

千代田実験水路における砂堆発生条件下での更正係数に関する一考察

寒地土木研究所	正会員	○市原	哲也
寒地土木研究所	正会員	島田	友典
北見工業大学	正会員	渡邊	康玄
北海道開発局	非会員	辻	珠希

1. 目的

既往の研究¹⁾において、高水流量観測に用いる更正係数は、ADCPによる観測値から算出した更正係数に比べ過大であると言われているが、その要因は明らかになっていない。本論文では、ADCPによる観測結果を用いて検証を行い、砂堆の影響により標準の更正係数が過大評価になることが明らかとなった。

2. 観測概要

千代田実験水路²⁾では本格的な実験に先立ち、基礎的な水理特性を明らかにするため2007年度より予備実験を実施し、流量観測など様々な観測を行った。表-1は2008年度に実施した実験において流況安定時における水理量等をまとめたものである。なお本稿にて検証するADCP観測は杭ワイヤー式観測船²⁾で実施したものであり、観測船にはADCPの他に音響測深器、位置精度向上のためのGPSを搭載しており、RTK-GPS測位(Real Time Kinematic Global Positioning System)にて流速、流向、水位、水深を観測した。ADCPの主な設定は層厚;0.1m, Ping数;2, モード数;12(ハイレートピンギングモード)であり、喫水深は約11cmである。

3. 河床波上の流速分布

更正係数は安芸³⁾による流速鉛直分布の理論式によりまとめられていることから、更正係数の適用にあたっては、この理論式が成立していることが前提となる。実験中における河床形状は、図-1のとおりであり、砂堆が顕著に表れている。そこで、安芸による流速鉛直分布の理論とADCPにより観測した河床波上(砂堆クレスト直下流及び、砂堆クレスト部)の流速分布について比較を行う。安芸の理論式は(1)式で表される。

$$u = \sqrt{Ih} \left\{ C + \frac{20}{3} - 20a + 40a \frac{z}{h} - 20 \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

ここで z : 河床からの距離, u : z における流速, I : 水面勾配, h : 水深, C : Chezy係数($=R^{1/6}/n$), a : 流速ピーク位置の相対水深(ここでは河幅及び水深から0.2)である。

比較結果を図-2に示す。砂堆クレスト部については、上層から中間層において概ね安芸の理論式に一致しているが、下層では中折れし大きく外れている。砂堆クレスト直下流部では、上層から下層の全てにおいて大きく外れ中間層から中折れしている。どちらも砂堆の形状抵抗によることが考えられる。よって、砂堆が流速分布に影響を与えることで、安芸の理論式が成立していないことわかる。なお、砂堆クレスト直下流部での流速分布により算出した推定更正係数は0.7程度であった。実験時の標準の更正係数は0.88であり、これより小さい値である。

4. 観測結果より算出した推定更正係数

砂堆が発生する条件下における更正係数の妥当性を検証する。

キーワード: 千代田実験水路, 砂堆, 更正係数

連絡先: 〒085-8551 釧路市末広町10丁目1-6 大同生命釧路ビル4階 TEL(0154)25-6777

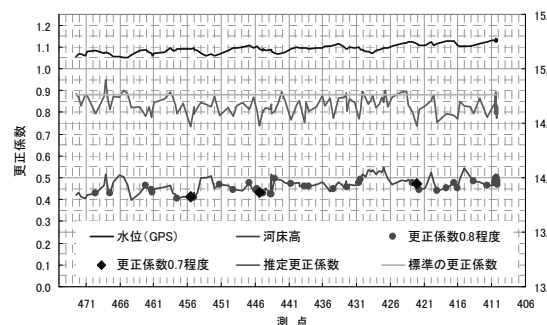


図-1 ADCP 縦断観測結果と更正係数

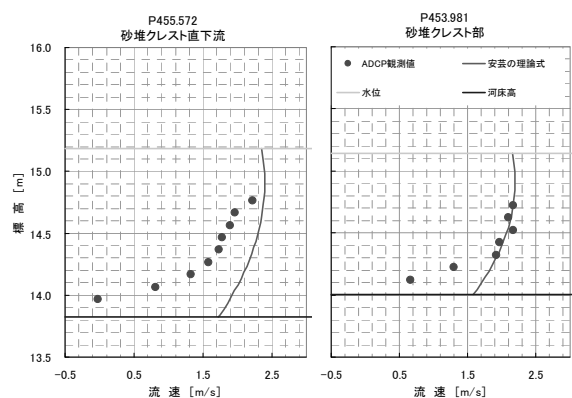


図-2 流速分布のADCP観測結果と理論値の比較

表-1 実験の水理量

流量 Q [m ³ /s]	平均流速 h [m]	平均流速 u [m/s]	フルード数 Fr	河床勾配 I_b	水面勾配 I_w	粗度係数 n	摩擦速度 u_* [m/s]	粒子レイノルズ数 Re_*	無次元掃流力 τ_*	無次元限界掃流力 τ_{*c}
81.46	1.24	2.02	0.58	1/505	1/501	0.024	0.15	2,470	0.084	0.050

Q : 通水後の測量結果を用いた浮子による流量観測結果(ADCP による流量観測結果は 76.41m³/s), h : 水路内の平均水深, u : 流量と通水断面より算出した平均流速, n : Manning の平均流速公式より算出した粗度係数, Re_* : 河床平均粒径(d50 粒径の平均)に対する粒子レイノルズ数, τ_{*c} : 河床平均粒径(d50 粒径の平均)に対する無次元限界掃流力

図-1 は縦断測線上における更正係数の分布を前述と同様の手法により推定したものである。また、河床高ライン上のマーカーは、推定更正係数が特に小さい測点上であることを示す。河床形状と推定更正係数の関係は、河床波の影響により河床の落ち込んだ箇所の推定更正係数が小さい。縦断観測結果より算出した推定更正係数の平均は 0.83 程度であり、砂堆が存在する場合、縦断測線上においても標準の更正係数より小さい値であった。

次に横断測線上における更正係数の分布を図-3 に示す。こちらも縦断観測と同様に河床高の落ち込んだ箇所の推定更正係数が小さくなっている。なお横断観測の推定更正係数の平均も縦断観測と同様に 0.83 程度であった。

通水中において砂堆が移動している中、様々な時間帯において、更正係数がどのような傾向を示すかを明らかにするため、実験時の各時間帯により平均した ADCP 縦断観測 (全 8 回) の推定更正係数を図-4 に示す。各時間帯の推定更正係数は概ね一定であり、その平均値は 0.84 程度であった。いずれの時間帯も標準の更正係数より小さい。

横断方向における各時間帯の ADCP 横断観測(全 10 回) の推定更正係数を図-5 に示す。縦断観測と同様に標準の更正係数より小さい値を示しており、バラつきが多い。各時間帯の横断観測の平均は 0.84 程度である。各時間帯における縦断及び横断観測の推定更正係数を平均することにより、様々な河床状況を把握することが出来たと考え、この平均した推定更正係数を水路幅全体に適用して差し支えないと言える。

このことから、砂堆のある条件下では、既往の更正係数が ADCP 観測値を用いて算出した更正係数より過大となることが明らかとなった。

5. まとめ

今回のケースでみると、砂堆の形状抵抗の影響を受け、安芸の鉛直流速分布の理論と実際の流速分布が成立しないことに起因し、実際の水深平均流速が小さくなることから、砂堆の発生している条件下では、標準の更正係数が過大となることがわかった。今後は様々な流況下での現象を明らかにし、河床形状による違いについても検討する必要がある。

参考文献

1) 酒井雄弘・二瓶泰雄：ADCP データに基づく大河川洪水流の更正係数に関する検討，土木学会水工学論文集，第 51 巻，pp733-738，2007

2) 島田友典ほか：十勝川千代田実験水路の基礎的な土砂挙動特性，土木学会応用力学論文集，Vol.11，pp.699-707，2008.

3) 安芸皎一：浮子特に竿浮子に依る観測流速の更正係数に就て，土木学会誌，第 18 巻，第 1 号，pp.105-129，1932.

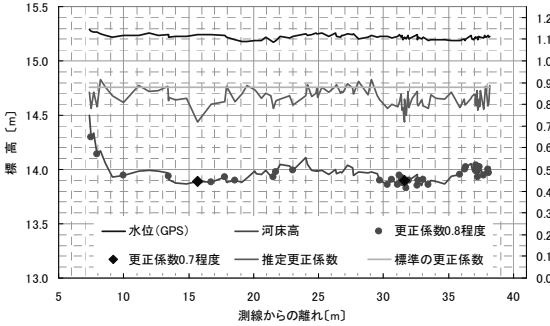


図-3 ADCP による横断観測結果と更正係数

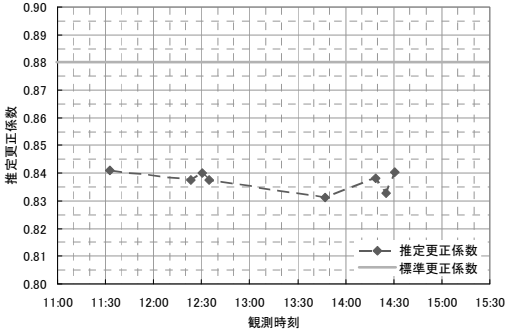


図-4 各時間帯における推定更正係数(縦断)

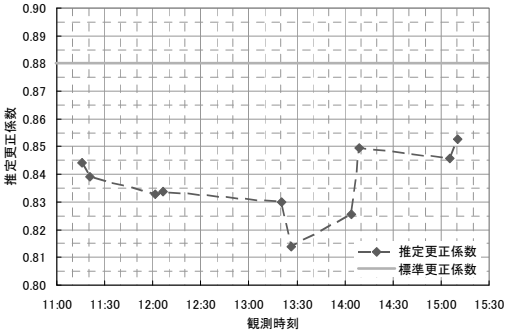


図-5 各時間帯における推定更正係数(横断)