

都市河川洪水流の流速鉛直構造に関する高解像度 ADCP 調査

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 ○酒井 雄弘
東京理科大学理工学部土木工学科 正会員 二瓶 泰雄

1. 序論

都市河川流域の防災・環境管理上の観点から、都市河川における洪水流の水利特性を明らかにすることは重要である。都市河川における洪水流特性は、アスペクト比（＝水路幅／水深）や非定常性、植生等による粗度の影響を受けるため、大河川とは大きく異なる要素を含んでいる。都市河川洪水流に関する研究の多くは室内実験に基づいて行われており¹⁾、現地調査をベースとしている研究は大河川と比べると多くなく、特に、流量評価時に必要となる流速の鉛直構造に関する知見は極めて少ない²⁾。そこで本研究では、都市河川洪水流調査への適用例が少ない高解像度超音波ドップラー流速分布計（以下、HR-ADCP と呼ぶ）を用いて、洪水流の鉛直構造に関する現地観測を実施した。得られた観測データの中から6つの洪水時のデータを抽出し、増水期と減水期における流速鉛直分布の実態を把握することを試みる。

2. 現地観測の概要

観測サイトは、千葉県手賀沼に流入する都市河川の大堀川下流部（呼塚橋）であり、この低水路右岸側河床部に HR-ADCP（WorkHorse ADCP Sentinel 1200kHz, RD 社製）を設置した（図-1）。設置方法や測定モードの設定は二瓶ら²⁾と同様である。この河川は複断面構造であり、平常時には川幅約20m、水深0.4～0.6mであるのに対して、降雨時には川幅約30～40m、水深1.0～2.0mとなり、また、右岸側高水敷には植生が繁茂する。観測は2003年に2回（7/31～8/6, 9/19～29）、2004年に3回（5/19～25, 6/2～14, 11/8～17）にわたり行われた。これらの期間中、6つの明確な洪水イベントが確認されており、その概況を表-1に示す。この表中の α は洪水流の非定常性の大きさを表す無次元パラメータであり、次式で定義される¹⁾。

$$\alpha = \frac{1}{U_c} \frac{\Delta h}{T_d} \quad (1)$$

ここで、図-2に示すように、 Δh は水位上昇量、 T_d は洪水開始から水位ピークまでの時間を表す。また、 U_c は平常時と水位ピーク時における水深平均流速値の平均である。また、ADCPと一緒に、自記式測器（Diver, Eijkelkamp 社製）を設置して水位を連続計測した。

3. 観測結果と考察

都市河川洪水流の流速鉛直構造に関する基本的な特徴を抽出するために、同一水位条件下での増水期と減水期における流速鉛直分布を図-3に示す。ここでは、6つの洪水の中で非定常性が2番目に大きいイベントに対して、図-2(a)中のA, B, Cの時点における

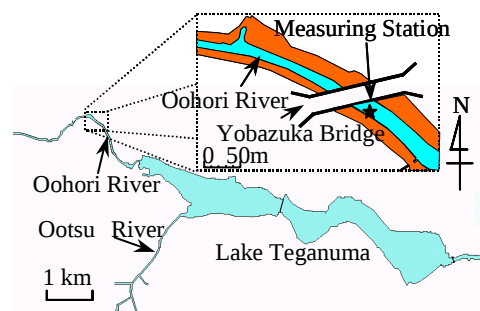
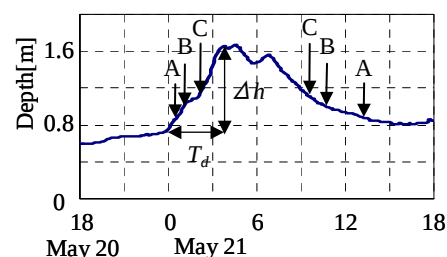
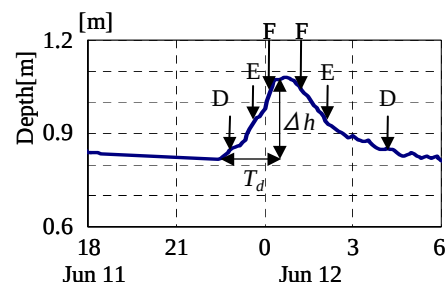


図-1 観測地点



(a) イベント



(b) イベント

図-2 洪水時における水位変動の例

表-1 各洪水イベントの概況

Event	期間	α	総雨量[mm]
1	2003/8/5～6	22.1×10^{-3}	78
2	2003/9/20～21	$1.02 \sim 3.15 \times 10^{-3}$	109
3	2004/5/20～21	3.97×10^{-3}	62
4	2004/6/11～12	1.70×10^{-3}	21
5	2004/11/12	$1.74 \sim 2.50 \times 10^{-3}$	29
6	2004/11/15	2.55×10^{-3}	24

キーワード：ADCP, 流速鉛直分布, 洪水流, 非定常性, 都市河川

連絡先：郵便番号 278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL: 04-7124-1501 (内線 4069) FAX: 04-7123-9766

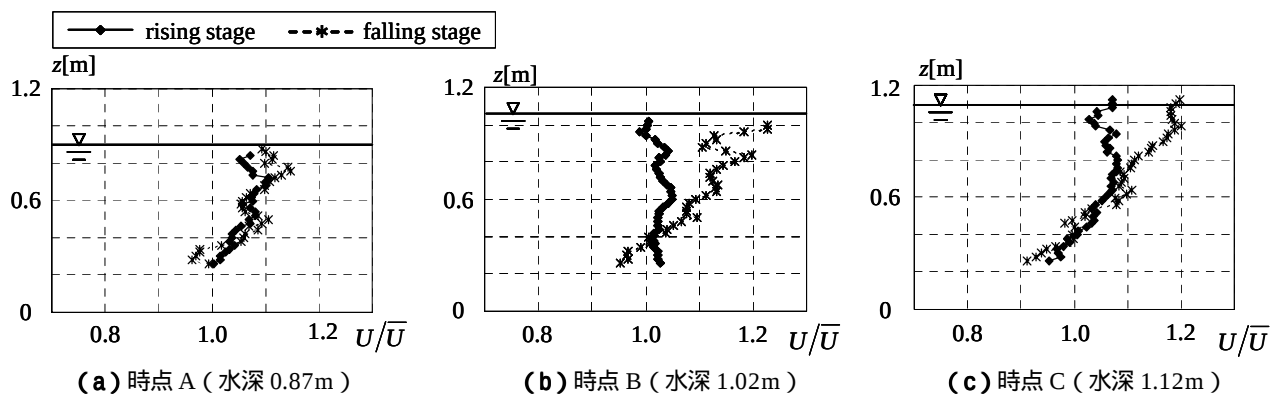


図 - 3 イベント における増水期と減水期の流速鉛直分布

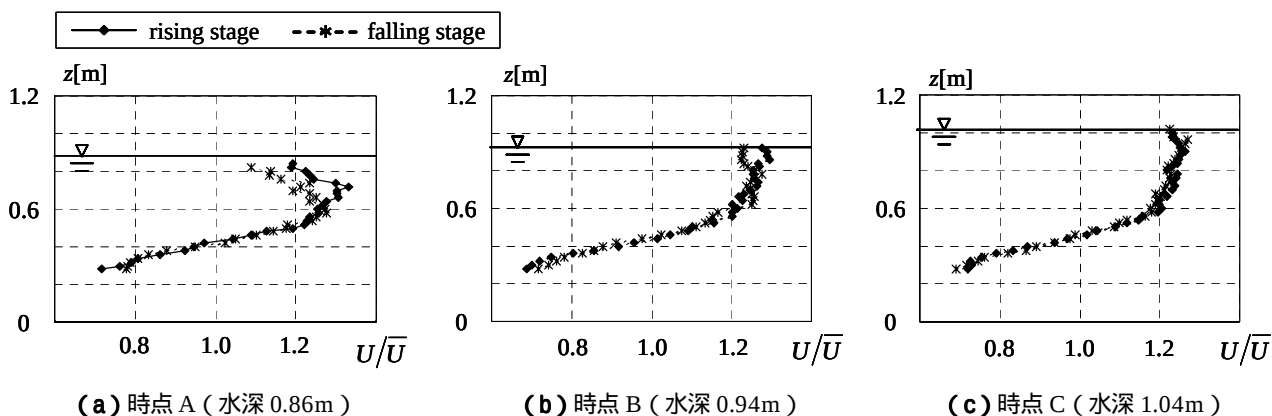


図 - 4 イベント における増水期と減水期の流速鉛直分布

流速 U をそこでの水深平均流速 $\bar{U}$ で無次元化して表示している．なお、図 - 2 中の水深は ADCP 設置場所の水深であり、水深が約 1.0m を越えると高水敷が冠水する．この図より、高水敷が冠水していない時点 A では、増水期と減水期の流速鉛直分布は概ね一致する．一方、高水敷が冠水している時点 B と C では、増水期においては流速分布が切り立ち鉛直一様化しているのに対して、減水期では流速分布は鉛直方向に傾いた分布形となっており、同一水位でも増水期と減水期では流速鉛直分布が大きく異なっている．詳細に見ると、減水期ではどの時間においても流速分布形状は概ね類似しているのに対して、増水期では水深が相対的に小さい時点 B では水深全体にわたり鉛直一様化しているものの、相対的に水深が大きい時点 C では表層部分のみが鉛直一様化しており、増水期の中でも鉛直分布形状が変化している．

次に、非定常性が相対的に小さい洪水イベント 中の増水期と減水期における流速鉛直分布を図 - 4 に示す．ここでは、図 - 2 (b) に示す 3 つの時点 (D, E, F) の結果を図示している．これを見ると、3 つの時点ともに、増水期と減水期における流速鉛直分布には明確な差異は見られない．また、この洪水イベントにおける流速鉛直分布の形状としては、イベント の減水期と比べても、より鉛直方向に傾いていることがうかがえる．

両者の結果をまとめると、非定常性が小さい場合には、増水期と減水期の流速鉛直分布には差は見られず、その傾向は高水敷が冠水しても変化していない．一方、非定常性が相対的に大きい場合には、高水敷が冠水する前までは増水期と減水期の流速分布には顕著な差は見られないものの、高水敷冠水後から両者の差が生じている．他の洪水イベントにおいても、類似した傾向が確認されている．以上より、都市河川洪水流では、非定常性が大きく ($\alpha > 4 \times 10^{-5}$)、かつ、高水敷が冠水する水深条件下では、増水期と減水期の流速鉛直構造が変化するものと考えられる．なお、イベント における非定常パラメータ α は 4×10^{-5} であり、室内実験結果から弱い非定常流と見なせるが¹⁾、室内実験では見られない増水期と減水期の流速鉛直構造の違いが現れている．

4. 結論

HR-ADCP を用いた都市河川洪水流調査を行った結果、増水期と減水期の流速鉛直分布の違いが顕著になるのは、非定常性が大きく、かつ高水敷が冠水する、という条件が重なるときであり、室内実験とは大きく異なる結果が得られた．

参考文献

1) Nezu, I., Kadota, A., Nakagawa, H.: *J. Hydraul. Eng.*, Vol.123, No.9, 1997 .2) 二瓶, 飯田, 佐藤: 水工学論文集, Vol.49, 2004 .