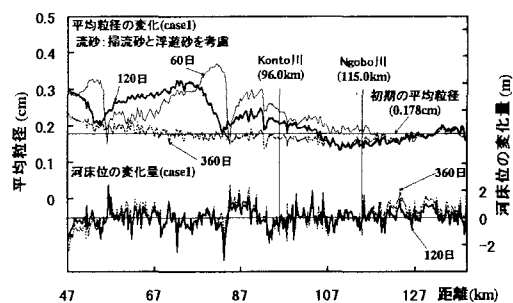


図 4 河床材料の平均粒径と河床位の変動 (case1)

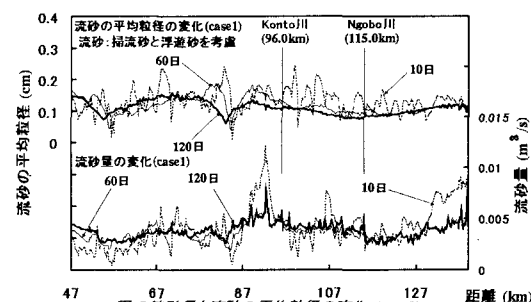


図 5 流砂量と流砂の平均粒径の変化 (case1)

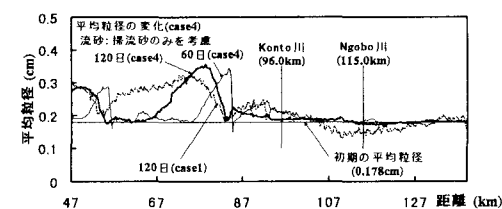


図 6 河床材料の平均粒径の変化 (case4)

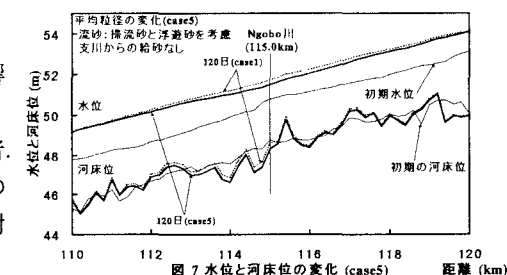


図 7 水位と河床位の変化 (case5)

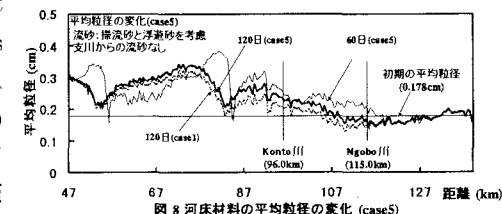


図 8 河床材料の平均粒径の変化 (case5)