

非定常開水路流れの構造に関する研究

京都大学工学部 正員 中川 博次
 中部電力 正員 川上 康博

京都大学工学部 正員 村上 正吾
 京都大学大学院 学生員 長谷川 昌明

1. はじめに 開水路定常流に関する研究は従来より多くなされている。しかし、我々の対象とする実河川は刻一刻とその流量、形状が変化している。本研究では、粗面上の非定常開水路で実験を行い、その流れ構造を明らかにした。

2. 実験概要 本研究では全長12(m)、幅50(cm)の鋼製可変勾配直線水路を用いて実験を行った。パーソナルコンピュータで制御された電磁流量バルブにより流量の制御を行い、hot-film流速計と波高計による同時計測を行った。一定な水位の時間変化率 $\partial t / \partial t$ が得られ、また非定常性が及ぼす影響を流れの初期状態に応じて得るために、ハイドログラフは等流をbase flowとした単調増水、単調減水とした。実験条件は水路勾配

:1=1/500, 1/1000, 1/1500

の3通り、周期: $\Delta t=30$ (s), 60(s)の2通り、base

flowの水深: $h_0=4\sim 8$ (cm)

平均流速 $u_0=30\sim 50$ (cm),

Froude数: $Fr_0=0.4\sim 0.6$,

無次元水位変化率 $\beta=$

$(\phi_0 / Fr_0)^2 / u_0 \cdot (dh/dt) =$

$-3.0\sim 6.0$ である(添え字

0はbase flowの値を示す)

。粗度としては比重2.50,

粒径0.2(cm)の砂を用いた

平均値は2秒間の移動平均

したものを一測点の測定

回数(3回)でアンサンブル

平均して決定し、

乱れ強度やレイノルズ応

力も同様の方法を用いて

決定した。

3. 実験結果及び考察

平均流速分布については、

底面付近において対数則

が成立している。本研究

では、対数則によって求

めた摩擦速度 u_{*b} を用いて

議論を進めることとする。

また外部層においては

いわゆるwakeが見られ、そ

の強度を表すパラメータ

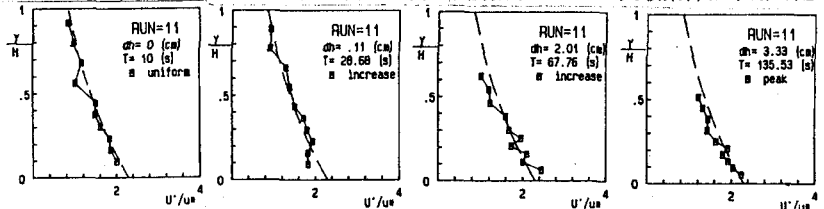


図-1(a) 普通関数表示された乱れ強度($\sqrt{u'^2}$)の時間変化(増水期)

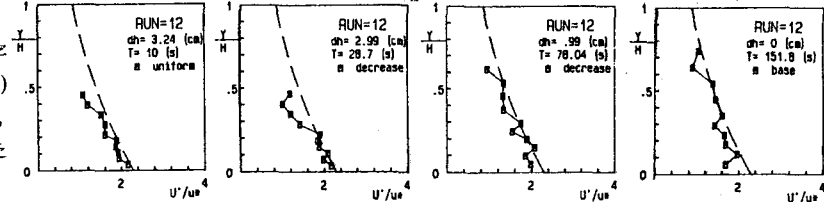


図-1(b) 普通関数表示された乱れ強度($\sqrt{u'^2}$)の時間変化(減水期)

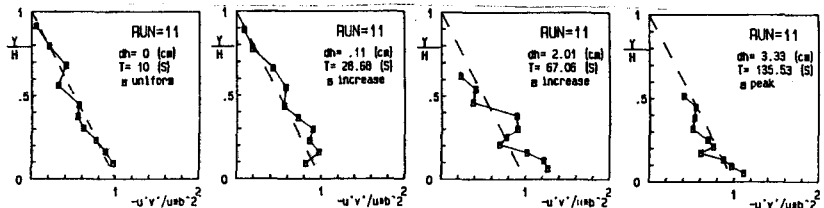


図-2(a) レイノルズ応力分布の時間変化(増水期)

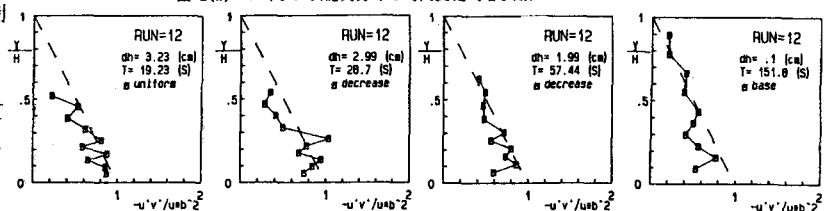


図-2(b) レイノルズ応力分布の時間変化(減水期)

Hiroji NAKAGAWA, Shogo MURAKAMI, Yasuhiro KAWAKAMI, Masaaki HASEGAWA

$\Pi(t)$ は増水期に等流状態より大きくなり減水期には小さくなる。また図-1(a),(b)は $u \cdot v$ で無次元化された乱れ強度分布の時間変化を示したものである。図中の点線は瀬津¹⁾によって提案されている等流時の乱れ強度の普遍分布式であるが、非定常流れに対しても十分な適応性があることが確認された。さらに、図-2(a),(b)は $u \cdot v^2$ で基準化したレイノルズ応力分布の時間変化である。これによると、増水期においてはレイノルズ応力分布は底面付近でひずんでおり、張り出した形状を示している。また底面近傍より上の測点において、上に凸の分布となっている。逆に減水期においては下に凸の分布となっており、富永ら²⁾の指摘と定性的に一致している。スペクトルの計算については少ないデータでも優れた演算能力を有するMEM法を用いた。データ数は400、サンプリング周波数は200Hzである。各時間におけるスペクトルを等流時のそれで除したものが図-3(a),(b)である。水深の増加と共に高周波成分が増加し、減水期では逆に高周波成分が減少していく。すなわち、増水期に乱れの生成が促進され、減水期には抑制されているものと想像される。低周波成分についてはサンプリングが2秒間のデータを対象としているため、

定性的な評価は難しい。ここで、周波数スペクトルのj次モーメントとして $M_j = \int f^j S(f) df$ を定義する。ここで M_0/M_1 は平均周期を $(M_0/M_2)^{1/2}$ は平均交差時間を表し、さらに $q_n = (1 - M_1^2/M_0M_2)^{1/2}$ は分布の広がりを表す。これらの時間変化を示したものが図-4(a),(b)である。 q_n は増水期、減水期ともに1でほぼ一定値をとっており、スペクトルの広がり自体は大きな変化が無いものと思われる。 $M_0/M_1, (M_0/M_2)^{1/2}$ は増水期に減少しており、高周波成分が増加していることが認められる。また減水期においてこれらは減少しており、高周波成分の減少が認められる。

4. あとがき 洪水流の流砂機構への適用を考えると、今後は高フルード数での実験も含め、更に平均流特性、乱れ特性の定量的な検討が必要となってくる。

<参考文献>1)瀬津家久:開水路流の乱流構造に関する基礎的研究, 京都大学学位論文, 1977

2)富永晃宏:非定常開水路流の乱流構造, 第44回年講, 1989

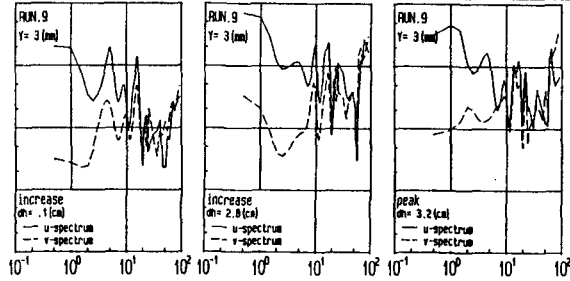


図-3(a) 等流状態で基準化された周波数スペクトルの時間変化(増水期)

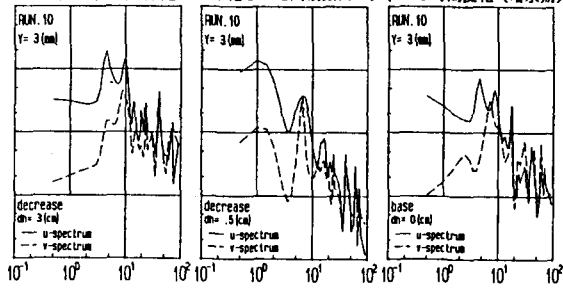


図-3(b) 等流状態で基準化された周波数スペクトルの時間変化(減水期)

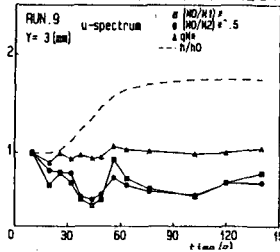


図-4(a) スペクトルモーメントの時間変化(増水期)

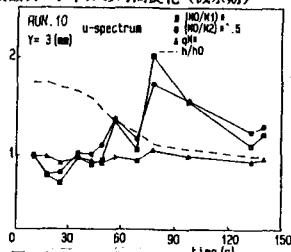


図-4(b) (減水期)