

(1) まえがき

著者は、流向の計測と流れに注入された染料や路床に敷きつめられた砂粒の動きの観察によって、固定された三角形の波状路床上の死水域近傍の流れについて、図-1に示すような平均的な流況を得た¹⁾。しかし、図に示された流況特性は、流線が交わることなどに現われているように、実際の現象を説明する上では大きな不十分を残すものである。この欠陥は流れを平均的に取り扱おうとしたこと、および2次元的路床形状を用いたことに伴って流れを2次元的に扱えようとしたことによると考えられる。

以上の考察のもとに、本研究においては流れを3次元的に捉えることを目的として、水とグリセリンの混合液を用いた層流状態において、水素気泡をトレーサーとして流れの可視化法による実験を行なった。移動床流れは当然乱流状態であるが、乱流状態での流れは非常に複雑であり、その3次元把握は極めて困難である。ところで、層流状態の流れが乱流状態の流れと異なることは言うまでもないことであり、層流状態での実験結果をそのまま乱流状態に拡張してすべてを解釈することは問題があるが、乱流状態における流れの平均的特性は、ある程度層流状態での実験結果から推定されるであろう。本研究の具体的な課題は、① 波状路床上の死水域近傍の流れにおいて逆流現象がどのようなメカニズムで発生するか、② 路床からの上昇流の形態がどのようなものであるか、を把握することである。

(2) 実験装置および方法

実験は幅20 cm、路床勾配1/500の透明アクリル樹脂製の直線水路で行なわれ、水とグリセリンの混合液の動粘性係数は 10^6 のオーダーである。実験時の流れは下流端をせき上げ状態にしており、水深は4.4 cm、水素気泡をトレーサーにして計測した水路中心線上の流速分布は図-2に示す通りである。水素気泡は、流れ方向に対して垂直に、かつ水平に張られた長さ8.6 cmの白金線（陰極）から水の電気分解によって発生させ、白金線を適当な位置に設置して写真撮影を行なった。

(3) 実験結果および考察

写真-1は水路の幅方向に長さ20 cm、高さ1 cmの直角二等辺三角形の金属製の棧を1本だけ設置し、その下流で高さ(z) 0.2 cm、棧の頂点からの距離(x) がそれぞれ2, 4, 6, 8, 10 cmの位置で水素気泡を発生させたときの流れの状

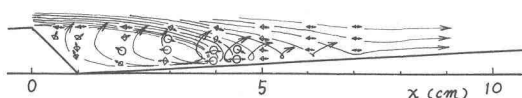


図-1 死水域近傍の流況(乱流)

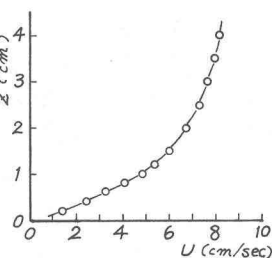
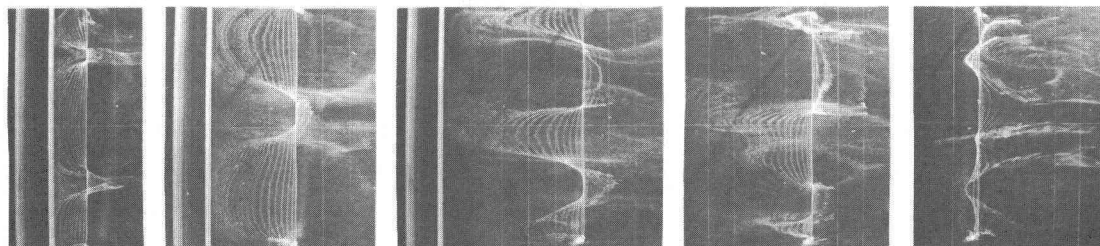


図-2 流速分布(層流)

写真-1 流れの3次元特性(左から、 $x=2, 4, 6, 8, 10$ cm。高さはすべて $z=0.2$ cm)

態を水路底面から撮影したものである。これらの写真から、2次元的な路床条件から3次元的な特性をもつ流れの発生が認められる。また、① 逆流域の流れは正流域から供給されている、② 棧の頂点からの距離が大きくなるほど逆流域の幅は小さくなる、③ 逆流域の範囲は時間とともに変化するが、隣り合う逆流域の中心間の横方向の距離は水深と同程度である、ことがわかる。以上の層流状態における結果を考慮すると、図-1においては逆流が生じる過程で流線は横方向(y方向)にずれると考えられる。

上述のように、棧を水路の全幅にわたって設置した場合には、逆流域の範囲が時間とともに変化するために、棧の後の逆流および上昇流の特性を詳細にわたって把握することが困難である。今、隣り合う逆流域の中心間の横方向の距離が水深と同程度であることに着目して、長さが4 cmの棧を水路中央部に設置した場合の流れについて検討する。写真-2および写真-3は、水素気泡発生位置が $x=2\text{ cm}$, $z=0.2\text{ cm}$ の場合の水路底面側および水路側面側からの写真撮影結果の一例である。写真-3においては水路中心線上の限られた幅にだけ照明がなされるように、幅3.5 mmのスリットが用いられた。写真-2からわかるように、長さ4 cmの棧を用いた場合には逆流域の範囲はあまり大きく変化せず、安定した流れの状態が作り出されている。また、この流れにおける逆流域の特性は、棧を水路の全幅にわたって設置した場合の逆流域の特性と大きな差異はないものと考えられる。写真-2によって、流れが正流域から逆流域へと回り込む様子がよくわかる。図-3は水素気泡発生位置を変えた場合の写真撮影結果と流れの逆流部分に注目して整理したものであり、逆流域の平面的な特性を表わしている。図-4は水路中心断面の各点で発生した水素気泡の痕跡線を写真撮影結果から求めたものであり、上昇流の平均的な特性を示している。

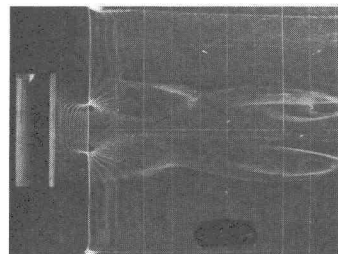


写真-2 ($x=2\text{ cm}$, $z=0.2\text{ cm}$)

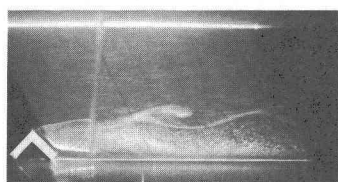


写真-3 ($x=2\text{ cm}$, $z=0.2\text{ cm}$)

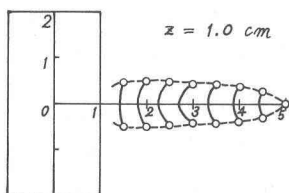
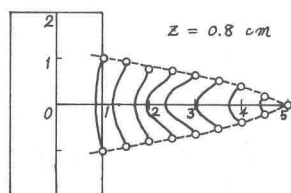
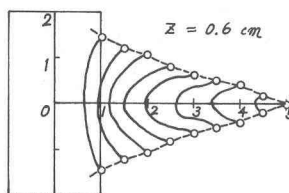
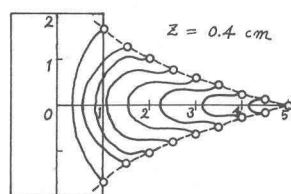
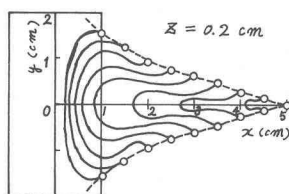
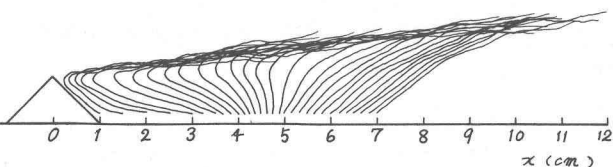


図-3 逆流域の平面的特性(上)

図-4 水路中心線上の流況(下)



(4) むすび

以上、波状路床上の流れの構造を明らかにする目的で、層流状態における単純な路床形態のもとでの流れについて、初歩的かつ基礎的な実験的検討を行なった。この結果、波状路床上の流れは、路床の条件を2次元的に与えた場合にも、3次元の特性を有し、さらに流況は時間的に変化するという特徴をもつことが明らかとなった。したがって、移動床流れを取り扱う際には、上の事実を十分考慮に入れる必要がある。

最後に、本研究を進めるに当たり、御指導と御援助をいただいた京都大学防災研究所、早民正氏に深く感謝致します。

参考文献 1) 今本・上野: 波状路床上の流れにおける乱れの特性について(15), 土木学会西部年講(1974), II-10.