

低平地網状河川における河床変動に関する基礎的研究

山梨大学大学院医学工学総合教育部 学生会員 ○内田 王騎
山梨大学大学院医学工学総合研究部 フェロー会員 砂田 憲吾
山梨大学大学院医学工学総合研究部 正会員 大石 哲

1. はじめに

国際河川であるメコン河は、長い年月をかけて流下した土砂の堆積により、メコンデルタを形成しており、その土砂は今もなお堆積し続け、南シナ海に大量の土砂を排出している。しかし、国際河川であるにも関わらず、その開発は遅れているのが現状である。本研究では、メコンデルタを低平野地形・河川網として扱い、その研究と解析のための準備段階と位置付け、参考資料の獲得を目的としている。そこで網状河川における1次元不定流河床変動計算モデルの構築をして、最終的にメコンデルタにシミュレーションを適用し流況及び河床変動を追跡していく。

2. 1次元・洪水解析および河床変動計算のモデル

■ 1次元洪水解析

Dynamic wave モデルを用いて1次元不定流を扱う。

$$\frac{\partial Bh}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{Bh} \right) + gBh \frac{\partial h}{\partial x} - gBhI + \frac{gn^2 Q^2}{Bh^{7/3}} = 0 \quad (2)$$

ここに、 t : 時間、 x : 硫化方向距離、 h : 水深、 Q : 流量、 B : 川幅、 g : 重力加速度、 I : 河床勾配、 n : マニングの粗度係数。

■ 1次元河床変動計算

1次元不等流河床変動計算について掃流砂及び浮遊砂を対象として扱い、掃流砂量を粒径別の芦田・道上の式(3)、粒径別浮遊砂濃度式(4)、粒径別流砂の連続式(5)、全流砂の連続式(6)を以下に示す。

$$\frac{\partial}{\partial t} \langle c_i \rangle h + \frac{1}{B} \frac{\partial (Q \langle c_i \rangle)}{\partial x} = q_{sui} - w_{fi} c_{bi} \quad (3)$$

$$\frac{q_{bi}}{\sqrt{sgd_i^3}} = p_i 17 \gamma_{*i}^{3/2} \left(1 - \frac{\gamma_{*ci}}{\gamma_{*i}} \right) \left(1 - \frac{u_{*ci}}{u_*} \right) \quad (4)$$

$$\delta \frac{\partial p_i}{\partial t} + p_i^* \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{1}{B} \frac{\partial (q_{bi} B)}{\partial x} + q_{sui} - w_{fi} c_{bi} \right] = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{1}{B} \frac{\partial \sum_i (q_{bi} B)}{\partial x} + \sum_i (q_{sui} - w_{fi} c_{bi}) \right] = 0 \quad (6)$$

ここに、 q_{bi} : 流径別単位幅掃流砂量、 s : 砂の水中比重、 d_i : 砂粒子粒径、 p_i : 砂粒子存在割合、 γ_{*ci} : 流径別無次元有効掃流力、 γ_{*ci} : 流径別無次元限界掃流力、 γ_{*i} : 流径別無次元掃流力、 u_{*ci} : 流径別限界摩擦速度、 u_{*i} : 摩擦速度、 c_i : 平均浮遊砂濃度、 q_{sui} : 浮上量、 w_{fi} : 沈降速度、 c_{bi} : 浮遊砂濃度、 δ : 交換層の厚さ、 λ : 空隙率、 η : 平均河床高。

3. 分合流点の計算

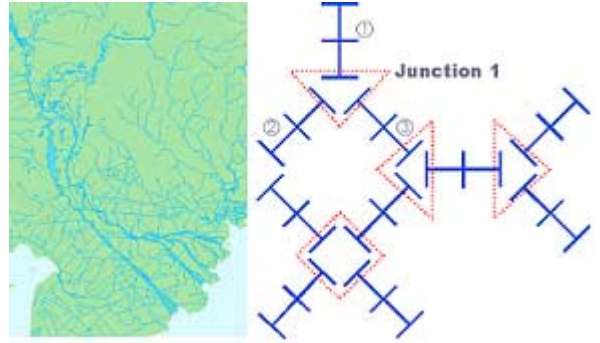


Fig-1 メコンデルタ

Fig-2 概念図

メコンデルタは、河川が網目状の複雑なネットワークを形成しているため、河床変動計算を行う上で分合流点の計算方法が重要である。本研究では、網状河川を単一流路と接合部の集合体 (Fig-2 参照) として取り扱っていく。そのため、上下流端境界条件に加えて接合部における境界条件を内部境界条件として1次元不定流河床変動計算を行う。例として Fig-2 の接合部 Junction1 において、単一流路①～③の3つの流路が接続されている。接続部において、・3点の水位が等しい、・流量の収支がとれている、・流砂量の収支がとれている、すなわち、

キーワード：網状河川，河床変動，分合流

連絡先：〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL：055-220-8523 FAX：055-220-8773

$H_1=H_2=H_3$, $0=Q_{1out}-(Q_{2in}+Q_{3in})$, $0=Q_{B1out}-(Q_{B2in}+Q_{B3in})$, を満たしており、この条件を全ての接続部に適用する。

4. 仮想網状河川における適用結果及び考察

網状河川において3股の分合流点の集合体として扱うことができるが、対象とするメコンデルタにおいては4股以上の分合流点が存在することから4股以上の分合流河川モデルの構築が必要と考え、そのシステムの作成及び検討を試みてきた。

今回、Fig-3に示すような4股の分合流点を含む仮想網状河川を適用例として計算しその適用結果を示す。適用モデルの概要は、□河床勾配：1/2000~1/10000、□水路幅：800m、□計算日数：

120日、□計算微小時間&距離 $dt=3\text{sec} / dx=2000\text{m}$ 、

□初期条件・上流端河床高：15m・下流端河床高：0m・不等流計算による水深算定、□上流端境界条件・洪水解析：流量ハイドログラフ・河床変動計算：動的平衡状態、□下流端境界条件・洪水解析：水位ハイドログラフ、以上である。Fig-4、Fig-5は、それぞれの縦断面における120日間の河床変動を追跡したグラフである。横軸に河口からの距離(m)、縦軸に標高(m)をとっている。

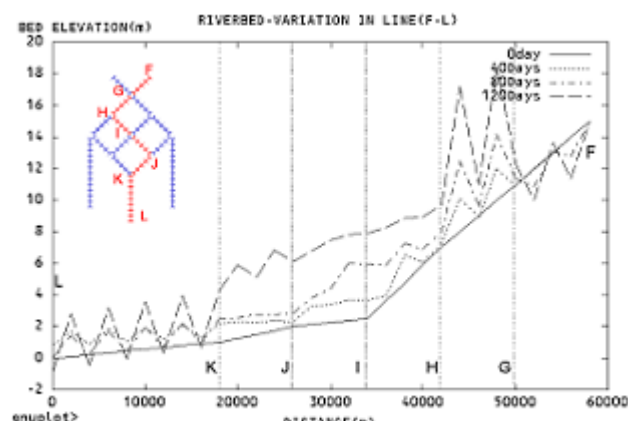


Fig-4 Line(F~L)における河床変動

Fig-4は、縦断面 line(F~L)の河床高をあらわしている。初期状態において接合部Iは4股分合流点であり河床勾配の急変点でもある。line(F~L)において上流部と下流部に比べて中流部は緩やかな河床変動をしており、時間とともに接合部Iの勾配急変点での著しい堆積によって全体的に河床勾配はなだらかになっていっている。

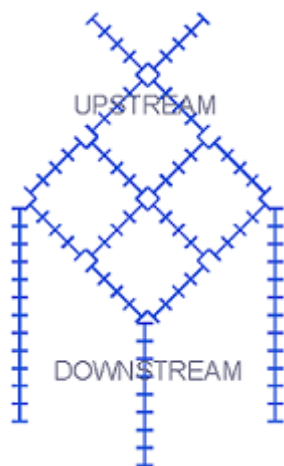


Fig-3 モデル概念図

Fig-5は、計算モデルイメージ(Fig-3)において真中の4股分合流点をはさんだ4本の流路の縦断面の河床高をあらわしている。この4本の流路をChannel(1~4)とする。初期状態において上流側のChannel1とChannel3、下流側のChannel2とChannel4はそれぞれ河床高を等しく設定した。時間経過とともに接合部より下流側でのChannel2とChannel4との河床変動の形態での違いが明確になっていったが、勾配急変点は徐々に目立たなくなり最終的には全体の河床が上昇し滑らかな勾配を形成した。

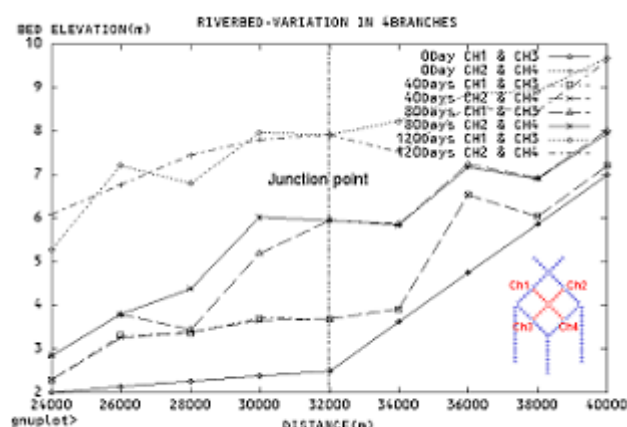


Fig-5 4股分合流点における河床変動

5. メコンデルタへの適用について

4股分合流河川での仮想シミュレーション結果を紹介したが、現モデルは河川形態をデータとして与えれば様々な河川形態に適用可能であり最大6股の分合流河川(メコンデルタに存在する)まで対応できるよう工夫した。現在、モデルの作成と並行してメコンデルタへ適用を行うためにデータの収集及び整理も行っており、結果を得るための最終作業を行っている。

参考文献

- 1) 井上和也:開水路流れの数値計算,土木学会水理委員会,1980.
- 2) 岩佐義朗,井上和也:数値水理学,丸善株式会社,1995.
- 3) 白石英彦:開水路網の不定流計算,農業土木試験場技報F第6号.
- 4) 社団法人土木学会:水理公式集例題プログラム集,2001.
- 5) 荒井信行,清水康行:現場のための水理学(3)~(5),掃流砂と河床変動,浮遊砂と河床変動,河床変動計算の応用.