

2次元モデルを用いた山地河川の河床変動解析結果と現地結果との比較

中部電力(株) 正会員 土山茂希 正会員 後藤孝臣

中電工事(株) ○滝 充弘 (株)構造計画研究所 高嶋信博

1.はじめに

山地からの崩落砂礫等が河川へ流入して、河床に堆積し河床を上昇させる。これらの堆積砂礫は、洪水等の出水により洗掘・浸食され、河道形状を変える。また土石の堆積による河床上床は河川に沿った集落や田畑などへの浸水被害を引き起こすこともあり、発電設備に対しても堰堤や取水工、放水口の埋没、さらには沈砂池などへの大量の土砂の流入など、多大の影響が生じる。しかし、河床変動の詳細については現地計測も十分とはいえず、その変動機構については未解明な点が多い。さらに河床変動解析に必要な物性値や河川流量記録などのデータが不十分で精度も低いため現状では平均河床高さでモデル化する程度の解析が一般に行われている。したがって現状では、現地河床変動を的確に予測する事は難しく、効果ある対策工の検討は容易ではない。

本研究では、自由表面を持ち蛇行する山岳河川の流れを対象として、現地河床砂礫と出水時の現地河川流量を計測した後、2次元浅水流モデルを用い有限要素法で流れを解析するとともに、河床砂礫の移動を解析した。その結果から蛇行する山岳河川に対するモデルの妥当性について考察した。

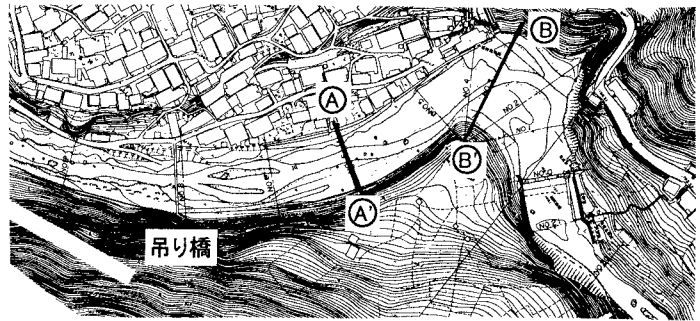


図1 解析対象現地平面図

2.解析手法の概要

解析モデルは、流体の鉛直方向の流れについて、鉛直流速と平面流速を平均化した2次元浅水流モデルを用いた。基礎方程式を以下に示す。また、河床変動を主眼としていることから、

浮遊砂を計算の対象から外し、掃流砂礫を計算の対象とした。なお、掃流砂量は佐藤・吉川・芦田の式を使用している。 n はマンニングの粗度係数、 ν_t は動粘性係数を示している。

1)流体の連続式

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial(\xi U)}{\partial x} + \frac{\partial(\xi V)}{\partial y} = 0 \dots\dots(1)$$

2)流体の運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial(U)}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} &= g \frac{\partial}{\partial x} (\xi + \eta) + \nu_t \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) + \frac{g U n^2 \sqrt{U^2 + V^2}}{\xi^{4/3}} \\ \frac{\partial(V)}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} &= g \frac{\partial}{\partial y} (\xi + \eta) + \nu_t \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) + \frac{g V n^2 \sqrt{U^2 + V^2}}{\xi^{4/3}} \end{aligned} \dots\dots(2)$$

3)掃流砂量式

$$qB = \frac{u_*^3}{\left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) g} \cdot \varphi \cdot F \left(\frac{\tau_\theta}{\tau_c} \right) \dots\dots(3)$$

ここに、 U, V は平均化された平面内の流速を示し、 ξ, η はそれぞれ水深と河床の標高を示している。

3.解析内容

ケーススタディとして、平成9年7月の台風の出水による河床変動をとりあげた。河床流量は、堰堤上流側の吊り橋より浮子を投げることにより求めた流量と、堰堤越流水深より求めた流量発電取水などの運用状態を勘案して算定したものを解析流量とし、粒径分布は現地河床砂礫のふるいわけ試験によって求めた値を用いた。一方、現地河川の横断面形状は、出水前と出水後に同位置で横断測量を実施して求めた（図1）。

4.解析結果と考察

解析再現範囲は、図1の吊り橋より下流から蛇行後の堰堤までとした。なお解析モデルメッシュ図を図2に示す。その解析結果、蛇行前の横断面図を図3に、蛇行後の横断面図を図4に示す。

初期河床高さと解析後の河床高さを比較すると、湾曲部上流においては、河床全域がほぼ均等に掘削されているのに対して、湾曲部においては、湾曲の外側（左岸側）の河床の掘削度合いが内側に比べて大きくなっている。

このことは、今回の解析手法が、河床横断方向の形状を考慮することによって、湾曲部での不均等な河床の洗掘を解析することができることを示しており、蛇行した河川での河床変動を解析する有効な手段の1つであると考えられる。

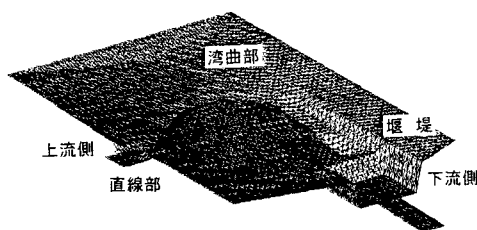


図2 解析モデルメッシュ図

5.おわりに

本研究で作成したプログラムにより、出水前後の河床形態や蛇行した河川の河床変動解析が可能であることを確かめた。今後は現地深淺測量の結果と解析結果を詳細に対比することにより解析モデルや解析条件等を検討し、解析精度や適用上の問題点などを明らかにしていく。さらに、最適なゴム堰の配置や大きさ、効率的な排砂門の配置や大きさなどの検討にも適用を拡大していく予定である。

参考文献

- 1) 松本純一・梅津剛・川原睦人：準陽的有限要素法による浅水長波流れと河床変動解析，計算工学講演論文集 vol.2, pp.249～252, 1997.5.
- 2) 清水康行・板倉忠興・山口 甲：2次元モデルを用いた河床形態変化のシミュレーション，第31回水理講演会論文集，pp.689～694, 1987.2.

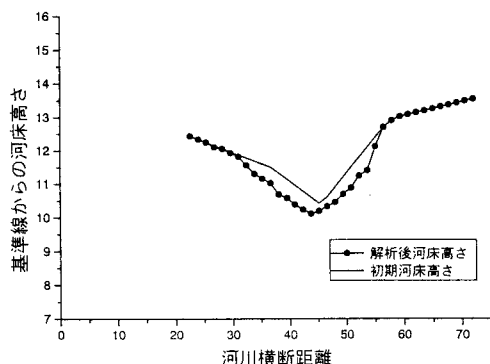


図3 河川断面解析結果（蛇行前 A-A' 断面）

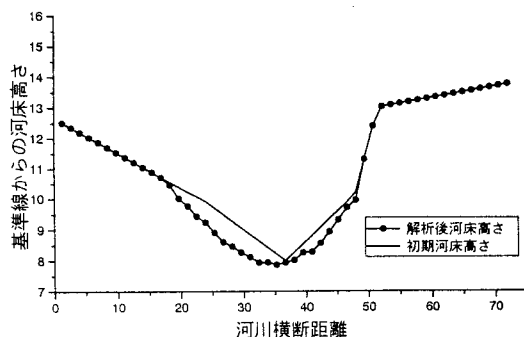


図4 河川断面解析結果（蛇行中 B-B' 断面）