

東京大学大学院
建設省荒川上流工事事務所
東京大学土木工学科

学生員 山崎 晶
正員 池内 幸司
正員 五井 信行

1. はじめに わん曲部に於ける流れについての研究は、殆んど全ては2次流の完全発達域及び単独わん曲を対象としたものである。本報告は、一般的な河川の流れと同様の水理条件下で、連続わん曲部の流れの実態を測定し、連続わん曲部に於ける主流・2次流の流下方向への遷移過程について検討を加えたものである。

2. 実験装置及び実験方法 実験の水路条件は河川に於いて生起する範囲に収まるように、従来報告されているアメリカでの調査例^{1)~4)}(B_0/H_0 , r/B_0 , θ_0 , Fr など。ただし、 B_0 :河川幅、 H_0 :代表水深、 r :曲率半径、 θ_0 :わん曲中心角、 Fr :フルード数)などを考慮し決定した。実験条件は $r=60\text{ cm}$, $\theta_0=90^\circ$, $B_0=30\text{ cm}$, $H_0=2.93\text{ cm}$, $Fr=0.42$ であり、水路は固定床・矩形断面で、底勾配は水路中心軸に沿って $1/1000$ 、横断面内の傾きは無い。図1に見られる通り、この水路はほぼ蛇行流路曲線と見做すことができる。水路全体の平面図を図2に示す。反転するわん曲を10個連続させ、最上流部・最下流部には中心角 45° のわん曲を置き、その上下流に直線部を接続する。

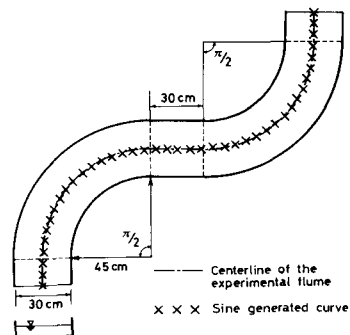


図1 わん曲形状

流向の計測は網糸によるタフト法に依った。又、流速測定には径3 mmのアロヤウ流速計を用い、アロヤウ軸を流向に一致させて測定を行った。流速計の出力は深さ方向に変化することが検定の結果判明したので、ある深さでの流速計の出力と真流速の関係を重回帰分析により算出し、これを用いて真流速を求めた。

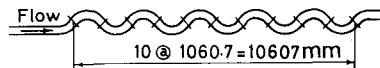


図2 水路全体図

3. 実験結果の整理方法 実測した水位資料⁵⁾、流速資料を検討の結果、上下流の直線水路に接続した中心角 45° のわん曲を除く10個の連続わん曲に於いては、わん曲の同じ場所で流れが相等しいことが確認された。従って、得られた測定結果をわん曲の同位相位置で平均化し、資料の測定精度を向上させることとした。本報告で以下に示す結果は、この同位相平均した資料である。測定断面の呼称は図3に示す通りにし、円弧部に挿入した直線部の中央で区切り、単位のわん曲とする。

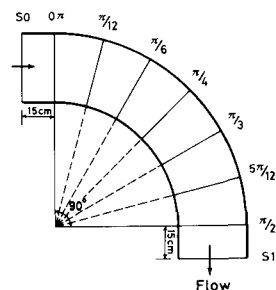


図3 断面呼称

4. 主流速分布 図4は、主流速の鉛直方向分布を各測定位置毎に示したものである。この図に於いては、表面に於いて流速が最大となる通常の流速分布とは異なる箇所が数多く見られる。具体的には、最大流速が水深中央付近・底面付近で出現する分布形である。こうした特徴的な分布形は、断面S0から $\pi/12$ の間では中央から外岸側に現われ、 $\pi/6$ から $\pi/3$ の断面に於いては外岸寄りの2測線での結果は通常の型に復しつつあり、中央及び内岸寄りの位置に出現している。さらに $5\pi/12$ からS1に於いては内岸側の2つの測線で特徴的な分布となっている。すなわち、わん曲部流れに特徴的な速度分布は、わん曲の入口付近では外岸寄りに存在し、流下するにつれて内岸側へと出現位置が移行する。Yen¹⁾も連続わん曲の実験で同様な結果を得ており、この現象は連続わん曲部に於ける普遍的な現象と考えられる。

5. 2次流分布 図5は2次流流速の鉛直方向分布を、各測定位置毎に示したものである。今回の実験では、

アロウ流速

計を用いたた

め、水面・底

面での流速は

測定不可能で

あった。しか

し流向の測定

は可能なため、

以後の議論は

この流向の測

定結果⁵⁾をも

参照して進め

られている。

断面S0付近で

は水面付近で

内岸向き、底

面付近で外岸

向きの分布形

状であり、こ

れは先行する

わん曲で発達した2次流がそのまま残っていることを示している。

0 π 付近では底面付近の外岸向きの2次流が減衰し、 $\pi/4$ から $\pi/2$ 付近にかけては底面の2次流が逆転し、水面と底面で内岸向き、水深中央部で外岸向きの2次流分布となる。この間、 $\pi/6$ から $\pi/3$ にかけて水面付近の内岸向きの2次流が減衰し、ついには $5\pi/12$ から $S1$ にかけては、水面付近で外岸向き、底面付近で内岸向きという、現わん曲で発達した2次流分布をとる。

図5の結果を基に断面内の2次流の流線を描いたのが図6である。断面S0に於いては先行のわん曲による2次流が卓越し、それが次第に現わん曲による2次流のパターンに移るのが分かる。

この様に、連続わん曲での2次流の挙動に於いては、先行するわん曲の影響が広い範囲にわたり残ること、又従来の解析でよく用いられた完全発達域の仮定が当てはまらないことが分かった。

(参考文献)

1) Yen, B. C.: Inst. of Hyd. Research, The Univ. of Iowa, 1965

2) Leopold, L. B. & M. G. Wolman: Bulletin of the Geological Soc. Ame. Vol 71, 1960

3) Schumm, S. S.: U.S.G.S. Prof. Paper 352-B, 1960

4) Leopold, L. B. & T. Maddock, Jr.: U.S.G.S. Prof. Paper 252, 1953

5) 玉井・池内・山崎: 土木学会論文報告集投稿中

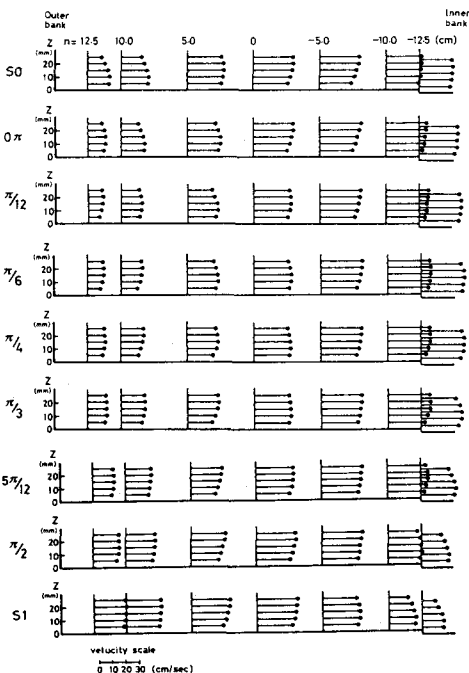


図4 主流速の分布

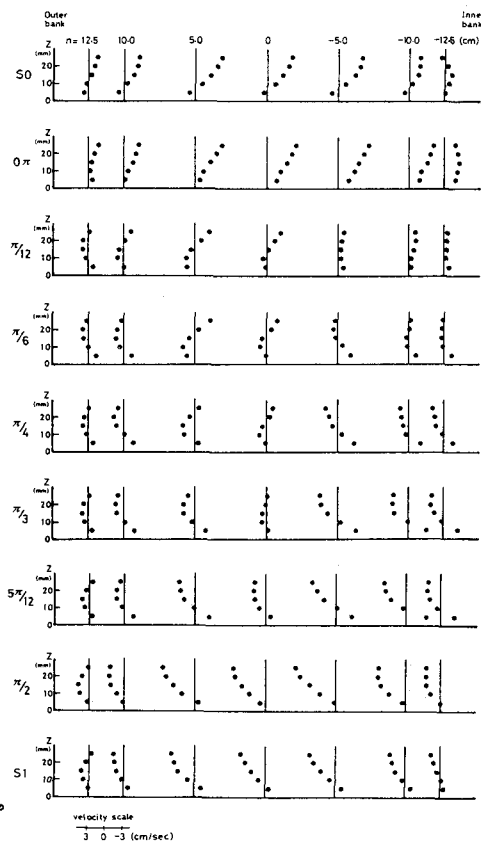


図5 2次流流速の分布

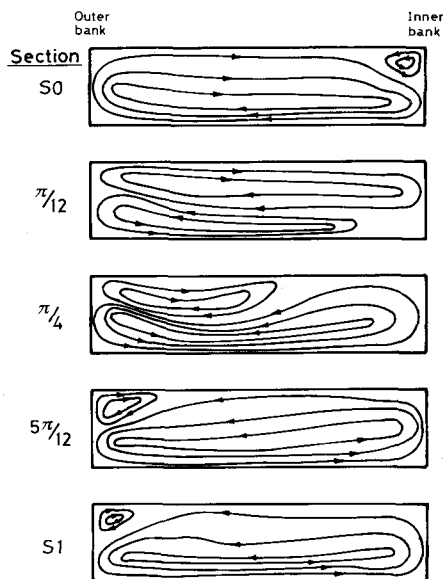


図6 断面内の流線の変化