

数値計算を用いた河川の河床上昇と河床低下の河道特性比較

金沢大学工学部 正 員 辻本哲郎

金沢大学工学部 学生員 ○大野 修

1. まえがき

平成7年7月の北陸地方河川災害では、姫川などにおいて河川流域への集中豪雨により、溪流からの、または山付き河岸の大規模崩壊からの土石流の流入で、流送能力以上の供給土砂のため、河川の急激な河床上昇が見られた。このため本川に沿って走っている道路、鉄道を土砂を含む洪水流が直接襲い、橋梁破壊や交通閉鎖などを引き起こした。また、中流部で護岸災害なども多発した。これらの河川ではこれまで河床低下が進み、護岸の根入れ不足などによる河川構造物災害が危惧されていた。本研究では、洪水時の流入土砂量の大小による河川災害の相違を河床変動に着目して検討することとした。とくに平面二次元の枠組みで、河床上昇や河床低下による河道特性の相違を明らかにすることを試みた。

2. 数値計算

流れ場の計算には、水深平均による平面二次元解析を行うこととし、乱流モデルとして $k-\epsilon$ モデルを採用した。流砂はすべて掃流砂で運搬されるものとし、流砂の方向を流れの方向と河床横断勾配より求める。さらに、平衡流砂量式に芦田・道上公式を用いて流砂量を評価、流砂量の連続式により河床変動を解析する。

3. 計算条件

流路長9m、幅40cmの室内実験水路規模の単純化された河道モデルを設定する。関川・姫川・黒部川のの中流部を想定して勾配を1/100とし、平成7年7月の洪水現象と相似性を考慮し、計算条件を設定することとした。即ち、洪水流量を $2000\text{m}^3/\text{s}$ 、洪水時間を15hr強、粒径を20cmと抽象化し、これにフルードの相似則を適用して計算で扱う流量は $2024\text{cm}^3/\text{s}$ 、洪水時間1hr、粒径0.08cmとする。また、境界条件として下流端水深を等流水深とした。二次元解析ではこれを容易に設定できないので、まず限界水深を代入して流れ場を数値解析し、ほぼ等流と見なせる中流部の水深を下流端水深として計算し直した。上流端における流下方向流入土砂量には、芦田・道上公式などを用いて下流端水深値より求めた平衡掃流砂量(qB_x)と、この1.5倍、0.5倍の掃流砂量を与えて、3ケースで計算を行う。

4. 結果と考察

図1は洪水流量 $2024\text{cm}^3/\text{s}$ 、洪水時間1hr後の川幅中央における河床縦断形状を河床高の変化量により表している。図より、下流端水深値によって求めた掃流砂量を流入土砂量として与えた河床形状は、初期条件として設定した河床形状からほとんど変動していないことが確かめられる。図2は洪水流量を2倍の $4048\text{cm}^3/\text{s}$ に増やし、それに伴い同様に下流端水深、流入土砂量を設定した洪水時間1hr後の河床縦断形状である。ここでも流入土砂量として掃流砂量を与えたケースの河床形状は、初期河床形状とほぼ一致することが確認されるが、やはり微妙に河床上昇を示している。これを洪水流量 $2024\text{cm}^3/\text{s}$ の場合のものと比較すると、より河床上昇していることから、流量が増せば壁面の及ぼす影響も大きくなり、一次元的な掃流砂量の計算と数値解析内のそれが少しずつずれてくることがわかる。またそれぞれの流入土砂量として、掃流砂量の1.5倍、0.5倍の値を設定したケースの結果から、この場合、流量が多いほど河床変動の程度も激しくなると読みとれる。

5. 水路側壁に形状抵抗を設けた場合の数値解析

実際の河川の水際は植生が存在したり、凹凸などの地形上の変化に富んでいることを考慮して、滑面

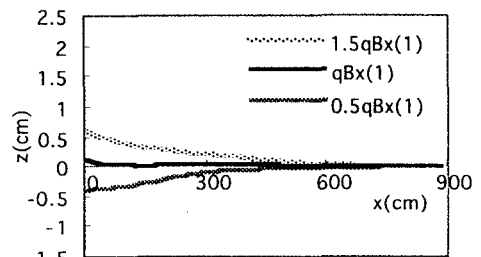


図1 河床高の変化量 (流量 $2024\text{ cm}^3/\text{s}$)

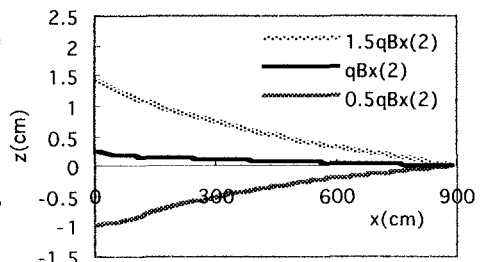
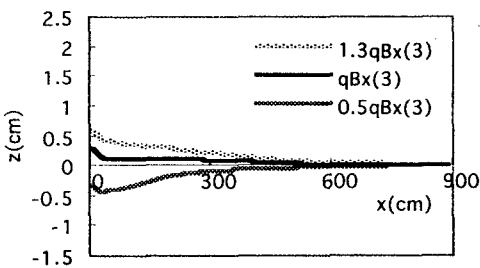
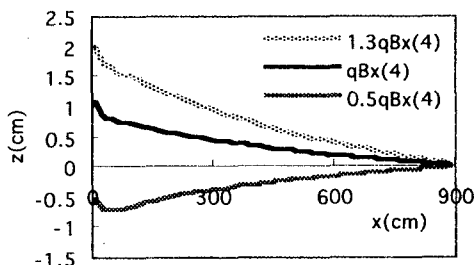
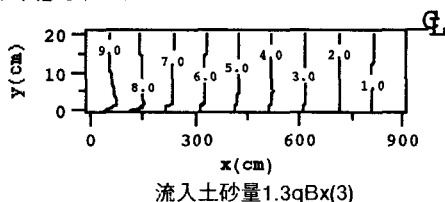
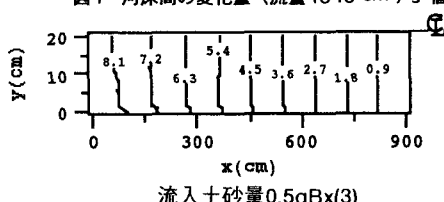
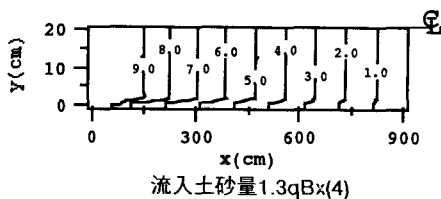
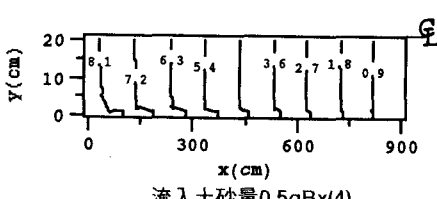


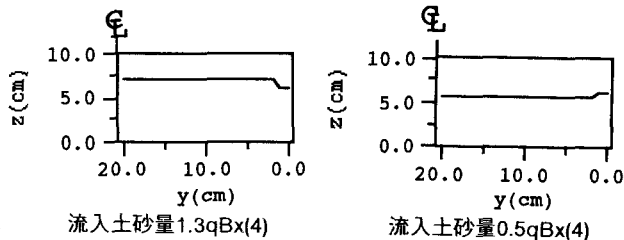
図2 河床高の変化量 (流量 $4048\text{ cm}^3/\text{s}$)

である側壁に厚さ0.5cmの植生帯（密生度 1.2cm^{-1} ）を設け、これらを代表することとした。これに対して、同様の条件の数値解析を行った。（ただし数値計算の安定上、流入土砂量として掃流砂量の1.5倍の値を設定していたケースのみ、1.3倍で検討している。）図3、図4はそれぞれ洪水流量を $2024\text{cm}^3/\text{s}$ 、 $4048\text{cm}^3/\text{s}$ として設定したものである。植生帯を設けると側岸の影響が顕著に見られ、等流水深と見なせる値が比較的大きなものとなり、関連して想定される平衡掃流砂量も増す。以上の結果より、植生帯を想定しない場合に比べ全体的にかなり河床上昇傾向にある。また図5、図6は、流入土砂量を掃流砂量の1.3倍、0.5倍の値で設定した洪水後の河床コンター図、図7は図6の $x=300\text{cm}$ に対応する河床横断面図であるが、これらにより河床横断形状が一様でないことがわかる。注目すべきは、流入土砂量が多く河床上昇現象が表れるときには、側壁付近に堆積する土砂量は少なく、そのために河床中央が盛り上がり、逆に河床低下のケースでは側壁付近がほとんど洗掘されず、他の河床中央部が一様に低下することである。これより実際の河川では、洪水時に多量な土砂が流入する場合において、河道内流路主流部が著しい河床上昇を起こし、流れが横断方向に広がるとともに滞筋が変遷しやすくなることが予想される。

図3 河床高の変化量（流量 $2024\text{cm}^3/\text{s}$ 植生）図4 河床高の変化量（流量 $4048\text{cm}^3/\text{s}$ 植生）流入土砂量 $1.3qBx(3)$ 流入土砂量 $0.5qBx(3)$ 図5 河床コンター図(流量 $2024\text{cm}^3/\text{s}$, 植生)流入土砂量 $1.3qBx(4)$ 流入土砂量 $0.5qBx(4)$ 図6 河床コンター図(流量 $4048\text{cm}^3/\text{s}$, 植生)

6. あとがき

本研究では、数値計算により洪水時の河床変動現象を分析した。とくに平面2次元解析の枠組みを導入することで、河床上昇、低下河道において河床横断形状に特徴的相違が生じることが分かった。これらは、それぞれの河道の災害特性を規定するものとして注目される。

図7 河床横断面図(流量 $4048\text{cm}^3/\text{s}$, 植生)