

II-167 洪水の増水期と減水期の乱れ特性の基礎実験的研究

中央大学理工学部 正会員 林 泰造
中央大学理工学部 学生員 ○大島正憲

1.はじめに 洪水時の大規模乱れ構造の研究は、最近いくつかの実験室で活発になされている。しかし、それらの殆どは洪水時のピーク流量に相当する流量を定常的に流した場合のものであって、洪水の非定常性を取り入れての実験、乱れ計測は未だ殆ど行われていなかったようにおもわれる。本研究では、洪水の非定常性を実物と相似の形で実験に取り入れ、洪水に相当する1周期の非定常流を流して乱流計測を行って、増水期と減水期の乱れ特性の相違を明らかにすることを目的とし、実験研究を行った。

2.実験装置及び実験方法 実験に用いた水路は全長19.0m、幅40.0cmの循環式可変勾配水路で、上流端より8.75mの所から図-1に示すような複列3次元正弦波形5波長分を設置してある。この河床波の主流方向及び横断方向の波長はそれぞれ $L=115\text{cm}$ 、 $L_b=B/3=13.3\text{cm}$ 、波形の全振幅は $2\eta_0=1.68\text{cm}$ である。河床波の上流側、下流側はアルミ板を設置し滑面平坦床となっている。循環管路には流量を調節するバルブを設置し、これをサーボ駆動装置により遠隔操作を行う。洪水波の非定常性は、林(1951)による無次元パラメーター $\sigma=\sqrt{H_p/g/l}$ の値を実物値の範囲と一致させることにより相似性を合わせた。但し、 $H_p=\sigma^2 h/\alpha t^2$ 。本実験における水理条件は表-1に示される。乱流計測は図-1中に示すA、B两点を通る鉛直線上で平均河床高より1.44cm(ベース・フロー水深の1/2)上方の点を測点として、主流方向成分U、鉛直方向成分Vを測定し、同時に容量式波高計により水面形を記録する。洪水波の周期は4分とし、波高形の電圧が元に戻るまで(約6分30秒)データレコーダーに記録した。

3.非定常流のデータ解析方法 記録したデータを変動量解析装置によりサンプリング周波数200Hzで360秒のA/D変換を連続して行い、大型電子計算機により統計処理を行った。乱れ変動流速の分離法においては、重み無し移動平均法を用い、次のように分離した。

$$\left. \begin{aligned} U &= \langle U \rangle + u' \\ V &= \quad \quad \quad v' \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

但し、 $\langle U \rangle$: 移動平均流速、 u' : 乱れによる変動量、 v' も同様。また波高の最大値をピークとしてそこで配列変換を行い、増水期と減水期に分割して解析を行った。

4.実験結果及び考察 以下に示す図は測点Aのものである。図-2(a)~(e)は計測量の信号を時系列で示したものである。また(f)は、Lu-Willmarthによる四象限区分しきい値法により、主流方向のしきい値を $\langle U \rangle$ 、鉛直方向のしきい値を0として、Ejection、Sweep事象の生起分布を時系列で示したものである。次に、図-3(a)、(b)、(c)及び(d)は、洪水の1サイクルにおける、 $\langle U \rangle/U_p$ 、 $\sqrt{u'^2}$ 、 $\sqrt{v'^2}$ 及び $-\overline{u'v'}$ それぞれの値の変化を示したものである。同図(a)において、同一水深における洪水の増水期と減水期の流速を比較すると、確かに増水期の方が大きくなっているこ

表-1 水理条件

河床勾配	$I = 1/2,300$
エネルギー勾配	$I_e = 1/4,744$
<ベース・フロー>	
水深	$H_b = 2.87\text{cm}$
流量	$Q_b = 2.24 \ell/\text{sec}$
断面平均流速	$U_{mb} = 19.52\text{cm}/\text{sec}$
フルード数	$F_{rb} = 0.368$
レイノルズ数	$Re_b = 3,356$
摩擦速度	$U_*b = 0.77\text{cm}/\text{sec}$
<ピーク・フロー>	
水深	$H_p = 5.12\text{cm}$
流量	$Q_p = 7.78 \ell/\text{sec}$
断面平均流速	$U_{mp} = 38.28\text{cm}/\text{sec}$
フルード数	$F_{rp} = 0.540$
レイノルズ数	$Re_p = 13,332$
摩擦速度	$U_*p = 1.03\text{cm}/\text{sec}$
	$H_p = -6.78 \times 10^{-6} \text{m}/\text{sec}^2 \quad \sigma = 2.04$

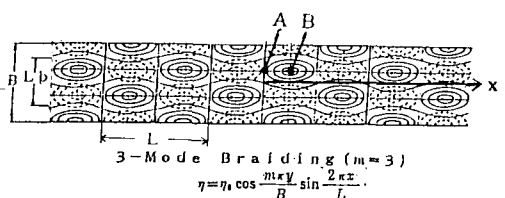


図-1 三次元複列正弦波床板

とが認められ、水位のピークの出現より以前に、流速、従って流量のピークが現れるという従来の見解が確かめられた。同様の大小関係は、同図(b)にも認められ主流方向の乱れ強度についても認められる。しかし、新たに興味があるのは同図(d)に示されるレイノルズ応力である。増水期のレイノルズ応力は、減水期のレイノルズ応力に比べて2倍近くも大きく、その差は歴然としており、洪水流の非定常性の差は最もレイノルズ応力においてははっきりと現れるのであることがこれにより認められる。増水期のボイルや湧き上がりのような乱れの状況、それに反して減水期に入ると俄に活気が衰え、タランとした流れになるのはこの理由により説明されるものと思われる。

4.おわりに 本研究において、洪水流の増水期と減水期とでは、増水期の方が大きな乱れを持つことを明らかにした。また洪水流の非定常性の差は、レイノルズ応力について顕著に見られることがわかった。今後は、さらに実験を重ね乱れ成分についての解析を進め、非定常確率過程やパワースペクトルなども研究してゆき、増水期と減水期の相違について検討を重ねてゆきたい。尚、本研究を遂行するに当たり、文部省科学研究費自然災害特別研究「沖積地河川における洪水流の制御と治水安全度の向上に関する研究」(代表研究者・北海道大学岸 力教授)の補助をうけた。記して謝意を表す。また、実験解析に協力された、当時中央大学大学院南橋文二(現榊NTT)、岩下善一郎(現榊鹿島建設)の両氏にも深甚なる謝意を表す。

<引用文献> 林 泰造, Mathematical theory of flood waves, Proc.1st Japan Nat. Congr.for App. Mech., 1951,p432.

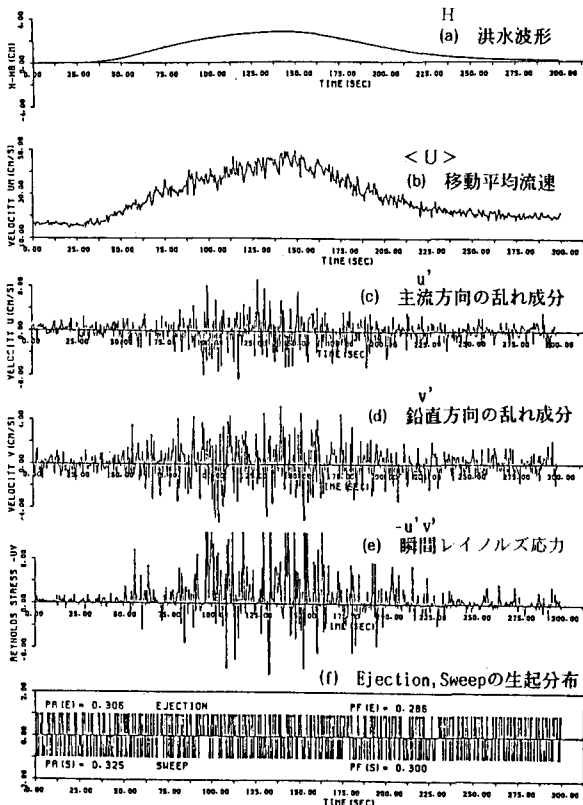


図-2

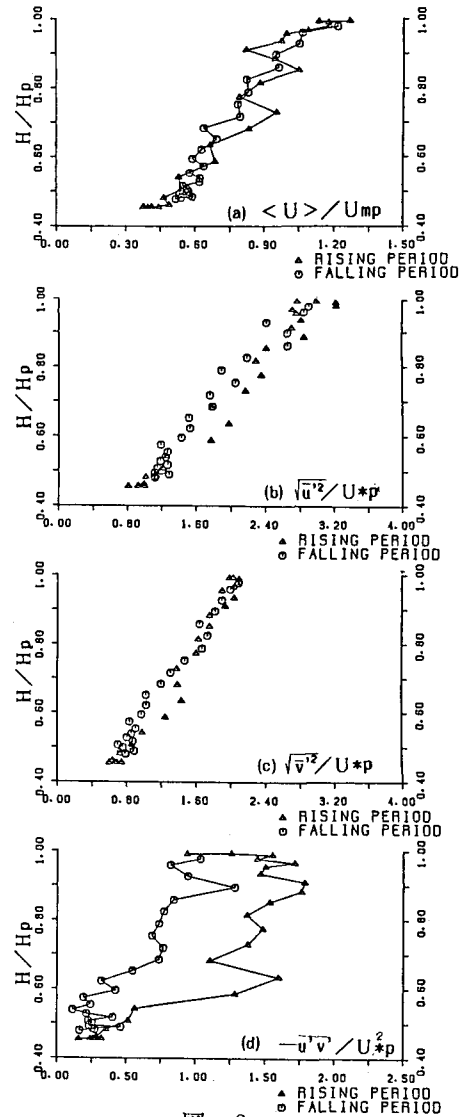


図-3