

互層構造を持つ筑後川感潮域における洪水時の河床高の変動に関する研究

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

有明海湾奥部では特徴的な湾の形により最大で6mにも及ぶ潮位変動が日々繰り返されている。この潮位変動により筑後川感潮域の河床には、阿蘇の噴火を起源とするガタ土と呼ばれる粘着性の細粒分が多く堆積している。鈴木、福岡ら¹⁾はガタ土層と砂が互層構造をなしている点に着目し、平成21年洪水を対象に洪水流・河床変動の一体解析を適用して、観測水面形の時間変化と河床変動の説明を試みた。本論文では、鈴木らの検討結果を踏まえ、鈴木らの解析では考慮できなかった、河床底面での静水圧からの圧力偏差を考慮した底面流速を評価できる一般底面流速解析法(一般BVC法)²⁾を用い、これより精度の高い底面流速を求め、互層構造の河床について構築された新しい掃流モデルを用いた河床変動解析を行い、筑後川感潮域の河床変動機構を明らかにすることを目的としている。

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し、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位変動により有明海から運ばれてくるガタ土と呼ばれる粘着性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。また、下流10km~16kmは潮汐の影響が弱まる区間でガタ土が多く堆積している。このため、洪水時に大きな河床低下が生じる区間である。これまで、粘着性材料の洗掘に関して関根らは、式(1)に示す浸食速度を求める実験式を提案した³⁾。

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

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、各観測位置で採取された河床材料のコアサンプルの結果を用いた。すなわち、

キーワード 筑後川、河床変動、粘着性土、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



図-1 対象区間と水位計設置位置

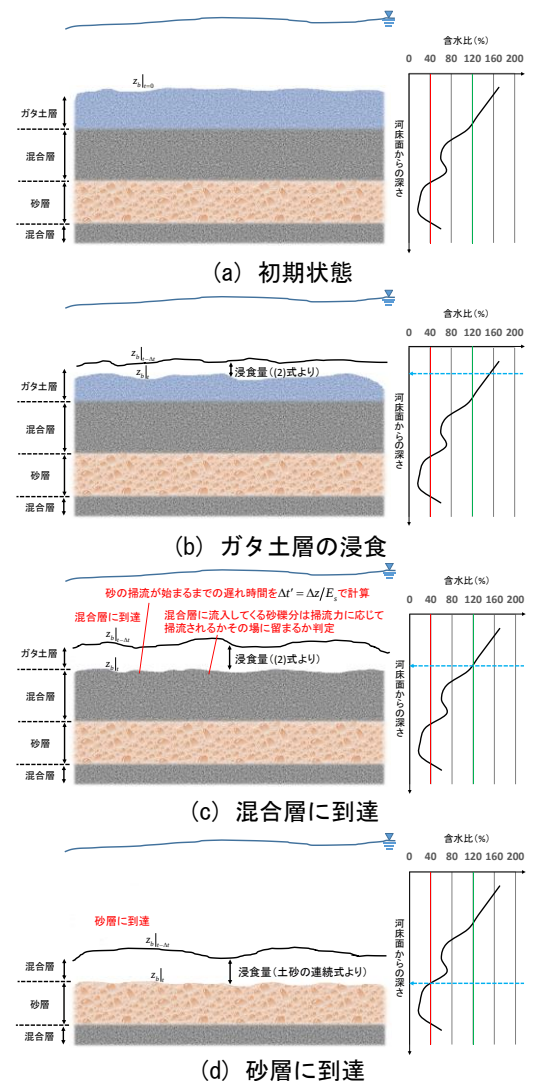


図-2 互層構造の河床変動のモデル図

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、鈴木らの考え方ではガタ土と砂の混合状態を評価しておらず、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、ガタ土層に流出入する砂を考慮しておらず、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、ガタ土が砂の空隙であるとみなして式(2)で地盤高を解析した。

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

ここで、 z_b は河床高、 q は流砂量、 λ_G はガタ土の体積割合を表わす。

浸食が進み(c)に示すように含水比が 40%~120%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に切り替えて地盤高を解析した。なお、混合層内に流入する砂については掃流力に応じて掃流されるかその場に留まるか判断している。さらに浸食が進み(d)に示すように含水比が 40%以下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。河床構成材料の初期条件としては密に観測された 10cm 毎の鉛直粒度分布を解析に取り込み、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、流れによって海まで流下するとしている。

4. 解析結果

図-3 は平成 21 年洪水の水面形の解析結果と観測値の比較を示す。洪水ピーク時に実線で示す解析水面形がプロットで示す観測水位よりも少し高い値を示すものの、概ね傾向を捉えることが出来ている。また、図-4 の実線で示す瀬の下地点の解析流量ハイドログラフはプロットで示す観測流量よりも洪水ピーク時に 500m³/s 程度大きな値を示す。この差は、解析水面形と観測水面形が十分に対応していないことが理由と考えられ、水面形の改善により、実測流量ハイドログラフの説明が出来ると考えている。ここでは、流量増加に伴う河床洗掘のみを扱っている。14km~5km の洪水ピーク時の河床変動量コンターを図-5 に示す。これより、洪水上昇期に 10km~14km 区間で 1m 以上の河床低下が起きていることが分かる。これは洪水上昇期にガタ土層の浸食が活発に行われたことを示している。

5. 結論

本論文では、砂の連続性を考え、筑後川感潮域の互層構造をなす河床変動を再現するため、ガタ土の粘着性を考慮した河床変動機構のモデル化を行い、洪水上昇期の河床変動を検討した。今後は、増水期の解析精度の向上や今回のモデルでは考慮出来ていない洪水減水期について堆積が卓越すると考えられる河床変動の解析法をつくる必要がある。

参考文献 1)鈴木健太,島本尚徳,久保世紀,福岡捷二:筑後川感潮域の洪水時の河床変動解析,水工学論文集,第55巻,pp877-882,2011. 2)内田龍彦,福岡捷二:浅水流の仮定を用いない水深積分モデルによる底面流速の解析法,土木学会論文集 B1(水工学),第56巻,I,1225-1230,2012. 3)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.

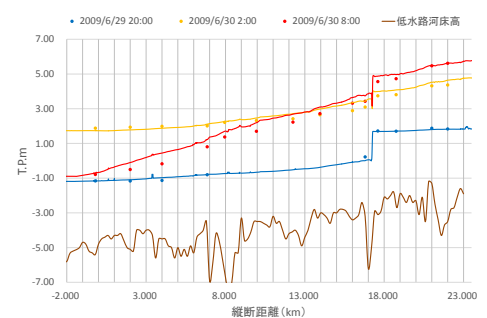


図-3 縦断面水面形の時間変化

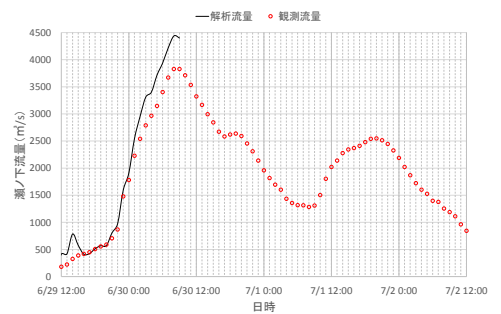


図-4 流量ハイドログラフ

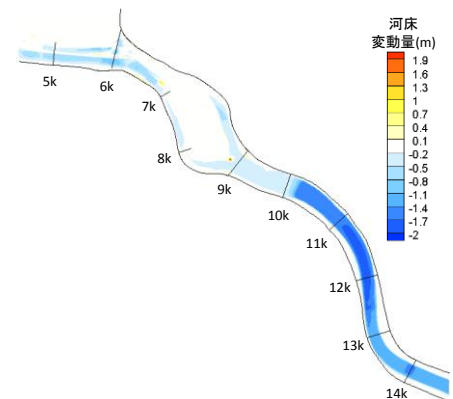


図-5 河床変動量コンター図(洪水ピーク時)