

洪水時の河床波計測技術開発について

開発土木研究所 正 員 喜澤 一史
開発土木研究所 正 員 井出 康郎

1. はじめに

洪水時の水理現象を的確に把握することは、河川管理及び河川計画策定にあたって大変重要な事項である。近年河川研究者の努力により、様々な水理実験や数値解析が試みられ洪水水理現象が説明されてはいるものの、実河川での洪水観測データ取得が困難なため十分な検証が得られていない。洪水時の河床形状及びその変化は流れの抵抗を生み水理構造の変化させる。それが新たな河床形状変化を生み出すというように、両者は密接に関連しあっている。したがって洪水時の河床形状を把握することは、非定常時の水理解析にとって特に重要な情報である。本研究は洪水時における河床形状とその変化を面的に計測する技術開発を行なうことで、非定常水理構造と河床抵抗変化の因果関係を実証・追及しようとするものである。

2. 河床計測技術の開発に至る経緯

筆者は平成 9 年から北海道胆振支庁の鶴川穂別橋地点で融雪及び夏期降雨による洪水観測を実施し、洪水時の非定常水理構造の把握を目的とした研究を行った¹⁾²⁾³⁾。ADCP2400kHz による鉛直流速分布及び河床高変化、そして浮遊砂 (bed material load) の濃度分布の時系列変化に着目して、河床波とこれらの水理構造変化について説明してきたが、直接河床波を計測出来なかったため、それを裏付ける決定的なデータが必要であった。

3. 河床波計測技術に関する研究

北海道における洪水時河床計測は昭和 61 年から平成 2 年にかけて石狩川・天塩川で木下ら⁴⁾の指導により行われた。使用した機器は音響測深機で、観測船のほか十字浮体及びラジコンボートである。また近年研究成果では上野⁵⁾が河床波の発達で知られる斐伊川で、十字浮体やラジコンボートによる河床波計測を広域的に行ない、規模の異なる 4 重階層構造の河床波の存在を実証しかつ乱流構造と非定常特性の解析を行なった。

4. 河床波測定装置の開発にあたっての留意点

計測機器及び動力による観測トラブルを避けるため、図-1 のようなロープワーク操作を基本とした。つまり十字浮体の自然流下計測方式と同様、計測機器を搭載した浮体を自然流下させロープで引戻す直接計測方式である。主な留意点は 水面波浪によるローリング・ピッチングの補正を行なうとともに、河床高を標高で取得する 計器の位置計測誤差及びデータのサブサンプリング・インターバルを最小限とし小規模河床波を捉える 突発的な洪水でも対応可能なようにコンパクトかつオールインワン装置とする 容易に計測できて計測方法に熟練を要さないこと 観測コストが安価であること。である。

5. 河床波測定装置の構造

装置の全景を図-3 に示す。浮体はポリプロピレン製の双胴船である。

舟の重量は架台を含めて約 11kg と軽量であり計算上 320kg までの搭載重量が可能である。搭載する計器部の重量は 19.5kg でありその内訳は、鉛蓄電池 11.5kg、計器 8kg である。浮体を含む総重量は 30.5kg

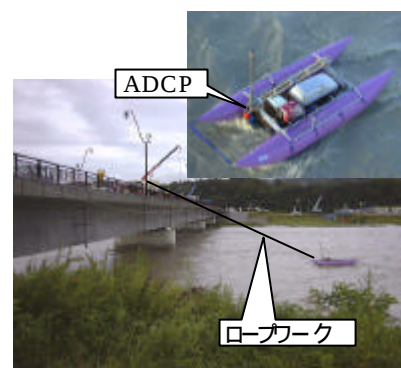


図-1 穂別橋地点の観測状況 (ADCP)

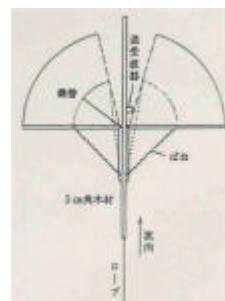


図-2 木下らによる十字浮体の構造

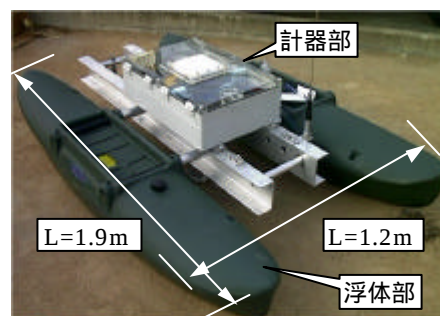


図-3 開土研型 河床波測定装置

キーワード：河床形状測定、河床波、非定常、河床粗度

連絡先：〒062 - 8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 開発土木研究所 河川研究室 011 - 841 - 1639

となっている。自然流下測定後のロープ巻取りについては、抵抗が大きいことから図-5 に示す片巻式ウインチを動力とした。面的に河床データを取得するには、必要に応じて河川横断方向に測線を設定し、縦断的に計測した後横断方向へ移動しながら計測することとなる。1 測線 100m 流下させた場合、巻取りを含めた測線あたりの所要時間は概ね 6 分である。次に洪水時は流速が早いいため本装置の安定性及びウインチの引上げ能力が重要な条件となる。図-6 は海洋で行なったモーターボートによる牽引試験である。モーターボートにロープを固定し最大 20 ノット（約 10m/sec）で牽引した。船外機の影響で表面波浪を受けたが特に問題なく計測できた。ここで使用した外モーターボートは径 5mm、引張強度 275kg である。ウインチの巻上げ能力は Max=1t であり能力としては充分であると考えている。本装置及び巻取り装置の機器構成及び規格を表-1、表-2 に示す。

6. 試験計測

潜水訓練用プールにおいてデータ検証実験を行った結果が図-7、吉野川阿波中央橋で試験観測を行った結果が図-8 であり横軸はともにデータ項目列である。検証実験プールは底が階段状で水深は正確に維持されおり、図-7 はそこを往復移動させたもので移動速度は任意である。図-8 の実河川試験観測では縦断方向 1 測線（流下距離 100m）のみ計測した結果である。

7. おわりに

本装置の開発後、道内では洪水が発生しなかったため本装置による洪水時計測は未経験である。開発過程では洪水時の流速負荷や水表面波浪及び流下物への対策について考慮しているが、今後は洪水時計測を重ね計測機能の実証及びデータの検証を行っていく必要がある。本装置は計測が容易で、かつ水面から測深する際に生ずる波浪の影響を排除し精度を追求することで、小規模河床波を計測する狙いがある。洪水時の河床波計測は重要な情報であると同時に極めて困難な計測である。本装置がその 1 手法として活用されることを望むものである。



図-5 ウインチ巻取り試験



図-6 モーターボートによる牽引試験

表-1 河床波測定装置の構成

構成機器	規格	仕様	精度	インターバル
音響測深機	TDM-9000	W=2kg、H<100m	$\pm 2\text{cm} \pm H/1000$	0.2sec
GPS	RTK - GPS	基地局別途	$XY \pm 1\text{cm}, Z \pm 2\text{cm}$	0.1sec
GPS 転送	省電力無線	L=1km	-	-
傾斜計	PMP-45-U	$\pm 4.5^\circ$	0.25°以下	0.8sec
データロガー	UN4	4チャンネル	-	-
バッテリー	鉛蓄電池	12V12A	-	-

表-2 巻取り装置の構成

構成機器	規格	仕様
片巻式ウインチ	REL-5524LB	24V31A550w, Max=1t, 巻上速度 15m・25m
架台	鉄製	
発動発電機	100V	
バッテリー	鉛蓄電池	24V
インバーター	AC100 → DC24V	1000KW

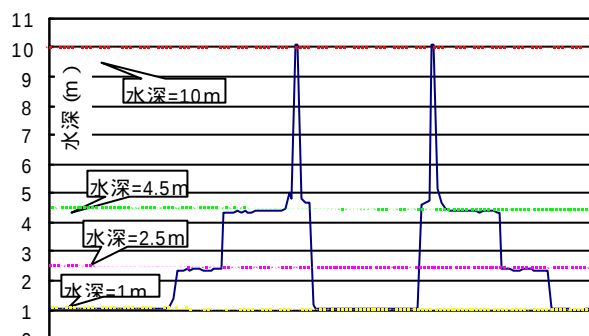


図-7 多段階水深プールでの検証結果

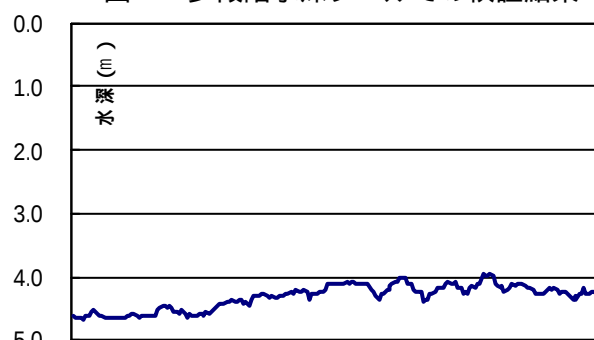


図-8 吉野川 阿波中央橋での試験観測

- 1) 喜澤一史他；洪水流における水利構造の変化について，土木学会第53 回年次学術講演会講演集， -327，1998.10
- 2) 喜澤一史他；水位変動の大きな洪水における水利構造の変化について，土木学会北海道支部論文報告集， -66，1999.2
- 3) 喜澤一史他；平成 11 年 鶴川洪水観測による水利特性と河床波の考察，土木学会第 55 回年次学術講演会講演集， -103，2000.9
- 4) 木下良作；洪水時の河床形態の変化，土木学会第 33 回水利講演会論文集，P439，1989.2
- 5) 上野鉄男；洪水時の乱流構造の非定常特性に関する研究，平成 7,8 年度 科学研究費研究成果報告書，1999