

石礫蛇行河川の二次元河床変動解析法に関する研究

中央大学研究開発機構 正会員 ○長田 健吾
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

1. はじめに

著者らは、常願寺川現地実験から得られた石礫河川の河床変動機構¹⁾に基づき、新しい一次元河床変動解析法を構築した²⁾。しかし、石礫河川で生じる河岸際の洗掘や側岸侵食、湍筋変動の問題は一次元では説明できない。本研究では、石礫河川の河床変動機構・側岸侵食を考慮した平面二次元河床変動解析法を構築する。本解析法を、常願寺川で行われた蛇行水路実験³⁾に適用し、解析法の検証を行う。

2. 石礫河川の平面二次元河床変動解析法

図-1に、構築した石礫河川の平面二次元河床変動解析法の過程を示す。河床変動解析では、洪水時に観測された水面形の時間変化を一体的に捉え、流れと河床変動を同時に解析するため、非定常平面二次元解析との組み合わせでモデルを構築する。抵抗項の評価は、巨石等の形状抵抗が支配的になると考え、D90を用いた形状抵抗の評価式を構築した。河床変動解析は、はじめに離脱量 V_p の算定を行う。離脱量は、式(1)~式(4)を用いて算定する。離脱判定は、長田・福岡²⁾と同様にモーメントの釣り合い式を用いるが、本解析法では、側岸侵食を一体として扱えるように、側岸傾斜の効果を離脱量に反映させる。すなわち、離脱判定に用いる離脱角度算定式(2)に、流速成分に直行する方向の河床傾斜角 θ_c を付加した。離脱判定、河床安定の判定を経て、離脱すると判定された粒径に対して式(4)により離脱量 V_p の算定を行う。堆積は、河床を構成する材料との衝突により停止すると考え、跳躍解析から底面との衝突割合 P_c を算出し、これを停止割合として、停止割合と流砂体積を用いて式(5)により堆積量を評価する。流砂量は、式(6)により計算する流砂体積と、跳躍解析により計算する各粒径の粒子速度の積として式(7)により評価する。河床表層の空隙率の時間変化を捉えることが石礫河川の河床変動解析にとって重要であり、本研究では、各粒径の粒子高さや表層割合を計算することにより、空隙を捉えられるようにする。各粒径の粒子高さは、離脱量、堆積量と各粒径の表層割合を用いて式(8)により評価する。各粒径の表層割合は、式(9)により評価する。

3. 蛇行水路実験への適用と考察

図-2に、実験水路の平面形状と各測定位置を示す。上流側蛇行部は自然河岸、下流側蛇行部は、外岸部に護岸工が設置された。実験の流量は、段階的に増加し、最大流量は約 $11\text{m}^3/\text{s}$ であった。水位は、水位計(左岸)とレベル

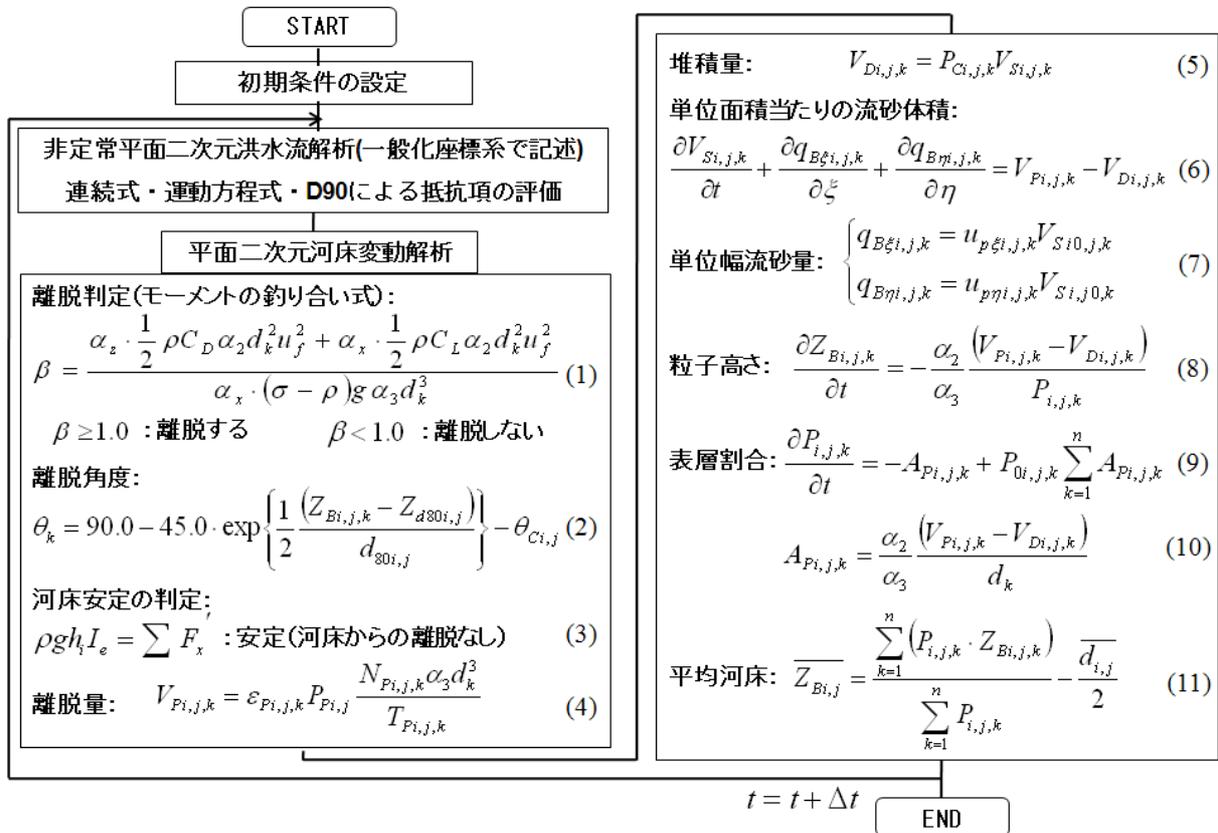


図-1 石礫河川の二次元河床変動解析法の過程

キーワード 石礫河川, 巨石, 側岸侵食, 現地実験, 河床変動解析
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 03-3817-1611

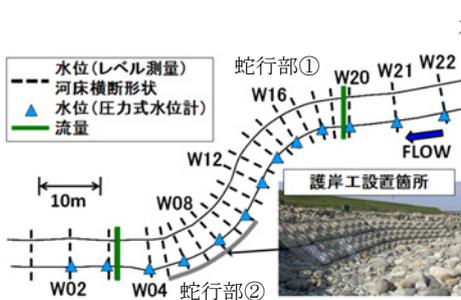


図-2 実験水路平面と各観測位置

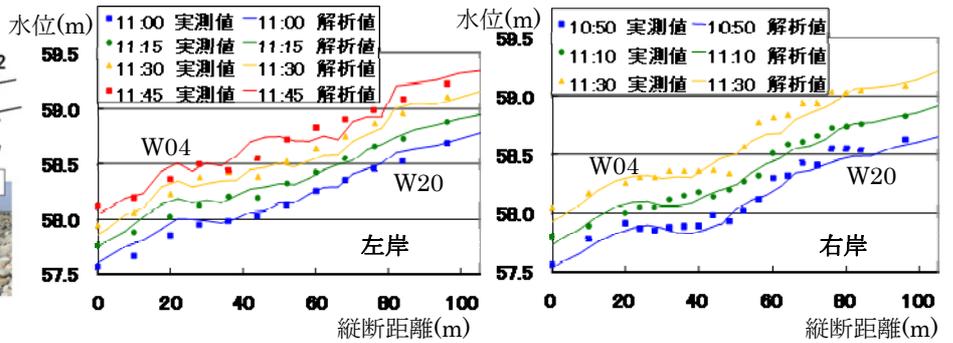


図-3 水位観測値 (左岸：水位計，右岸：レベル測量) と解析水位の比較
河床変動量(m)

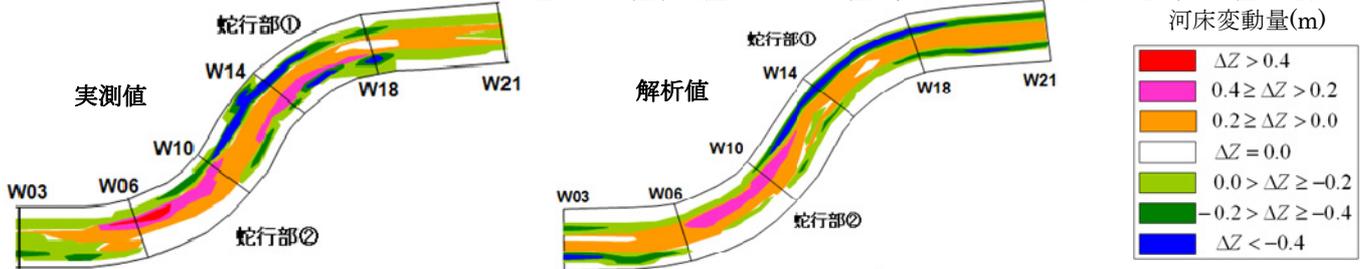


図-4 河床変動量コンターの観測値と解析値の比較

測量(両岸)により時空間的に密に測定された。解析は、W21とW02の観測水位を境界条件として与えた。図-3は、各時刻の観測水位と解析水面形の比較を、図-4は、解析値と実測値による河床変動量コンター(通水後河床高-初期河床高)の比較を示す。解析水面形は、蛇行部の外岸側で観測値を再現できていない箇所があるが、全体的には観測値を概ね再現できている。最終的な河床変動量の比較をみると、解析は外岸側蛇行部の侵食量が実測に比べて若干少ないが、全体的な傾向は、実測値を捉えられている。

図-5に、観測流量と解析による流量ハイドログラフの比較を示す。解析による流量ハイドログラフは、水面形および河床高の時間変化が再現できていることから、観測値を再現できている。図-6には、蛇行部にあたるW14における流量ピーク時の各粒径の単位幅流砂量分布を示す。蛇行の外岸にあたる右岸側に流砂が集中し、内岸は流砂量が少ないことが再現できている。粒径別では、200mmや120mmなどの粗石クラスの流砂量が多く、粗石サイズの粒径集団が活発に移動することが分かる。小さい材料である粒径25mmは、周囲の大きな河床材料の遮蔽効果により、移動が抑制されるため、流砂量は少ない。図-7のD80の実測値と解析値の比較を見ると、蛇行部で再現できていない箇所があるものの、全体的には、傾向を捉えている。図-8には、D80の横断分布を示す。側岸部の粒径が河道中央部に比べて大きく、安定な側岸傾斜の形成とともに、粗粒化することで、安定な河岸を形成することが分かる。以上、構築した石礫河川の二次元河床変動解析法により、常願寺川の蛇行水路実験を再現できることが明らかとなった。本研究では、1本の滞筋を対象に解析法の検証を行ったが、実河川は、数本の滞筋と中州などから形成され、複雑な地形を有する。このような実際の河川に適用し、滞筋変動や河岸際の深掘れなどが再現出来るかについて、今後検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 福岡, 長田, 安倍: 石礫河川の河床安定に果たす石の役割, 水工学論文集, 第52巻
- 2) 長田, 福岡: 石礫河川の土砂移動機構に着目した新しい1次元河床変動解析法の開発, 水工学論文集, 第52巻
- 3) 塚本, 福岡ら: 石礫河川の粒度分布特性と安定河道形状, 河川技術論文集, 第14巻

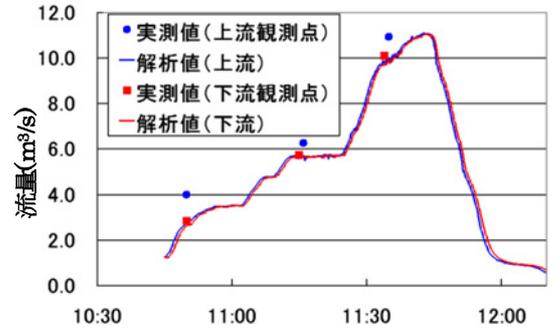


図-5 流量観測値と解析値の比較

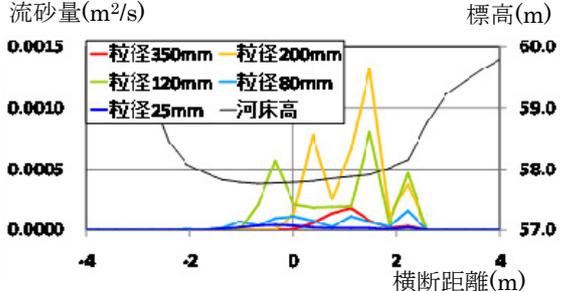


図-6 各粒径の単位幅流砂量分布(W14)

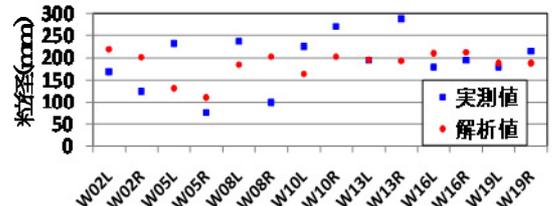


図-7 D80の実測値と解析値の比較

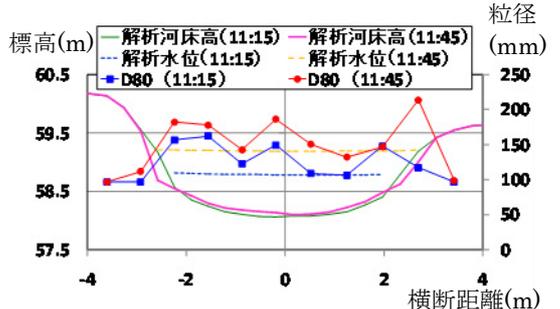


図-8 D80の横断分布(W20)