

京都大学工学部
 京都大学大学院工学研究科
 京都大学大学院工学研究科
 京都大学大学院工学研究科

学生員 〇檀原義信
 正会員 岡本隆明
 学生員 鈴木隆太
 フェロー 戸田圭一

1. はじめに

近年、集中豪雨が増加傾向にあり、各地で氾濫被害が頻発している。橋梁の流木閉塞の研究や氾濫原家屋に作用する抗力の研究はみられるが、河道閉塞時の氾濫流の挙動や橋梁迂回流を対象とした研究はみられない。特に中小河川の水害は河川地形形状の影響を大きく受けるため、迂回流の経路、発生時間を予測することが難しく、迂回流対策が十分に実施されていないのが現状である。2012年宇治豪雨時には高水敷の低い左岸に迂回流が集中して、家屋が流出した(図-1)。そこで本研究では河川の地形を変化させ多様な条件下で実験することで、迂回流の発生条件を調べる。さらに、高水敷に家屋模型を設置し、家屋にかかる抗力を計測することで、橋梁迂回流の発生メカニズムと家屋の受ける抗力を洪水被害を軽減するという観点から評価し、再発防止に向けた予測、対策の検討を行う。

2. 実験手法および水理条件

図-2に実験装置図を示す。実験には長さ10m、幅40cm、高さ50cmの変可勾配水路を用いた。x, yおよびzは、それぞれ流下方向、鉛直方向および横断方向である。x=0は河道閉塞部の流下方向位置、鉛直方向原点y=0は上流側高水敷底面、横断方向原点z=0は右岸側の水路壁とした。U, VおよびWは各方向における時間平均流速を示す。高水敷模型(塩ビ製)を水路両側に設置、低水路には幅20cm高さ15cmの穴あきアルミ板(穴径3mm)と橋模型を設置し、流木による中小河川の河道閉塞状態を再現した。流下方向の橋模型(河道閉塞部)の位置は水路上流端から4mの位置である。低水路幅は $B_m=20\text{cm}$ 、左岸側と右岸側の高水敷幅は $B_f=10\text{cm}$ である。図-2(b)に示すように右岸側の高水敷高さは $D_R=10\text{cm}$ で流下方向に同様とした。これに対して、左岸側の高水敷高さは河道閉塞部より上流側では $D_{L1}=10\text{cm}$ で流下方向に同様であるが、河道閉塞部より下流側では高水敷高さ D_{L2} を変化させた($D_{L2}=10\text{cm}, 8\text{cm}$)。左岸側の高水敷高さを変化させたケースでは主流方向に勾配をもつスロープ(スロープの流下方向長さは $L=20\text{cm}$)を設置した。

本研究では橋梁を迂回する氾濫流について詳細に調べるために水平面PIV(x-z面)と鉛直面PIV(x-y面)を導入した。水平面PIVでは図-2(a)に示すように、3Wのアルゴンイオンレーザーを用いて厚さ2mmのレーザーライトシート(LLS)を、水路側面か

表-1 水理条件

	Before a flood								After the river is blocked	
	$D_0(\text{cm})$	$D_{L1}(\text{cm})$	$D_{L2}(\text{cm})$	$Q(\text{ls})$	$U_{\text{main}}(\text{cm/s})$	$H_{\text{main}}(\text{cm})$	H_{main}/D_{L2}	Fr_m	A_f/A	$H_f(\text{cm})$
CaseR10L10	10.0	10.0	10.0	5.1	38.0	6.8	0.68	0.47	0.91	4.9
CaseR10L8	10.0	10.0	8.0	5.1	38.0	6.8	0.85	0.47	0.91	4.5
CaseQ1-1									0.49	0.0
CaseQ1-2									0.56	0.0
CaseQ1-3									0.65	0.0
CaseQ1-4	10.0	10.0	8.0	4.2	38.0	5.5	0.69	0.52	0.74	1.1
CaseQ1-5									0.84	1.8
CaseQ1-6									0.91	2.5
CaseQ2-1									0.49	0.0
CaseQ2-2									0.56	0.0
CaseQ2-3									0.65	1.1
CaseQ2-4	10.0	10.0	8.0	5.1	38.0	6.8	0.85	0.47	0.74	2.1
CaseQ2-5									0.84	3.3
CaseQ2-6									0.91	4.5
CaseQ3-1									0.49	0.0
CaseQ3-2									0.56	0.5
CaseQ3-3									0.65	1.7
CaseQ3-4	10.0	10.0	8.0	7.0	46.0	7.5	0.94	0.54	0.74	2.5
CaseQ3-5									0.84	3.8
CaseQ3-6									0.91	4.9



図-1 迂回氾濫流の発生による家屋の流出(2012年宇治市志津川)

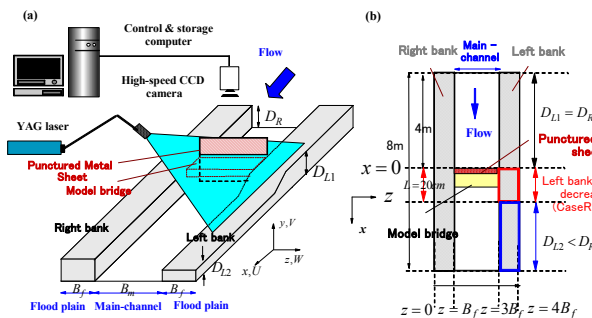


図-2 迂回氾濫流の水平面PIV計測システム

ら水路底面付近に対して平行に照射した。水路上方と水路側方から高速カメラで撮影し、流速ベクトルを算出した。

迂回流発生時の高水敷(氾濫原)家屋に作用する抗力を計測した。図-3に示すように左岸と右岸の高水敷に家屋を模した柱状物体(6cm×6cm×6cm)を設置し、デジタルプッシュプルゲージ(1/1000N)を用いて、迂回流によって高水敷家屋に作用する抗力を120秒間計測した。表-1に水理条件を示す。

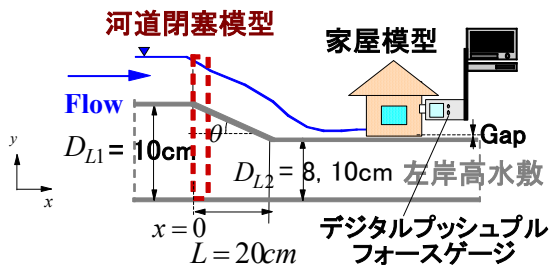


図-3 氾濫原家屋にかかる抗力計測装置

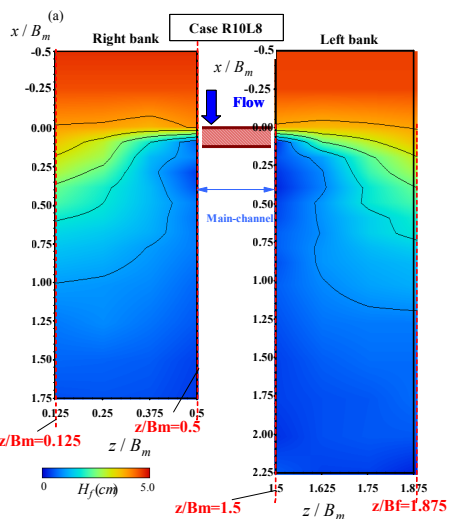


図-4 迂回流発生時の氾濫流水深水平面コンター

3. 実験結果

中小河川河道閉塞時の洪水氾濫危険区域について調べるために、図-4にCaseR10L8の迂回流発生時の氾濫流水深 H_R, H_L の水平面コンターを示す。河道閉塞部の近傍($x/B_m=0.0-0.5$)では水深の横断方向変化が大きい。すなわち、河道閉塞部を迂回する流れが発生しているため、氾濫原の低水路に接している領域($z/B_m=0.375-0.5, 1.5-1.625$)の水深が小さくなっている。これは氾濫流が氾濫原から低水路に流れ込むためである。氾濫原高きの低い左岸側に氾濫流が集中するため、左岸側の氾濫流水深が大きくなり、洪水氾濫危険区域も大きくなっている($x/B_m=0.0-2.5$)。

PIV 計測結果を用いて河川の地形形状が大きく変化する流れ場での氾濫流の挙動について調べる。図-5にCaseR10L8(左岸と右岸の高低差有り)の時間平均主流速 U の水平面($x-z$ 平面)コンターと時間平均流速ベクトル(U, W)を示す。左岸と右岸で迂回流の強さに大きな差がみられた。図から左岸側の $x/B_m > 0$ の領域で橋梁迂回流の主流速 U が増加している。右岸側では迂回氾濫流の主流速 U が左岸側に比べて小さい。これらの結果から橋梁迂回流は河川形状の影響を大きく受け、高水敷高きの低い区域に氾濫流が集中することがわかった。

図-6に迂回流発生時にCaseR10L8の左岸と右岸氾

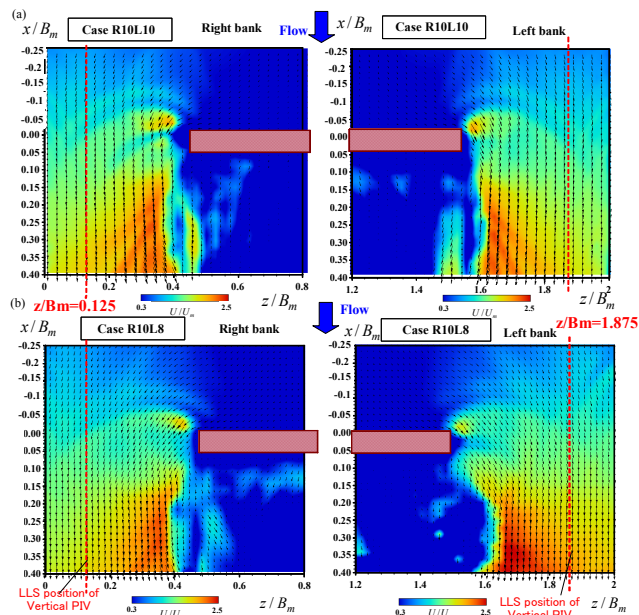


図-5 迂回流発生時の主流速水平面コンター (a) CaseR10L10, (b) CaseR10L8

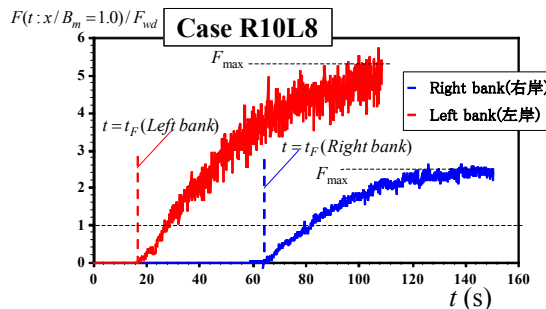


図-6 氾濫原家屋にかかる抗力の時系列データ

氾濫原家屋($x/B_m=1.0$)にかかる抗力 $F(N)$ の時系列データを示す。抗力値は木造家屋の破壊基準値 F_{wd} で無次元化している。通水状態で河道閉塞模型を設置する時間を $t=0s$ とした。氾濫原家屋に抗力が作用し始める時間は左岸側で $t_{F(left\ bank)}=16.6s$ 、右岸側で $t_{F(right\ bank)}=58.6s$ で大きな差がみられる。家屋にかかる抗力 F が木造家屋の破壊基準値 F_{wd} を超える時間は左岸側で $t_{(left\ bank)}=28.0s$ 、右岸側 $t_{(right\ bank)}=79.0s$ となった。

4. おわりに

橋梁迂回流は氾濫原地形形状の影響を大きく受けることがわかった。すなわち、左岸と右岸に高低差がある場合は低い方の氾濫原に迂回流が集中するため、迂回流の流速が非常に大きくなり、短時間での家屋流出の危険が大きい。

参考文献

- 1) 竹林洋史, 平石哲也, 戸田圭一, 中川一, 張浩, 東良慶 (2012): 2012年8月宇治水害調査速報, 自然災害科学 *J.JSNDS*, Vol. 31-3, pp.233-pp.244