

## II-151

## 複断面開水路流れにおける低水路流れと高水敷上流れの混合機構について

京都大学防災研究所 正 員 石 垣 泰 輔  
 京都大学防災研究所 正 員 今 本 博 健  
 京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 武 藤 裕 則  
 京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 福 本 幸 成

1.はじめに：複断面開水路流れの水利特性を検討する上で、低水路流れと高水敷上流れの混合機構を解明することが重要である。著者らは、複断面開水路流れの低水路・高水敷境界部に生ずる斜昇流について、横断面可視化法により検討し、この混合現象に関係する二次流は斜昇流のみではなく、高水敷より低水路に向かう流れおよびその逆の流れが存在することを、横断面内の二次流を直接可視化した結果で既報<sup>1)</sup>に示した。本報告は、この既報と同様の方法で得られた実験結果を用い、その混合機構について検討するとともに、低水路の断面形状の差異による影響(低水路側壁角度 $\theta$ が $90^\circ$  および $45^\circ$ )についても若干の考察を加えたものである。実験方法は既報<sup>1)</sup>に示しており、ここでは概略を述べる。すなわち、水路下流端に設けたガラス製の観測窓を通し、1.5KW のハロゲンランプにて照明された平均径0.45mmのポリスチレン粒子あるいは直径0.05mmの白金線より発生する水素気泡の挙動を、スチルカメラ(300mmズームレンズ使用)およびビデオカメラで撮影する方法である。また、ビデオ画像の解析には、パーソナルコンピュータのモニター上にスーパーインポーズした画像上のトレーサ位置を、マウスにて読み取る画像解析システム<sup>2)</sup>を用いた。

2.境界近傍の横断面流況：図-1は、境界部において二次流より誘起される渦の配置を、中立粒子トレーサ法による結果をもとに描いたものであり、実線が時計回り、破線が反時計回りの回転方向を示している。図より、 $\theta = 90^\circ$  の場合には低水路側壁法肩の両側にAおよびB渦が対で存在するのに対し、 $\theta = 45^\circ$  の場合には法肩にA渦があり、法尻にBおよびC渦が対で存在することが知れる。これらの渦は、境界部の流れの3次元性のみならず低水路と高水敷間の流体混合に深く関与している。

図-2は、中立粒子トレーサ法により得られたビデオ画像上で、境界線(低水路側壁法肩を通る鉛直線)を横切る粒子の通過位置の頻度分布(図の上部)、および各粒子の横断方向移動範囲(図の下部)の時系列変化を計測した結果を $\theta = 90^\circ$  の場合について示したものである。頻度分布は、境界線を10等分し、右側に低水路から高水敷に移動した粒子の通過位置の分布を、左側に高水敷より低水路に移動した粒子の通過位置の分布を示しており、図より、半水深より上で高水敷に向かう流れ、下で低水路に向かう流れが卓越していることが指摘される。これは、斜昇流に伴って生ずる時計回りの渦の影響が顕著であることを示す結果となっている。一方、トレーサの移動範囲の計測結果を見ると、境界線を挟んで双方向に移動する粒子が多く存在するが、低水路あるいは高水敷上へ大きく移動する粒子の存在が認められる。前者は、斜昇流により誘起された渦により輸送された粒子の挙動を示したものと考えられるが、後者はそれ以外の二次流により輸送されたものと推定される。

3.混合機構：次に、写真-1に示した水素気泡法を用いた横断面可視化結果に基づいて、境界部の混合機構について検討する。写真に示されているように、断面内に生ずる二次流の影響によって水素気泡のタイムラインが変形する。これらの形状は、その場の流体の挙動を示すものであ

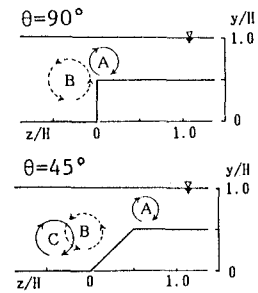


図-1

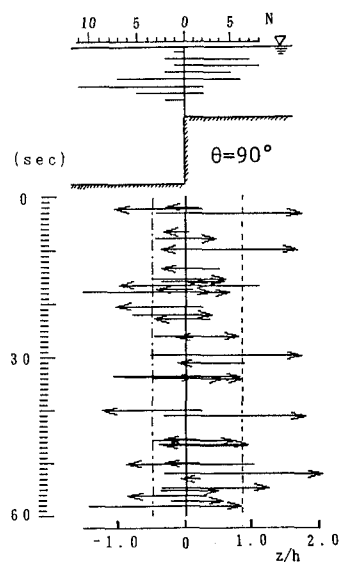


図-2

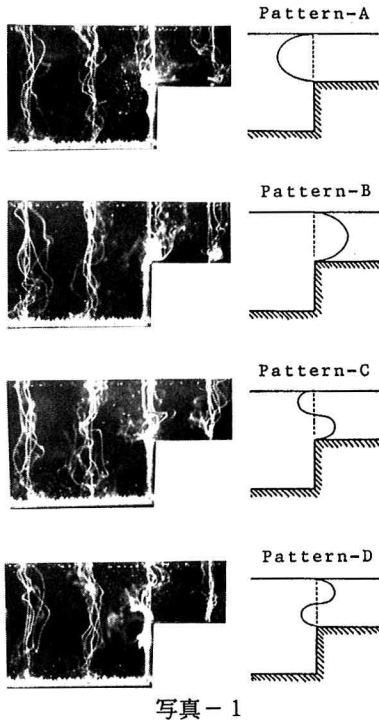


写真-1

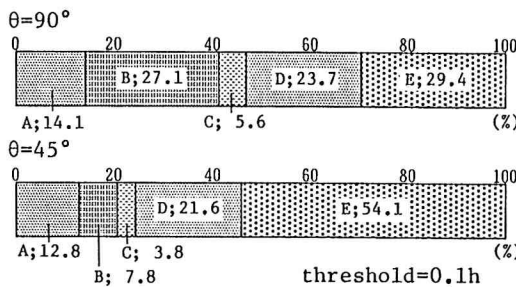


図-4

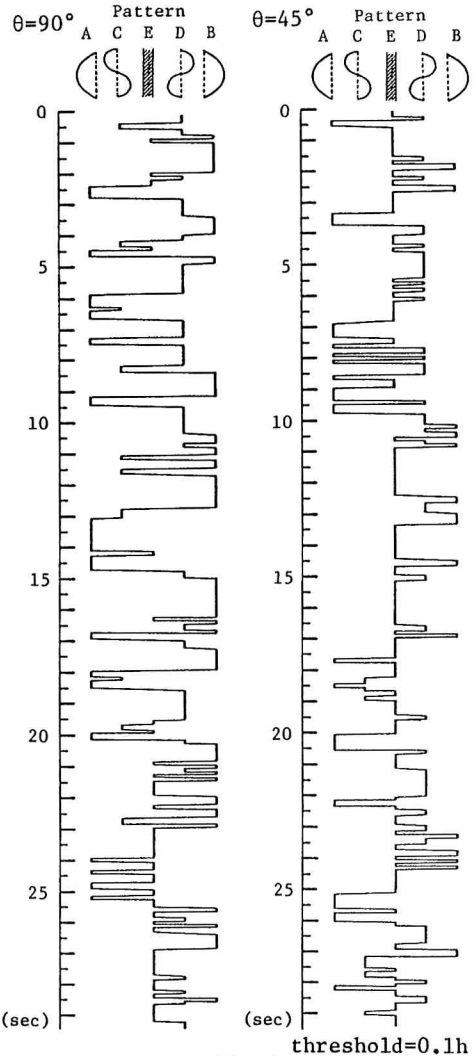


図-3

り、境界線に沿って設置した白金線より発生するタイムラインは、写真に示した4種のパターンと変形が微小な場合の5種類に分類することが出来る。それぞれのパターンが示す流体の挙動は、次のように説明される。Aは、高水敷上から低水路に向かう流れ、Bはその逆の流れ、Cは反時計回りの渦、Dは時計回りの渦である。Dは、図-1および2に示した斜昇流によって誘起される渦に起因するものであり、AおよびBは図-2で見られた二次流に起因するものである。これらのパターンの変化特性を見るため、200ms 毎に水素気泡を発生させた場合の横断面流況をビデオで撮影し、境界線上の白金線より発生するタイムラインの位置を高水敷上水深  $h$  の0.75および0.25の高さで読み取ったデータに基づいてパターン分類し、図-3に示すような結果を得た。なお、タイムラインの偏位が $\pm 0.1h$  (2mm) 以内の場合には、変形が微小なEパターンに分類した。図より、 $\theta = 90^\circ$  の場合、 $D \rightarrow B \rightarrow A$  と言う変化を示した後、 $B \rightarrow A \rightarrow B$  と言うパターン変化を示す。一方、 $\theta = 45^\circ$  の場合には $D \rightarrow A$ あるいは $D \rightarrow B$ と言う変化が多い。各パターンの時間占有率は図-4のようであり、A、CおよびDの割合は両ケースであまり変わらないのに対し、Bパターンの割合には顕著な差異が認められる。詳細については今後の検討が必要であるが、これは断面形状が境界部の混合現象に影響を与える事を示唆するものである。

参考文献：1) 今本・石垣、水工学論文集、34、1990。2) 今本・石垣・武藤・福本：関西支部年講、II-16、1990