

非定常開水路流れにおける乱流構造

京都大学工学部 正 員 中川 博次 京都大学工学部 正 員 楠津 家久
 阪急電鉄 正 員 〇越智 厚 京都大学大学院 学生員 石田 吉宏

1. まえがき

レーザー流速計を用いた高精度の実験データをもとに、開水路流れの乱流構造に対し非定常性がどのような影響を及ぼすかを検討する。

2. 実験概要

開水路滑面上に図1に示すような非定常流を流した。base-flowは水深7cm、平均流速約6cm/secで一定とし、peak-flowの流量及び水位変化時間を変えることにより20ケースの実験を行った。なお、本研究では、 λ （高橋¹⁾による非定常性の強度を表すパラメータ）は、非定常効果を顕著に見いだすために、従来行われてきた洪水流に模した従来の多くの非定常流の実験よりも非定常性は比較的大きくなっている。レーザー流速計の計測点は水路床近傍から3/4水深程度までとした。

3. 実験結果及び考察

実験から得られた増水期の特性的量の変化を時間的に追うため、増水期を初期、中期及び後期の3通りにわけ、それぞれの流速分布を図2に、また、摩擦速度で無次元化された乱れ強度分布を図3、レイノルズ応力分布を図4に示した。図2からわかるように、増水期における流速分布は底面付近から半水深程度までは対数則がほぼ成立しているようであるが、水面に近い部分では一定の流速となっているようである。摩擦速度

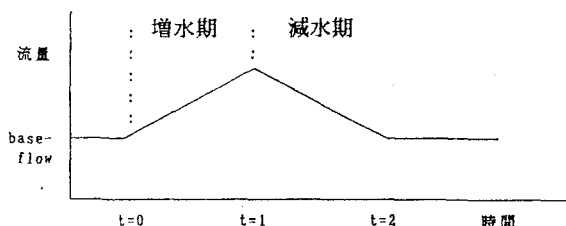


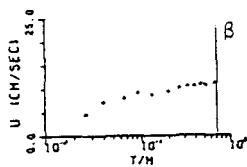
図1 ハイドロパターン

は対数則の成立している部分から決定された。図3の乱れ強度分布では、定常流における乱れ強度の普遍分布式から水面に近づくにしたがって離れるようであり、式1のような普遍分布式の補正係数 β を用いた補正式で表すことができるようである。この補正係数 β は、乱れ強度を片対数表示して、その傾きから得られた。図4のレイノルズ応力分布に関しても、定常流の理論式よりも式2に示すような、乱れ強度から決定された β を用いた補正式の方が、実験値により近い値を示しているといえる。 β の水理学的意義は、 y/h すなわち水深に対する計測点の相対位置を補正するものであり、言い替えれば境界層厚の変化を示していると考えられる。図2の平均流速に関しても、流速がほぼ一定となっている位置は、乱れ強度から得られた β とほぼ一致していることがわかる。図5に β の時間変化を示した。増水期では、 β は1.0から減少し、ある一定値に近づき、減水期に入って1.0に戻るといった傾向があるようである。この β が一定となる値を β_0 とし、非定常性の強度を示すパラメータ λ との関係を図6に示した。この図から非定常性の強度がこの β_0 に強く影響を及ぼしていることがわかる。

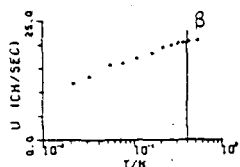
4. あとがき

本研究で用いた β に関しては、開水路でも管路同様非定常効果によって境界層厚が変化すると考えることにより、説明が付けられるが、理論的な裏付けを行っていない。しかし、20ケースに及ぶ実験すべてに対し同様の結果を得たこと、また流速計が信頼性の高いとされるレーザー流速計であることから、上述の結果のようなことが起こっていることはまちがいないと思われる。以後、理論的裏付けを進めていく必要があると思われる。

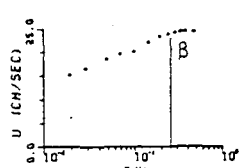
Hiroji NAKAGAWA, Iehisa NEZU, Atsushi OCHI, Yoshihiro ISHIDA



増水初期

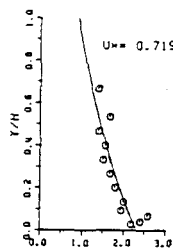


増水中期

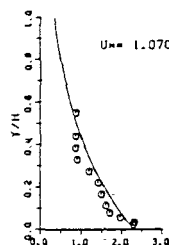


増水終期

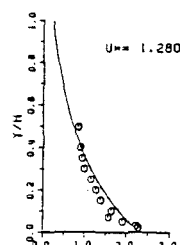
図2 流速分布



増水初期

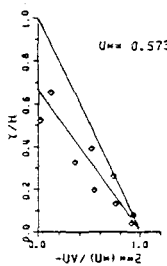


増水中期

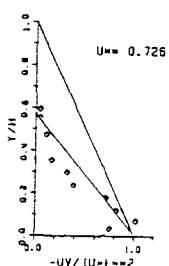


増水終期

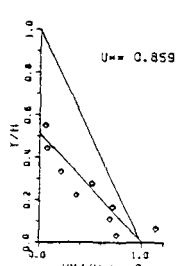
図3 乱れ強度分布



増水初期



増水中期

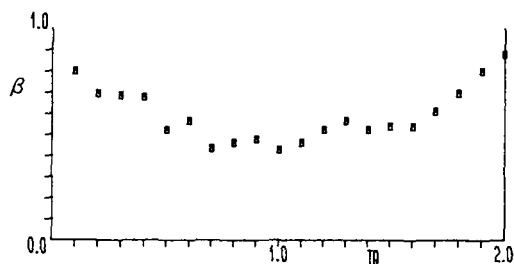


増水終期

図4 レイノルズ応力分布

(図中の実線は式1.2で表される補正式を示す)

CASE = AM3T4



CASE = AM4T4

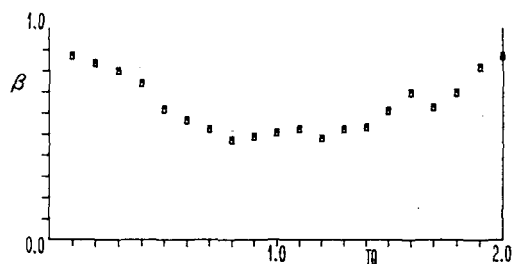


図5 補正係数βの時間変化

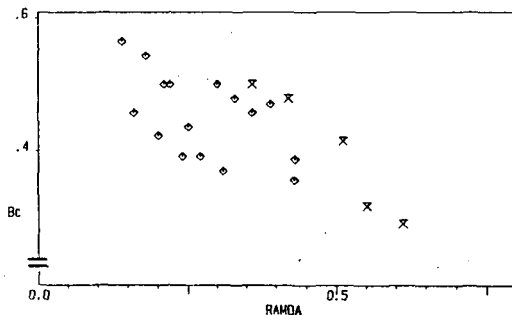


図6 β_cとλの関係

$$\text{式1} \quad u'/u_* = 2.3 \exp(-y/h)(1/\beta)$$

$$\text{式2} \quad -uv/u_*^2 = 1 - (y/h)(1/\beta)$$

参考文献 1) 高橋 保: 一様水路の不定流, 京大防災研究所年報第12号B, pp515-527