

水深積分モデルによる砂堆の発達・遷移過程に関する数値シミュレーション
 Numerical Simulation of Development and Transition Processes of Dunes
 by means of a Depth Averaged Flow Model

○音田慎一郎・細田 尚・石橋良純

○Shinichiro ONDA, Takashi HOSODA, Yoshizumi ISHIBASHI

Flow resistance in rivers changes with transition of sand waves and it is well known that the hysteresis can be observed during bed form transition under unsteady hydraulic conditions. In this study, a numerical model to reproduce the transition processes of dunes under unsteady flow condition is developed by combining a depth averaged flow model with the effects of vertical acceleration and a non-equilibrium sediment transport model. To verify the numerical model, calculated results of temporal changes in wave height, wave length and water depth are compared with the previous experimental study.

1. はじめに

河床には、水理量に応じて種々の河床波が形成される。例えば、洪水時において、流量が小さい場合に形成された砂堆が流量の増加とともに消滅し、その後、流量の減少に伴って再び発生することが確認されており、流量増加時に砂堆が消滅する流量が、流量減少時に砂堆が再び発生する流量よりも大きくなるというヒステリシス現象を示すことが指摘されている。このような河床波の遷移過程における抵抗変化は抵抗予測はという観点から河川工学的に重要な課題であると考えられる。

本研究では1次元非定常 Boussinesq 方程式と非平衡流砂モデルを組み合わせ、非定常条件下での砂堆の遷移過程を再現できる数値解析モデルの構築を行う。モデルを既往の実験に適用し、河床波の変形過程における非定常特性、及び抵抗特性について比較することで、モデルの検証を行う。

2. 数値解析法

流れの基礎式には、鉛直加速度を考慮した水深積分モデル(Boussinesq 方程式)を用いる。また、運動量方程式中の底面せん断応力の評価には、ポテンシャル流解析から得られる流速分布形を適用するとともに路床近傍の局所的な加速・減速効果を考慮している。河床変動計算には、pick-up rate と step length で記述される非平衡流砂モデルを適用する。ここで step length は無次元掃流力の関数として表し、無次元掃流力が大きくなると step length が長くなるように作用させることで、砂堆が消滅

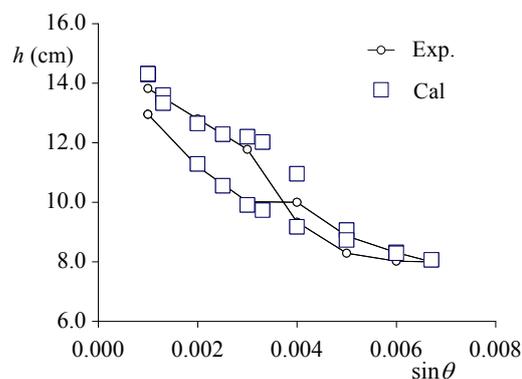


図-1 水深の履歴

する過程をモデル化している。上記のモデルを既往の実験に適用し、モデルの妥当性を検証した。実験条件は一定流量のもと、水路勾配を時間的に変化させており、1/1000を初期勾配として132分通水した後、勾配を1/1000から1/150まで等速で上昇させ、直ちに同じ速度で1/1000まで下降させ、再度1/1000に保って通水が行われている。

3. 計算結果と考察

図-1は水面と河床高の時間的変化の計算結果をもとに水路勾配と水深の関係について整理したものである。図をみると、同じ勾配であっても勾配の減少、増加過程においては異なる水深を示していることがわかる。即ち、同じ勾配に対して2つの河床形態が現れることが確認され、本数値解析モデルはヒステリシス現象を再現していると考えられる。