

砂堆の伝播速度に着目した 掃流砂層表面の速度の推定法

小関 博司¹・萬矢 敦啓²・橘田隆史³

¹正会員 国立研究開発法人土木研究所 水工研究グループ 研究員

(〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6) E-mail: h-koseki@pwri.go.jp

²正会員 国立研究開発法人土木研究所 水工研究グループ 主任研究員

(〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6) E-mail: yorozuya@pwri.go.jp

³正会員 代表取締役 株式会社ハイドロシステム開発 (〒550-0022 大阪市西区本田 3 丁目 2-18)

E-mail: t-kitsuda@hydro-sys.com

本研究では、既往の2つの掃流砂量の推定法、1)砂堆の伝播速度 u_w を用いた方法と、2)掃流砂層表面の速度 u_b を用いた方法を利用し、水面形状の伝播速度を用いた u_b の推定方法の提案を試みている。始めに、1)が2)よりも1オーダー小さく評価され、砂堆の移動に寄与している掃流砂量は砂堆上のすべてではないことを示した。この結果より、砂堆上の掃流砂量の評価に u_b が欠かせないことが示された。そこで、伝播速度と u_b の関連式を提案し、 u_b の推定に必要なパラメータは勾配と crest における波高水深比であることを示した。定常において、本推定法の結果は観測結果と±50%の差であり、一番寄与したのは伝播速度の計測結果であった。また、STVI法は骨格となる河床形状に応答した水面形状の伝播速度を計測でき、本手法に適した計測法である事が示された。

Key Words: *acoustic Doppler current profiler, bottom track velocity, bedload discharge, dune, migration*

1. はじめに

河床変動解析の妥当性は、非出水期における河床高と比較して検証するのが一般的であり、出水中に観測された河床高や掃流砂量との比較はほとんど行われていない。その理由として、掃流砂量の推定方法は掃流砂量関数¹⁾や ADCP による手法^{2), 3)}が提案されているが、いずれにおいても数 m~数十 m 四方の計算格子スケールにおける面的な計測が難しいため、局所的な掃流砂量しか把握できないことが挙げられる。一方、砂堆の伝播速度と波高を用いた方法⁴⁾であれば、砂堆規模の縦断距離における掃流砂量の推定が可能であるが、洪水時の河床形状の面的計測は難しい。砂堆においては河床形状に応答した水面形状が発生し、それぞれの伝播速度は一致する。岸ら⁵⁾はこれに着目し、室内実験において水位の連続計測とフルード数を組み合わせて河床波の伝播速度の計測、波高の推定を行っている。しかし、フルード数の算定に

水深の計測が必要であり、洪水時の実河川において河床高を連続計測することは容易ではない。一方、橘田ら⁶⁾は準実河川スケールの実験において河床波、水面形状の伝播速度の計測に成功している。また、著者らは彼らと同じ観測において ADCP による掃流砂量推定法⁴⁾を砂堆上に適用し、掃流砂層表面の速度と掃流砂量の縦断分布の計測に成功している⁸⁾。

以上の知見から、著者らは掃流砂層表面の速度と、砂堆の伝播速度に関連があると考えた。つまり、砂堆上の水面形状の伝播速度を用いて掃流砂層表面の速度を推定可能と考えている。推定結果を江頭らの式に適用すると掃流砂量の推定が可能になるが、頁数の都合上、本論文は掃流砂層表面の速度の推定方法の結果を報告する。

本研究では砂堆河床上における水面形状の伝播速度を用いた掃流砂層表面の速度の推定方法（以下、本手法）を提案することを目的として、準実河川スケールの実験水路における砂堆の計測結果を基に、本手法の妥当性を

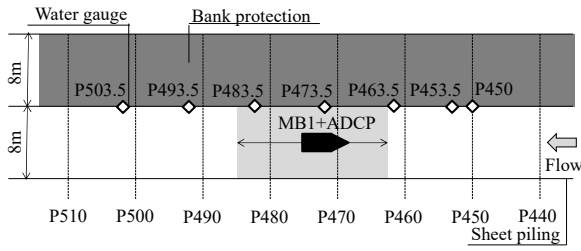


図-1 千代田実験水路の平面図

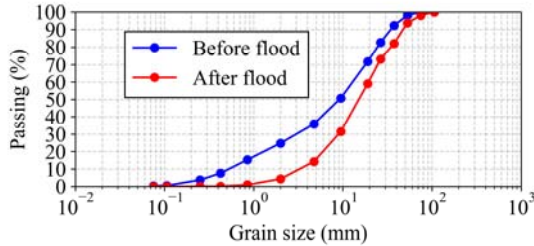


図-2 出水前後の水路内における河床材料の変化

評価する。以降、本研究における河床波とは砂堆のことで、水面形状とは砂堆に起因して発生するものを指す。

2. 観測条件

本研究で用いた観測データは、2015年に北海道の十勝川千代田実験水路においてに行われた準実河川スケールの水路実験から得られた。観測結果のうち、水面・河床波の形状は橘田ら⁷⁾によって得られ、掃流砂量は著者らの方法⁴⁾によって得られた結果を用いている。

水路の平面形状を図-1に示す。横断形状は幅8mの低水路と、左岸の直立した鋼矢板、右岸の1:2勾配のコンクリート護岸によって構成されている。縦断方向約50mの区間に◇で示す水位計が7つ設置されており、1分間隔で瞬間値を記録している。流量はゲート操作により調整されており、図中のP####はゲートからの距離を表している。実験期間中はゲート操作によって図-3に示すように観測開始から40分間で70cm水位が上昇し、その後は150分間水位は一定であるが、この設定について特別な意図は無い。P463.5からP483.5の約20m区間において約4分間で約3分おきに河床高の面的分布、水位と流況の縦断分布を計測した。計測機器の詳細な仕様については、参考文献⁷⁾を参照されたい。

通水前後の水路内の河床材料調査結果を図-2に示す。通水後の結果は、同じハイドログラフを有する洪水を二回経験した結果であることに注意されたい。本研究における観測結果は1回目の通水における結果である。この分布から10mm以下の粒径の割合が著しく低下し、粗粒化が進んでいることが分かる。 d_{60} は観測前に9.15mm

に対して、観測後は15.1mmであった。

3. 掃流砂層表面の速度の推定方法

本章では、本研究において提案する水面形状の伝播速度を用いた掃流砂層表面の速度の推定方法について示す。

(1) 砂堆の伝播速度と波高を用いた方法

砂堆のcrestにおける掃流砂量 q_{bM} と砂堆の伝播速度 u_w 、波高 H の関係は、 q_{bM} が全てcrestの下流のtroughに堆積すると仮定すると、次の式で表されている⁹⁾。

$$q_{bM} = (1 - \lambda) H u_w \quad (1)$$

ここに、 λ は土砂の間隙率である。

本検討において、 u_w は二種類の方法で計測されている。一つは、河床の縦断分布において砂堆のcrestを追跡し、その伝播距離と経過時間から算出する方法で、この方法による伝播速度を u_{w-man} と呼ぶ。尚、観測データに複数のcrestが確認される場合は、それらの平均値を採用している。これに対してSpace-Time Image Velocimetry (STIV)⁹⁾を適用して計測された伝播速度を u_{w-STIV} と呼ぶ。STIVとは一般的に、画像中の測線上の輝度変化を用いて時空間画像を作成し、ある輝度の時空間勾配を計測する手法である。本検討では、河床高、水位両方にSTIV解析を適用し、同じ時間に同じ速度を示すことを確認している。その他の実河川における伝播速度の計測方法として、非接触型水位計¹⁰⁾を用いて縦断水位分布を計測したり、縦断的に配置された2地点の水位計の連続計測を行う方法が考えられる。

(2) 掃流砂層表面の速度を用いた掃流砂量の推定方法

土砂が連続体もしくは粒状体からなる場において、掃流砂の層として移動する領域を掃流砂層、その層の厚さを h_s 、層表面における土砂粒子群の移動速度を u_b と定義する。また、その層の中において土砂粒子群は流速分布を持っており、鉛直平均の値を u_s と定義している。ADCPは u_b を計測する機能を有しており、著者らはそれを江頭らの掃流砂量式¹⁾の一部に適用して、掃流砂量の算定を試みた⁴⁾。その方法の概要を次に述べる。

はじめに、掃流砂量関数を次式で表す。

$$q_{bA} = \int_0^{h_s} c \cdot u \cdot dz \simeq \alpha_{bs} \cdot u_b \cdot h_s \cdot c_s \quad (2)$$

ここに、 q_{bA} は u_b を用いた掃流砂量、 α_{bs} は u_b から u_s を算出するための更正係数、 h_s は掃流砂層厚、 c_s は掃流砂層内 h_s の平均土砂濃度である。 α_{bs} は著者ら⁴⁾や上原ら¹⁰⁾の検討において0.65が適切とされているため、本検討においても0.65を用いた。 c_s は、掃流砂層の表面($z = h_s$)

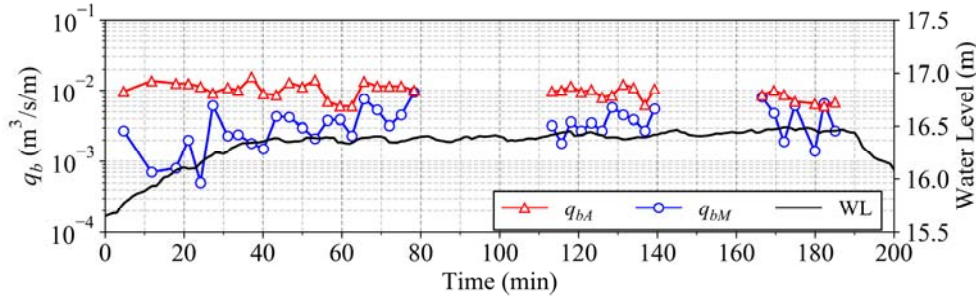


図-3 掃流砂量の比較

における濃度を 0, 静止土粒子の上端 $z=0$ における濃度は固定地盤内の空隙率 0.4 を用いて 0.6 とし, 層内の分布は直線に近似されるとして $c_s=0.62=0.3$ としている.

h_s は次式で表される.

$$\frac{h_s}{d} = \frac{1}{c_s \cdot \cos \theta \cdot (\tan \phi_s - \tan \theta)} \tau_* \quad (3)$$

ここに, d は粒径, ϕ_s は砂粒子の内部摩擦角, θ は河床勾配, τ_* は無次元せん断力である. d は図-2 より 60% 粒径 15 mm を用いている. θ は ADCP の 4 ビームそれぞれの座標値から推定される 3 次元平面の平均流向における勾配としている. つまり, ADCP により計測される u_b , θ , 水深 D を用いて掃流砂量を推定している.

一般的に掃流砂量を算出する際には, 無次元掃流力 τ_* を入力値にして u_b や h_s を算定するが, 本手法においては u_b を入力値に q_{bA} を用いて算定するのが特徴である.

以後, 本研究では, q_{bA} と q_{bM} の評価点を砂堆の crest に一致させる. 尚, 著者らは河床波 1 波長における掃流砂量は reattachment から生じ始め crest に向かって線形に増加しており, 一波長平均の掃流砂量は q_{bA} や q_{bM} を 2 分の 1 して求められると考えている事を記しておく.

(3) u_w と u_b の関係

砂堆の crest において $q_{bM} = q_{bA}$ と仮定し, 式(1), (2), (3)を整理すると, u_w と u_b の関係は次式ようになる.

$$u_b = \frac{s(1-\lambda)}{\alpha_{bs}} \cos \theta (\tan \phi_s - \tan \theta) \frac{H}{DI_w} u_w \quad (4)$$

ここに, I_w は水面勾配である. 以後, 式(4)によって推定された u_b を u_{b-est} とする. 一方, ADCP によって計測された u_b を u_{b-ob} とする.

式(4)において主要な係数は 2 つに分けられる. 支配的な部分を α_{wb} とすると, 次のようになる.

$$\alpha_{wb} = \frac{H}{DI_w} \quad (5)$$

一方, 式(4)の α_{wb} と u_w 以外の部分は次のとおりで, 概ね 1 である.

$$\frac{s(1-\lambda)}{\alpha_{bs}} \{ \cos \theta (\tan \phi_s - \tan \theta) \} = 1.02 \quad (6)$$

従って, 式(4)において支配的な係数は α_{wb} であり, その決定に必要な計測値は波高 H と crest における水深 D , 水面勾配 I_w である. 波高と水深は音響測深器を用いて, 勾配は crest における局所的な水面勾配であるが, 本研究では 4.(4)で述べる通り, 縦断距離 40 m に配置された 5 点の水位計の計測結果を用いて水面勾配を算定している.

以上より, 計測された u_w , H , D , I_w を式(2), (3), (4)を適用し, 掃流砂量の推定が可能になる.

4. 観測結果

本章では, 本手法の妥当性検証と α_{wb} におけるパラメータ I_w と H/D に関する考察を行う. 以下, 本論文における図の横軸は全て観測開始からの時間を表している. また, q_{bA} , q_{bM} 共に, 観測された全ての crest 上の値の平均を採用している.

(1) 掃流砂量 q_{bA} , q_{bM} の比較

式(4)の導出過程において仮定した $q_{bA} = q_{bM}$ を検証するため, それぞれの掃流砂量を図-3 に示す. それぞれの変化の傾向は 140 min を境にして大きく異なり, 観測開始から 140 min まで q_{bA} は $1.5 \times 10^2 \text{ m}^3/\text{s/m}$ から $1.0 \times 10^2 \text{ m}^3/\text{s/m}$ に 30% 減少しているが, q_{bM} は $1.0 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s/m}$ から $5.0 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s/m}$ に 500% 増加している. 一方, 160 min 以降は両者共に減少傾向である. これら掃流砂量の変化が水位と関連しているようには見られない. 絶対的な量を比較すると, 水位上昇期の 40 min までは q_{bM} が q_{bA} よりも 1 オーダー小さい値を示しているが, それ以降は概ね同じオーダーの値を示している. 全時間を通して差が生まれる原因は, 2 つ考えられる. 一つは, 式(1)の導出において crest 上で発生した掃流砂量が全て下流の trough に堆積して河床波が進行すると仮定しているが, 流砂現象が活発な場合は, trough に堆積せずに下流側に流下している可能性がある. もう一つは, 河床波は十分発達していないが流砂現象が活発な場所が存在することである. 前者の検証のためには, 観測領域内の土砂移動を cm や

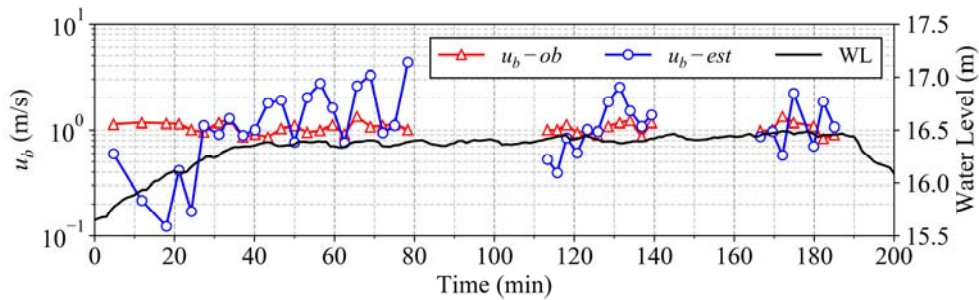


図-4 u_{b-est} の妥当性の検証

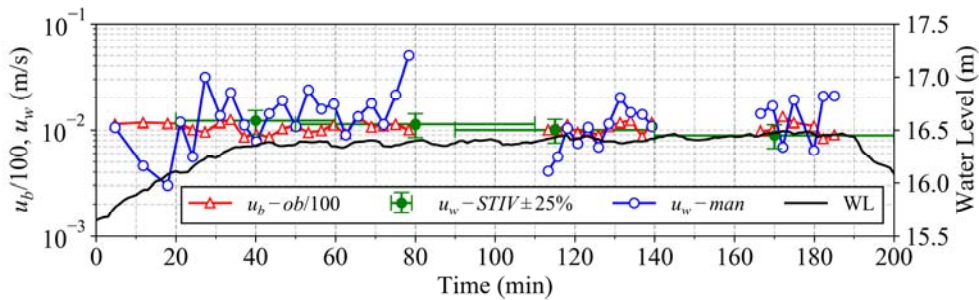


図-5 u_{b-ob} と各 u_w の比較

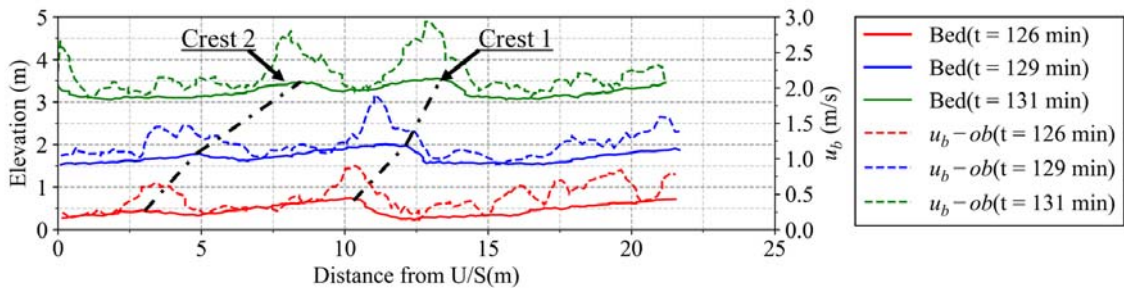


図-6 u_{w-man} が異なる2つの砂堆が存在する河床高と u_{b-ob} の縦断分布

sec のオーダーで時空間的に密度高く計測する必要があると考える。しかし本観測の密度は及ばないため、本研究においては検討を控える。後者の原因については、3節において詳細を述べる。以上の結果から、掃流砂量の計測において、掃流砂の移動が活発な場合の q_{bM} は過小評価されている可能性が高く、掃流砂量の推定に u_b が必要であることが示された。

(2) u_{b-est} と u_{b-ob} の比較による本手法の妥当性の評価

図-4 は u_{b-est} と u_{b-ob} を比較した結果である。 u_{b-est} は u_{b-ob} と比べて、30 min 以前において2分の1程度に過小評価されているものの、それ以降は $\pm 30\%$ の範囲にまとまっている。この差は式(2)、(3)によると、掃流砂量にして $\pm 50\%$ 程の差になり、図-2 に示した q_{bM} に比べれば q_{bM} に近い掃流砂量の値が得られることを示している。

また、全時間を通して u_{b-est} が周期的に変動しており、式(4)、(5)によると、 u_{w-STIV} と α_{nb} の変動によるものと考えられる。次節以降は、それぞれの変化とその要因につ

いて考察を行う。

以上の結果から、河床波の伝播速度を測定し、これを流砂量の定義と関連づけることで、ADCP により直接測定される流砂層表面速度と遜色ない精度で推定が可能となった。

(3) u_b の計測方法の評価

前節で確認された u_{b-est} の周期変動の要因を考察するため、本節では u_{b-man} の計測方法の妥当性について検討を行う。図-5 に u_{b-ob} と各 u_w の比較結果を示す。例えば、125 min から 130 min において u_{b-man} が 0.6×10^2 m/s から 1.1×10^2 m/s に増加している。この2つの時間の河床高と u_{b-ob} の縦断分布を図-6 に示す。実線が河床高、破線が u_{b-ob} の縦断分布を示している。横軸は上流からの距離を表しており、各時刻の結果が重ならないように、河床高の鉛直方向の基準をずらして描画している。以降、縦断距離を x とする。126 min において大きな河床波の crest (以後、Crest 1) が $x = 10$ m に位置しており、その後

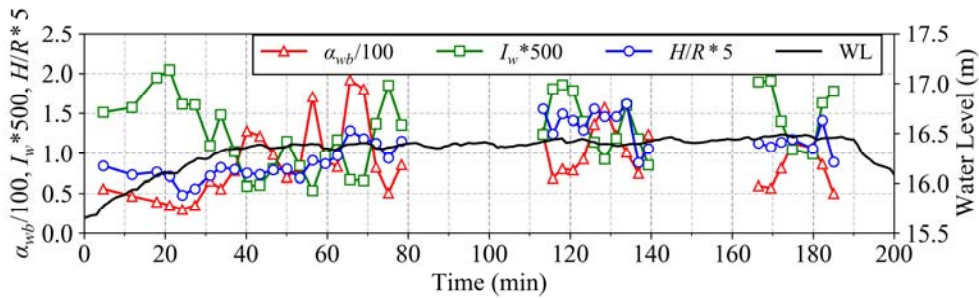


図-7 α_{nb} とそのパラメータの時系列変化

$x = 12.5 \text{ m}$, 13 m に Crest 1 が位置しており、この3観測中に約 3 m 流下した。この時の $u_{w-man} = 0.9 \times 10^2 \text{ m/s}$ である。また、どの時間においても、Crest 1 における u_{r-ob} が最も大きい。この河床波の波長は約 12.5 m で、水深の約 5 倍であり、この流況における骨格となる河床形状である。一方、 126 min の $x = 2.5 \text{ m}$ において、波高が小さい crest (以後、Crest 2) が見られる。その後、Crest 2 は $x = 5.0 \text{ m}$, 9.0 m に位置しており、進行しながら波高が大きくなっている。Crest 2 の移動距離は約 6.5 m であった。この時の $u_{w-man} = 2.1 \times 10^2 \text{ m/s}$ であり、Crest 1 よりも 2 倍程度早い速度で移動している。また、Crest 2 が下流に移動するにしたがって Crest 2 における u_{r-ob} は Crest 1 に近い値に増加している。このように、規模の異なる crest の移動速度を含めて平均していたために、 u_{w-man} の平均値を上昇させていた。また、3.(1)で述べたように、河床波が十分に発達していない Crest 2 における u_{r-ob} が、骨格となる河床波の Crest 1 における u_{r-ob} と同程度の値が計測されていることは、式(1)で用いられるパラメータだけによる掃流砂量計測の難しさを示唆しており、 u_b を導入した掃流砂量の推定の必要性を示唆している。

u_{w-man} の参考値として橘田らの検討結果⁹⁾から計測された u_{w-STIV} を図-5 に示している。縦軸方向のエラーバーは $\pm 25\%$ の範囲を示している。横軸方向のエラーバーは u_{w-STIV} の算出に用いられた時間を示しており数十分間の平均値を意味している。実河川においては、水面の揺動が激しく、水面波の移動を数分で捉えることが難しいため、数十分間の平均を採用する SITV は伝播速度の計測に有効な手法と考えられる。表-1 に u_{w-STIV} と同じ算定時間における u_{r-ob} の平均値を示す。 u_{w-STIV} は時間の経過と共に減少傾向 (35%減) だが、 u_{r-ob} には減少傾向が見られなかった。 u_w の減少傾向の要因の一つとして、図-2 の粒度分布で示した粗粒化による掃流力の低下が考えられる。つまり、水量が変化せず河床材料が粗くなることによって無次元掃流力が低下し、河床波の伝播が緩慢になったと考えられる。また、各時間で u_{w-STIV} と u_{r-ob} から逆算された α_{nb} は概ね 100 であった。値の妥当性については次節で検討したい。

表-1 u_{r-ob} と u_{w-STIV} の値

代表時間 (min)	40	80	115	170
u_{w-STIV} (m/s)	0.0122	0.0113	0.0101	0.0089
u_{r-ob} (m/s)	1.02	1.05	1.02	1.04

以上のことから、 u_{w-man} は波高が小さく移動速度の早い河床波の存在によって周期変動していたことが分かった。また、STIV 法による伝播速度の評価において、前述の波高の小さい河床波は無視され、骨格となる河床波のみを評価するため、時空間的な伝播速度の平均値を計測する手法として有効であることが示された。

(4) α_{nb} の時系列変化

本節では α_{nb} と I_w , H/D の時間変化について考察するため、図-7 にそれらを示している。それぞれの値は平均値 ($I_w: 1/500$, $H/D: 1/5$, $\alpha_{nb}: 100$) を基準に示されている。 α_{nb} は 40 min まで $\alpha_{nb} = 50$ で推移し、その後は $\alpha_{nb} = 50 \sim 200$ の間で約 20 分の周期で変動があるものの、1 周期で平均すると 100 である。前節において逆算された α_{nb} の平均値も 100 であり、 α_{nb} の妥当性が示された。

α_{nb} , I_w , H/D の平均値からの変動率の幅はそれぞれ、 $0.5 \sim 2$ 倍、 $0.5 \sim 2$ 倍、 $0.5 \sim 1.5$ 倍であった。水面勾配 I_w は、図-1 の P453.4 から P493.5 の縦断距離約 40 m における 5 点の水位計の 1 分間隔の瞬間値を縦断方向に線形近似し、約 4 データ平均し算出されている。今回の観測体制では、おおよそ 10 m 間隔で配置された水位計の区間の一部において河床波を計測しているため、河床波の移動と水面勾配の時間変化の関係を考察することは難しいが、前述の 1 周期平均値による α_{nb} の妥当性を考えると、定常状態においては、水面勾配の時間変動を気にする必要がないことが確かめられている。一方、 H/D は定常において $H/D = 1/7 \sim 1/3$ を示している。水理学委員会¹⁰⁾においては $H/D = 1/6 \sim 1/2$ と示されており、今回の観測結果とほぼ同じ範囲であった。

以上のことから、 I_w や H/D の計測が難しい場合は、流れ場の平均値や既往の知見による値を用いても u_b の推定が可能であることが示された。

5. まとめ

- 1) q_{BM} が q_{bt} よりも1オーダー小さく評価された。この差の要因は、 q_{BM} の算定において crest 上の掃流砂量が下流の trough に堆積して砂堆が移動すると仮定していることが原因であると考えられる。つまり、crest 上の掃流砂量全てが砂堆の移動に寄与しているわけではなく、一部の掃流砂量は下流の trough よりもさらに下流に流下していると考えられる。
- 2) 砂堆河床の伝播速度 u_w を用いた掃流砂層表面の速度 u_b の推定式を式(4)に示した。本推定式においては、 u_w の他に勾配 I_w 、crest における波高水深比 H/D の計測が必要となるが、5. (4)に示す通り、定常においては u_w の計測で十分である。
- 3) 本研究における砂堆の伝播速度は骨格となる河床波以外の小さなものを含んだ結果を示したが、STIV 法による結果は、骨格となる河床波の移動速度を示し、本手法に適した u_w の計測方法である。
- 4) 掃流砂層表面の速度 u_b の推定に必要なパラメータのうち、 I_w は場の一般的な値、 H/D は既往の検討結果の範囲内に入っていた。従って、少なくとも今回のように定常においては、 I_w 、 H/D の計測は必要なく、 u_w の計測結果のみを用いて u_b を推定出来ることが示された。

謝辞：北海道開発局帯広開発建設部には千代田実験水路において観測場所とデータを提供して頂いた。また、国立研究開発法人土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM) の江頭進治研究・研修指導監から本研究の遂行にあたり多数のご助言を頂いた。本研究は土木学会流量観測高度化研究小委員会 (委員長：神戸大学 藤田一郎教授) の協力により推進されている。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 江頭進治：河川における流砂問題と流砂力学の課題，ながれ 24, pp.518-592, 2005.
- 2) 芦田和男，道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第 206号，pp.59-69, 1972
- 3) Rennie, C.D., et al.: Measurement of bed load velocity using an Acoustic Doppler Current Profiler, J.Hyd. Eng., Vol.128, No.5, 2002
- 4) 小関博司，萬矢敦啓，工藤俊，橋田隆史，岩見洋一：実河川における掃流砂量と有効摩擦速度の評価方法，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.73, No.4, I_763-I_768, 2017.3.
- 5) 吉川秀夫：流砂の水理学，丸善株式会社，p.176, 1985.
- 6) 岸力，板倉忠興，森明巨，黒木幹男：砂面および水面の測定による掃流砂量の測定法，水理講演会論文集，第 19 巻，pp.19-24, 1975.
- 7) 橋田隆史，萬矢敦啓，小関博司，吉川世里子，岡田将治，工藤俊：流況河床高同時観測システムの構築と観測から得られた河床波の挙動，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.73, No.4, I_535-I_540, 2017.3.
- 8) Hiroshi Koseki, Atsuhiko Yorozuya, Shun Kudo, Takashi Kitsuda and Yoichi Iwami, "Measurement of shear velocity and bed load discharge", 2nd International Workshop on Sediment Bypass Tunnels, FP31, pp.1-8, May, 2017
- 9) Fujita, I, Watanabe, H. and Tsubaki, R.: Development of a non-intrusive and efficient flow monitoring technique: The space time image velocimetry (STIV), International Journal of River Basin Management, Vol.5, No.2, pp.105-114, 2007.
- 10) 萬矢敦啓，埴原学，工藤俊，小関博司，笛田俊治：電波式流速水位計の開発，土木学会論文集 G (環境)，Vol.72(5), I_305-I_311, 2016.
- 11) 上原有稀，岡田将治，萬矢敦啓，小関博司：ADCP で計測したボトムトラック速度を用いた掃流砂量算定手法に関する実験的研究，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.75, 2018.5. (投稿中)
- 12) 移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会：移動床流れにおける河床形態と抵抗，土木学会論文報告集，第 210 号，pp.65-91, 1973.2.

(2018.5.31 受付)

BEDLOAD MEASUREMENT BASED ON THE CELERITY OF DUNE

Hiroshi KOSEKI, Atsuhiko YOROZUYA and Takashi KITSUDA

In this study, the authors proposed the bedload velocity measurement method using celerity of water surface configuration due to dune. The method is constructed by using two definitions of bedload rate, one is for use dune's height and its celerity u_w , the other is for bedload thickness and its velocity u_b . Comparison of the definitions shows bedload velocity is necessary for bedload measurement. The proposed method needs celerity u_w , wave height/depth ratio and water surface slope at crest. The estimated bedload velocity using the author's method is plus-minus 50% by the measured value by ADCP. Among the factors, most dominant factor is u_w . STIV method is appropriate method for measuring u_w because the method can measure dominant dunes excepting bed small fluctuation.