

釜無川における大規模河床変動に関する研究

Study on large-scale bed variation in the Kamanashi River

15D3101030G 岡山 士朗 (河川工学研究室)
Shiro OKAYAMA/ River Engineering Lab.

Key Words : flood flow, bed variation, boundary condition, in flow sediment discharge hydrograph

1. 序論

富士川は山梨県、静岡県を流れる一級河川であり、球磨川、最上川と並ぶ日本三大急流に数えられる急勾配河川である。流域の西側には糸魚川静岡構造線が通っており、非常にもろい地質構造が見られる¹⁾。

昭和57年8月洪水は戦後最大規模の流量であり、基準地点清水端(2.7km)で6800 m³/sを記録した。また上流山地や支川から流出した大量の土砂が河道に堆積した。これまでの昭和57年洪水の検討では、砂田ら²⁾が一次元不等流計算により縦断的な河床変動解析が行い、平均的な河床の堆積及び洗掘を再現した。しかし、昭和57年洪水に対して砂州や樹木の影響、流路変動等を考慮した縦断的な河床変動の検討はされていない。岡安ら³⁾は姫川における平成7年の大洪水を対象に、大量の土砂流入と樹木群の流出を考慮した準三次元解析で検討しており、釜無川でも姫川と同様な検討を行う必要があると考える。そこで本稿では、上流域から大量の土砂が流出した昭和57年8月洪水の実態を考慮し、より精度の高い準三次元計算による河床変動解析を行い、洪水流と河床変動の特性を明らかにすることを目的として検討を行った。

2. 昭和57年8月洪水の実態把握

昭和57年8月洪水前後の河床縦横断観測データに基づき河床変動の実態を整理した。図-1は平均・最深河床高と痕跡水位の縦断図を示している。図-2は洪水前後の平均河床高及び最深河床高の縦断的変動量を示している。全体的に見て、著しい堆積傾向にあり、2m以上の堆積が見られた地点もあった。一方で4km地点から下流の区間は河床狭窄部であり、ここでは流速が大きくなり、河床材料が小さくなると考えられる。

次に痕跡水位と河床勾配、平均粒径から概算した無次元掃流力を図-3に示す。なお用いた平均粒径は20mmから40mmであった。図より河道全体で土砂がよく動いていたことが分かる。4kmから7kmの間を見ると河床勾配が緩く相対的に掃流力が低下しているため、土砂が堆積したものと考えられる。図-4はFr数の縦断分布を示す。Frはピーク流量を河積で除すことで断面平均最大流速を求め算出した。Fr数は勾配が急な上流部が大きく、勾配が緩くなる下流側に向かうにつれて小さくなる。特に10kmから24kmの間ではFr数が大きな値を示しており、射流状態の非常に激しい流れだったと考えられる。

図-5aより、7kmから11kmの間では洪水後の河床

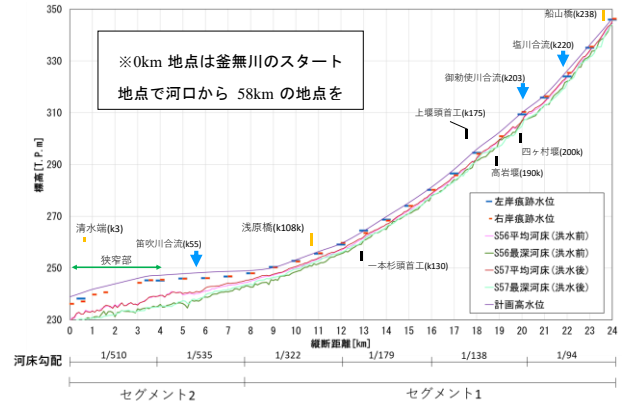


図-1 痕跡水位と洪水前後の平均・最深河床縦断図

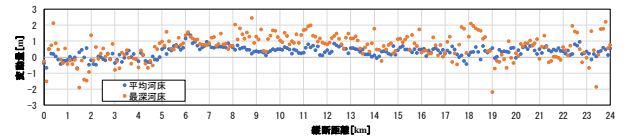


図-2 洪水前後の平均・最深河床高の変動

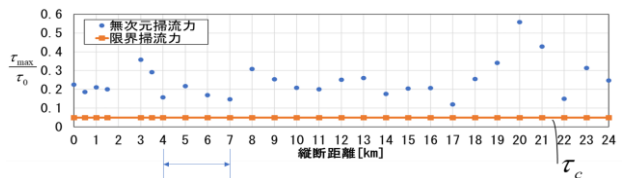


図-3 無次元掃流力と限界掃流力を比較した図

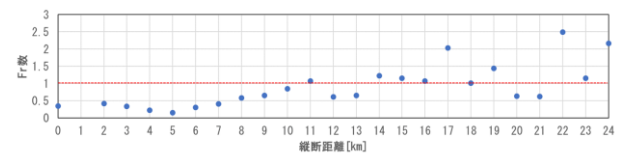


図-4 縦断的にFr数を示した図

材料は、洪水前と比べて細くなっているのが分かる。この区間は図-1に示したように、河床勾配が約1/180から約1/320と緩くなり、土砂堆積が顕著な区間である。このため、これらの区間に多くの土砂が堆積したものと考えられる。一方で、図-5bより19kmから上流の間では、比較的粗い河床材料が洪水後に堆積している。この区間は河床勾配が1/100程度と急であり、掃流力も高いことから粗い粒径が堆積したものと考えられる。河道線形がほぼ直線的な13kmから18kmの区間の河床変動の検討を行う。

洪水前後の航空写真を図-6に示している。図中の黄色線で囲まれた範囲は砂州上の植生を示すが、洪水に

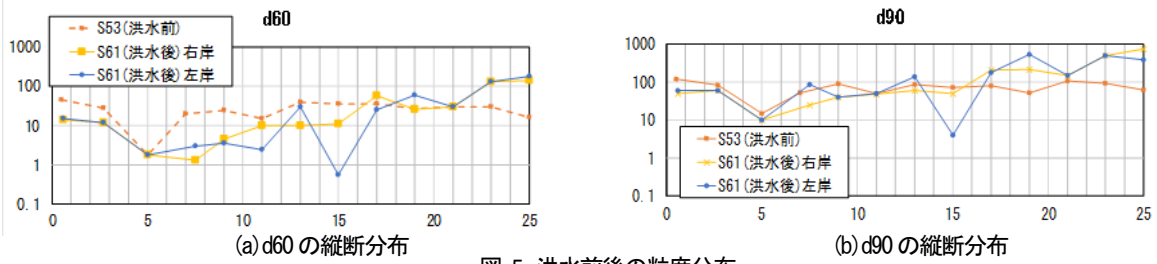


図-5 洪水前後の粒度分布

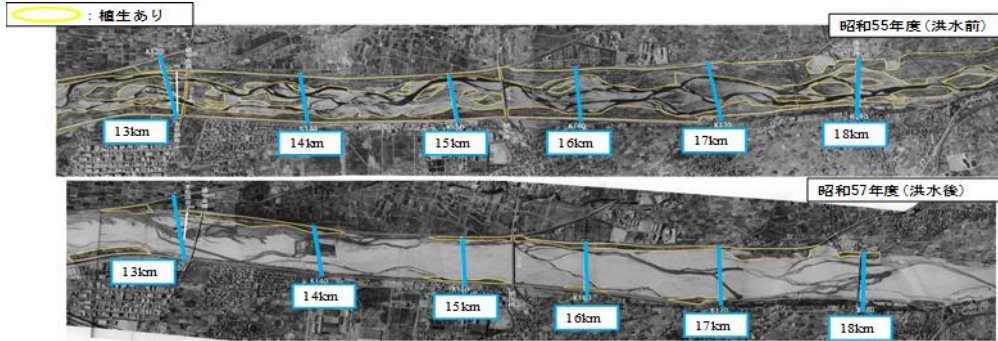


図-6 洪水前後の航空写真

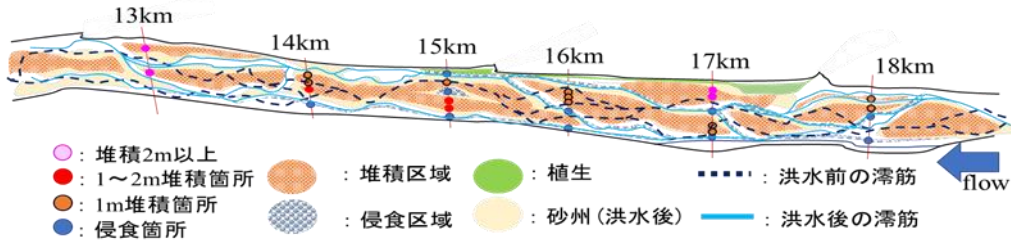


図-7 河床変動を示した図

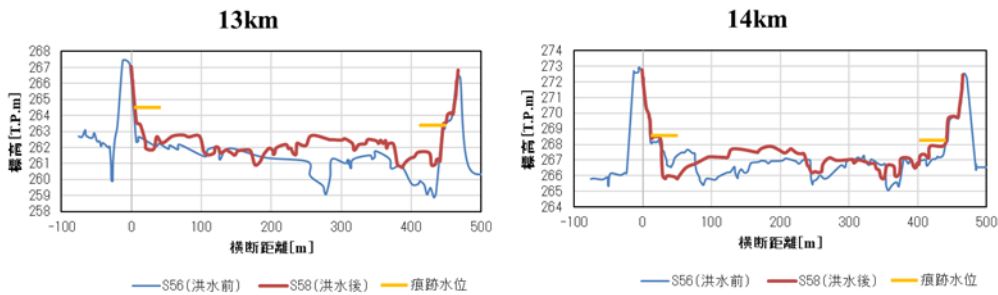


図-8 洪水前後の横断面図

よってほとんどの植生がフラッシュされてしまったことが分かる。図-7は、航空写真から洪水前後の滞筋と砂州の形状を調べ、図-8に示す横断面図から堆積箇所及び侵食箇所を読み取り、作成した縦横断的な河床変動の図を示す。また、図-8には左右岸の痕跡水位を示している。この図から河道中央部に土砂が堆積し、砂州が形成されていることが分かる。また、洪水前に見られた滞筋上に土砂が堆積し、滞筋が消え、左右岸側に新しく滞筋ができる傾向がある。また、左岸側に侵食箇所が目立つが、これは右岸側に比べて左岸側の痕跡水位が大きくなっていることから、洪水時には主流部は左岸側にあり、左岸寄りの侵食深が大きくなったものと考えられる。

3. 解析方法と解析条件

(1) 解析方法

以上の検討から得られた昭和57年8月洪水の実態を踏まえた上、本洪水の洪水流と河床変動の解析を行い、再現を試みた。解析方法は、竹村・福岡のQ3D-FEBS法を用いた。この解析法は底面流速の運動方程式を解くことにより、複雑な地形を考慮した解析が行える準三次元解析法である。これより釜無川のような大規模な砂州の分布する河道における洪水による地形変動の影響を精度よく取り込み計算ができると考える。

河床変動計算は流砂の連続式と芦田道上の流砂量式を用いた。ここで流砂量式は、通常用いる係数では流入させた土砂が下流側に流れず堆積してしまうため、流砂量式の係数を5倍に設定し極端に大きな土砂の流入に対応できるように設定した。

(2) 解析区間と解析条件

解析区間は図-9の平面図に示す。船山橋(23.8km)から浅原橋(10.8km)とし、支川の塩川と御勅使川はそれぞれ合流点から約1kmの区間を解析区間とした。上流端境界条件には流出計算から算出された流量ハイドログラフを与え、下流端境界条件には浅原橋の観測水位を用いた。粗度係数は痕跡水位と解析水位がほぼ一致する $0.035m^{-1/3}s$ を一様に与えた。河道の粒度分布は洪水前の昭和53年のものを参考に与え、メッシュの作成には、昭和56年の約1km間隔の定期横断測量データを基に横断測量のない区間は線形補間して作成した。また解析には四ヶ村堰(20km)、上堰頭首工(17km)、一本杉頭首工(13km)、高岩堰(19km)の4基の横断工作物を考慮した。

(3) 上流端の土砂の設定

昭和57年洪水の大規模河床変動計算のために、上流端に土砂ハイドログラフを境界条件として与えた。

昭和57年8月洪水において、既往文献では、崩壊土砂量と測量結果から釜無川の直轄区間より上流区間から推定約800万 m^3 の土砂が流出したことが分かっている。また、甲府河川国道事務所による一次元洪水流河床変動計算によると、釜無川の総流入土砂量を650万 m^3 流入させると、実測の河床変動量を再現できることが報告されている。

本研究では、上流部に土砂を投入する前に約1kmの助走区間を設けることで、その区間で土砂を発達させ、流入土砂ハイドログラフを各河川の上流端から流入させた。この時与えた流入土砂量ハイドログラフは、第一近似として、各河川の境界条件に設定している流量ハイドログラフと同一波形とした。総流入土砂量を約450万 m^3 とし、本川からの土砂を290万 m^3 、御勅使川からの土砂を128万 m^3 、塩川からの土砂を33万 m^3 と設定した。図-11に与えた粒度分布を示す。上流からは比較的大きい材料の土砂が流入しているため、洪水後の昭和61年度の粒度分布を参考に与えた。

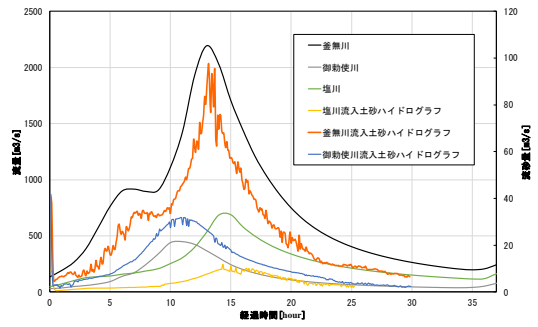


図-10 流量ハイドログラフと土砂ハイドログラフ

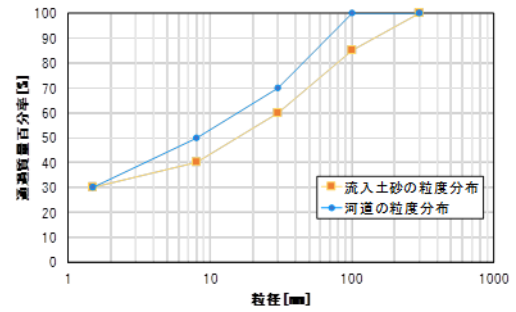


図-11 与えた粒度分布

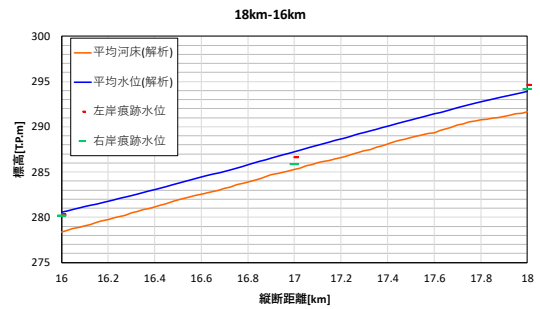


図-12 痕跡水位と洪水ピーク時の解析水面形の比較

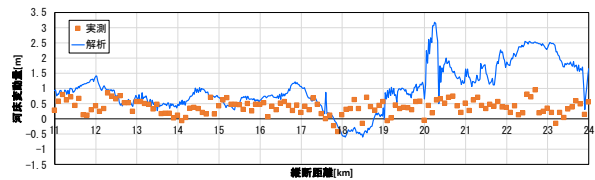


図-13 洪水前後の実績と解析による平均高の変動量の比較

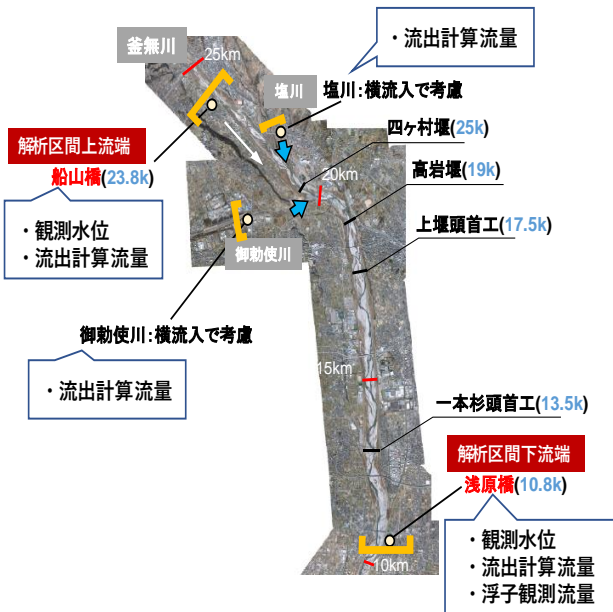


図-9 解析区間と境界条件を示した図

4. 解析結果と考察

図-12では洪水ピーク時の解析水面形を示している。解析水面形は、17km地点付近で痕跡水位より高く計算されているが、ほぼ痕跡水位を説明しているようである。図-13は洪水前後の平均河床高の変動量について実測と解析を比較し示している。これを見ると20kmから24km地点での河床高は大きく上昇し、土砂が実測よりも多く堆積している。しかし、本解析結果は、2章で実態把握を行った18kmより下流区間の堆積傾向を説明している。

次に、大量の土砂が流入する本洪水での流れと河床変動について考察する。図-14は、釜無川における各時間の河床変動コンターと底面流速を示す。洪水開始3

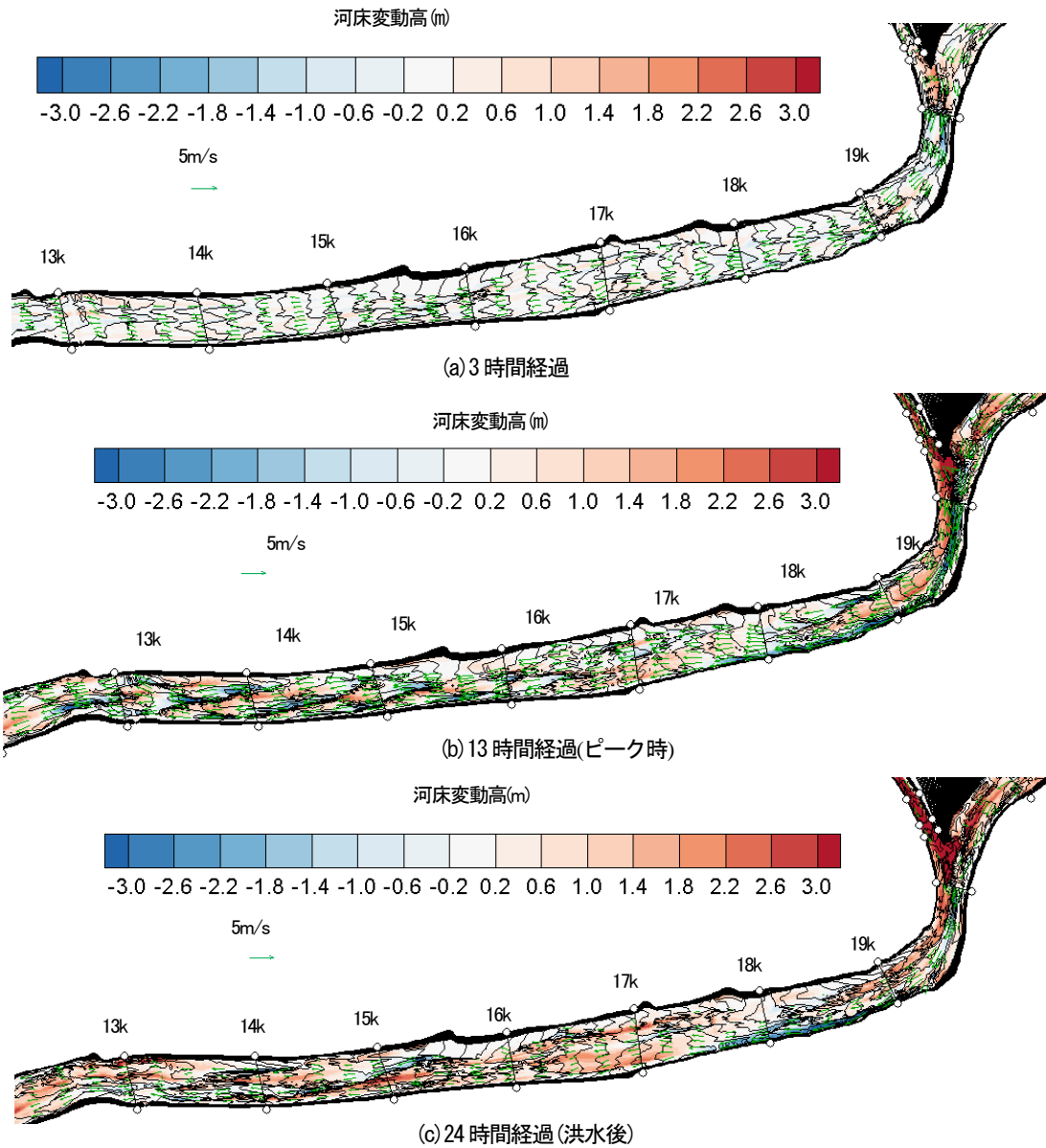


図-14 河床変動カウンター

時間から13時間経過後、洪水後(図14-a, 図14-b, 図14-c)を比較すると、釜無川の18kmの左岸堤防際が、20km付近の湾曲部の影響を受け洗掘されていることが分かる。16km地点から17km地点にかけては、湾曲外岸で洗掘された土砂が左岸側に堆積し、これにより流れが右岸側に移動している。そして、17kmより下流では、これらの影響を受け、複列砂州が発達してきていることが分かる。このため、2章で示したように、河道中央付近に大量に土砂が堆積し、堤防際が洗掘を受けていたことが分かった。

6. 結論と今後の課題

釜無川の昭和57年8月洪水について、航空写真と測量横断面図から作成した河床変動の図を用いて、その河床変動特性について考察を行った。また、流入土砂量ハイドログラフを河床変動解析の上流端境界条件として考慮した準三次元解析法を用い、洪水流と河床変動の解析を行った。その結果、釜無川の13kmから

18kmの間では実測に見られるような縦断的な土砂堆積が説明出来た。これにより、13km~18km付近では、洪水中に複列砂州が発達することにより、河道中央付近に土砂が堆積し、堤防際が洗掘を受けていたことが分かった。一方、20km付近より上流では、流入した土砂が過剰に堆積しており、解析結果に課題を残している。比較的大きい材料の土砂が大量に流入する釜無川の洪水流と河床変動について、さらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：富士川水系河川整備計画，2006。
- 2) 砂田憲吾，手塚裕紀，林直人：大出水に伴う富士川上流部の大規模河床変動，水理学講演会論文集，1987。
- 3) 岡安光太郎，池田博明，福岡捷二，後藤岳久：大量の土砂が流入する河川の境界条件である土砂量ハイドログラフの実用的推定法の研究-平成7月姫川大洪水を例にして-，河川技術論文集，第24巻，2018。