

開水路合流部近傍の水面形特性

大阪府立工業高等専門学校 正員 多田博登

1. はじめに

流れの合流に伴う、物質の混合、拡散、および非定常流の挙動等を取り扱う場合、合流部近傍の水理特性を把握しておく必要がある。

合流機構に対する従来のアプローチでは、現象を二次元的にとらえて主流中に jet が流入する場合の研究が多くあり、渦の特性または乱流特性の計測から、流れ場の領域区分とモデル化を行なっている¹⁾。一方開水路の場合あまりなされていない。板倉²⁾は合流部の水面横断形状の特性を一部示したが、支流を jet として取り扱う場合であり、一般の開水路の合流現象とは異なる。

本研究は、開水路合流部近傍の流れ機構モデル化の第一歩として、水深分布の特性を実験的に検討するものである。

2. 実験

表-1. 実験条件

θ/π	k	$Q/l/s$	W/cm	i
1/2	1/2, 2/3, 1/1	4,	0,	.13, .3,
2/3	1/2	2	4	.565, .9

実験装置は前報³⁾に示したものと同様である。合流部水路の幾何条件は、合流角 θ 、支川と本川水路幅の比 k であり、それぞれ変化させることが出来る。本川下流端には水位調節用の堰を設けている。

実験は、 θ と k の幾何条件 4 ケースにおいて、合流後の本川流量 Q 、下流端の堰高 W をそれぞれ 2 ケース、および本川の合流長さ、下流り流量の比 i を 4 ケース変化させた。これを表-1 に示す。また合流模型と記号を図-1 に示す。

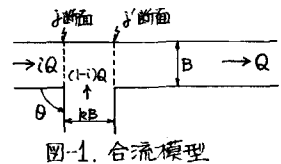
水面形の計測は、縦横断方向とも 5 cm 間隔で、本川合流点の上断面より 15 cm 上流から、合流後横断方向の水面勾配がみられなくなる断面まで、サーボ式水位計にて行なった。

3. 結果と検討

図-2 に水深分布の実験結果の一例を示す。図に x 軸は本川右岸側壁に沿って流れ方向に、 y 軸は水路幅方向にっており、 $x-y$ 平面は河床と平行な水平面である。支川は右岸側から合流している。縦軸は水深を表わし、わかりやすいよう $x-y$ 平面のメッシュを水面に投影した直線で各測点を結んでいる。

これらの図から見られる特性は以下の通りである。(1) y 断面より上流、および y 断面より少くとも水路幅の 5 倍下流側の断面より下流では、やややかな縦断勾配はあるが、横断勾配はみられない。(2) その面では、 y 断面より下流側の左岸沿いの領域、 y 断面より下流の右岸沿いの領域、およびその中間の領域にわけることができる。それぞれ、流れ方向に水面は減少するが横断方向はほぼ等しい、 x 軸方向に水面が上昇しているが横断方向はほとんどみられない、および、水深は x 方向に減少し y 方向に増加している。(3) 左岸

Hiroto TADA



沿いの領域では、下流側で水深が再上昇する場合がある。これは下流断面におけるフルード数が大きい程、およびし小さい程顕著である。

以上の特性は、Stekら¹⁾のjet流入における結果等を参考にして、二次元的には図-3に示すように、本流領域、支流領域、および渦領域の3個の領域区分モデルによって説明できる。すなわち、本流域は見かけ上水路幅縮小と拡大として、および支流領域は流線の曲りによるものと解釈できる。

しかし流速分布等の内部機構を考えるならば、支流領域で大きな横断勾配があることから、河床付近では右岸方向に向う流速成分があり、これはタフト法による可視化実験でも確かめられた。この場合は図4のように二次元的に取り扱うことは困難である。

右岸と左岸の水深の差は、運動量のつり合いから次式で表わされる。

$$\frac{1}{2} \rho g \left\{ \int_0^L (h_l(x)) z dz dx' - \int_0^L (h_r(x)) z dz dx' \right\} = \rho (1-i) Q^2 / (kBh_j) \quad (1)$$

ここに、 z : 河床から高さ、 x' : y 断面から下流方向の距離、 h_l および h_r : それぞれ左岸と右岸の水深、 L : control volumeの流方向の長さ、 h_j : 支流出口平均水深、 ρ : 流体密度、および g : 重力加速度である。上式における左辺と右辺の実験値を $L=4B$ として図-4に示すが、よく一致している。

4. おわりに

以上から、(1)合流部近傍の水面形の特性は図-3のような二次元モデルによって説明できる。(2)流速・流向等の内部機構は三次元的である。(3)巨視的には、右岸と左岸の水深差は式(1)によって与えられる。

本研究は文部省科学研究費、自然災害特別研究(1)「河川段階改修計画における氾濫規模の予測と最適化手法に関する研究」(代表者: 神戸大学, 神田徹助教授)の補助を受けた。実験および解析においては本校卒業生、福島正雄(日立造船), 森川一弘(大阪市)の援助を受けた。以上記して謝意を表します。

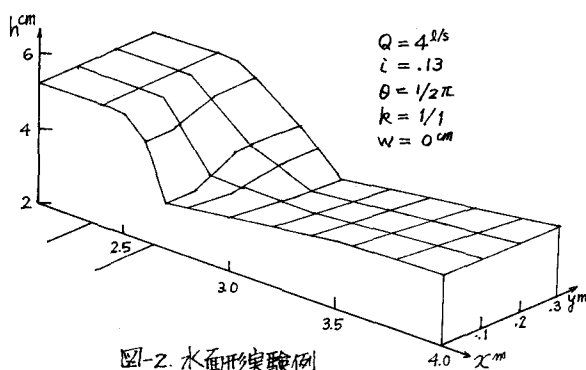


図-2. 水面形実験例

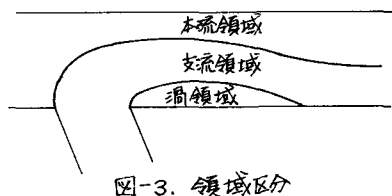


図-3. 領域区分

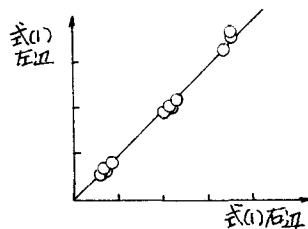


図-4. 式(1)のプロット

参考文献

- 1) 例証, J.B. Stek: Aerodynamic Throttling of a Two-Dimensional Flow by a Thick Jet, The Aeronautical Quarterly, vol.27, 1976
- 2) 板倉忠興: 河川合流点における流れの機構の研究, 第16回水講, 1972, 2月
- 3) 室田明・多田: 開水路合流部の水面形計算接線法に関する研究, 第25回水講, 1981, 2月