

II-184 一次元河床変動計算における横断面形の長方形近似にともなう誤差

建設省土木研究所 正員 池内 覚
建設省土木研究所 正員 山本晃一
建設省土木研究所 正員 平林 桂

1. 研究目的 一次元河床変動計算では、横断面形を長方形断面に近似して断面平均水深を用いて流砂量を計算する。河床が横断方向に勾配をもっている場合、水深の横断方向変化に応じて流砂量も横断方向に変化するが、この合計値は必ずしも平均水深より求めた流砂量値とは一致しない。本研究では、横断方向の水深変化を考慮して求めた流砂量と平均水深より求めた流砂量との差異が大きくなる条件を調べるとともに、横断方向の水深変化を考慮した一次元河床変動計算と平均水深を用いた一次元河床変動計算を行い、計算結果を比較することにより、横断面形の長方形近似が一次元河床変動計算結果にどの程度影響を与えるかを調べた。

2. 横断方向の水深の変化が流砂量に与える影響 横断面形を考慮して求めた流砂量 q_B と平均河床を用いて求めた流砂量 q_B とを比較するために、図-1に示す横断方向に傾斜した断面と平均河床の断面を用いて流砂量を計算した。この計算を進めるにあたって、摩擦速度 u_* は横断方向に変化する水深を用いた。流砂量式は土研式と山本¹⁾が砂澱河床において提案した $q_B/u_*d = 14.6\tau_*^{4.6}$ の流砂量式である。均一砂で粒径0.03cm、粗度係数0.025の場合について計算すると図-2のように求められる。この結果をもとに次の場合において q_B と q_B との間に差が生じると推測される。

- ① 流砂量式において摩擦速度の乗数が多い場合。
- ② 横断勾配の大きい場合。
- ③ 土研式の場合、平均水深による摩擦速度 u_* がその河床の限界摩擦速度 u_{*c} の近傍にある場合。

3. 一次元河床変動計算への適用 ここでは、2. で述べた流砂量の誤差が一次元河床変動計算結果の精度にどの程度影響を与えるかを調べた。2. で述べた①～③の条件に当てはまる水路実験を対象に、横断方向の水深変化を考慮する”横断面形考慮モデル”と、平均水深を用いる”既往モデル”の2つの方法により再現計算を行った。計算した河道の平面図と横断面図を図-3に、計算条件を表-1に示す。両ケースとも河床は均一粒径の材料で構成されている。そのために、交換層・粒径別流砂量式を計算に取り込む必要がなく、横断面形の影響をより明確にみられると考えられる。流況および河床変動の状況、流砂の動きをもとに横断面形考慮モデルを次のように作成した。

① 横断面形の近似 各計算ステップにおける横断面形状を次の式(1)、(2)で近似する。

$$z = a \tanh(2y/B) + b \quad (1)$$

$$z = a / [1 + \exp\{10(c-y)/B\}] + b \quad (2)$$

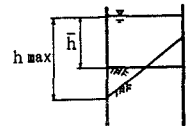


図-1 モデル横断面形

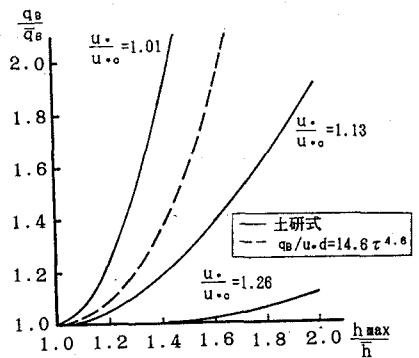


図-2 水深比と流砂量比の関係

表-1 計算条件

計算ケース	ケース1	ケース2
河床材料	スポンライト	砂
粒径	0.9mm	1.0mm
河床勾配	1/1500	1/770
流量	138.31/s	24.61/s
水深	13.0cm	6.0cm
通水時間	8hr	18hr
給砂量	0	0.239l/min
粗度係数	0.0175	0.014
流砂量式	土研式	土研式
摩擦速度	2.9cm/s	2.7cm/s
限界摩擦速度	1.6cm/s	2.3cm/s

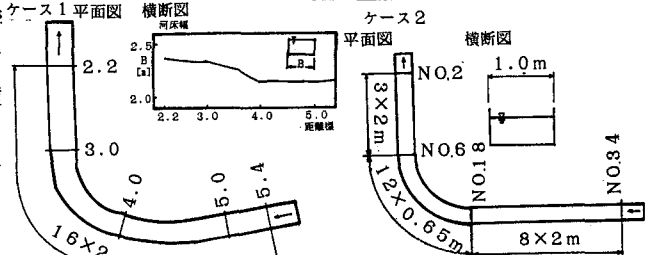


図-3 平面図と横断面図

ここに、 z, y ：鉛直、水平方向の座標、 B ：移動床幅、 a, b, c ：係数、である。ここで2つの関数形を用いたのは、断面形状によっては片方の関数形では十分に近似できないからである。計算においては式(1)はケース1のNo.3.0-4.0とケース2のNo.6-10, 14-18に、式(6)はケース2のNo.11-13に適用した。係数 a, b, c はいずれも実際の断面形状をより精度良く再現させるための係数で、計算ステップごとに次の手順により決定した。

- ・係数 b は外岸側側壁沿いの河床高を表しており、 b には実験により求めた実測値を用いた。ただし、実測値は河床波の影響をうけて縦断的にかなりばらついているので移動平均をかけて平滑化した。またケース2では洗掘深は通水後2時間30分で平衡状態に達したのでその後は一定とした。
- ・係数 a は計算河床を横断面形を考慮した河床に変換するための係数であり、横断面形を考慮した河床の平均河床が計算河床に一致するように係数 a を定めた。
- ・係数 c は式(6)の関数形がより完全に実河道の河床横断面形を近似できるために与える係数であり、河床を横断的に見た場合の洗掘（外岸側）と堆積（内岸側）の境界位置を示している。

② 移動床幅の近似 模型実験の通水中の砂の動きに注目すると、通水初期には内岸側に砂が輸送され堆積が進むが、堆積高が増すにつれて輸送量は減少する。堆積高があるところに達するとついには静的平衡状態に達し、実質の移動床は外岸側のみとなる。本モデルにおいてもこの現象の模擬を試みた。その方法は以下の通りである。堆積高が高くなり、水深が小さくなると、堆積上の摩擦速度は小さくなる。この摩擦速度が移動限界摩擦速度(2.3cm/s)よりも小さくなった場合、堆積上の河床高を固定し、実質の移動床幅を縮めた。

以上に述べた方法によって求められる断面形と通水後の実測の断面形を図-4に示す。ただし、平均河床は通水後の実測平均河床を用いている。両者は比較的良好一致しているので、この断面形状を近似した式(1)、(2)の再現性はよいものと考えられる。横断面形考慮モデルおよび既往の計算方法を用いて計算した平均河床高の縦断図を図-5に示す。なお、図には実験結果も重ね書きしてある。ケース1の場合、横断面形考慮モデルと既往モデルとの差はあまり見られない。しかしながら、ケース2の場合、横断面形考慮モデルを用いた計算結果は実験値とよく適合している。特に、No.7-No.10区間においては、横断面形考慮モデルの適用により、既往モデルよりも大幅な精度向上が見られる。これは、横断面形状を考慮して流砂量を計算することにより計算精度が高まったことを示している。ケース2において、横断面形考慮モデルの計算精度が向上したのは摩擦速度と移動限界摩擦速度が接近していたからである。

4. 今後の方針 本研究により、長方形近似が計算精度を大きく低下させている場合が明らかになった。今後は、実河川の横断形状を用いて流砂量を計算する手法や実河川の平面形状や水量等をもとに横断形状を近似する手法を検討する必要があると考えられる。

参考文献 1)山本晃一, 1980: 河川における土砂の移動機構に関する研究ノート【Ⅱ】, 土木研究所資料1543号

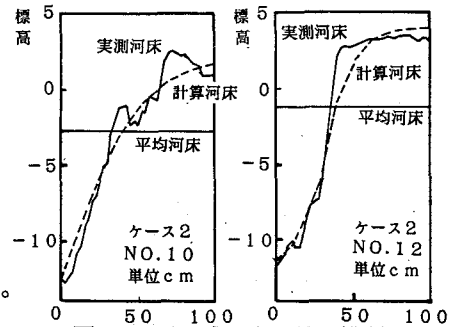


図-4 モデル式と実測値の横断面図

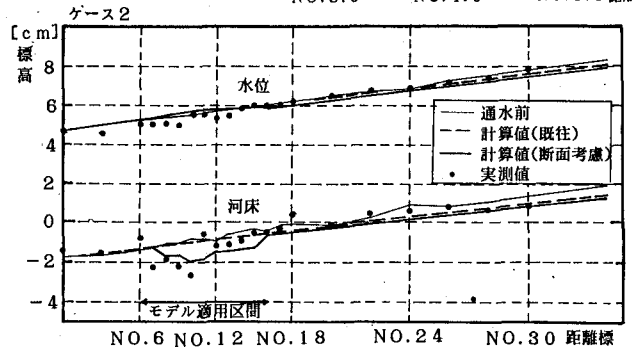
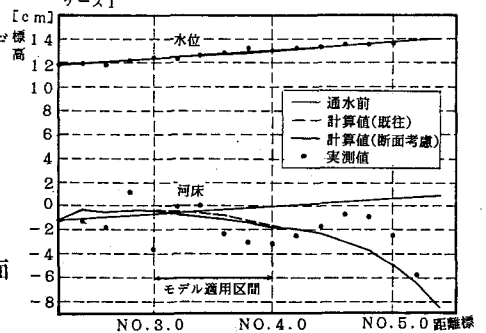


図-5 水位河床縦断図