

互層構造を有する筑後川感潮域における洪水時の河床変動機構

中央大学大学院 学生会員 ○金子 祐
 国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所 上村 雅文
 中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

1. 序論

筑後川は有明海に注ぐ最大の河川で、全河川の内洪水流入量は全体の約 35% を占めている。このため、筑後川の洪水による土砂輸送は、有明海の水域環境にとって極めて重要である。鈴木、福岡ら¹⁾は筑後川から有明海への砂の流出量を見積もった。しかし、筑後川感潮域では洪水流と潮汐の作用によって、ガタ土と砂が複雑な互層構造をなしていることから、用いた土砂輸送モデルに問題があることが判明した。そこで、本論文では、これまでの検討の不十分な点を修正した新しい河床変動解析モデルを用いて、洪水時の河床変動機構を明らかにする。

2. 対象区間

対象区間は図-1 に示す筑後大堰(23km)~有明海までの区間とする。対象洪水は洪水前後の縦横断鉛直方向の河床材料分布、河床縦横断面形、洪水時の水面形の時空間分布が詳細に観測された平成 21 年 6 月洪水である。上下流域境界条件には、22km と-0.2km 地点の観測水位ハイドログラフを与える。

3. 河床の互層構造のモデル化と河床変動解析

筑後川感潮域では大きな潮汐変動により有明海から運ばれてくるガタ土と上流から運ばれてくる砂が入り混じり互層をなした複雑な河床構造を形成している。10km~17km の潮汐の影響が弱まる区間ではガタ土が河床表層に 1~1.5m 程度堆積している。このため、洪水になると大きな河床低下が生じる区間となる。これまで、粘着性材料の洗掘に関して関根らは、式(1)に示す浸食速度の式を提案した²⁾。

$$E_s = \alpha \cdot R_{wc}^{2.5} u_*^3 \quad (1)$$

ここで、浸食速度 E_s は粘性土の種類や水温に依存する係数 α と水含有率 R_{wc} 、摩擦速度 u_* の関数で表わされる。

鈴木ら¹⁾は互層構造の河床の変動のモデル化にあたって、各観測位置でボーリングにより採取された河床材料のコアサンプルを基に求めた鉛直方向 10cm 毎の鉛直粒度分布を解析の初期条件として用いた。また、含水比と粒径の関係から、含水比が 70% を超えた層をガタ土層と判断して(1)式を用いて地盤高を解析し、含水比が 70% よりも低い層を砂層として掃流砂の流砂量式である芦田・道上式を用いて解析を行った。しかし、ガタ土と砂の混合状態を考慮していない。このため、



図-1 対象区間と水位・流量観測位置

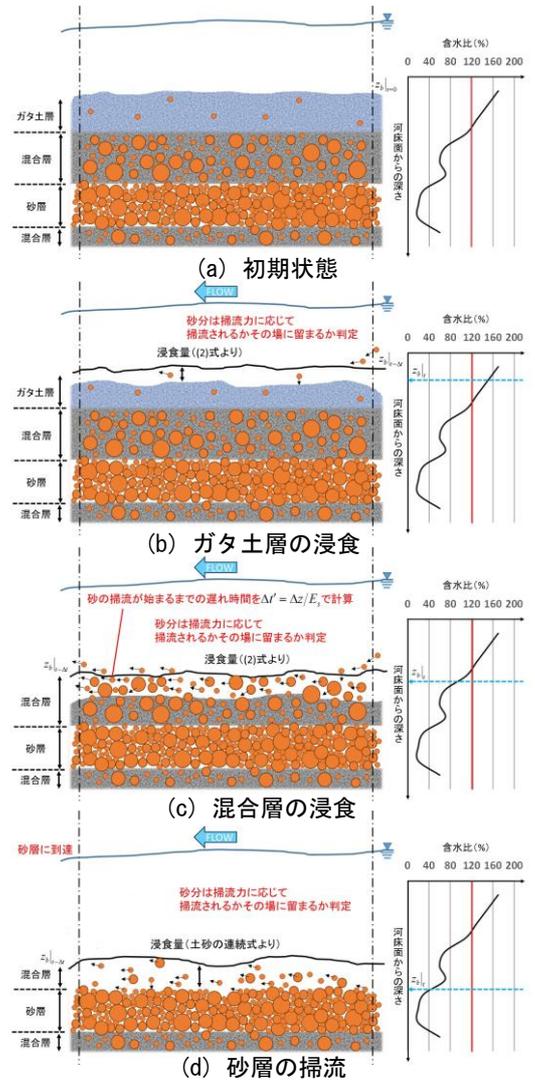


図-2 互層構造の河床変動のモデル図

キーワード 筑後川, 河床変動, ガタ土, 粘着性, 互層構造

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1615

ガタ土の粘着力が砂の移動に及ぼす影響を考慮できていないこと、また、ガタ土層に流入する砂の量を考慮しておらず、砂の連続性が保たれていない等の問題があった。そこで著者らはこれらの問題を改善するために図-2 に示す互層構造の新たな河床変動モデルを考えた。新しい河床変動モデルでは、含水比と砂分率の関係から、図-2 の(b)に示すように含水比が 120%を超えた層に到達した時、緩いガタ土が卓越したガタ土層と判断し、砂とガタ土のそれぞれの河床高変動量を平均して(2)式により地盤高を解析した。

$$z_b^{n+1} = z_b^n - P_{Sk} \cdot \left(\frac{q_{i+1} - q_i}{\Delta x} \right) \Delta t - P_{Gk} \cdot E_s \Delta t \quad (2)$$

ここで、 z_b は河床高、 q は流砂量、 $P_{Sk} \cdot P_{Gk}$ はそれぞれ砂とガタ土の存在割合を表わし、その和は 1 である。

さらに浸食が進み(c)に示すように含水比が 120%未満で砂分が 80%以下の締め固まったガタ土と砂が混ざった混合層に到達すると、ガタ土の粘着力が砂の掃流を遅らせると考え、砂の層の掃流が始まるまでの遅れ時間を式(1)を用いて $\Delta t = \Delta z / E_s$ で計算した。そして、粘着性土の影響がなくなったと判断した時点で掃流砂の流砂量式で流砂量を計算した。地盤高の解析には(2)式を用いている。さらに浸食が進み(d)に示すように砂分が 80%以上の砂層に到達した場合は、掃流砂の流砂量式を用いて解析を行った。粒径の小さなガタ土は一度移動を開始すると再び河道内には堆積せず、流れに乗って海まで流下するとしている。

4. 解析結果

図-3 は水面形の解析結果と観測値の比較を示す。実線で示す解析水面形はプロットで示す観測水位を概ね再現している。また、図-4 の実線で示す瀬の下地点の解析流量ヒドログラフはプロットで示す観測流量を概ね説明することが出来ている。8km~17km の河床変動量コンターを図-5 に示す。上段が洪水ピーク時の解析結果、下段が洪水前後の実測値を示している。本解析では、実測より得られたガタ土の堆積する区間での河床洗掘を図-2 の(b)の段階まで良好に再現している。今回の結果は洪水ピークまでの増水時のみを扱っているが、これは以下に述べる課題が生じるためである。まず、用いた方法では(c)の混合層で粒度割合の連続式を満足出来ていないこと。また、洪水減水期には、砂の堆積が卓越することで、初期条件で与えた河床の互層分布は成立せず、新たな粒度分布への変化過程を考える必要があるためである。今後は、これらを改善することにより、洗掘、掃流、堆積の過程を連続的に再現出来るモデルの検討を進める。

5. 結論

本論文では、互層構造をなす筑後川感潮域の河床について、洪水増水期の河床変動のモデル化を行い、洪水ピーク時にガタ土の堆積する区間で大きな河床低下が起きていることを示した。今後は、砂とガタ土の混合状態の取り扱い、及び、砂の堆積形態について適切なモデルを検討し、筑後川の洪水時の河床変動機構を明らかにする。

参考文献 1)鈴木健太,福岡捷二,島本尚徳: 複雑な互層構造をなす筑後川感潮域における河床変動と有明海への土砂流出量,土木学会年次学術講演会,第Ⅱ部門,2011. 2)西森健一郎,関根正人: 粘着性土の浸食過程と浸食速度式に関する研究,土木学会論文集B, Vol.65, No.2, pp.127-140, 2009.

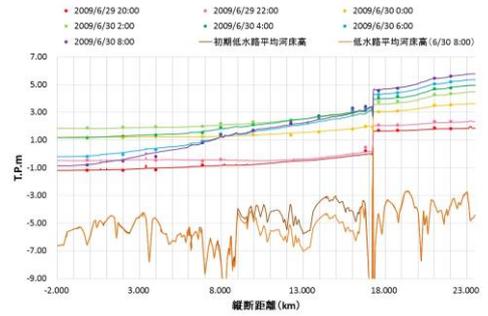


図-3 縦断水面形の時間変化と平均河床高

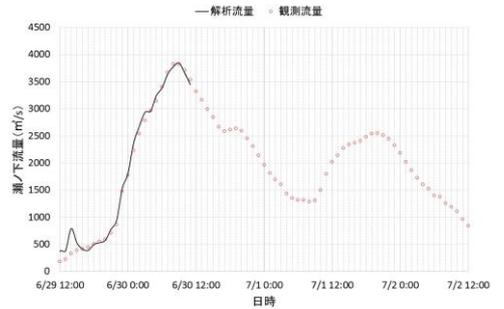


図-4 流量ヒドログラフ

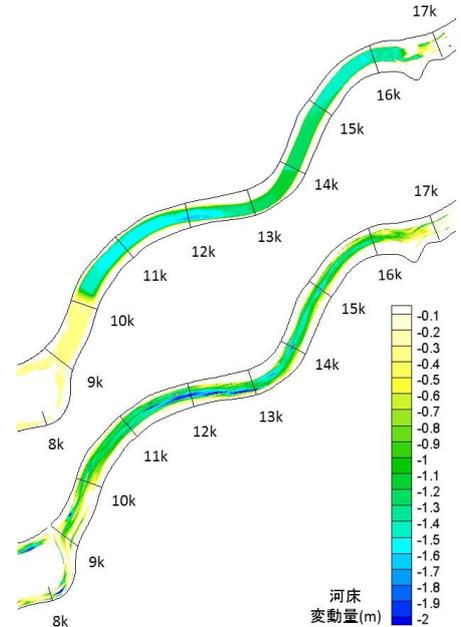


図-5 河床変動量コンター図