

# 石礫河川安倍川における洪水流河床変動解析に関する研究 A study on bed variation analysis in the gravel bed of the Abe river due to flood flows

17D3102013H 森本 有祐 (河川工学研究室)  
Yusuke MORIMOTO / River Engineering Lab.

**Key Words :** Abe river, gravel bed river, bed variation, nonequilibrium sediment motion, Q3D-FEBS

## 1. 序論

安倍川は静岡県を流れる扇状地河川である。上流域には日本三大崩れの大谷嶺があり、土砂生産量が多い。洪水時には大きな粒径を有する広い粒径集団が活発に移動するため、これまで安倍川で用いてきた砂礫河川で有効な平衡流砂量式を用いた計算では現地の洪水中の河床状況を説明できないことが分かっている。

長田、福岡らは、石礫河川安倍川の土砂移動機構と河床変動を明らかにするために石礫の非平衡運動を考慮した河床変動解析法を構築してきた(長田・福岡モデル)<sup>1)</sup>。しかし、先の安倍川における長田・福岡モデルでは、流れの解析に平面二次元解析が用いられ河床形状の複雑な扇状地河川における三次元性の高い流れの再現性に課題があった。

本研究では平成26年10月洪水を対象として、非静水圧準三次元解析(Q3D-FEBS)と長田・福岡流砂モデルを組み合わせた洪水流河床変動解析により、粒度分布の広い石礫の移動を伴う安倍川の河床変動をどの程度説明できるか検討する。

## 2. 平成26年10月洪水の実態

図-2は図-1に示す安倍川の各観測地点における平成26年10月洪水時の観測流量である。基準点の手越(安倍川4km)で約3478m<sup>3</sup>/sの最大流量が記録されている。

図-3は平成26年1月と平成27年5月の定期横断測量データから、平成26年10月洪水前後の平均河床高の変化量を示したものである。洪水によって平均河床高は全体的に上昇傾向を示している。葦科川合流点(5km)の上流区間や、縦断的に緩勾配化する15km~20km区間において、



図-1 安倍川の流域図と主要観測所

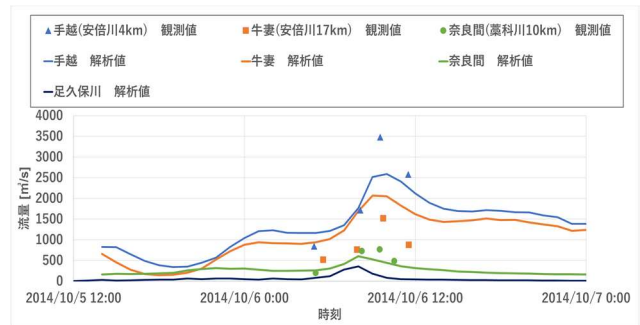


図-2 H26.10洪水の観測・解析流量ハイドログラフ

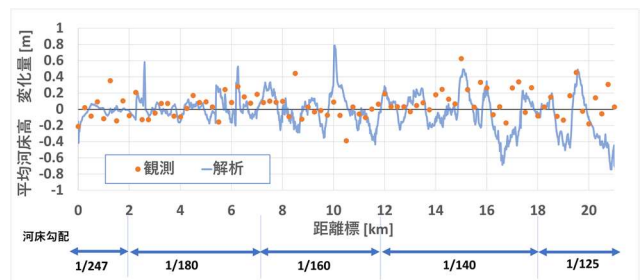


図-3 洪水前後の観測・解析平均河床高の変化量

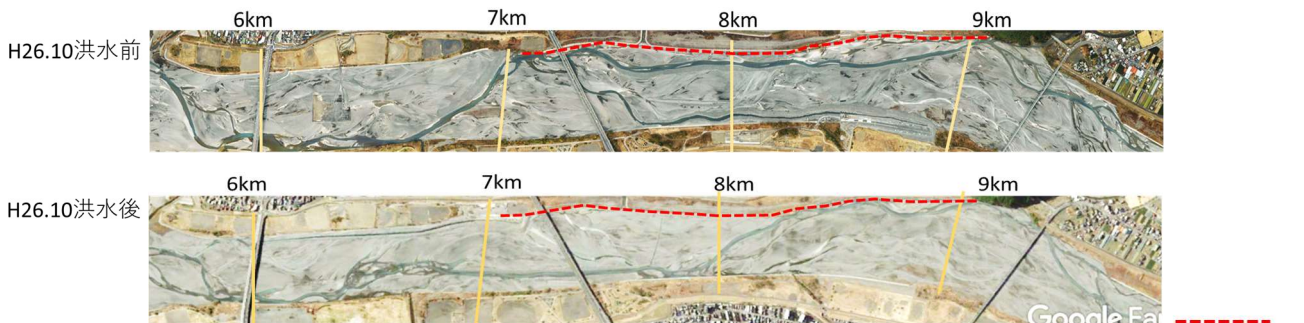


図-4 洪水前後の6km~9kmの航空写真

水制工 設置箇所

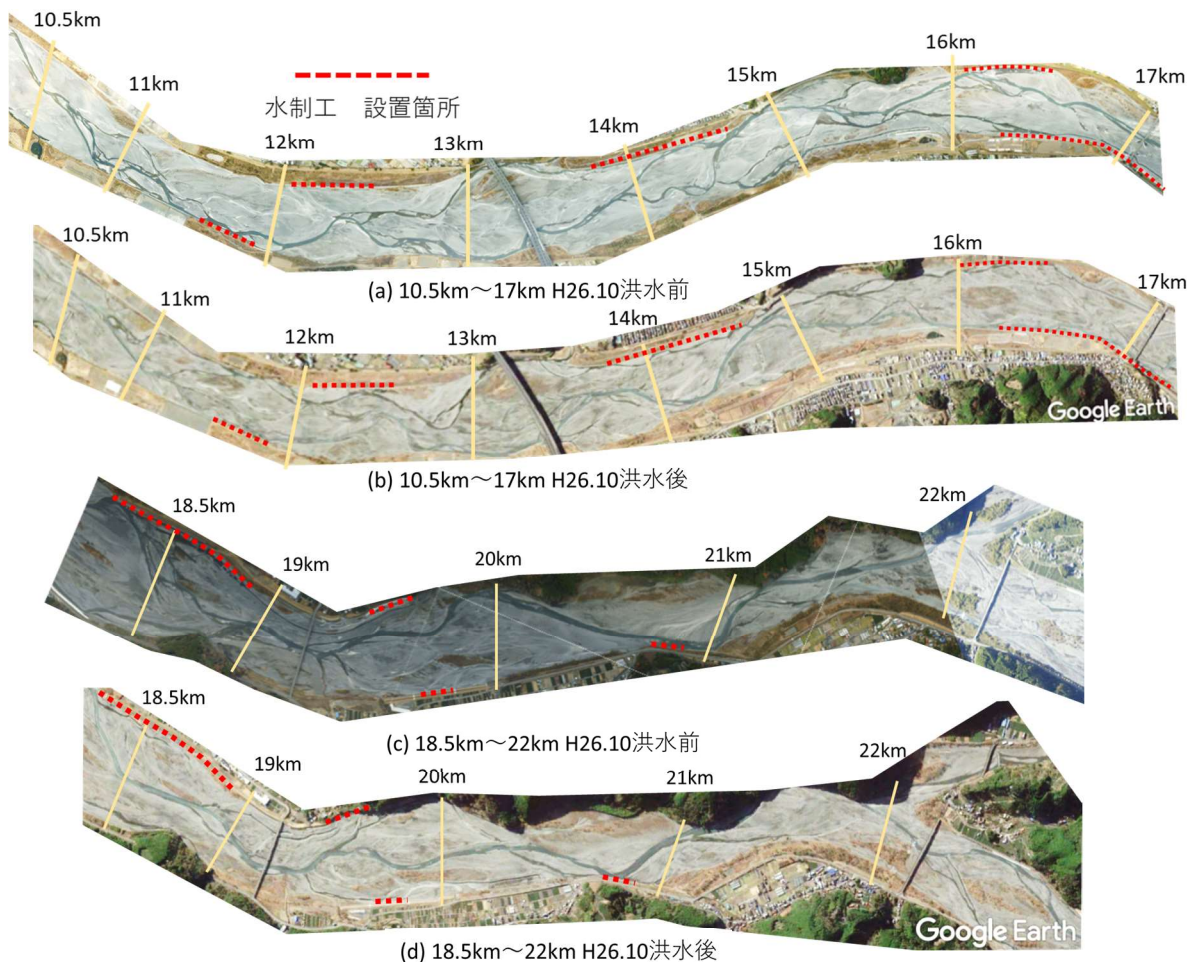


図-5 洪水前後の10.5km～17km, 18.5km～22kmの航空写真

平均河床高の上昇量が特に大きくなっていることが分かる。

図-4に平成26年10月洪水前後の6km～9kmの航空写真を示している。7km～9km区間では洪水前に滞筋が右岸沿いに形成されていたが、洪水後の滞筋は8.5km付近から左岸に向かい、7km～8kmにかけて左岸沿いに形成されている。図-5(a), (b)に示す洪水前後の10.5km～17km区間の航空写真を見ると、11km～12km区間では洪水前に左岸に滞筋が形成されていたが、洪水後は右岸へ移動していることが確認できる。8.5km～9km付近の低水路右岸, 11.5km～12km付近の低水路左岸には水制工が設置されており、水制工による水撥ねがあったためと予想される。

図-5(c), (d)に18.5km～22km区間の洪水前後の航空写真を示す。21km～22kmでは、洪水前後で滞筋の大幅な移動はほとんど見られない。一方21kmから下流になると、洪水前右岸沿いに形成されていた滞筋が洪水後は低水路中央に移動している。これは、20km～21km区間では低水路の蛇行度が大きいため水衝部が固定されるが、21kmより下流になると低水路の幅が広がり蛇行

度が減るため、洪水前後で滞筋が移動しやすくなったからだと考えられる。

### 3. 解析方法と解析条件

以上の検討から得られた平成26年10月洪水の実態を踏まえて、本洪水の洪水流と河床変動の解析を行い、再現を試みた。

#### (1) 解析方法

流れの解析には、竹村・福岡のQ3D-FEBS<sup>2)</sup>を用いた。この解析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河床付近の流れ構造を精度よく計算ができる準三次元解析法である。これにより安倍川のような洪水前後で滞筋が移動し河床形状が変化する影響を考慮した解析が可能であると考えられる。

河床変動計算は、修正長田・福岡モデル<sup>3)</sup>を用いた。これを用いた河床変動計算は、従来の解析法とは異なり流砂体積が平衡状態であることを仮定していない。また、掃流砂量、土砂堆積量の計算において石礫の流砂運動機構を考慮している。安倍川のような扇状地河川では急勾配斜面で上流から下流までつながり、粗い

粒径集団が中・下流域に存在しやすいため、修正長田・福岡モデルが有効であると考えられる。

## (2) 解析区間と解析条件

解析対象区間は河口から直轄管理区間上流端(22km)までと、支川葦科川の合流点(安倍川5km)から10kmまでの区間とする。上流境界条件には、図-6に示す本川17kmの牛妻観測所と、葦科川10kmの奈良間観測所の観測水位ハイドログラフを用いた。下流端の境界条件には焼津験潮場の観測潮位ハイドログラフを用いた。粗度係数は痕跡水位や簡易水位計観測水位と解析水位がおおむね一致する $0.026\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ を一様に与えた。安倍川13kmで合流する支川足久保川については、流出解析から求めた流量ハイドログラフを横流入量条件として与えた(図-2参照)。解析で用いた粒度分布は図-7の通りである。平成10年、平成16年、平成20年、平成26年の河床材料調査データに基づき縦断的に区間を区切り粒度分布を与えた。安倍川、葦科川の解析地形メッシュの作成には、平成26年3月の航空レーザー測量データを元に作成した。

## 4. 解析結果と考察

図-2に主要観測所での観測、解析流量ハイドログラフの比較を示す。手越では、洪水ピーク前までは解析と観測で流量が比較的合っているが、ピーク流量は解析の方が観測より約 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 低くなっている。図-8(a)に3km~5kmの解析・観測の左右岸の水位の比較を示す。手越において解析は観測よりも水位が若干低い。解析は観測をおおむね説明している。安倍川の流量観測には浮子が用いられており、洪水ピーク時の観測において滞筋がある箇所には浮子が集中することで流速を過大に評価したため観測流量も大きく算出されたことが考えられる。

牛妻では、洪水全体で解析の方が観測より流量が大きくなっていて、解析が観測流量の説明をできていない。図-8(b)に16km~17km区間での左右岸の観測・解析水位の比較を示している。これを見ると牛妻周辺では解析が観測水位をおおむね説明している。このため、浮子による流量観測時に河床変動の影響を考慮していないことが流量観測値に影響を与えていると考えられる。図-3に示した通り、牛妻の位置する安倍川17kmでは洪水前後で平均河床が上昇している。これに対し、浮子観測流量を求める際に横断面形状は洪水後のものが使用されたため、洪水時の河積を過少に評価して流量を求めることで観測流量が実際より低く算出されていることが考えられる。

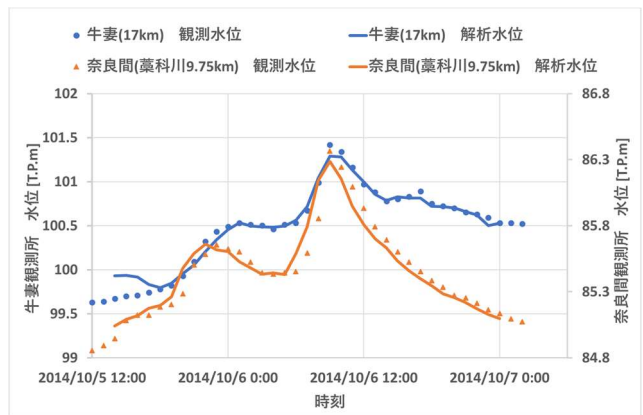


図-6 安倍川、葦科川の上流端水位ハイドログラフ

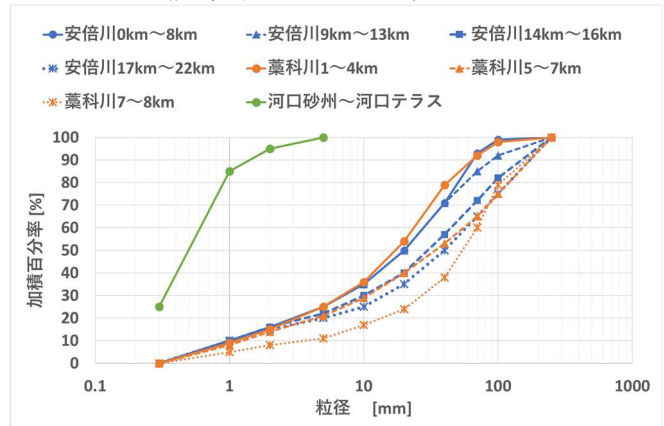
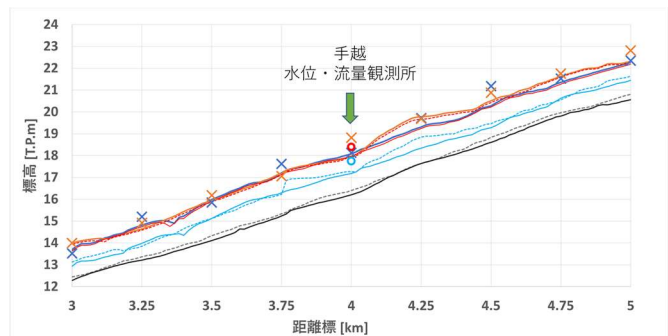
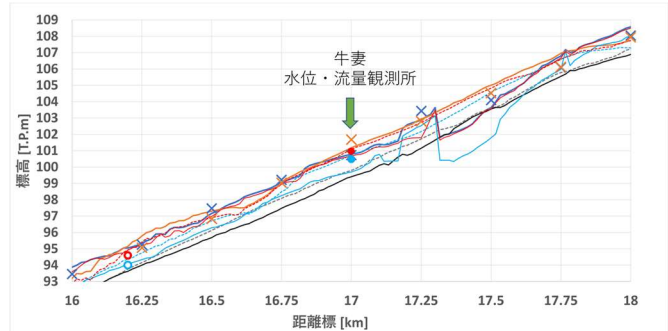


図-7 解析で使用した粒度分布



(a) 3km~5km



(b) 16km~18km

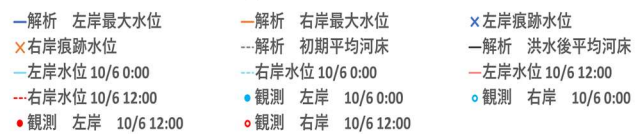


図-8 左右岸の観測・解析水位の比較

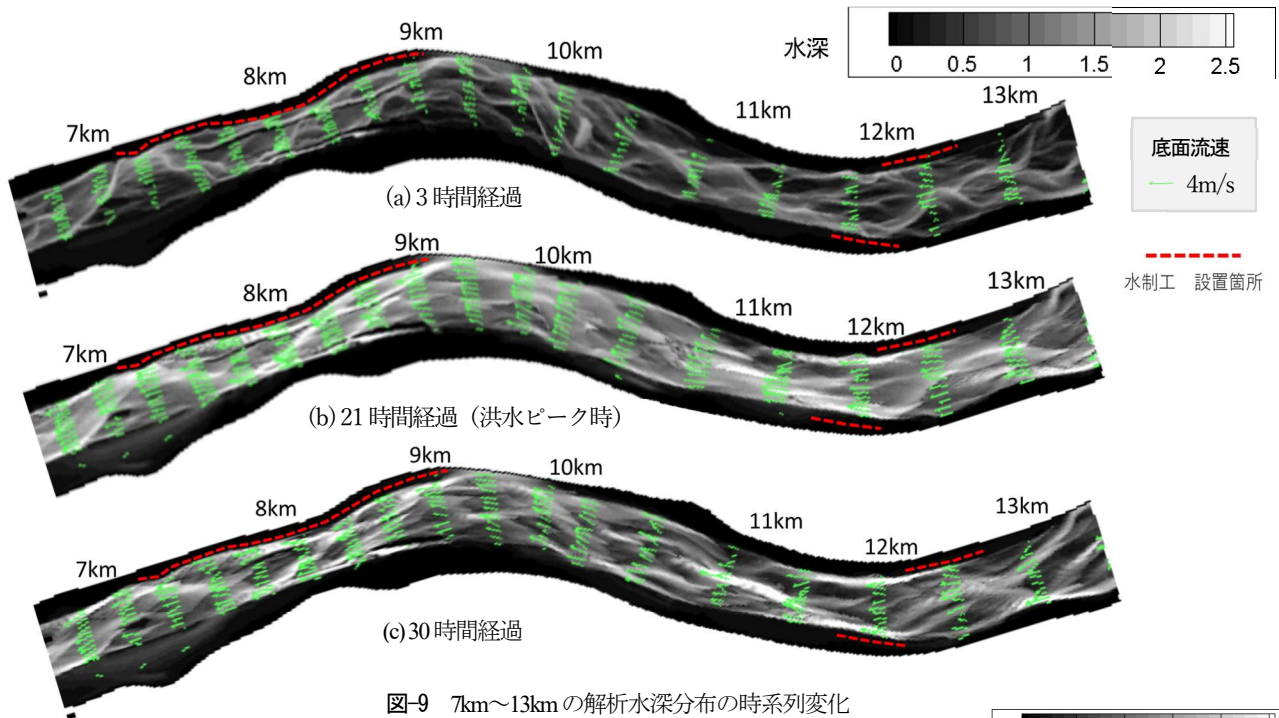


図-9 7km～13kmの解析水深分布の時系列変化

次に、本洪水時の流れと河床変動について、解析結果と実測の比較から考察する。

図-3は、実測、解析の洪水前後の平均河床高の変動量を示している。14kmから下流の区間では、解析が実測の平均河床高の変動傾向をおおむね説明しているが、14km～21kmの区間では解析が一様に低下する傾向を示しており、実測が示す上昇傾向と合っていない。これは、解析区間上流端から土砂が流入することを考慮していないために生じており、今後上流端からの土砂流入条件を検討する。

最後に、洪水時の滞筋の移動について考察する。図-9(a)～(c)は安倍川における解析水深分布の時系列変化を示す。8km～9kmの区間を見ると、洪水が進行するにつれて滞筋が右岸から左岸に移動しており図-4に示した実測の傾向を捉えているが、7kmでは滞筋が右岸に形成されたままであり、実測の傾向とは異なっている。また、11km～12km区間では洪水が進行しても滞筋の位置は左岸を維持しており、図-5(a), (b)で見たような右岸に滞筋が移動する実測の結果を再現できていない。図-10は18.5km～21km区間の水深分布の洪水前後の変化を示す。洪水が進行することで21km左岸から20km右岸に向かって形成されていた滞筋が途切れている。また、21kmから下流において低水路中央で底面流速が比較的大きくなっていることから、図-5(c), (d)に示した実測の現象を再現していると考えられる。

## 5. 結論と今後の課題

非静水圧準三次元解析と修正長田・福岡モデルを用

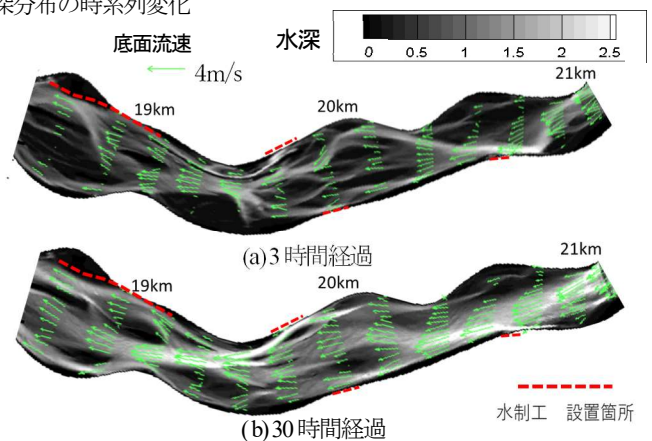


図-10 18.5km～21kmの解析水深分布の時系列変化

いることで、平成26年10月における7km～9km区間、18km～21km区間の滞筋の移動を説明できることを示した。一方、11km～12kmでは滞筋が左岸から滞筋が移動することを説明できず、河床変動の解析結果に課題を残している。粒度分布の広い石礫の移動を伴う安倍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)長田ら：石礫河川の二次元河床変動解析法を用いた安倍川網状流路の数値解析，水工学論文集,第54, pp.769-774,2010.
- 2)竹村ら：波状跳水・完全跳水及びその減勢区間における境界面（水面・底面）上の流れの方程式を用いた非静水圧準三次元解析（Q3D-FEBS），土木学会論文集B1（水工学）,Vol.75, No.1, pp.61-80,2019.
- 3)竹村ら：洪水流による物部川河口礫州の開口と変形機構に関する研究，河川技術論文集,第26巻,2020.