

II-271 支川合流に伴う河床縦断形状変化と土砂の分級に関する研究

早稲田大学大学院	学生員	田村 浩敏
早稲田大学大学院	学生員	脇田 和美
早稲田大学理工学部	正会員	関根 正人

1. はじめに

河道の縦断形状を予測する場合には、支川の合流の影響を考慮しないことが多い。しかし、本川とは明らかに異なる粒度の土砂により構成される支川が合流してくる場合には、合流後の本川の土砂の粒度組成は顕著な影響を受けることが予想され、状況によっては河床縦断形状にすら影響がでる恐れがある。近年、黒木ら¹⁾は、支川合流を伴う河川の安定縦断河床形状に関する研究を進めているが、本研究は従来と類似の解析方法²⁾でこの問題にアプローチするものである。

2. 解析モデル

2.1 概要

本研究では、現象を一次元的に取扱うことにし、Fig. 1 に示すような河川法線形を想定する。流れの計算は従来通りの不等流計算によるが、支川合流部ではエネルギー損失があるため、この部分については運動量保存則により扱うことにする。また、著者らの従来のモデルでは、河床面以下を表層と貯留層の二層に分けていたが、堆積が進む場合には両者の間に新たに数層に及ぶ堆積層を設けることにし、河床面以下の土砂の鉛直分級についても考慮できるようにした。以上が本モデルの特徴である。なお、ここでは縦断方向流砂量式として Meyer - Peter & Muller 式を用い、また、混合粒径砂の各粒径階層毎の限界掃流力 τ_{cr} は、芦田・道上によって修正された Egiazaroff の式により求めている。

2.2 支川合流モデル

支川合流前後の水深の関係を求めるために、Fig. 2 に示すような Control Volume をとる。ここでは、図中の①部分の水深が顕著に変化しないと仮定し、この部分の水深を合流点での水深 h_{i+1} に等しいと考える。また、図の②の部分の水深については、合流点断面より一つ下流側の断面水深 h_i を用いて、 $(h_i + h_{i+1})/2$ とすると、運動量の関係から式(1)が成り立つ。従って、下流端で表-1に示すような境界条件の下で不等流計算を行い、 h_i を求め、式(1)の関係から h_{i+1} を求めることにする。

$$\rho \left(\frac{Q^2}{B_1 h_i} - \frac{Q_1^2}{B_1 h_{i+1}} - \frac{Q_2}{B_2 h_{i+1}} \cos \phi \right) = \frac{1}{2} \rho g h_{i+1}^2 B_1 + \frac{1}{2} \rho g h_{i+1}^2 B_2 \cos \phi - \frac{1}{2} \rho g h_i^2 B_1 + \rho g i_o V - \tau A \quad (1)$$

ここに、 V は Control Volume の体積、 τ は底面せん断力、 A は底面積である。

2.3 鉛直分級モデル

河床面下の土砂の鉛直構成を次のようにモデル化した。河床変動において堆積が進行する場合には、時間の経過とともに河床表層と貯留層の間に第三の層が形成される(この層を中間層と名づける。Fig. 2-(b)参照)。この層内では土砂の混合が活発に起こるが、この層厚がある値を越えると、その層全体にわたって混合が顕著に進むことはなくなると考え、限界の層厚 L を定義し、中間層の厚さが L_d を越えたときには、この厚さの粒度はもはや混合の影響を受けないと見なし、その上部に新たな中間層が形成されるとする。従って、Fig. 2-(c)のよう示すように、貯留層の上に堆積層・中間層・表層が存在すると考えることにする。これが本モデルの基本的なアイデアであり、さらに時間が経過して堆積が進行すると、堆積層が数層に及ぶことになる。

3. 河床縦断形状と河床表層の粒度分布

Fig. 4 に示すような粒度分布を有する河川に対し、表-1に示すような条件で数値実験を行った。Fig. 5, 6, 7 にそれぞれ Case 1 から Case 3 の河床変動および河床表層の平均粒径の変化を示した。これらの図より、合流部では、河床洗掘が生じ、これに伴い河床表層土砂の粒度が細粒化していることがわかる。これは、

表 - 1 計算条件

	Case1		Case2		Case3	
	本川	支川	本川	支川	本川	支川
河床勾配	1/1500		1/1500		1/800	1/400
支川の数	3		5		1	
合流地点[km]	2, 3, 4		2, 3, 4, 5, 6		0.5	
流量[m ³ /s]	100	10	100	10	0.05	0.01
川幅[m]	200	20	200	20	0.3	0.1
下流端水位	1.19h ₀		1.19h ₀		1.34h ₀	
初期粒度分布	Fig. 4 (a)	Fig. 4 (a)	Fig. 4 (a)	Fig. 4 (b)	Fig. 4 (c)	
合流角度φ[deg]			30			

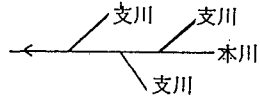


Fig. 1 河川法線形

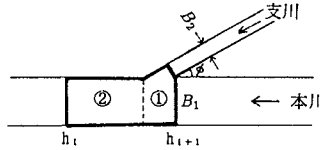


Fig. 2 Control Volume

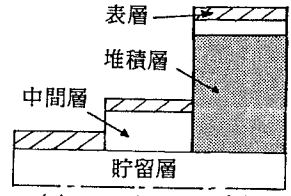


Fig. 3 鉛直分級モデル

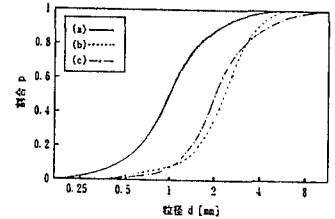


Fig. 4 計算に用いた土砂の粒度分布

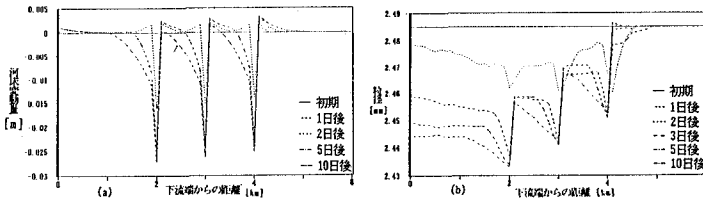


Fig. 5 Case 1 の結果: (a) 河床変動量, (b) 本川の河床表層の平均粒径

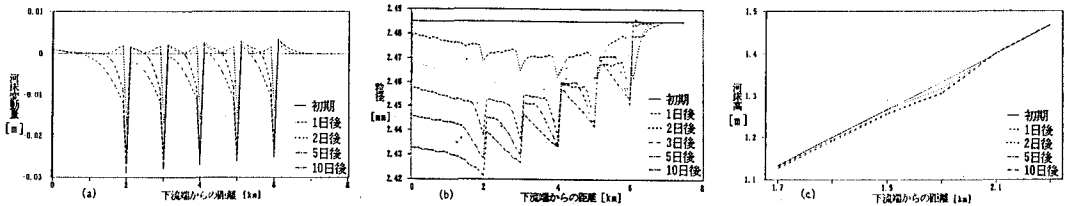


Fig. 6 Case 2 の結果: (a) 河床変動量, (b) 本川の河床表層の平均粒径, (c) 本川 2 km 付近の河床変動

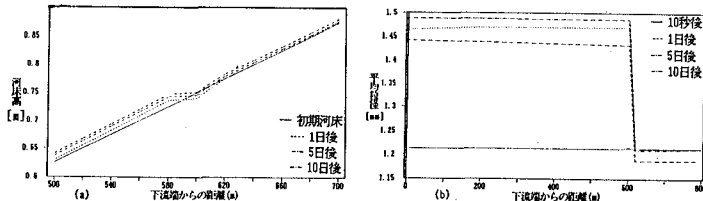


Fig. 7 Case 3 の結果: (a) 河床変動, (b) 本川の河床表層の平均粒径

とから、粒度の差がかなり大きい本川の河道計画等のために、河床変動計算をする際には、支川の影響が無視できない恐れがある。

4. おわりに

本研究では、支川の合流に伴う本川の河床縦断形状の変化と土砂の分級について、これを解析するモデルを提示し、数値実験を行うことにより、現象の定性的な理解を得ることができた。今後は、本論で取り入れたモデルの検証をするとともに、堆積が顕著に進行する場合にいかにかに土砂の鉛直分級が進行していくかについて検討していく予定である。

参考文献 1) 黒木・岡部：支川を有する河道の安定縦断形状について，第 48 回年次学術講演会概要集，1993. 2) 関根：蛇行河川の土砂のふるい分けに関する研究，土木学会論文集，1993.