

II-352

非定常開水路流れの乱流構造に関する研究

京都大学大学院 学生員 越智 厚
鹿島建設 正員 藤井 信宏

京都大学工学部 正員 禰津 家久

1. まえがき 洪水時の実河川の乱流構造を明らかにするためには、まず、実験室水路での非定常流れの乱流構造を解明することが必要であり、工学的に非常に重要な課題である。本研究は、滑面上における非定常流れの乱流構造を、高精度な実験を通じて解析し、その特性を調べる。

2. 実験方法 滑面上に非定常流を発生させ、波高計とレーザー流速計の同時計測を

行った。図中の ΔT は増水及び減水時間を示し、本研究では1分、3分及び7分の3パターンの実験を行った。実験水路は、長さ10m、幅40cmの変勾配水路を用い、コンピュータ制御された電磁流量バルブによって流量が自動調節された。実験条件を表-1に示す。流量の決定に際し、高橋¹⁾の提案した非定常性を表すパラメータ $\lambda = (h_m - h_b) / (i g h_m T_D)$ を洪水時と同程度になるようにした。(本実験では $\lambda = 0.03 \sim 0.16$)

ここで h_m はピーク水深、 h_b はbase flowの水深で $h_b = 7\text{cm}$ 、 i は水路勾配、 T_D は水深変動の継続時間を表す。点計測実験によって得られた瞬間値データは、周波数領域法(波のフーリエ級数の項数は7)を用いて平均流速とした。

3. 実験結果及び考察 実験によって得られた水深変化、平均流速、乱れ強度およびレイノルズ応力分布の時間的な変化から、増水期及び減水期についてそれぞれの特徴を調べる。まず、水深が変化し始めてからピークを迎えるまでの時間を T_{max} とし、水深変化の応答遅れ $T_L = T_{max} - \Delta T$ と λ との関係

を図-1に示す。この図から、非定常性

が大きいほど、水深変化の応答遅れが大きくなることがわかる。平均流速の無次元化された分布形の時間変化には大きな変化は見られず、定常流と同様に対数則がほぼ成立した。この対数則から、摩擦速度 U_* を決定し、乱れ強度分布を無次元表示したものが図-2である。図から明らかに定常流で得られた普遍関数式が概ね満足しており、非定常性は U_* の変化に吸収されてしまうようである。しかし、 u' (流下方向成分)と v' (鉛直成分)では u' のほうが普遍分布式からのずれが大きく、非定常性の影響が v' より強く現れている。

case	$Q_b(1/s)$	$Q_p(1/s)$	$\Delta T(s)$	λ
LFT11	1.8	3.2	60	0.07
LFT12	(Fr=0.07)	(Fr=0.14)	180	0.02
LFT21	8.4	16.8	60	0.16
LFT22	(Fr=0.36)	(Fr=0.51)	180	0.06
LFT23			420	0.03

表-1 実験条件表

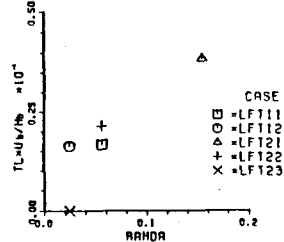


図-1 水深変化の応答遅れ

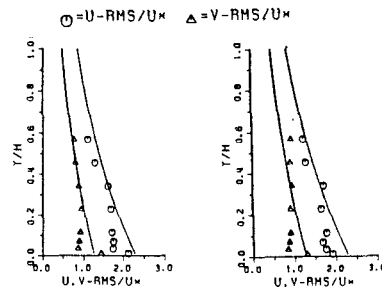


図-2 乱れ強度分布[増水期(左)と減水期(右)]

また、Reynolds応力については、データのばらつきが大きいものの、比較的明瞭に非定常性の効果がみられた。この場合も変化特性は、乱れ強度の変化と似た傾向を示した。次に、水深変化をパラメータとして平均流速、乱れ強度およびReynolds応力の変化を図-3に示す。

この図では、外部変数 U_{max} （最大流速）で無次元化してある。いずれも同一水深において、増水期の方が減水期よりも大きな値となっており、概ね反時計回りのループを描いている事が大きな特徴である。これは実際の洪水特性とよく一致している。

乱れ強度について、増水期と減水期での比を図-4に示す。非定常性が大きい

ほどその差が大きく、増水期の方が乱れが大きいことがわかる。以上より、本研究のように洪水流を模擬した非定常性の小さな流れ（ $\lambda \ll 1$ ）においては、自由水面の変化が圧力解放により非定常性を緩和し、相似な分布形を維持しようと働いているものと考えられる。しかし、水深変化の応答が遅れるため、平均流速、乱れ強度及びReynolds応力のいずれに関しても、同一水深において増水期の方が減水期よりも大きいという注目すべき結果が得られた。

4. あとがき 非定常性の小さな非定常流において水理諸量の変化を調べることで、非定常の乱流構造を解明しようとした。しかし、計測区間を挟んでの水面勾配の変化は計測しておらず、今後、非定常効果と水面勾配の関係やそれらの乱流構造に及ぼす影響を系統的に研究して行きたい。

<参考文献> 1) 高橋 保(1968): 一様水路の不定流, 京大防災研年報, 515-527

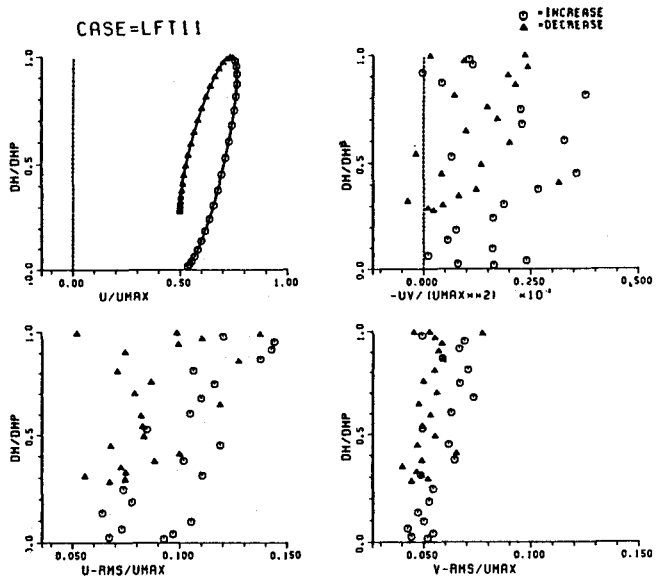


図-3 水深変化と平均流速、乱れ強度及びReynolds応力

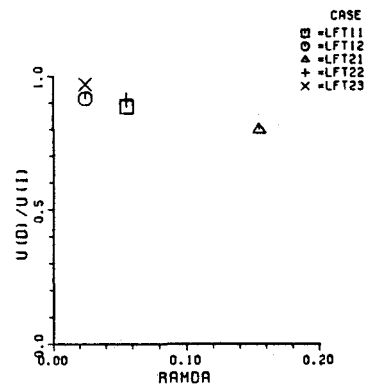


図-4 乱れ強度 u' の増水期と減水期の比