

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 江頭 進治
立命館大学理工学部 正会員 金 海生
(財)河川環境管理財団 正会員 中西 史尚

1. 序論

ブラントス川は、ジャワ島東部に位置し、その流域面積は12,000km²、流路延長は320kmである。図1に示すように、本川は火山活動の活発なクルー火山を取り巻くように流れている。火山斜面から多くの支川が流入し、火山噴火や豪雨などにより、大量の土砂が本川へ輸送されるため、河床変動が激しく、この流域は常に洪水氾濫の危険にさらされている。本研究は、防災計画を立案する上で有用な情報を得ることを目的として、ブラントス川中流部の河床変動について、支川からの土砂流入や材料特性に着目しながら1次元数値シミュレーションを行い、実態とそれらの結果を比較検討するものである^{1),2)}。

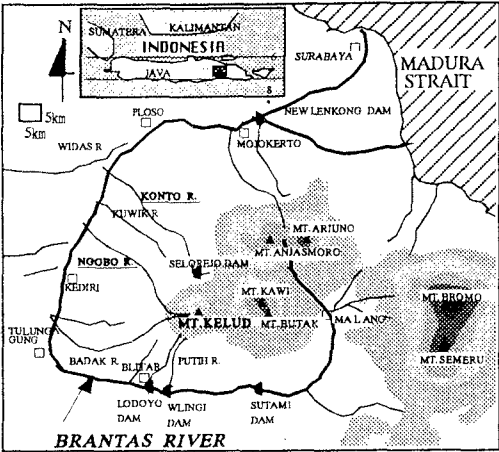


図1 ブラントス川

2. 一次元河床変動計算

2.2 支配方程式

・流れの連続式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

・運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho h} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon \frac{\partial u}{\partial x} \right) \quad (2)$$

・流砂の連続式(河床位方程式)

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)B} \frac{\partial q_b}{\partial x} = 0 \quad (\text{一樣砂}) \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial z_k}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \frac{1}{B} \frac{\partial q_{bk}}{\partial x} &= 0 \\ \sum_k \frac{\partial z_k}{\partial t} &= \frac{\partial z}{\partial t}, \sum_k \frac{\partial q_{bk}}{\partial x} = \frac{\partial q_b}{\partial x} \end{aligned} \right\} (\text{混合砂}) \quad (4)$$

・流砂量式(芦田・道上式)

$$q_b = 17 \sqrt{sgd^3} \tau_{*e}^{\frac{3}{2}} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*} \right) \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*} \right) \quad (\text{一樣砂}) \quad (5)$$

$$\frac{q_{bk}}{\sqrt{sgd^3}} = 17 f_{bk} \tau_{*ek}^{\frac{3}{2}} \left(1 - \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*ek}} \right) \left(1 - \frac{u_{*ck}}{u_*} \right) \quad (\text{混合砂}) \quad (6)$$

・粒度分布式(混合砂の計算のみ)

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial f_{bk}}{\partial t} &= -\frac{1}{(1-\lambda)\delta} \frac{\partial q_{bk}}{\partial x} - \frac{1}{\delta} \frac{\partial z}{\partial t} F \\ F &= f_{bk}, \quad \frac{\partial z}{\partial t} \geq 0 \\ F &= f_{0k}, \quad \frac{\partial z}{\partial t} < 0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ここに、 h は水深、 B は川幅、 Q は流量、 u は平均流速、 P は全圧力、 ρ は水の密度、 τ は河床せん断力、 z は河床位である。 d_k は k クラスの粒径、 z_k は粒径 d_k に対する河床位、 q_b は単位幅流砂量、 q_{bk} は粒径 d_k における流砂量、 λ は砂の間隙率、 f_{bk} は交換層における粒径 d_k が占める割合、 f_{0k} は下層における粒径 d_k が占める割合、 δ は交換層厚である。

2.2 計算条件 掃流砂のみを対象とする。

計算区間は河口から47km～138kmの92kmである。流量1000m³/sを与え、120日間計算をする。また、支川(ヌゴボー川、

表1 計算ケースRUN1～7

	RUN	給砂条件	初期粒度分布	備考
一樣砂	RUN-1	なし	一樣粒度d=0.05cm	初期河床位を1987年データから与える
	RUN-2	平衡		
	RUN-3	平衡×1.5		
混合砂	RUN-4	なし	全地点一樣に与える	初期河床位を1987年データから与える
	RUN-5	平衡	全地点一樣に与える	
	RUN-6	平衡	採取データを用いる	
	RUN-7	平衡	全地点一樣に与える	初期河床位一定勾配

コント川) から流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ をそれぞれ与えている。河床勾配は $1/2500 \sim 1/1300$ である。 Δx は 400m とし、 Δt は 15 秒とした。混合砂の場合の交換層は 20cm とする。表 1 に、計算ケース RUN1~7 の給砂、初期粒度分布、初期河床の条件を示している。

3. 計算結果と考察

図 2 は、1987 及び 1989 年の実測値、ならびに、1987 年の河床を初期条件として計算した 30 日後の計算結果(RUN-5)を示している。さらに、同図には勾配一定の平坦な河床を初期条件として用いた時の河床形を見るために、計算した結果(RUN-7)も示している。RUN-5 と RUN-7 の計算結果を比べてみると、河床形状はほぼ一致しているのが分かる。また、 106km 、 113km 等の河幅の急変する所では、河床も相対的に大きく影響している。これらのことから、河幅の変化が河床変動に大きく影響することが分かる。

図 3 は、一様砂と混合砂を用いた場合の、30 日後の計算結果を比較したものである。一様砂の河床位の変化幅は、混合砂のものに比較して若干大きい。これは、混合砂が、河床変動に対して抑制する方向に働いているためである。

次に、上流端の給砂条件や粒度分布の初期条件の影響が、どのように伝搬するかを知るために行った計算結果(RUN4,6)を示す。RUN-4 では、給砂なしで初期粒径を一定に与えている。粒径の変化が上流から下流へ大きな波のように伝搬していき、平均粒径は徐々に大きくなる。RUN-6 では、平衡給砂を与え、初期粒度分布は現地調査によって得られたデータに基づいて与えている。初期平均粒径の凹凸が、時間の経過とともに伝搬し、距離を経るごとに減衰していく。その後、平衡給砂の影響を受け一定値へと近づいている。なお、RUN-5 では、平衡給砂を与えているため、粒径の変化はあまり見られない。

計算結果を総合的に見て、河幅、給砂条件、粒度分布が、河床変動にも影響していることが分かる。

4. 結論

ブランタス川中流部の河床変動に関する一次元数値シミュレーションを行った。その結果、従来から認められているように、河床変動は、河幅や上流端の給砂条件、粒度分布に大きく依存するとともに、河床変動に対する混合砂の影響は、これを抑制する方向に現れることが示された。

今後、上流端や支川の合流部における境界条件の設定法について検討するとともに、浮遊砂を考慮し、実際のハイドログラフに対応した河床変動について検討するつもりである。

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別事業の補助を受けて推進しているものである。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) 中西史尚, 江頭進治, 藤田正治 : ブランタス川中流部の河床変動の実態, 第 50 回年次学術講演会 II -238, 1995

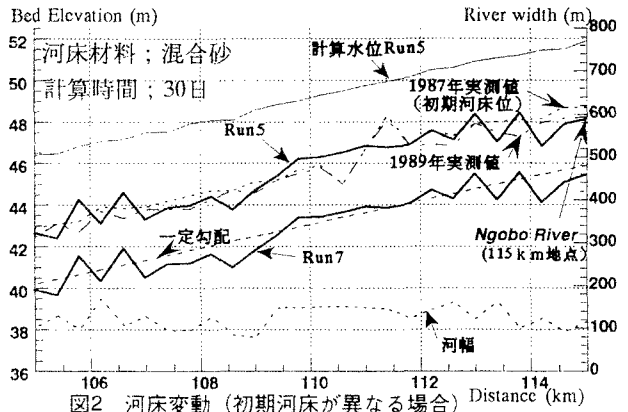


図2 河床変動 (初期河床が異なる場合)

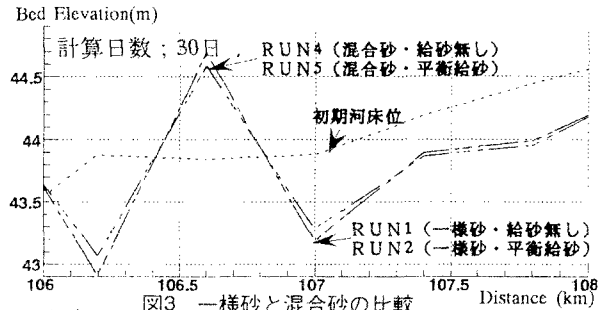


図3 一様砂と混合砂の比較

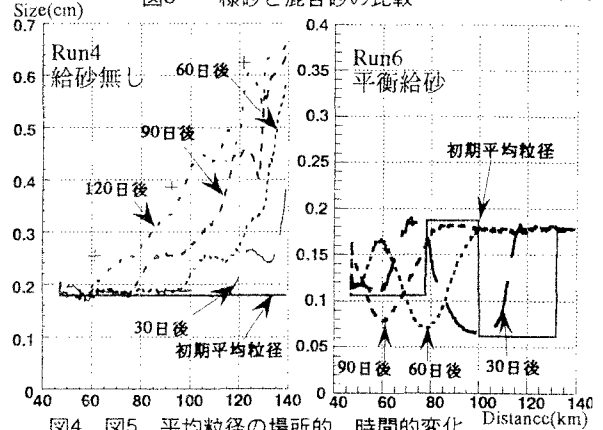


図4、図5 平均粒径の場所的、時間的变化