

礫・シルト充填河床モデルを用いた河道の非定常準二次元変動解析

早稲田大学理工学術院 正会員 関根 正人
早稲田大学大学院 学生会員 ○林 将宏

1. はじめに

近年、「水系一貫土砂管理」という考え方が提唱されるようになり、河川上流から河口に到るまでの一連の土砂移動の実態を捉え、河道管理に役立てていくことが求められている。その実現のためには、土砂移動量ならびに河道の地形変動過程を数10年単位の長期にわたって予測できることが望ましく、これを実現し得る数値予測手法の開発が必要である。関根ら¹⁾は、このような長期の予測に適した手法として「準二次元河床変動解析手法」を構築し、検証を重ねてきた。本論文では、この予測手法を用いて洪水時の解析を行い、さらなる考察を加えている。

2. 解析の概要

本研究では、構築した解析手法を神奈川県酒匂川に適用することで、その妥当性の検証を行った。酒匂川はかなりの急勾配河川であり、典型的な礫床河川である。本研究では、この河川の上流に建設されている三保ダムを上流端とし、河口から約2.2 km上流にある飯泉取水堰を下流端とする全長26.2 kmの区間を解析の対象とする。この間、鮎沢川と川音川の二つの支川が合流する。この河川では、近年、下流域で河床材料の細粒化が指摘されている。そこで、ここでの河床は礫と細砂の二粒径によって構成されるものとし、その代表粒径を礫については $D_G = 64$ (mm)、細砂については $D_S = 0.25$ (mm)とした。礫はMeyer-Peter and Mullerの式に基づきその移動量を評価する。一方、浮遊砂として輸送される細砂に関しては、これまで通り移流拡散方程式に依拠して解析するが、河床面からの巻き上げには、芦田・藤田の式²⁾を導入する。ただし、彼らの関係式を導入するに当たっては、河床表層の土砂の取り扱いを改める必要があり、「礫・シルト充填河床モデル」と名づけた手法³⁾を採用した。

次に、解析手法について説明する。本研究では、数10 kmにも及ぶ河道の長期変動予測に適した手法として、準二次元解析手法を採用している。河道横断面形状の模式図を図-1に示す。この図に定義されているように、低水路と高水敷からなる複断面河道を想定し、対称性を考慮して右岸側半分のみについて考える。そして、水位のみ横断面内で一定とするものの、それ以外の流速、粒度分布といった「現象を特徴づける変数」に関しては、同一の横断面内でも低水路内と高水敷上とで異なる値をとるものとした。なお、低水路幅ならびに高水敷幅については、時間によらず一定とする。運動方程式など基礎式については、前論文¹⁾を参照されたい。

3. 解析条件とその結果

初期河床形状を図-2に示す。ここでは、この河道に平水流量を100時間にわたって流す助走計算を行った後に、図-3に示すようなハイドログラフをもつ洪水流を流下させる本計算を行った。平水流量として、上流端から $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 、鮎沢川および川音川からはそれぞれ $10, 2 \text{ m}^3/\text{s}$ を流入させる。河床材料の初期粒度分布に関しては以下のように設定した。低水路に関しては下流端にある堰の上流側の区域を除き、河床は礫のみで構成されるものとし、高水敷に関しては礫の間隙を細砂が充填しているものとした。本川上流端からの土砂供給はなく、鮎沢川からは掃流力に見合った量の礫を、川音川からは同じく砂を流入させた。取水堰が設けられている下流端では、観測結果に基づき水位-流量曲線を作成し、各時刻における水位を与えることにした。図-4に解析結果を示してある。

図-4を見ながら、河道の変動過程について説明する。まず、低水路内では、流量増加に伴い上流端ならびに鮎沢川との合流点直下で顕著な河床低下が生じた。浸食された礫は、これらの区域を除くほぼ全域に堆積した。また、巻き上げられた細砂によって浮遊砂濃度も上昇した。次に、高水敷上では、流入流量がピークを迎える前後の時間帯において23～20 kmの区間の細砂が巻き上げられる結果となった。ただし、礫を移動させるほどの掃流力はなかったため、礫間の細砂が巻き上げられただけで、河床低下は生じなかった。また、川音川との合流点より下流の区間では、流速の増加に伴い18時間前後までは細砂が巻き上げられたものの、その後は堆積が進んでいる。増水期に

キーワード 礫河道、礫・シルト充填河床モデル、準二次元解析、非定常流

連絡先 〒169-8555 東京都新宿大久保3-4-1 TEL 03-5286-3401 FAX 03-5272-2915

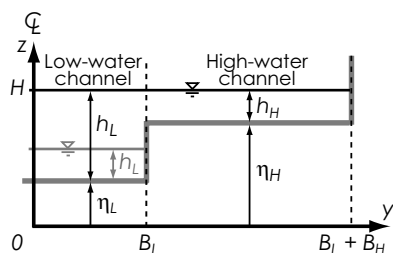


図-1 河道横断面形状の模式図

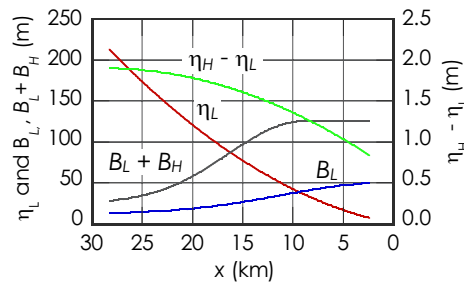


図-2 初期河床高ならびに川幅

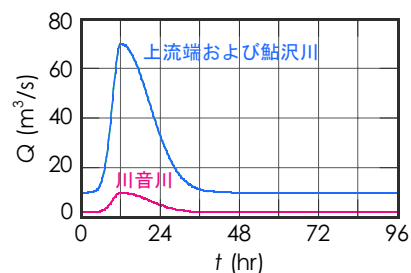


図-3 流量ハイドログラフ

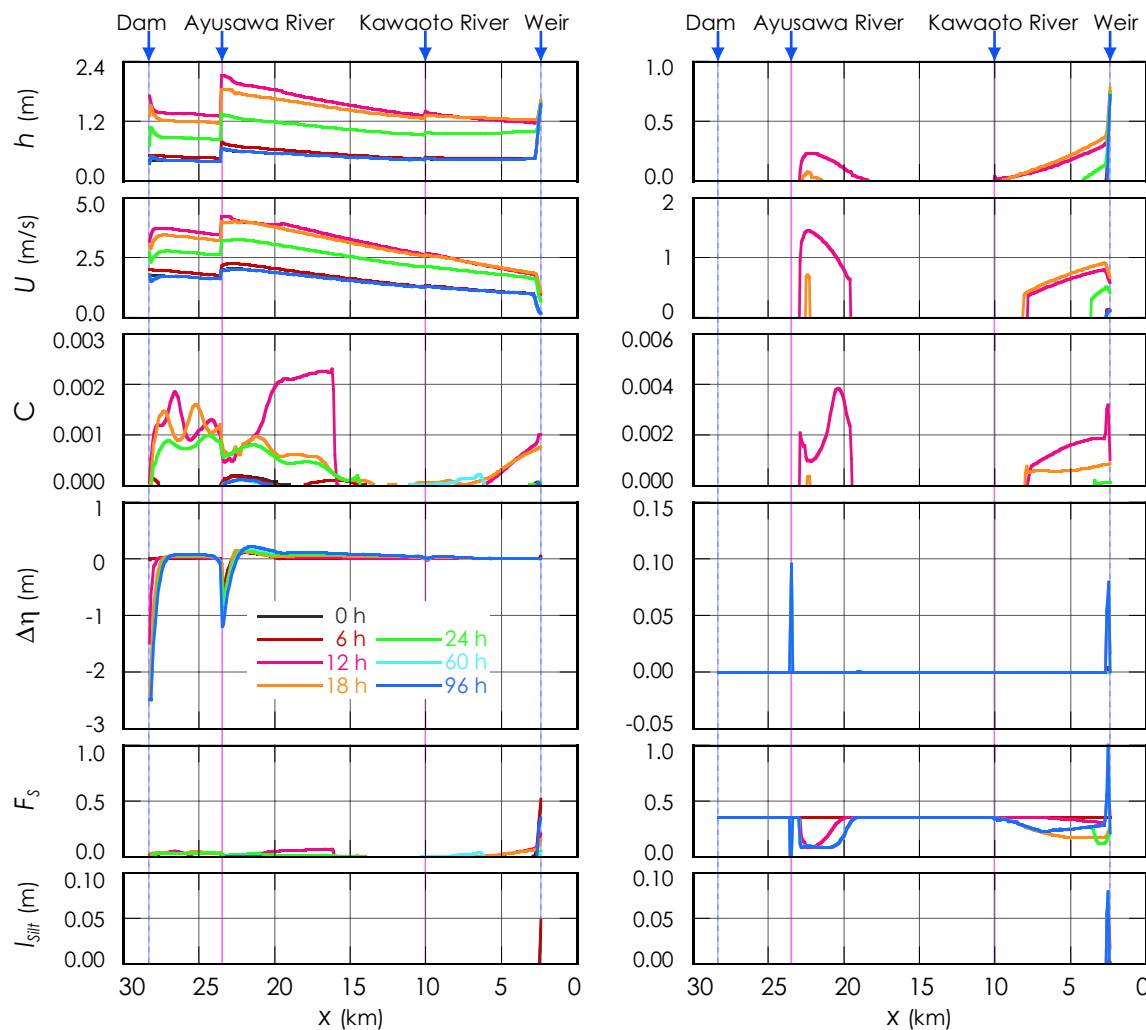


図-4 河床変動解析結果：左側が低水路，右が高水敷上の諸量の時間変化を表す．図の横軸は河口を原点としたものである．
 h ：水深， U ：流速， C ：浮遊砂濃度， $\Delta\eta$ ：初期河床からの河床変動量， F_s ：細砂の含有比率， l_{silt} ：表層に形成された細砂層の厚さ

巻き上げられた浮遊砂が，減水期に沈降したものと予想される．また，これらの二つの区域で巻き上げられた細砂は，浮遊砂として低水路側にも輸送されており，一部が低水路河床上に堆積している．特に，下流端付近では，堰上げの影響によって細砂の堆積が進み，表層に細砂のみによる堆積層が形成されるまでに到った．

4. おわりに

本論文では，これまで開発してきた解析手法を用いて洪水時の河道の変動解析を行った．初期条件の設定などに検討の余地を残しており，これを含めてさらに検討を行うとともに，数10年単位の長期解析を行いこの河川の土砂動態について明らかにしていく予定である．

参考文献

- 1) 関根，林：礫・シルト充填河床モデルを用いた礫河道の準二次元河床変動解析，水工学論文集，第51巻，973-978，2007．
- 2) 藤田，芦田：平衡・非平衡浮遊砂量算定の確率モデル，土木学会論文集，No.375 / II -6, 107-115，1986．
- 3) 関根，矢島：礫・シルト充填河床モデルを用いた植生を伴う流路の変動解析，水工学論文集，第48巻，991-996，2005．