

実河川を想定した一次元開水路における非定常流解析

東京大学大学院	学生員	○山中 悠資
長岡技術科学大学	正会員	細山田 得三

1. はじめに

河川流の実態を把握することは、洪水などによる河川災害を軽減する上で重要である。また、河川流は絶えず土砂を輸送しているため、河川の地形は時々刻々変化しており、長期的には河川の治水安全性に影響を与える。さらに河口付近では、河床勾配が緩やかになり、河川流の影響が低下するが、海岸における波動やそれに応じた水位変動が土砂の輸送に影響し、複雑な地形を形成する。

現在、河川の複雑な地形を考慮できる数値モデルとしては平面二次元や三次元解析が提案されている。一次元での数値解析はこれまで擬河道網による水文流出解析や非定常流、等流・不等流などの水理量の解析において実績があり、河川断面の形状特性や高度の数値スキームを用いた解析が行われている。しかしながら、河川の実断面の複雑さと高度な数値スキームの両方を含んだ解析は報告されていない。河川の一次元解析は、河川の蛇行などを考慮することは困難であるが、解析を高速に行うことができ、計算機への負荷も少なく、さらに高度化される余地が残っている。本研究では、一次元に限定するが、河川の断面形状を正確に評価し、常・射流を考慮できる FDS(Flux Difference Splitting)法を用いた数値モデルの開発を行った。また、この数値モデルを用いて実河川流の解析を行った。

2. 河川流の解析法

河川の支配方程式は以下の非線形浅水波の式を用いた。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{2} v^2 + gh \right) = g(I - I_e) \quad (2)$$

$$\frac{\partial Z_b}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \frac{\partial q_B}{\partial x} \quad (3)$$

ここに、 t は時間、 x は流下距離、 A は断面積、 Q は流量、 v は流速、 h は水深、 g は重力加速度、 I 及び I_e は河床勾配及びエネルギー勾配、 Z_b は河床位、 q_B は掃流砂量、 λ は砂の空隙率である。エネルギー勾配は Manning式で、掃流砂量はブラウンの式で評価するものとしている。(1)~(3)式を FDS 法により差分化し、実河川流の解析を行った。

また、国土交通省河川局所属の河川事務所では、管轄する河川の横断測量をほぼ毎年実施している。その結果の一例を図1に示す。これを用いて解析に必要な断面積などのパラメータを求めることで、実河川の形状特性を考慮した河川流の解析を行うことができる。

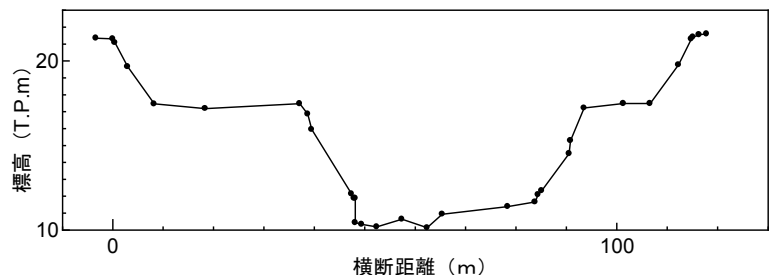


図1 実河川の横断面図

キーワード 1次元解析, FDS, 実河川断面

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学環境・建設系 0258-47-9621

3. 解析結果および考察

図 2(A)に水面形の解析結果を、図 2(B)に土砂堆積量の解析結果を示す。解析の対象とした河川は、新潟県の刈谷田川である。図 2(A)は、解析開始から 1 時間経過したときの水面形であり、境界条件として上流端の水深を 1m に設定している。図 2(A)に示される水面形はその値に収束しており、定常状態に達したと判断することができる。図 2(B)は初期地形に対する土砂の堆積量を示している。河床を構成する土砂のパラメータとして、密度 2.65, 空隙率 0.3, 粒径 1cm を与えている。また、河川の河口付近を想定した解析として、図 3 に下流から波を発生させた場合のある時刻の水面形を示す。解析の対象とした河川は新潟県の阿賀野川である。4 パターンの解析条件で解析を行い、Case1 に対して Case2 では波の周期を、Case3 では波の振幅を、Case4 では河川流量をそれぞれ大きくして解析を行った。なお、図 2 と図 3 の縦断距離は上流からの距離である。

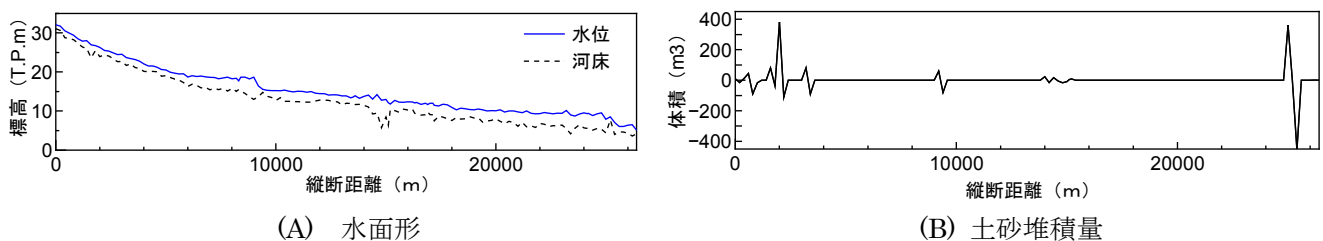


図 2 解析結果 I

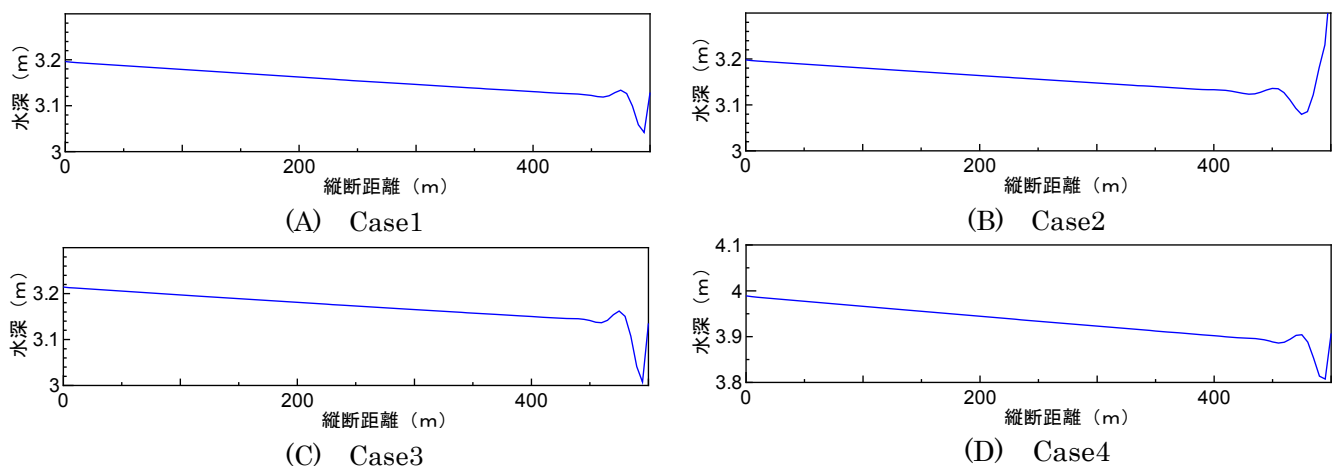


図 3 解析結果 II

図 2 の解析結果では、ある程度理論的に整合性のある結果を得ることができた。河床勾配が急になっている箇所では水深が小さく、土砂の増減が大きくなり、河床勾配が緩やかな箇所ではその逆の現象を示している。また、河床が局所的に低くなったり高くなったりしている箇所では、それに応じた水深及び土砂堆積量が得られている。図 3 の解析結果では、各解析ケースにおいて波が下流から上流に向かって遡上する様子が確認されたが、波が遡上する距離は解析ケースにより異なるという結果となった。Case1 に対して波の遡上距離に最も大きな差が出たのは Case2 であった。これは波の周期と河川流の固有周期の関係が、最も支配的に波の遡上距離に影響を与えるものだと考えられる。

本研究では河川の断面形状を正確に評価できる数値モデルを開発して解析を行い、理論的に整合性のある結果を得ることができた。また、波が河川を遡上する距離は、波の周期と河川流の固有周期の関係が最も支配的に影響することがわかった。

【謝辞】新潟県土木部河川管理課の河川横断測量データを使用させて頂いた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】1) 藤田一郎, 西堀剛士, FDS 法による常射流混在流の計算, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.151-152, 1995