

1. 問題の所在

著者らは、迂曲流路における水衝現象を解明するためには、各種砂州接続形態の形成機構を知ることが重要と考え、底面形状と流れに関して実験と理論解析を進めてきた。しかし、迂曲流路の水理は複雑であり、以下のような困難が生じている。(1)河床の最大深掘れ位置と調和解析における主要周期成分波の位相が一致せず、特徴的形態を表わすためには比較的多数の項を要する。(2)線形2次元浅水流モデルによる流れの解は、緩曲部で一致するものの、急曲部で違いが大きい。(3)このため、蛇曲流路で良い適合性を示す最深点の予測式² がかなりはずれたものとなる。また、(4)砂州接続形態と密接に関係する横断面内2次流の系統的な性質がは握できない。これらの解決にとって一つのかきとなるのは(2)であり、急曲部における理論流速分布の改善が望まれる。

2. 基礎式と非線形項の近似化

図-3 (a)は、流速測定実験の1例(RunME-5)を示すものであり、(b)は線形2次元方程式のガラーキン法による解(従来法)を示す。従来法は、急曲部における流速分布の、内岸から外岸にかける遷移を十分に表現していないことがわかる。これは、基礎式の線形化の過程で横断方向への運動量輸送項を省略したことが原因しているものと考えられる。そこで、これらの項を残した形で、平均からの変動成分に関する2次元方程式を導くと(1)~(3)式となる。ただし、曲頂を原点に流路中心線にそってs軸を、横断方向にn軸をとり、u, v=それぞれs軸方向流速の平均からの偏倚、およびn軸方向流速、 ξ, η =それぞれ平均水位および平均河床面からの変位、r=流路中心の曲率半径としている。

非線形項がこのままの形では、解析が困難なので、式(4)~(7)のように和によって近似表現する。 $\beta_1 \sim \beta_8$ は近似係数である。はじめにこのような近似が成立するか否かを確める。図-1(a)~(d)は、図-3

(a)の断面8~11における実測流速を用いて非線形項を計算するとともに、最小二乗法によって係数を定め、それらから近似値を得て比較をおこなったものである。両者は予想以上に良く一致しており、特に値が大きく、したがって影響の大きい項でそのことが言える。この性質は、他の5種の実験の全てにおいて見られる。次に β の性質を調べる。図-2は、最も大きい値を示す β_8 につき、各横断面ごとに最小二

乗法を適用して値を求め、s軸方向の動きを見たものである。このように、 β_8 は場所ごとに変化し、急曲部で値も変化率も極大となるようである。しかし、

水理量の違うME-9, 砂州接続形態の異なるME-6が同様な性質を示し、また

他の係数(特に値の大きい $\beta_2, \beta_4, \beta_6$)

についても同じことが言えることから

普遍性を備えているものと見る事ができよう。

今、 β を一定と考え、式(4)~(7)を式(1)、(2)に代入整理すれば、式(8)、

(9)を得る。これらを式(3)とともに連立させれば、従来と同様にガラーキン法による解が求められる。ただし、u,

ξ に関する試行関数が、偶数周期数の正弦成分、および奇数周期数の余弦成分を含むようになり、10元2組の連立

$$\frac{\partial u}{\partial s} + u \frac{\partial u}{\partial s} + \epsilon v \frac{\partial u}{\partial n} + \frac{v}{r} + \frac{1}{F^2} \frac{\partial \xi}{\partial s} + f_0 \left\{ u - \frac{r}{2} (\xi + \eta) + \frac{n}{2\epsilon r} \right\} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial s} + u \frac{\partial v}{\partial s} + \left(1 + \frac{n}{\epsilon r} \right) \epsilon v \frac{\partial v}{\partial n} - \left(\frac{1}{r} + 2 \frac{u}{r} \right) + \frac{\epsilon}{F^2} \frac{\partial \xi}{\partial n} + \frac{f_0}{2} v = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial s} + \frac{\partial (\xi + \eta)}{\partial s} + \epsilon \frac{\partial v}{\partial n} = 0 \quad (3)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial s} = \beta_1 u + \beta_2 \frac{\partial u}{\partial s} \quad (4) \quad \epsilon v \frac{\partial u}{\partial n} = \beta_3 v + \beta_4 \epsilon \frac{\partial u}{\partial n} \quad (5)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial s} = \beta_5 u + \beta_6 \frac{\partial v}{\partial s} \quad (6) \quad \epsilon v \frac{\partial v}{\partial n} = \beta_7 v + \beta_8 \frac{\partial v}{\partial n} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} (1 + \beta_2) \frac{\partial u}{\partial s} + \beta_4 \epsilon \frac{\partial u}{\partial n} + (\beta_3 + \frac{1}{R_1}) v + \frac{1}{F^2} \frac{\partial \xi}{\partial s} \\ + (f_0 + \beta_1) u - \frac{f_0 r}{2} (\xi + \eta) + \frac{f_0 n}{2\epsilon r} = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} (1 + \beta_6) \frac{\partial v}{\partial s} + (\beta_5 - \frac{2}{R_1}) u + \beta_8 \epsilon \frac{\partial v}{\partial n} + (\beta_7 + \frac{f_0}{2}) v - \frac{1}{r} + \frac{\epsilon}{F^2} \frac{\partial \xi}{\partial n} = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

方程式に帰着する。

3. 改良法の結果

図-3(c)は、全断面のデータから定めた β を用いた場合の結果である。断面8~10に見られるように、図(b)に比較して v が大きくなっており、直線部からの流れの慣性が保存されている。しかし、 u は全体的に平坦化していて実測値とはかなり離れている。図-3(d)は、急曲部に着目して断面8~11のデータから β を定め、得た結果を示すものである。急曲部の分布が大きく改善されている。断面6~10にかけて u のピークが内岸から外岸にむかって遷移し、実測の傾向を良く表わしている。しかし、従来法で比較的良好一致を示していた緩曲部ではずれが大きくなる結果となっている。

β を固定するかぎり、全域で一致させるのは不可能ともいえ、さらに検討が必要である。

参考文献

- 1) 山岡・藤田・長谷川：彎曲と砂州の作用が共働する沖積流路における流れと底面形状の性質，昭和58年度科研費成果報告書，1984，3
- 2) 長谷川：蛇曲流路における流れと平衡底面形状に関する研究，土木学会論文報告集 第338号，1983，10

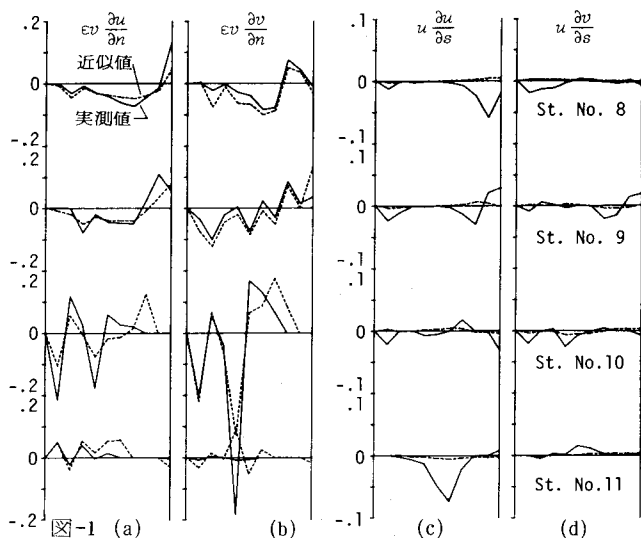


図-1 (a)

(b)

(c)

(d)

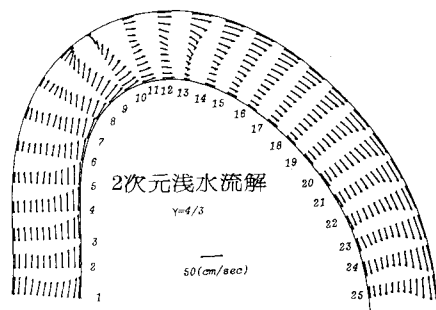


図-3(b)

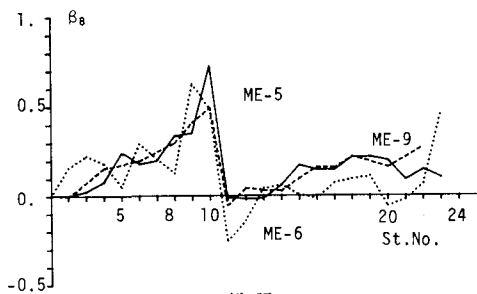


図-2 β_8 の性質

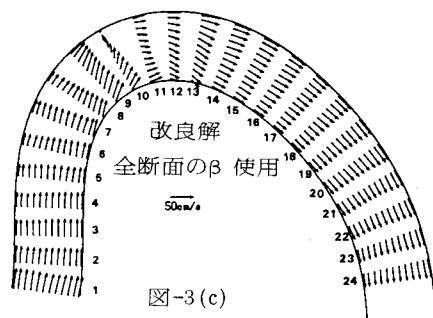


図-3(c)

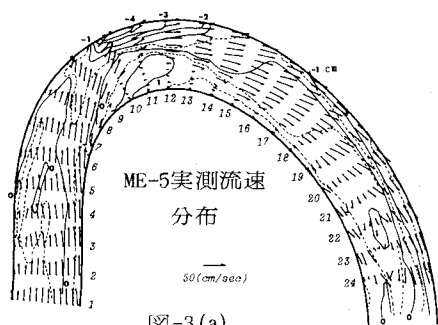


図-3(a)

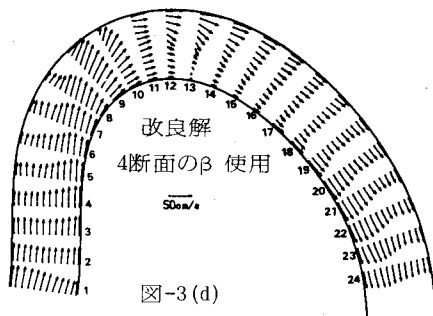


図-3(d)