

第Ⅱ部門

山地部蛇行河川の洪水流に関する実験的検討

関西大学工学部 学生員 ○服部 和彦
 関西大学工学部 正会員 石垣 泰輔
 関西大学工学部 正会員 島田 広昭

関西大学工学部 山田 聡
 京都大学防災研究所 正会員 上野 鉄男

1. はじめに

日本は国土の約 70%が山地であり，その中を河川は蛇行しながら流れている．近年，気候変動の影響により局所的集中豪雨が増加しており山間部で被害が目立っている．山間部では都市部と違い河川改修が進んでおらず，このような地域に未曾有の豪雨が襲うと激甚な水害をもたらす．2004 年の福井豪雨災害では足羽川中流域において激甚な水害が発生した．災害後の足羽川中流域における様子を写真-1 に示す．上流側の平地では谷幅が広く平地を流れる洪水の水深は浅いが，下流側では谷幅が狭く洪水が集中し水深が深くなる．そのため，上流と下流の平地において被害状況が違ってくる．そこで，本研究では複断面蛇行水路を用いて高水敷の水深を変化させて，洪水時の流れの特徴を明らかにすることを目的とした．また写真-1 に示されるように谷の境界も蛇行していることから水路の谷境界を直線ではなく蛇行させてより山地部の形状に近い形を再現した．

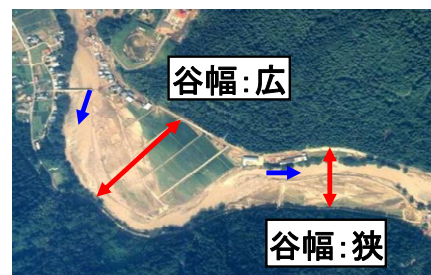


写真-1 福井豪雨災害後の航空写真

2. 実験概要

本実験に用いた複断面蛇行水路を図-1 に示す．全長 14.5m，水路勾配を 1/800 とし低水路および谷の境界の蛇行度 s (=蛇行水路長/蛇行波長) をそれぞれ 1.34 と 1.03 とした．また低水路幅を 0.2m，高水敷高さを 0.036m，谷幅を 0.8m とした．なお水路は固定床である．図-2 は測定部と横断面を表す．低水路を河道，高水敷を平地または農地とみなし山地部蛇行河川の形状を想定した．高水敷の水深変化の指標として相対水深 $Dr=(H-h)/H$ ，ここに H =低水路内水深， h =高水敷高さをを用いた．実験は低水路満水状態(Bankfull)と $Dr=0.17$ （高水敷の水深が浅い場合），0.31 および 0.45（高水敷の水深が深い場合）の 4 ケースを行い，表面流速を計測した．水理条件は表-1 に示す．表面流速は直径 0.08mm の塩化ビニルのトレーサーを測定部の上流側から水面に散布し，測定部直上に設置したデジタルビデオカメラにて撮影した．撮影した動画の中から 1 秒間 30 フレームの静止画を抽出し PIV(Particle Image Velocimetry)解析を行い，表面流速を求めた．

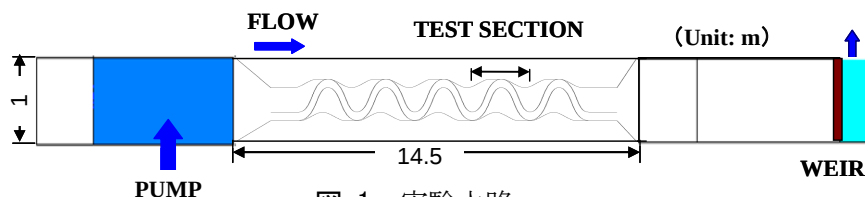


図-1 実験水路

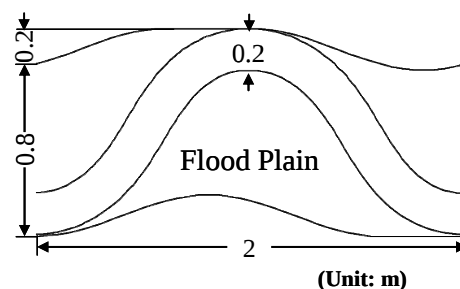


図-2 測定部

表-1 水理条件

Case	Discharge Q ($\times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)	Mean water depth (m)	Range of Relative depth	Mean Relative depth Dr
1	1.335	0.037	-	-
2	1.140	0.043	0.14~0.18	0.17
3	2.347	0.052	0.30~0.31	0.31
4	5.986	0.065	0.44~0.45	0.45

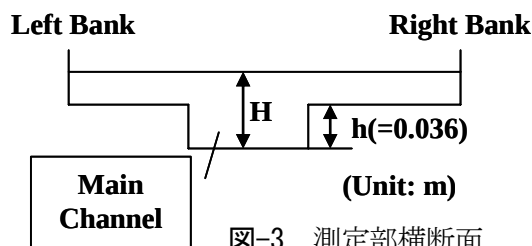


図-3 測定部横断面

3. 表面流況および考察

Kazuhiko HATTORI, Satoshi YAMADA, Taisuke ISHIGAKI, Tetsuo UENO and Hiroaki SHIMADA

図-3 にPIV解析により求めた表面流速分布図の結果を示す。表面流速は 0 から 20cm/s の範囲である。図より Bankfull と $Dr=0.17$ において、流れは低水路に沿った方向に流れていることがわかる。しかし、 $Dr=0.31$ になると流下方向は変化し直進する傾向があることがわかる。 $Dr=0.17$ においては高水敷の水深が浅いために、低水路内の流れが高水敷上の流れよりも卓越している。そのために、高水敷の流れが低水路上を横断する際に低水路内の影響を受け、Bankfullで示されるように低水路に沿った流れへと流下方向が変化したと考えられる。一方、 $Dr=0.31$ のように流量が増え高水敷の水深が深くなると、低水路内の流れより高水敷の流れのほうが卓越し流下方向を変えることなく直進方向に流下する傾向があることがわかる。このことは、武藤ら²⁾などによって行われた複断面蛇行流れに関する研究で $Dr=0.25\sim0.30$ になると流向が変化するということと同様の結果を示している。

谷の蛇行の影響に注目すると、谷の湾曲頂部の下流側で周囲よりも流速が遅い領域（後流域）が存在することがわかる。これは谷の湾曲頂部で流れが剥離し、その下流側の流速が不連続的に変化したためである。 $Dr=0.17$ では主流部は交差部（低水路直線部）から湾曲頂部に集まることから後流域は広いが、 $Dr=0.31$ になると主流部は谷幅全体に広がっていき後流域は狭くなっている。 $Dr=0.17, 0.31$ において、後流域はほぼ静止状態であるが $Dr=0.45$ になると後流域は存在するものの流速があることがわかり、 $Dr=0.45$ 以上になると洪水流は谷幅全谷に流れるようになる。

4. まとめ

本研究では、既存の研究と違い谷の蛇行を考慮した複断面蛇行水路を用いて実験を行った。その結果、既存の研究で行われた谷境界が直線である複断面蛇行開水路流れと比べると、流れの向きに関しては同様の傾向を示し $Dr=0.31$ 付近で水路に沿う流れから直進方向へと変化した。このことは、写真-1 の被害状況と同様の傾向を表しており、谷幅が広い平地では平地の水深が低くなり流れが交差部から湾曲頂部に集まるのに対し、谷幅が狭い平地では平地の水深が高くなり流れが谷幅全体に広がっている。これより、実験結果を用いて被害状況を検討することができるといえる。また、相違点として谷の湾曲の影響により湾曲頂部の下流側に後流域が存在し、谷境界付近の流速が遅くなることがわかった。本実験で使用した水路は固定床であり、洪水流を正確に再現できたとは言い難いが基礎的な流れの構造は把握できた。しかし、山地部における形状はより複雑であり河道幅が変化している場所で被害状況も変化している。そのため、一様低水路を用いるだけでなく水路幅を変化させた実験を行い本研究で求めた結果と照らし合わせることで、地形の違いがどのように流れの構造に影響を与えるのか検討する必要がある。

参考文献 1) 上野鉄男・石垣泰輔：足羽川山地流域における 2004 年水害について、京都大学防災研究所年報，第 48 号 B，pp657-671，2005。 2) 武藤裕則・塩野耕二・今本博健・石垣泰輔：複断面蛇行開水路流れの水理特性について(1)，京都大学防災研究所年報，第 38 号 B-2，pp561-579，1995。

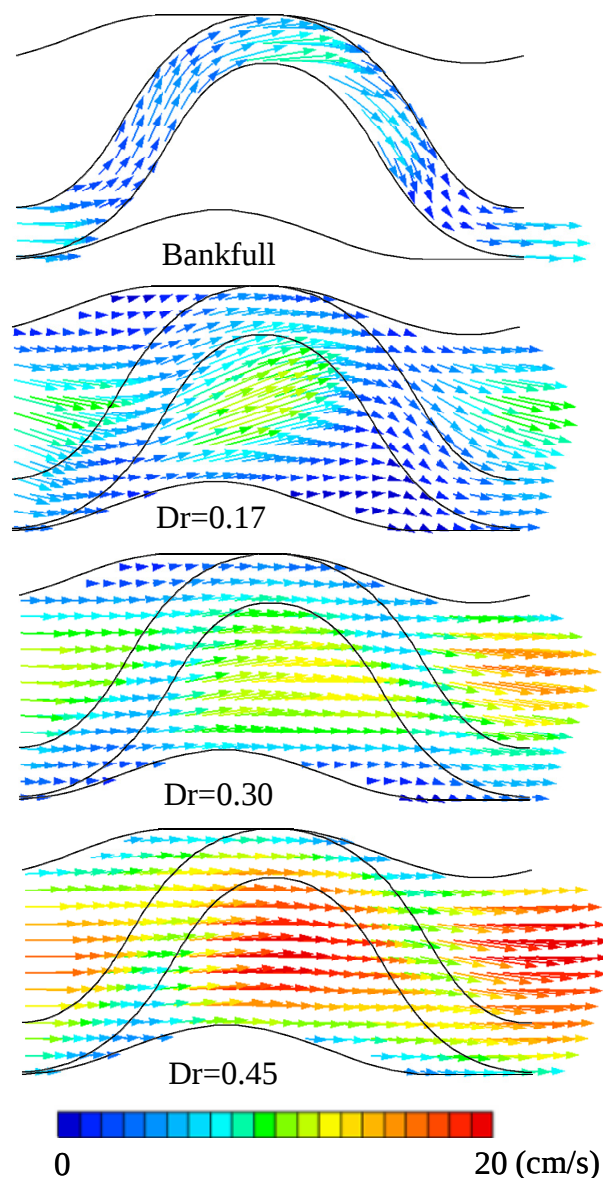


図-3 測定部における表面流速