

岩・粘着性土が河床に存在する場合における流砂・河床変動特性

京都大学防災研究所 ○竹林洋史，東京大学大学院工学系研究科 中元達也，京都大学防災研究所 藤田正治

1. はじめに 砂防渓流では，岩盤とともに通常出水では移動しない大礫が河床に存在する．また，落差工等の横断構造物の上流域は，河床縦断形状の緩勾配化により植生が繁茂しやすい環境が形成され，植生周辺にシルトや粘土質の粘着性細粒土砂が多く堆積する．このように，実河川においては河床の一部が岩盤や粘着性土で構成され，河床の侵食特性が空間的に変化しているのが一般的である．しかし，既存の河床変動解析では，非粘着性の砂礫を対象としたものがほとんどであり，岩盤のような非侵食域，粘着性河床のような難侵食域，砂礫河床のような可侵食域が混在したような場を取り扱えないのが現状である．本研究では，侵食特性が異なる河床材料が混在した場における河床変動解析法を確立するための第一歩として，掃流砂層モデルを用い¹⁾，河床の侵食特性の違いが流砂の質と量の下流への伝播特性及び河床変動特性に与える影響を検討する．

2. 数値解析 解析に用いる基礎方程式は，1次元流れによるものである²⁾．流砂形態として掃流砂のみを考え，河床材料を混合砂として扱うと，掃流砂層モデルを用いた河床位方程式は，以下のようになる．

$$B_w \frac{\partial(c_b E_b)}{\partial t} + B_w (1-\lambda) \frac{\partial z_b}{\partial t} + \sum_{k=1}^n \frac{\partial Q_{bk}}{\partial x} = 0 \quad E_{sd} \geq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \quad (1-1), \quad \frac{\partial z_b}{\partial t} + V_e = 0 \quad E_{sd} \leq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \quad (1-2)$$

ここに， B_w は流水幅， c_b は断面平均掃流砂濃度， E_b は掃流砂層の厚さ， λ は河床の空隙率， E_{sd} は非粘着性材料の厚さ， E_{be} は平衡掃流層厚さであり，無次元掃流力を関数にした江頭・芦田の式³⁾より求める．掃流砂量及び粘着性土の侵食速度式⁴⁾は，平衡掃流砂層厚に対する非粘着性土の土層厚の比 r_b を考慮した以下の関係より求める．

$$Q_{bk} = B_w 17 \sqrt{sgd_k^3} \tau_{*k}^{3/2} \left(1 - \sqrt{K_c \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*k}}} \right) \left(1 - K_c \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*k}} \right) f_{bk} r_b \quad (2) \quad V_e = \alpha R_{wc}^{2.5} u_*^3 (1 - r_b) \quad (3)$$

粒度分布は多層モデルで評価する．掃流砂層の土砂の質量保存則は以下のようである．

$$B_w \frac{\partial c_b E_b f_{bk}}{\partial t} + B_w (1-\lambda) F_{bk} \frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial Q_{bk}}{\partial x} = 0 \quad \begin{cases} F_{bk} = f_{d1k}, \partial z_b / \partial t \leq 0, E_{sd} \geq E_{be} \\ F_{bk} = f_c, \partial z_b / \partial t \leq 0, E_{sd} \leq E_{be} \\ F_{bk} = f_{bk}, \partial z_b / \partial t \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

ここに， f_c は粘着性土層内の土砂濃度， f_{dmk} は m 層目における k 粒径階の土砂濃度， E_t は堆積層の厚さである．計算領域は直線矩形水路を想定し，初期河床を平坦床とする．初期河床は，砂礫による可侵食性河床 (Case1, Case4)，粘着性土による難侵食性 (Case2, Case5)，岩盤を想定した非侵食性河床 (Case3, Case6) の3種類である．給砂材料は全ての解析条件で非粘着性材料である．給砂量は，河床上昇傾向の河川における現象の検討として，1年目に平衡給砂量の8倍を給砂し，2年目以降は平衡給砂量を給砂する条件 (Case1, Case2, Case3) と，河床低下傾向の河川における現象の検討として，平衡給砂量の10%倍を給砂し続けたものの2種類である．河床材料の粒度分布を図1(a)に示す．初期河床材料は平均粒径0.1mm程度の細かい土砂であり，Case1では非粘着性土砂として扱い，Case2では河床から離脱するまでは粘着性を示すものとした．給砂の平均粒径は，0.5mm程度であり，河床材料より粗く非粘着性材料として扱う．初期河床勾配は0.0015，川幅は200m，流量は83.1m³/sを定常的に与えた．

3. 結果と考察 図1に，河床上昇傾向の条件 (Case1～Case3) の解析結果を示す．図1(b)と(c)を比較すると，初期河床が非粘着性の場合と粘着性の場合ではほとんど違いが無い．これは，河床上昇傾向の条件のため，両ケースで河床形状に大きな違いが出る河床侵食箇所がほとんど無いためである．ここでは示していないが，Case3の河床縦断形状もほぼ同様の結果である．しかし，平均粒径の時間変化には大きな違いが発生している．図1(d)と(e)を比較すると，粘着性河床の方が上流からの給砂材料による粗粒化の下流への伝播が速い．これは，非粘着性河

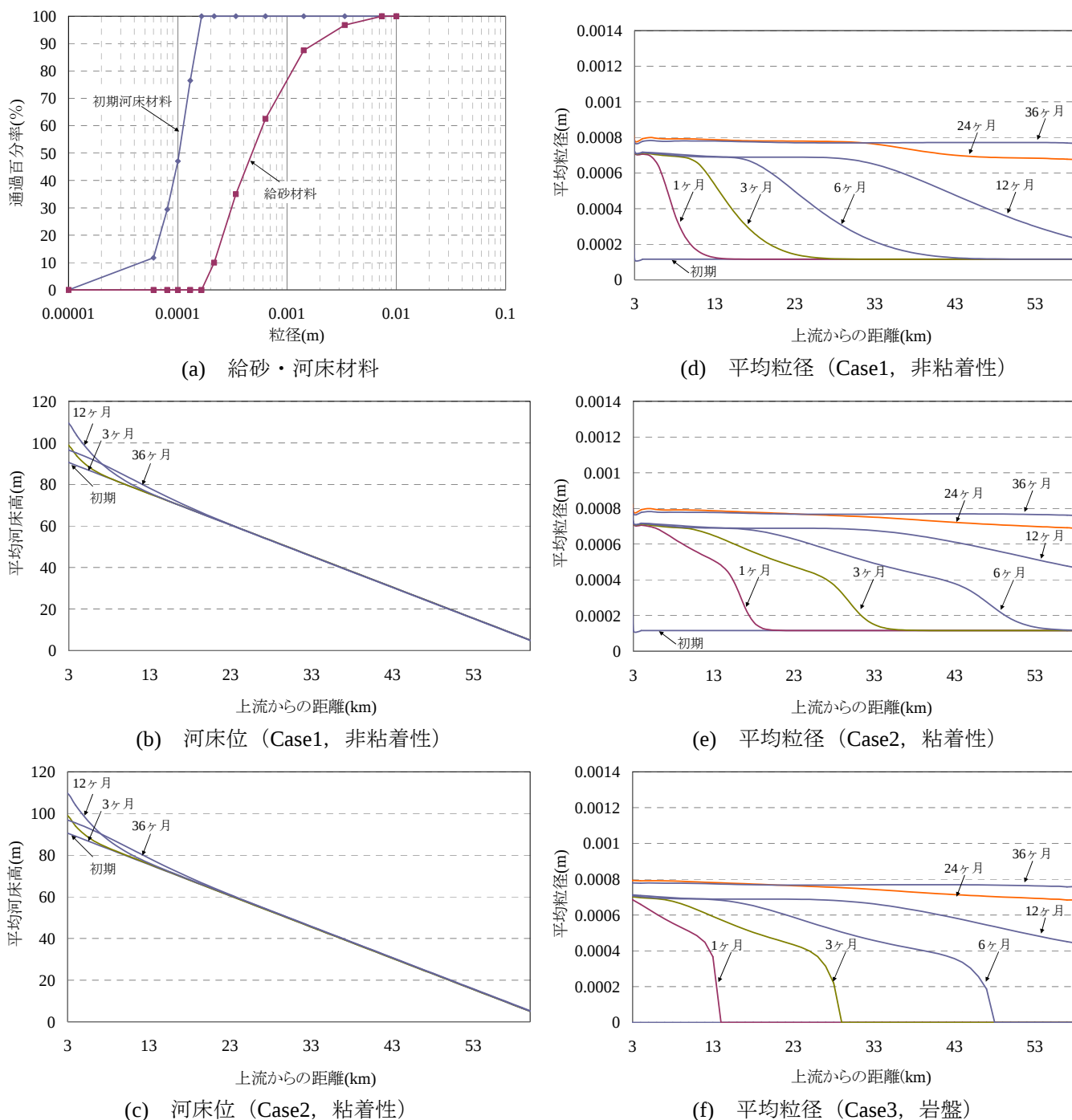


図1 給砂・河床材料と河床上昇傾向の条件 (Case1~Case3) の解析結果

床では、河床の細かい材料と交換しながら下流へ伝播するが、粘着性河床では給砂材料への細かい河床材料の取り込み量がわずかであり、容易に粗粒化するためである。Case3の岩盤河床の場合は、粘着性河床の場合に近い結果となっている。両者の相違は、河床からの粘着性材料の流出のみであり、粘着性河床のケースでは、0.2mm以下の土砂が先行して下流へ伝播していることが分かる。

4. おわりに 河床の侵食特性の違いが流砂の質と量の伝播特性及び河床変動特性に与える影響を検討した。得られた結果を以下にまとめる。1) 河床上昇傾向の条件では、河床形状の時間変化について初期河床が非粘着性の場合と粘着性の場合ではほとんど違いが無い。2) 粘着性河床の方が非粘着性河床よりも上流からの給砂材料による粗粒化の下流への伝播が速い。3) 岩盤河床と粘着性河床の相違は、河床からの粘着性材料の流出のみである。

参考文献 1) Takebayashi H.ら：River Sedimentation, Vol.10, pp.267-277, 2007. 2) Takebayashi H.ら：Proceedings of XVth Conference of APD-IAHR, pp.291-298, 2006. 3) Egashira, S. and Ashida, K. : Advances in Micromechanics of Granular Materials, Elsevier, pp. 391-400, 1992. 4) 関根ら：水工学論文集第47巻, pp. 541-546, 2003.