

非定常流の水面形時系列データを用いた河床変動の推算

中央大学研究開発機構 正会員 ○川口 広司
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 藤堂 正樹
 中央大学研究開発機構 フェロー会員 福岡 捷二

1. 目的

水面形の時間変化は河道で起こっている水理現象を明確に反映する¹⁾ことから、精度の高い観測水面形時系列データを解とする非定常二次元流・河床変動解析から流量ハイドログラフと洪水時の河床変動を把握できる可能性が高い。既往の研究²⁾で、洪水時の河床変動の評価が重要となる日本海側河川の河口部に対して、水面形時系列データと非定常浅水流・河床変動解析から洪水時の河床変動推定の試みがなされているものの、その推定精度は十分に検証できていない。本研究では、非定常移動床水路実験を対象とし、縦断的に河床変動が生じている直線水路において、水面形の時系列データを用いた解析から河床変動量が把握できることを示し、実験水位-流量関係の特異なループ特性と河床変動について検討する。

2. 水面形時系列データに基づく河床変動解析の概要

洪水時の流砂量が動的にほぼバランスしている河床変動の小さい緩流河川において、洪水時の水面形の時間変化と非定常浅水流方程式から、流量ハイドログラフ等が精度良く算出できることがわかっている¹⁾。一方、流砂量が平衡状態になく河床変動が大きい河道では水面形は、河床面の時空間的な変化の影響を受けている。上流境界において流砂量が水理量から求められる場合、水面形の時間変化に概ね一致するように粗度係数を設定すれば、水面形時系列データと非定常浅水流・河床変動解析から流量ハイドログラフと共に河床形状の時間変化が推定できるとの考えのもとに、福岡らの流れの解析法¹⁾に河床変動を考慮して検討する²⁾。

3. 既往の移動床水路における非定常実験³⁾と解析条件

対象とする実験は、水路延長 25m、幅 1m、河床勾配 1/100 のコンクリート製、左岸がガラス張りの移動床水路で行われた。実験では水路上流におけるバルブ制御型流量計により、ピーク流量 20L/s、最小流量 5L/s、通水時間 120 分の三角波形の流量ハイドログラフを 2 サイクル与えた。解析の上流端の境界条件は、実験で与えた流量ハイドログラフを用いた。通水初期の河床には波長 6m 程度の交互砂州が発生していた。水位と河床高の縦断分布の時間変化は、左岸側壁ガラス面に沿って縦断 1m 間隔、10 分毎に同時計測された。水位・河床高の縦断分布の時間変化は強化ガラス面に貼り付けたスケールにより求めた。実験では水路上流部に敷かれた砂止めと礫があり、通水 40~80 分後と 160~200 分後には上流端で 35L/10min の給砂が行われた。給砂は、流水面上から投入されたため、給砂量は水流により縦断方向に分布していた。このため、解析では給砂量を縦断的に分布させて与え、解析上の急激な河床の低下や上昇が発生しないようにした。解析には $dx=0.25m$, $dy=0.1m$, $dt=0.1sec$ を用いた。交互砂州発生のための初期河床擾乱は、三角関数分布により実験交互砂州形状を模して設定した。

4. 解析結果と考察

図-1 は、初期河床面から発生する交互砂州解析結果の一例を示している。図-2 は、左岸側壁沿いに測定された水位・河床高縦断分布とその計算結果を示している。図-2 の河床高縦断分布から、実験結果の砂州の移動速度、減水期の滞筋の深掘れは必ずしも十分に表されていない。しかし、図-2 に示した平均的な河床高さの分布が実験・解析結果ともに対応していること、水面形の時間変化は概ね一致していることから水面形と河床形の関係が平均的には概ね説明できていると考えられる。動的平衡状態にある河道や固定床実験で明らかにされている水面勾配が増水期に急になり、減水期に緩くなる流れの特徴¹⁾は、この移動床実験では見られず、解析でも現れていない。これは、水深に対して河床高変化が大きい流路特有の現象で、流れに応じて

キーワード 非定常流, 水面形, 河床変動解析, 移動床水路実験

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31207 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1615

河床形状が変化することから、水面形はほぼ平行に増減したものと考えられる。

下流端で計測された1サイクルあたりの流砂量約260Lは給砂量140Lより多く、水路全体の平均的な河床高は低下した。

図-3は、通水前後の平均河床高縦断分布を示している。実験結果、解析結果ともに特に上流部で河床が低下している。解析結果から算出した下流端の1サイクルあたりの流砂量は

210Lであり、実験結果と概ね一致する。測定された水面形の時間変化に一致するようにして求められた河床変動解析結果は、通水後の平均的な河床低下量の縦断分布を再現できている。実験の給砂量と下流端土砂溜で計測された流砂量との差し引きから、流量ハイドロの1サイクルあたりの水路の平均的な河床低下量を算出すると0.48cmとなる。

図-4は、左岸側壁の縦断平均水位、水路平均河床高の実験・解析結果、水面形にほぼ一致するように水路内一定で設定された粗度係数の時間変化を示している。粗度係数は、砂州の発達に伴う形状抵抗の違いにより1, 2サイクル目で同じ値とはならないものの、水深が大きくなり河床の影響が小さくなっていく増水期に低下し、その逆の減水期に増加している。一方、解析による左岸縦断平均水位と水路平均河床高は概ね一致している。実験水面形の時間変化に基づく河床高の解析結果は、砂州の移動速度や砂州深掘れを十分に再現できていないが、河床変動の平均的な傾向を再現できている。

図-5は、前述した交互砂州発生下の非定常実験と解析による左岸平均水位-流量曲線を示している。増水期と減水期の同じ水位での流量は河床低下により減水期のほうが大きくなり、流砂が動的平衡状態にある河道や水路とは逆の水位-流量曲線のループを描いている。以上のように、河床の変化は水面に明確に反映されるため、水位-流量曲線のループ形状から特徴的な河床変動を推定できる可能性がある。

参考文献：1) 福岡捷二：洪水の水理と河道の設計法，森北出版，2005，2) 川口・福岡・安部：常願寺川河口部における洪水中河床変動量の推算と河口部計画の改善策，河川技術論文集 第12巻，pp.79-84，2006，3) 藤堂・福岡：先鋭な洪水ハイドログラフの流下に伴う水位と砂州河床高の時間変化特性，水工学論文集，第48巻，pp.1015-1020，2004

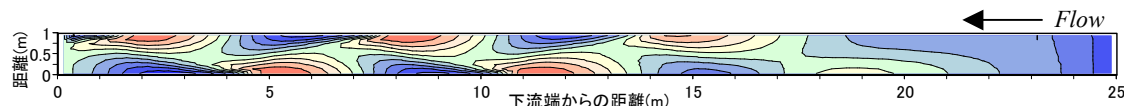


図-1 初期河床面からの河床高コンター解析結果 (2 サイクル目ピーク時, コンター間隔 5mm)

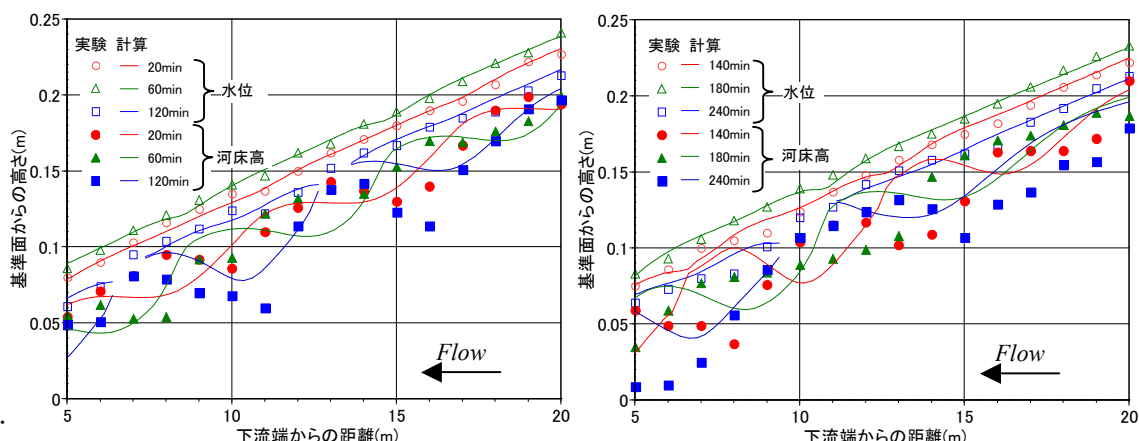


図-2 左岸側面の水位・河床高縦断分布 (左:1 サイクル目, 右:2 サイクル目)

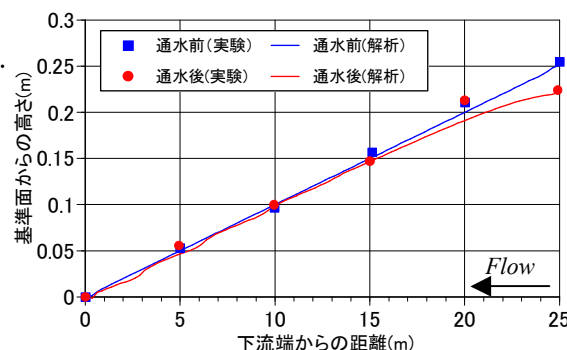


図-3 通水前後の平均河床高縦断分布

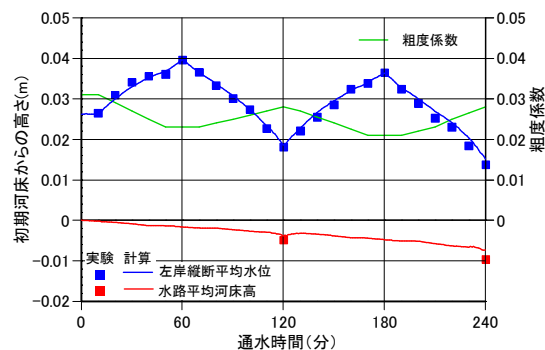


図-4 平均水位・河床高・粗度係数の時間変化

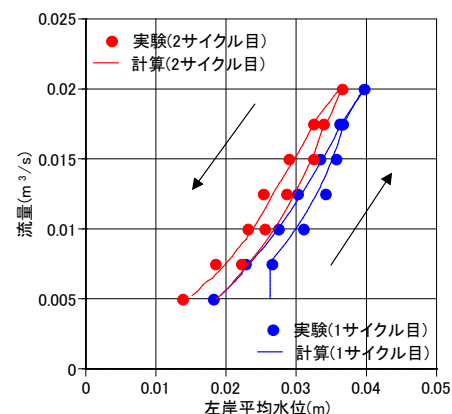


図-5 左岸平均水位-流量曲線