

1. 研究背景と目的

幅広い粒径集団からなる石礫河川(写真1)の特徴

- ① 大粒径粒子同士がかみ合わせり集団を形成することにより、激しい水流に耐える(細粒子は、集団の間隙に捕捉)。
- ② さらに洪水流が激しくなると、集団が崩壊・流出し、大粒径粒子群も掃流される。

→従来、底面近傍を移動する土砂の水流に及ぼす効果は十分に評価されていない。



図1 幅広い粒径集団の河床材料で構成される石礫河川

目的

浸透性固定床粗面上を転動・跳躍する粒子群を含む乱流に関する三次元数値実験を行い、移動する粒子周りの流れ場を分析し、移動粒子と水流の相互作用のメカニズムを解明することを目的とする。

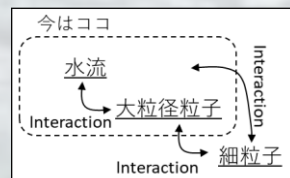


図2 現在の研究対象

2. 研究内容

跳躍粒子の流れ場に及ぼす効果

図3に、数値実験における粒子群の運動状態を示す。本実験では、粒子濃度が小さく粒子間の相互作用も小さくなり、各粒子は跳躍し個別に流下している。

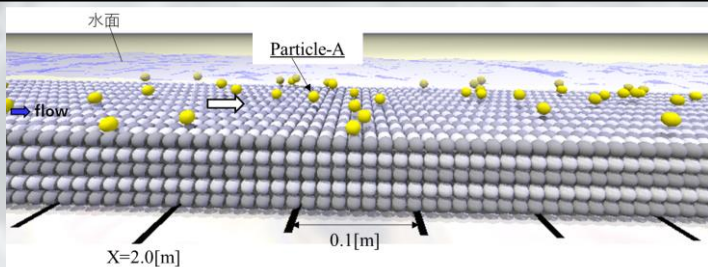


図3 浸透性粗面上を跳躍する粒子群(体積濃度 $C=0.5\%$)

図4に、跳躍中の粒子Aの周囲の流れ場を示す。粒子Aが跳躍し始めると、粒子に巻き込まれるように周囲の流体が移動する。そのため、粒子の上流側で鉛直上向きの流れが発生し、縦断方向流速の小さい流体が高い位置に輸送される。

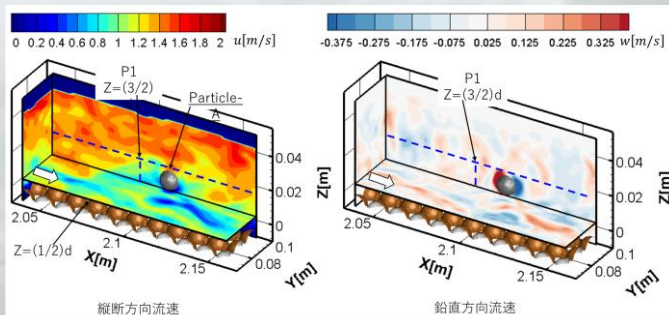


図4 跳躍する粒子の周囲の流れ場

図5に、P1地点における流速3成分の時系列データを示す。P1地点より低い位置で粒子が跳躍する時間帯(13.4及び13.7秒の前後)では、P1地点において、瞬間的に、鉛直上向きに大きな流速 w が発生し、これに伴い縦断方向流速 u がかなり小さくなる。これは、粒子の跳躍運動が主流の構造に対しejectionに相当する効果を与えることを示している。

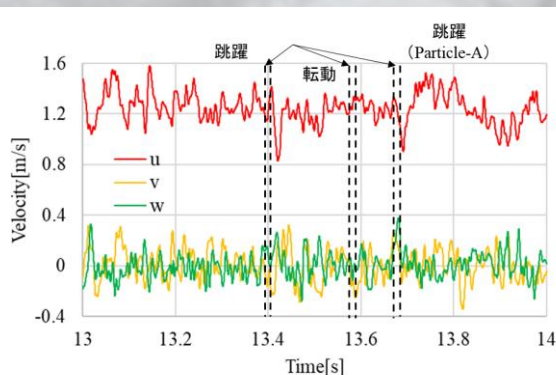


図5 P1地点における流速3成分の時系列データ

3. 今後の研究

同一水理条件のもと粒子濃度を大きくし、転動形態で移動する粒子周りの流れ場や粒子同士の相互作用のある条件でも同様の検討を行い、粒子の濃度と運動形態の関係、粒子混入に伴う流れ構造の変化を解明する。

また、従来行われてきた小さな粒子を含む流れ場と比較し、同一濃度において、大粒径粒子の運動が流れ場に及ぼす影響を考察する。

3. 展望

幅広い粒径集団がある場合、細粒子と比べ大粒径粒子の水流に及ぼす影響は大きい。しかし、大粒径粒子の挙動に細粒子の効果が表れるため、大粒径粒子と細粒子の相互作用を解明する必要がある。

現在の解析法(数値移動床水路)に、細粒子の運動も解析するモデルを導入し、石礫河川の水流と土砂の相互作用を包括的に評価することのできる解析法を構築する。

I 研究背景・目的

洪水調節機能を持ったダム下流域の河川において、どれほどの流量を河道で安全に流すことができるかを把握し、ネックとなる場所の堤防強化・河道改修等を検討する必要がある。また、それに合わせてなるべく洪水時に適切なダム操作方法を考える必要がある。

これまでに、流域の中下流域では洪水時の流下能力を評価し、実際の河道整備や計画に用いられてきているが、山地河川では適切な流下能力評価手法はない。



本研究の目的

山地河道における洪水流下能力を評価できる手法を検討し、ダム下流域全川で洪水流下能力について検討可能にすることを目的とする。



図1 流域図



図2 巨岩・巨石が点在する滝山川

II 洪水流下能力の評価方法

図2のように、渓谷部を流下する山地河川の河道地形は巨岩・巨石による影響が大きいため、滝山川ではドローンを用いて詳細な地形データが計測された。(図4)

また、近年洪水時における水理量データとして、中・下流域の河道では縦断的に水位計が密に設置されている。(図3)

本研究で対象とする滝山川でも同様に水位計が縦断的に密に設置された。

図5は、河床高さと洪水流解析によって得られる滝山川における水面形を示している。解析は、観測水位を再現するように計算している為、洪水時に流下した水量が再現されている。

実際の洪水時における河道の水位分布、流れ場を再現できたことによって、山地河道でどれほどの流量を流しうるかについて、検討できるようになった。



図3 山地河川における水位計設置位置

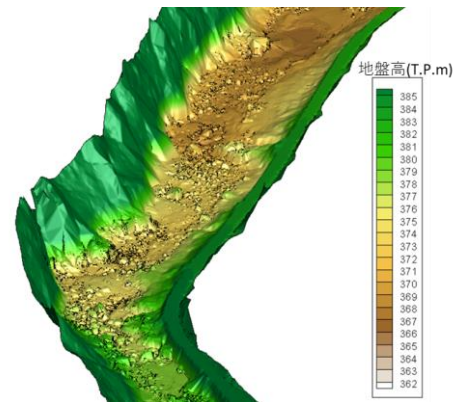


図4 山地河川における詳細地形測量結果

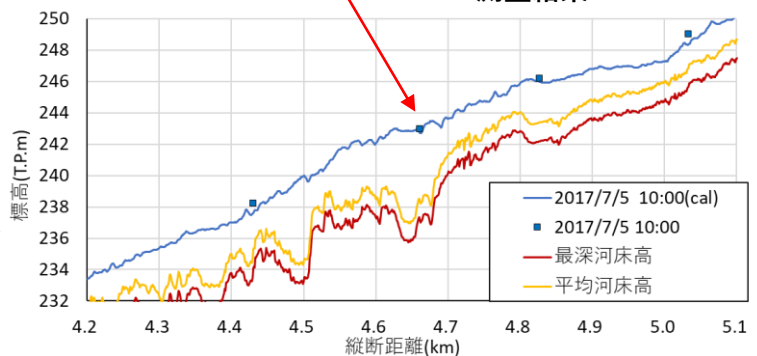


図5 山地河川(滝山川)における洪水時の水面形

今後の展望

- 流域全体で洪水時の流れを分析し、効率的なダムの活用方法を考える。

1. 研究背景と目的

幅広い粒径集団・多様な粒子形状からなる石礫河川(図-1)は、洪水時の激しい流れに対して、粒子の分級現象が生じ、複雑な河床形態(覆瓦構造, step-pool(図-2))が形成される。洪水時の石礫の観測は困難であり、また、水理実験では扱える粒径に制限があるため、実現象に即した新しい数値解析法の開発・利用が求められている。



図-1 石礫河川の粒子(浅川)

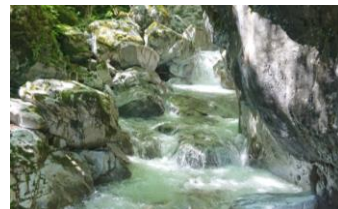


図-2 step-pool(日原川)

本研究では、粒子形状の効果に着目し、異なる形状を持つ一様な粒径集団からなる石礫群を用いた数値移動床実験を行い、流砂量や河床構造に及ぼす粒子形状の影響を明確化する。

2. 研究内容

・数値移動床実験の様子

粒子の大きさや形状を任意に取り込み、粒子群の運動と流れの相互作用を詳細に考慮した数値シミュレーションモデルを用いて数値移動床実験を行った。図-3実験の様子を示す。

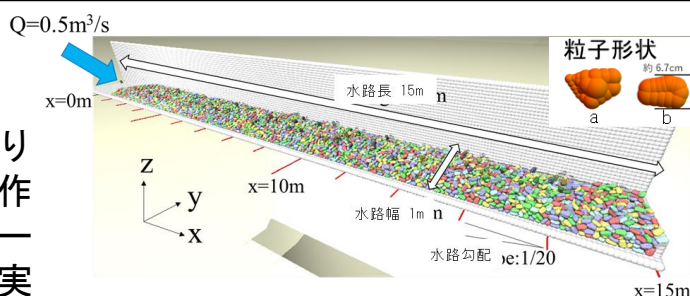


図-3 数値移動床実験の様子

・表層粒子の姿勢の変化

流れの作用により、河床表層の粒子は姿勢を変え覆瓦構造を形成する。図-4は、数値移動床実験の $t=0, 100$ s 時の河床状況を示し、明確な覆瓦構造が確認できる。覆瓦構造を形成する粒子は、長軸を流下方向・やや鉛直上向きに向ける姿勢である。図-5は、河床表層粒子に作用する接触力ベクトルを示している。覆瓦構造を形成する姿勢の粒子は、接触力の向きを上流側に向ける安定な姿勢であることが分かる。

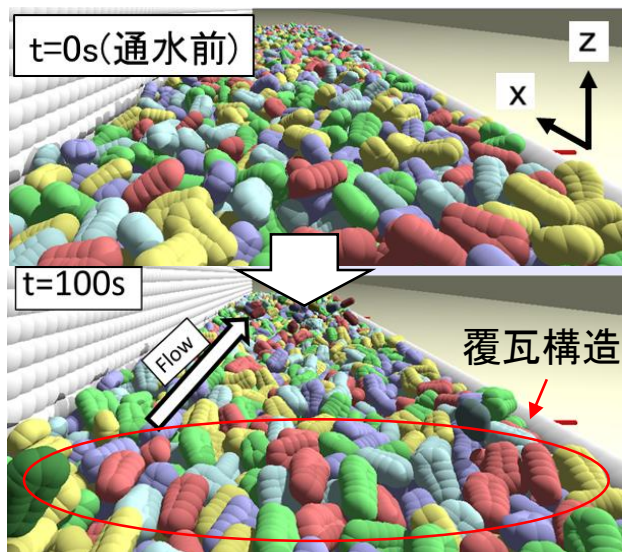


図-4 河床表層粒子の姿勢の変化

3. 今後の研究

- ・河床波などのスケールの現象に粒子形状が影響を及ぼすのか明らかにする。
- ・石礫河川の限界掃流力に関する実験を行い、表現式を導く。

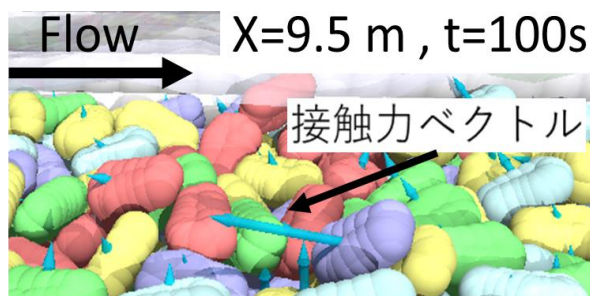


図-5 表層粒子に作用する接触力

1. 研究背景と目的

土砂生産量が多い黒部川流域に建設されている宇奈月ダム、出し平ダムでは、ダムの機能維持、下流河道の河床低下防止、海岸侵食軽減等を目的に連携排砂が行われている。連携排砂とは図-1に示すように洪水発生時に宇奈月ダム(国土交通省)とその約7km上流の出し平ダム(関西電力)が、連携したダム操作によりダムに堆積した土砂や洪水による流入土砂を宇奈月ダム下流河道へ排砂するものである。それにより河床低下や海岸侵食の回復が見られるようになってきたが、今なお一部区間の河床低下や大粒径材料の不足が進行しており、治水・環境上の課題となっている。

粗い粒径集団を中心とした連携排砂時の各粒径の土砂動態を把握し、排砂機能を適切に理解することで河川管理に活かす。

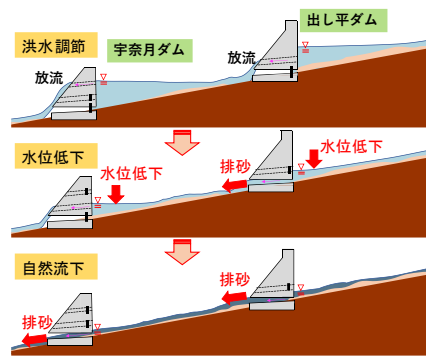


図-1 連携排砂の概要図



図-2 連携排砂時の貯水池内の様子

2. 研究内容

・解析結果とCCTV映像の流況比較

宇奈月ダム貯水池内ではCCTV映像(図-3上)が撮られている。自然流下状態の宇奈月ダム貯水池は大きなシマが水面上に現れ、流路幅が狭くなり土砂が動きやすくなっていると考えられる。この現象を解析に取り入れることが重要である。図-3の下図は河床高のコンター図を示しており、図中のベクトルは流速ベクトルを示している。解析結果とCCTV映像を比較すると、22.4km-22.2kmでシマが確認でき、ある程度CCTV映像を再現していることが分かる。

・解析結果(粒径別土砂動態)

図-4は各別の流砂量縦断面図の解析値を示す。貯水池内の川幅が広くなる区間(22.2km-22.4km)で、細かい粒径集団は影響を殆ど受けていないが、50mmや100mmなどの比較的大きいものは川幅が広くなる22.6km-22.2kmで顕著に流砂量が減少していることが分かる。

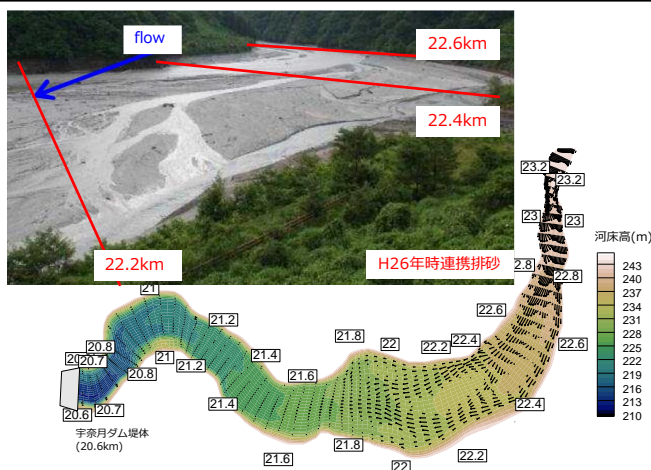


図-3 自然流下時のCCTV映像尾と宇奈月ダム自然流下時の河床高の解析値

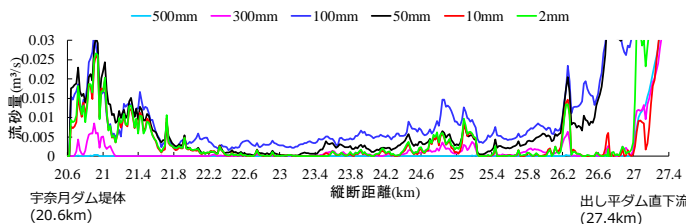


図-4 宇奈月ダム自然流下時の流砂量縦断面図の解析値

3. 今後の研究

・今までは比較的流量規模の小さい洪水について検討を行った。今後は、より大きな流量規模で行われた連携排砂時の土砂動態について検討する。

1. 研究背景と目的

物部川河口砂州の洪水によるフラッシュの機構を研究しています。物部川では河口砂州が発達しており、波によって河口がよく閉塞しています(図)。河口閉塞が生じると川の水位が上昇し、河川と海は不連続になり、魚類の遡上・降河を妨げます。また、近年、開口部が右岸側に移動し河岸侵食が生じます(図2)。



平成26年8月(2014/8)洪水を対象として、物部川河口砂州における洪水流河床変動解析モデルを構築する。洪水時の物部川河口部の流れと河床変動機構を明らかにするとともに、河口砂州変形を明らかにする。



図-1 物部川の河口砂州洪水後の様子 (提供: 国土交通省四国地方整備局高知河川国道事務所)



図-2 物部川の河岸護岸侵食

2. 研究内容

※解析区間・条件

物部川の上流8.4km~-1.4km(図-3)の区間を検討する。

上下流端の境界条件は戸板島観測所(6.23km)の水位ハイドログラフ、高知港の潮位ハイドログラフ(図-4)を与える。

※ 解析結果

図-3に解析水面形と観測水面形を比較すると、解析水面形は0.8km地点より上流区間の観測水面形を良く説明できる。さらに、0.6kmより下流区間の解析水面形は観測水位より高くなる。

また、図-6は河口部の地形コンター図と水深平均流速ベクトルを時系列で示す。図-6上は洪水1波目である。河口砂州の中央に越流されるより河口砂州の海側が浸食され、右岸側の流れが集中する地点では、河口砂州が侵食を受けている。その後、洪水1波目終了(23時)では、開口部は右岸側のみである。洪水2波目のピーク(193時)、洪水2波目終了(211時)でも開口部の位置は変わらない。

3. 今後の研究

平成26年8月洪水を対象として、洪水時の物部川河口部の流れと河床変動機構を明らかにするため河口砂州開口部の河岸侵食を適切に考慮することが重要であることを考える。



図-3 物部川の航空写真

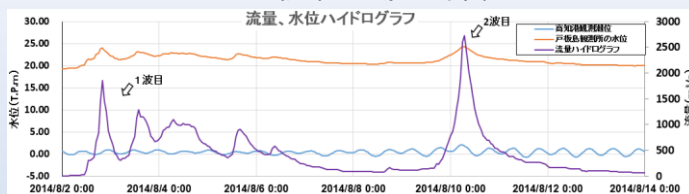


図-4 観測水位・流量ハイドログラフ

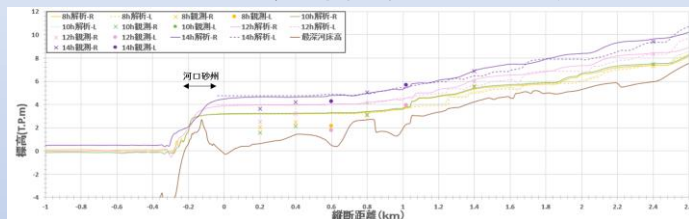


図-5 洪水1波目の洪水における観測水面形と解析水面形の比較(R-右岸 L-左岸)

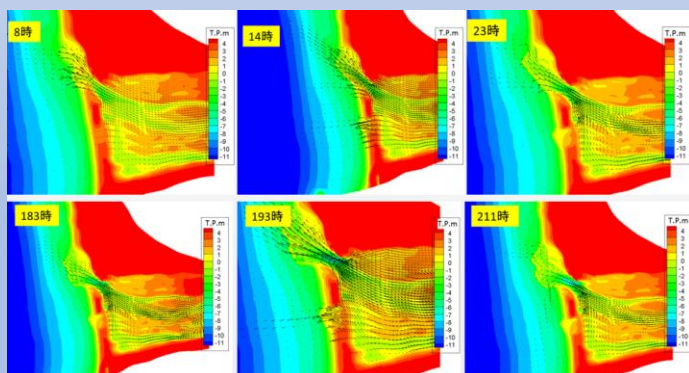


図-6 各時間の河口部における地形コンター図と水深平均流速ベクトル

1. 研究背景と目的

◆ 釜無川の概要

釜無川(富士川)は山梨県を流れる一級河川であり、日本三大急流に数えられる急流河川になっている。また、流域には糸魚川・静岡構造線が通っており非常にもろい地質構造を有しており、流域には多くの崩壊地があるため豪雨による崩壊土砂の河道への流入や流れの緩やかな箇所での堆積が見られる。

◆ 昭和57年8月洪水

昭和57年8月洪水は釜無川で戦後最大規模の洪水であり、上流山地から大量の土砂が流入し河道に堆積した。図-1に釜無川の洪水前後の航空写真を示す。この図から洪水前の河道に見られる黄色の線で示した植生が、洪水後には、そのほとんどがフラッシュされたことが分かる。図-2に洪水前後の横断面図を示すが、図-1、2より河道には土砂が堆積し、滞筋が堤防際に寄って流れる危険な状態となった。

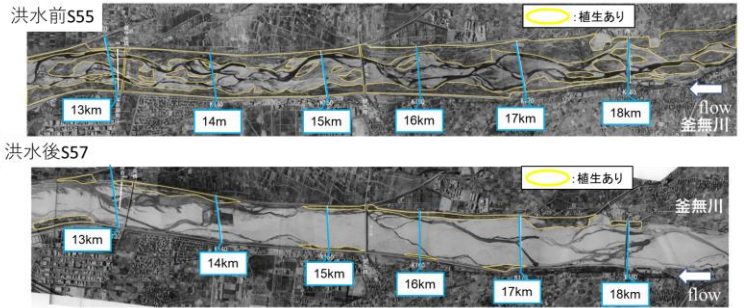


図-1 洪水前後の航空写真

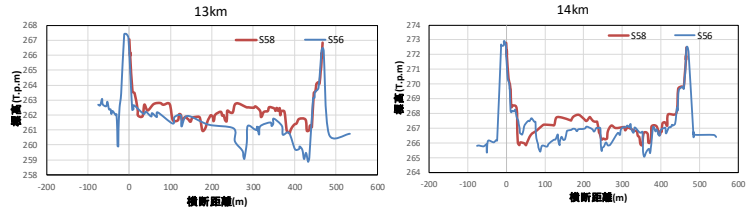


図-2 洪水前後の測量横断面図

◆ 研究目的

昭和57年8月洪水の再現計算を行い、大量の土砂が流入、堆積するような大洪水時の洪水流と河床変動特性を明らかにし、今後の河川管理に活かすことを目指す。

2. 研究内容

◆ 上流端境界条件の与え方

大量の土砂が流入する洪水時の上流端の土砂の境界条件の適切な与え方は分かっていない。そこで本研究では、図-3に示す流入土砂量ハイドログラフを流量ハイドログラフと同一の波形で上流端に与え解析を行った。

◆ 解析結果

図-4に洪水ピーク時の解析水面形と痕跡水位を示している。これらと比較すると解析水位は痕跡水位を概ね再現されている。また、図-5に示すのが洪水後の河床変動量のコンター図から縦横断的な土砂の堆積・洗掘箇所が分かる。

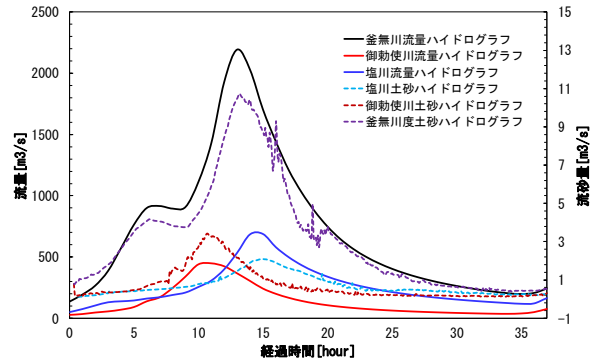


図-3 流量ハイドログラフと流入土砂量ハイドログラフ

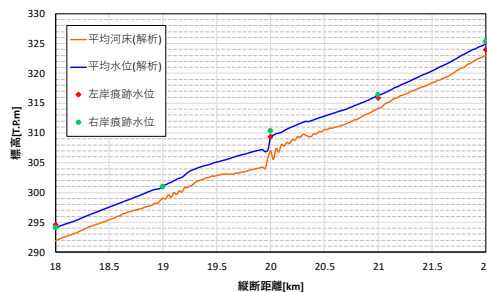


図-4 ピーク時の解析水面形と痕跡水位

3. 今後の研究

今後は解析結果の再現性を高め、実測を再現するような流入土砂量ハイドログラフを推定する。また、他の洪水についても解析を行い、本洪水との比較・検討を行う。

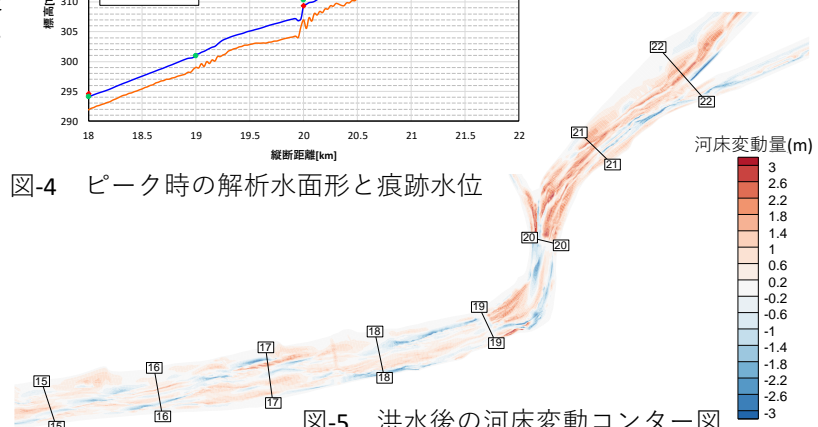


図-5 洪水後の河床変動コンター図



平成27年9月鬼怒川洪水時の様子
提供：国土交通省関東地方整備局



平成27年9月鬼怒川洪水時の基盤漏水

1. 研究の背景と目的

基盤からの漏水は河川堤防の安定性を低下させる要因の一つとなるため、洪水時にいつ、どの場所が、どの程度危険になるかを推定する必要がある。

河川工学研究室では、一般的な浸透流を支配する無次元量、浸透流ナンバー-SFn (Seepage Flow number) を導出した。

この無次元量を、堤体内浸透流を規定する物理量に置換えることで、堤体浸透破壊の危険性を表す指標を定義し、実河川堤防と模型実験データを用いて、堤体浸透破壊危険性評価に対する指標の有効性を示している。

一方で、基盤漏水に起因する堤防破壊危険箇所を予測する指標は未だないようである。

本研究では、浸透流ナンバー-SFnと被覆土のクイックサンド発生条件を用いて、噴砂を伴う基盤漏水に対する力学指標について検討を行う。

2. 研究内容

図-1 に本研究で想定する堤防下部の模式図を示す。

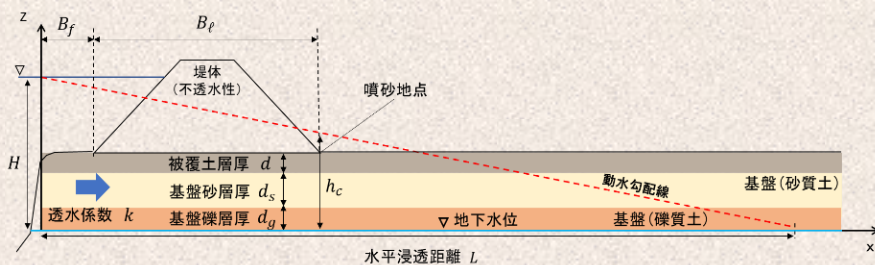


図-1

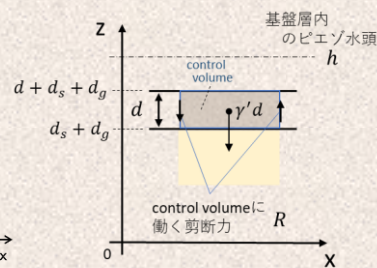


図-2

図-2 に示す、裏法尻部の被覆土層に働く力のつり合いを考慮することにより、被覆土層のクイックサンド状態を表現し、この考えを浸透流ナンバー-SFn に適用することで、被覆土のクイックサンド発生時の浸透流ナンバー-SFn_{qs} を提示した。

図-3 に浸透流ナンバー-SFn_{qs} を、実河川堤防と模型実験に適用した結果を示す。

顕著な噴砂がみられた地点では、実河川堤防と模型実験共に SFn_{qs} が 10^{-3} 以上に算定されることが分かった。

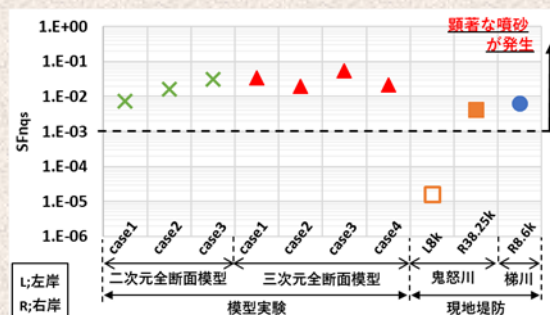


図-3

3. 今後の課題

今後は、噴砂データを収集し、噴砂発生限界の精度を上げることで、噴砂の発生条件を明らかにしていきたい。