

徳島大学大学院 学 生 員 ○田所 真路
徳島大学工学部 正 会 員 中野 晋

1. はじめに 一般に、河川は蛇行性状をもっている。しかし、湾曲形状なす河道の河床変動については、その変動量を定量的に予測する段階には至っていない。湾曲部は河道の弱点と考えられている。そこで、2次流の発生などで計算の難しい180°の湾曲河道をモデルにした試行計算を行い、村本らによって実施された実験結果と比較することによりFEM2次元河床変動計算法の実用性について検証する。

2. 計算方法 流れの基本方程式は、水深方向に積分された平面2次元浅水流方程式を Galerkin 法により離散化している。時間に関しては修正2段階陽解法により差分化を行い数値粘性が最小になるよう調整した。

(1) 掃流砂の基礎式 実際現象においては、河床勾配が局所的に急になった場合には底質が勾配方向に移動し易くなり、しかもその効果は河床勾配の影響を無視した時の底質の移動程度にも応じて増減すると考えられる。そこで、河床勾配の影響を次式の渡辺の方法により考慮した。

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(q_x - \varepsilon_s |q_x| \frac{\partial z_b}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(q_y - \varepsilon_s |q_y| \frac{\partial z_b}{\partial y} \right) \right] = 0 \quad \text{ここに、} q_x, q_y : x, y \text{ 方向の単位幅流砂量}$$

z_b : 河床高さ、 λ : 河床の空隙率、ここで ε_s は正の定数であり、その値は試行計算によって定めるものとする。本文では $\varepsilon_s = 5.0$ を用いた。また、流砂量式については Meyer-Peter&Muller の式を用いて計算した。

(2) 2次流の評価 一般に河道構造物や河道湾曲部では2次流が発達し、底面付近の流向は平均流向とは異なった方向となる。水路が湾曲している部分での流れにはらせん流が発生し、これにより底面付近の河床砂は外岸側から内岸側へと運ばれる。らせん流の大きさは主流に比べてそれほど大きくないものの、河床の洗掘や堆積には大きな影響を及ぼすことがある。そこで本研究では Engelund の方法を用い、図-1の様に座標系を設定し、水路が湾曲していることを考慮して、らせん流による横断方向の底面流速 v_b を求めた。

$$v_b' = -N_* \frac{h}{R} u_b \quad \text{ただし、} N_* = 11.5, h : \text{水深、}$$

R : 曲率半径である。式(1)を用いて、 n 軸方向流砂量は次式で求められる。

$$q_{bn} = -q_{bs} \frac{v_b + v_b'}{u_b} \quad \text{ただし、} q_{bs} : s \text{ 軸方向の流砂量である}$$

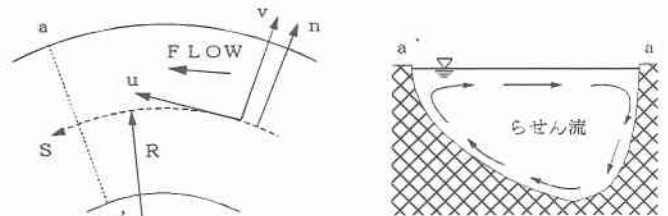


図-1 らせん流の説明

3. 計算条件 以上の諸式を基本として、本研究では表-1に示すように3ケースの計算を行った。

表-1 河床変動計算の計算条件

	CASE1	CASE2	CASE3
底面勾配の評価	なし	なし	あり
数値粘性項	あり	なし	なし

次に図-2に本研究で用いたU字型湾曲モデル水路を示す。これは村本ら(1968年の実験)に合わせたものとなっている。幅が0.5m、水路中心の曲率半径が1.5m、水路中心線に沿って10.7mの長さを有する180°の単湾曲河道を用いた。初期条件は矩形断面とし、河床勾配は水路中心線上で1/200勾配である。河床材料の粒径は1.74mmとした。また、上流端の境界条件には流量0.006m³/secを与え、

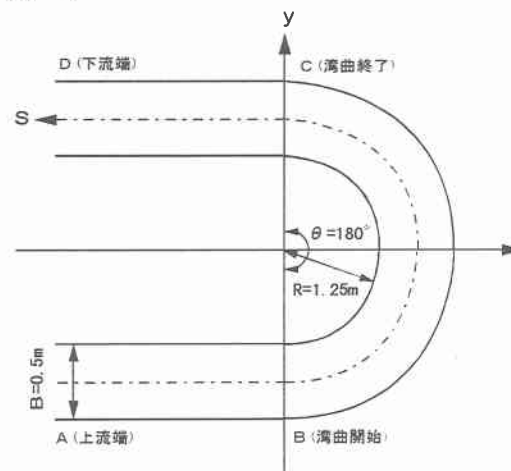


図-2 計算モデル水路

下流端の境界条件には水位 0.036m を与えた。

4. 計算結果 村本らが行った実験結果と CASE1、CASE2、CASE3 の計算結果との比較を図-3 に示す。また、図-4 に CASE3 における 30 分後の河床変動量コンター図を示す。

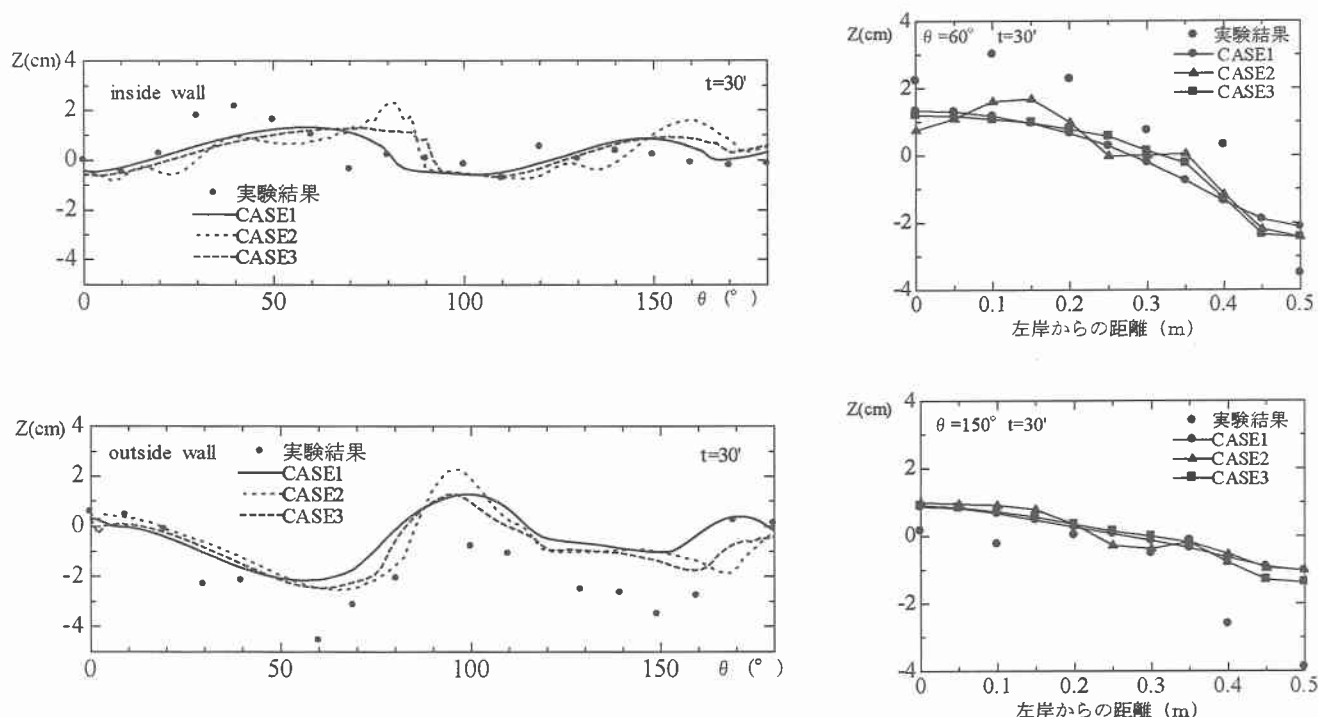


図-3 実験結果と計算結果との比較 (30 分後)

図-3 より実験結果と計算結果を比較すると、CASE1、CASE2、CASE3 とともにほぼ実験値と同じような傾向を示した。CASE1 は数値粘性効果が含まれており安定した計算結果が得られている。また、CASE2 と CASE3 とを比べると、CASE3 では CASE2 で生じた局所的な河床勾配を緩和するように河床変動が進行すると考えられる。

この中で河床勾配の影響を考慮した CASE3 が最も実現象に近いものと考えられる。しかし、30 分後の最大侵食量、最大堆積量については大きな差が生じた。これは、実現象では砂堆の発達や進行に伴って、流れおよび流砂の特性は著しく変化するが、こうした非定常的な特性が、この計算にはとりこまれていないことが原因と考えられる。これは実現象では流れが非定常状態であるのに対して、数値計算では定常状態での流砂量式を用いていることなどが関与していると思われる。以上のことを考えると、計算手法としては湾曲部の河床変動の状況のある程度再現する機能を有していると考えられる。

5. まとめ 湾曲部における FEM 2 次元河床変動計算は、2 次流の評価および河床勾配の影響を考慮することによって、ある程度再現することができたと考えられる。

参考文献 1) 大西和榮、林 健次、遠山 洋、二之宮 弘：パソコンによる流れ解析、朝倉書店、p237、1986、2) 村本嘉雄、坂本忠彦、吉本智司：湾曲水路の河床変動に関する研究、京大防災研究所年報 11 号 B、291-310p、1968、3) 村本嘉雄、坂本忠彦、吉本智司：湾曲水路の河床変動に関する研究(2)、京大防災研究所年報 12 号 B、411-425pp、1969 4) 渡辺晃、丸山康樹、清水隆夫、榊山勉：構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値モデル、第 31 回海岸工学講演会論文集、406-410p、1984、5) 藤井和志：マッコーマック法による開水路流れと河床変動の数値解法 平成 11 年度徳島大学修士論文、45-56p、1999



図-4 河床変動量コンター図 (CASE3)