

可視化法による乱水の発生機構に関する実験的研究

京都大学工学部	正員	中川 隆次
京都大学工学部	正員	林津家久
京都大学大学院	学生員	大森 勲
熊本県	正員	南 由穂美

1. 緒言

河床波の発達や局所洗掘の機構を解明するためには乱水の特性和その構造を知ることが必要と思われる。乱水の解析法としては *hot-wire* や *hot-film* などの点計測法があるが、本研究では流水の現象を広範囲に把握できる可視化法のうちで水素気泡をトレーサに用いて、流水を定性的に観察すると同時に定量的な解析をも行なった。

2. 実験方法と解析方法

本実験は、長さ 8.5 m、幅 30 cm の開水路において、水深 6 cm で滑面と粗面の二種の底面条件のもとで行なわれ、粗面は径 1.25 cm のビーズを敷きつめたものである。実験装置は図-1 に示してあるが、陰極として用いた径 0.05 mm の白金線を垂直にはったケースと水平にはったケースとがあり、陽極の銅板は水路側壁に張りつけた。水素気泡はケースごとに適当な間隔で発生させ、気泡群にスリット状の光を照射し 35mm モータードライブカメラで連続撮影した。定量的な解析は白金線を垂直にはった場合のみ行なわれ、白金線を 2mm 間隔で絶縁して 14 個の気泡群を発生させた。撮影コマ数は 120 個で、解析法は *streak line* 法を利用し、計測断面はケースによって多少異なるが白金線の下流約 7mm であり、いずれのケースも  $100d$  ( $d$  は白金線の径) より大きかった。流速は、計測断面の前後 3 個の気泡の変位から内挿法により求められた。1コマで 14 点の瞬間流速を求めたのち、全コマ数で平均して各点の平均流速を得た。またこれから各点での乱れ強さ、*Reynolds* 応力を算定した。

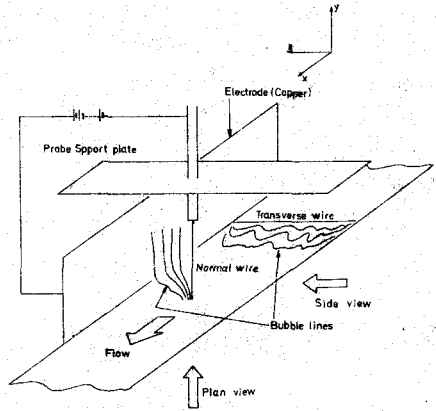


図-1

3. 実験結果の定性的な考察

まず、滑面の場合について述べる。白金線を垂直にはった場合、*Re* 数が 360, 950 では流速分布がほぼ放物線とみなせる *time line* を得ており層流状態とみなせる。*Re* 数が 1100, 1600 では *time line* はひずんでおり層流状態とは考えられない。*Re* 数が 2200 では流下方向を軸とする渦回転が生じ、この渦回転は流下するにつれて大きな半径の回転に成長していくのが観察され、*Re* 数が 3200 ではこのような渦回転が  $y^+ \approx 3/4d = 70 \sim 80$  の位置で *transverse vortex* となることが確かめられた。*Re* 数が 5400, 7600, 11300 では、流水の全域にわたって渦回転が生じてその軸方向は様々であった。次に白金線を水平にはった

場合、 $Re$ 数が340では底面より1.2cm, 4.2cmの位置のいずれでも壁面近傍を除いて白金線にほぼ平行にtime lineが生じた。 $Re$ 数が1600, 5100では1.2cm, 4.2cmのいずれにおいても流速の大きな部分と小さな部分が縞模様をなしているのが観察されたが、その縞模様は時間とともに変化し、流速の大きな部分は下降しながら流れ(sweep)、小さな部分は上昇しながら吹き出し(ejection)流下しながらtransverse vortexへと変化するのがしばしば見られた。粗面において白金線を垂直にはった場合、 $Re$ 数が310, 800では滑面と同じような放物線を得たが、 $Re$ 数が980では滑面の場合に比較して壁面付近のtime lineは多少ひずんでおり、 $Re$ 数が1600, 2100, 3300, 5100, 7200, 10800では滑面の場合に比較して壁面付近のtime lineの乱れが大きい程度で大差はなかった。

#### 4. 実験結果の定量的な解析

滑面でのデータはすでに得られているので、<sup>1)</sup>粗面上の平均流速分布を図-2に示したが、対数域ではほぼNikuradseの式にのっている。なお $K_s$ はビーズの径、 $y$ はビーズの頂部から $K_s/4$ 下の面からの距離である。図-3は図-2の対数則分布から得られた $U$ による乱れ強さの無次元表示である。 $U$ は壁面付近では大きく $y/h$  ( $h$ は水深) $\sim 0.3$ 付近から $v'$ とほぼ同じ値を示し水面付近まで変化しないが、 $v'$ は $y/h \sim 0.7$ の付近から急速に減少している。図-4はReynolds応力の分布を示したものであるがかなりのばらつきが見られる。本実験値はhot-wireなどの点計測値よりも大きなばらつきを示すが、この原因としては字読の際の読み取り誤差、浮力の影響などが考えられる。 $Re$ 数が大きくなると14個の気泡群の拡散が著しく、気泡群を点として読み取るときに誤差が生じる。浮力の影響はStokesの式から求めた上昇速度は0.202 cm/secで無視できるように思われるが、層流状態で気泡群がつくる曲線を浮力の影響を考慮して解くことにより得られた上昇速度は0.2 cm/secであり、壁面付近などの流速の小さいところでは水素気泡の浮力の影響は無視できないと考えられる。

5. 結語 白金線を水平にはったときの流れの観察から、一連のcurving現象が把握され、現在この渦モデルを考えており、当日スライドを用いて発表する予定である。

参考文献 1) 中川ら：関西支部年講，1974，II-8

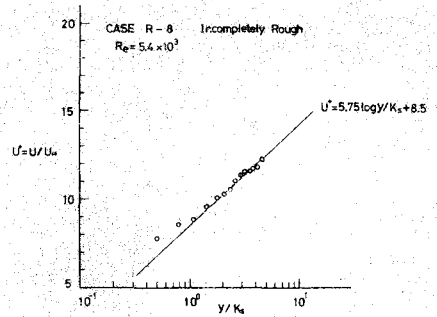


図-2

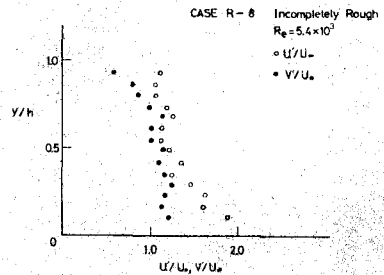


図-3

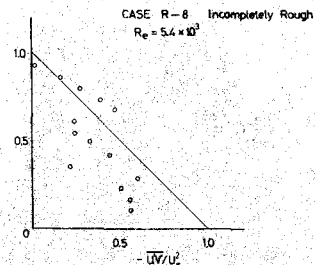


図-4