

国 鉄

正会員 中村知久

東京工業大学工学部

正会員 福岡捷二

京都大学工学部

正会員 清水義彦

1). はじめに 河道湾曲部における流路境界面に作用するせん断応力を適切に見積ることは、堤防や護岸の設計に際して極めて重要であるが、いままで合理的な見積り法が確立されていない。本研究では最初に一様湾曲水路の振幅過程と流況を実験的に調べる。次に流路横断面形状の時間変化に着目し、これと流砂量式にもとづいて境界面に働くせん断応力分布を算定する方法を提案する。

2). 振幅実験¹⁾ 中心曲率半径 450 cm, 水路幅 100 cm, 湾曲角 30° を持つ長方形断面の円形水路に平均粒径 0.067 cm, の砂を $1/400$ の勾配に敷き均し, 水路内に底面幅 5 cm, 斜面角 30° , 高さ 6 cm の台形の溝を切り, これに 2.0 l/sec の流量で通水すると流下方向に一樣な振幅が生ずる。図1は横断面形状の時間変化を表す。内岸側はほとんど侵食されず, 外岸側のみが流下方向に一樣に侵食される。そこで後述の解析のために, このような振幅断面の定式化を行う。座標系を図2のように設定し, 振幅断面として $r=0$ から外岸側の領域をとると振幅断面形状は山脈による直線流路の振幅断面形状の1/2形状と一致し次式となる。

$$\frac{h}{H} = \frac{1 - \exp(-\frac{B-r}{D}) - \exp(-\frac{B+r}{D}) + \exp(-\frac{2B}{D})}{1 - 2\exp(-\frac{B}{D}) + \exp(-\frac{2B}{D})}$$

式中の D は, 外岸側の水際に横断勾配が $\tan \phi$ (ϕ : 水中安息角) となること及び振幅断面の流積 A が与えられることにより決定される。図3は各振幅時間²⁾の断面形状の実測値(○印)と式(1)との対応である。振幅段階によらず両者の対応は良好である。

3). 一様湾曲水路の流況 湾曲水路の流況を調べるため振幅段階にある横断面形状をトルエンとボンドの混合液を用いて固定化し, ピトー管流速計とタフト法を用いて主流速と二次流速の測定を行った。図4は水深方向に平均化された主流速の横断方向分布である。側岸部付近を除いた部分は発達した二次流のために強制渦型の分布を示している。実線は後述の解析のために実測値(○印)を兩岸付近で放物線, 強制渦型領域で直線を用いて近似したものである。

図5は横断面内の二次流分布であり, かなり発達した二次流が存在していることを示す。本解析が対象とする断面形状での二次流の理論分布がないため, ここでは長方形断面からあまりずれない場合について適用できる池田の二次流理

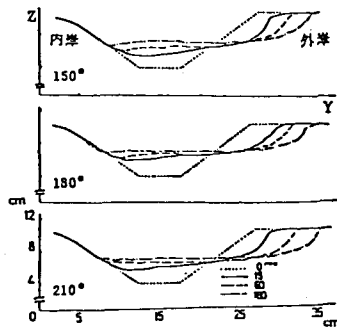


図1. 横断面形状の時間変化

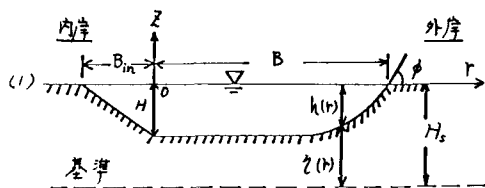


図2. 座標の設定

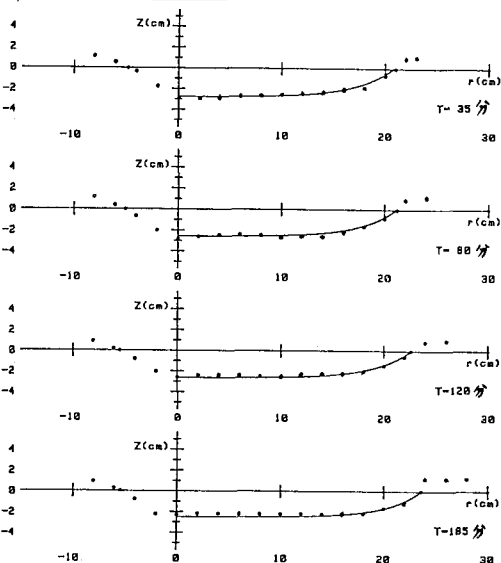


図3. 式(1)と実測の横断面形状の対応

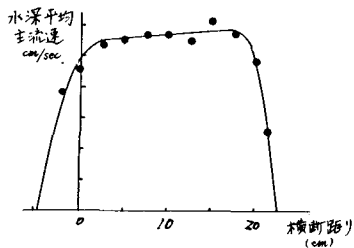


図4. 主流速の横断分布

論分布式(実線)を用いて実測値と対応させる。主流速が強制渦型となる領域での実測値との対応は良い。以上の準備のもとにセン断応力分布の算定を検討する。

4). セン断応力分布の算定

始めに次の仮定を設ける。
 ①. 流下方向に等流である。
 ②. 流水断面面積は時間的に変化しない。
 ③. 側岸からの給砂はない。
 ④. ②と③は実験より確認されている。
 ⑤. ③については側岸付近の掃流力が限界掃流力に近い値をとると考えられるために設けた仮定である。解析方法を図6に於て説明する。流路の振幅は外岸側の侵食と侵食土砂の河床への堆積により生じ、河床・側岸の堆積・侵食速度と横断方向流砂量 q_{sy} は等流状態のとき式(2)の流砂の連続式により関連づけられる。2)で求めた横断面形の関数形式(4)を式(2)に代入し仮定⑤のもとで積分すると横断方向流砂量 q_{sy} が振幅速度 dB/dt の関数として表現される。一方、湾曲流路での砂輸送には主流・二次流によるセン断応力と河床の縦・横断勾配による砂粒子の重力成分が寄与するため、これらを取り入れた流砂量式により横断方向流砂量を表現する。(式(4)) (ここより)で得られた断面内の流速分布を用いて二次流によるセン断力 τ_{xy} と流下方向セン断力 τ_{yz} の関数として式(5)のように与える。式(5)と式(4)へ代入すれば、横断方向流砂量 q_{sy} が流下方向セン断力の関数として得られ、式(6)と式(3)を連立させることにより、流下方向セン断力が振幅速度の関数として算定される。

5). 解析結果

図7の実線は実測の流速分布を用いて式(5)を求めて算定したものである。また同図の・印はPreston法による実測値である。算定値と実測値の対応は全領域で良好であり、このことは本解析の考え方の妥当性を示すものである。点線は局所水深 h を用いて $\rho g h \cos \theta$ ($\cos \theta$: 横断勾配角の余弦)で計算したもので算定値は湾曲流路外岸側のセン断力の高まりを説明している。図8の実線は池田の二次流理論分布を用いて算定したものである。理論の適用条件が満足されない内岸付近を除いて実測値との対応は良い。

6). あとがき 本研究より流路横断面の様な振幅過程に着目することにより境界面に働くセン断応力分布が算定できることを示した。今後は得られたセン断応力分布をより一般的な形で評価したいと考えている。

<参考文献> 1) 福岡・竹内 第27回水講 2) 福岡・山坂 論文報告集 No. 35/ 3) 池田 論文報告集 No. 29

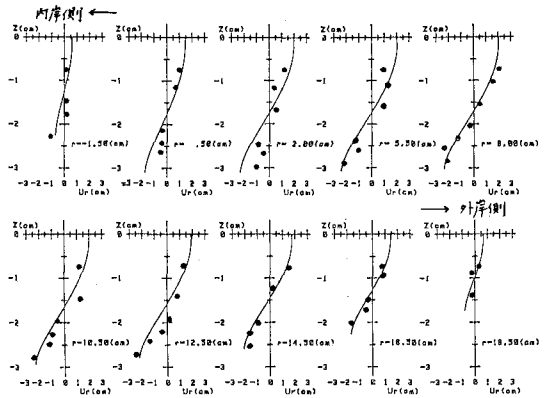


図5. 横断面内の二次流分布

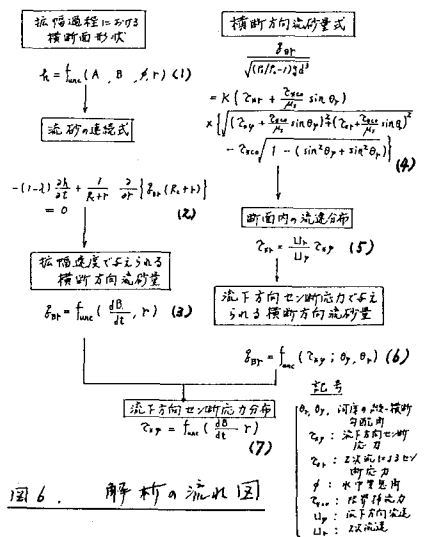


図6. 解析の流れ図

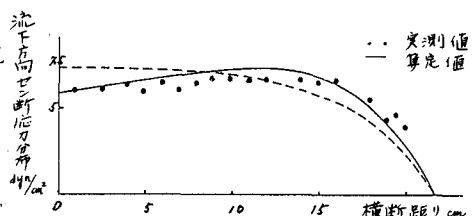


図7. セン断応力の横断分布

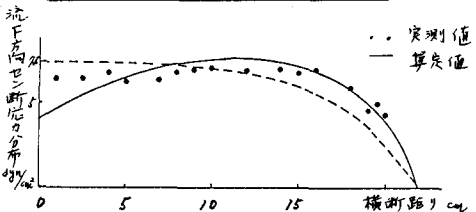


図8. セン断応力の横断分布