

○鈴木 麗子、片山 哲雄 (株)エイトコンサルタント
安田 勇次、尾崎 順一 (財)砂防・地すべり技術センター

1. はじめに

近年、洪水時における土砂移動現象の時間的・空間的な土砂の量及び質の把握や、施設計画を策定する際の効果量を把握するため、河床変動計算が多用されるようになった。数値計算は便利かつ有効であるが、モデル化の考え方等により、基礎式の離散化手法やそれに伴う各種パラメータの取り扱いなど、プログラム特性を熟知しない限り有効な解を返さないという問題も含んでいる。今後も定量的な評価手法として一次元河床変動計算が多用されることを踏まえると、対象とする土砂移動現象を適切にモデル化することが重要である。

本報告では比較的実績データが得られている重信川の平成11年9月豪雨時の土砂移動現象をサンプルとし、流砂量式の適用に関する検討を行った。

2. 検討目的

河床変動現象は流砂量のアンバランスにより生じるが、この均衡が崩れた場合には局所的な河床変動が生じ、異常堆積による河道埋没・破堤・越水や、洗掘による構造物の損壊・倒壊などの被害を生じさせる。一次元河床変動計算は水系全体にわたる広域の土砂移動現象を把握することが主目的であるが、防災の観点からは災害に発展するような局所的現象も同時に表現できることが望ましい。本検討は一次元河床変動計算の計算精度を向上し、この種の局所的変動を極力表現することを目的として行った。

3. 検討方針

一般に掃流砂量は代表的な経験式(半経験式)の中から適切な式を選択して計算するが、これら流砂量式の多くは平衡状態を仮定して提案されたものであり、非平衡が顕在化する局所的な現象には適用できないと考えられる。そのため、本検討では非平衡性を表現できる掃流砂量式として、中川・辻本が Einstein の流砂の確率モデルを基礎に提案している右式を用い、一次元河床変動計算

$$q_B(x) = \frac{A_3 d}{A_2} \int_0^\infty p_s(x-\zeta) \int_\zeta^\infty f_X(\lambda) d\lambda d\zeta$$

(MacCormack 法)を行うものとした。また、比較のため、平衡掃流砂量式(ここでは芦田・道上の式)の場合についても同条件で計算を実施した。

4. 検討データ

重信川支川表川における平成11年9月豪雨時の土砂移動現象の再現計算を行う。計算に使用したデータを表-1に示す。また、実績データとしては出水前後に実施された河床変動測量(平成6年度→平成12年度)、河床材料調査(平成9年度→平成12年度)を用いた。

5. 検討結果

非平衡流砂量式を適用した場合をケース A、平衡流砂量式を適用した場合をケース B とし、以下に計算結果の概要を整理する。

表-2 計算区間の河床変動量 (m³)

	計算結果		実績 (H6~H12)
	ケースA	ケースB	
堆積	62,047	59,155	159,271
侵食	-4,877	-3,181	-30,734
変動量	57,170	55,974	128,537

表-1 河床変動計算の使用データの概要

地形条件	流域面積	78.5 km ²
	計算区間延長	7.1 km
	勾配	1/50~1/100
	川幅	15~160 m
施設	流入支川	5
	堰堤工	1 基
	床固工	10 基
	渓流保全工	0.5 km
出水概要	ピーク流量 (最上流部)	83.4 m ³ /s
	(最下流部)	693.3 m ³ /s
生産条件	計算時間	25 時間
	崩壊・土石流発生のタイミング	3~4時間後
	山腹崩壊による生産土砂量	53,000 m ³
	土石流流下による侵食量	245,000 m ³
	生産域の施設効果量	42,000 m ³
	施設効果を考慮した生産	256,000 m ³

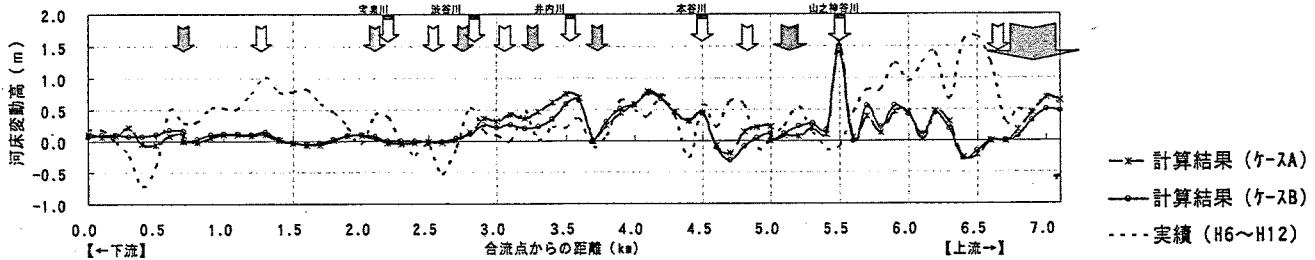


図-1 河床変動高の縦断的分布（計算結果、実績）

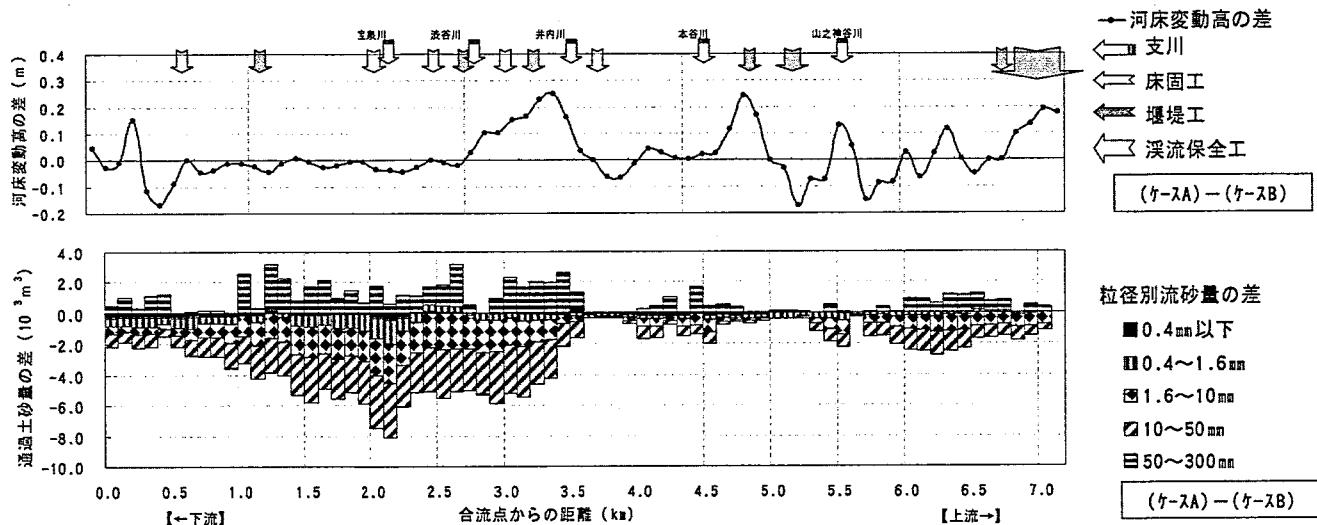


図-2 ケース A・B による河床変動高（上）と通過土砂量（下）の差の縦断的分布

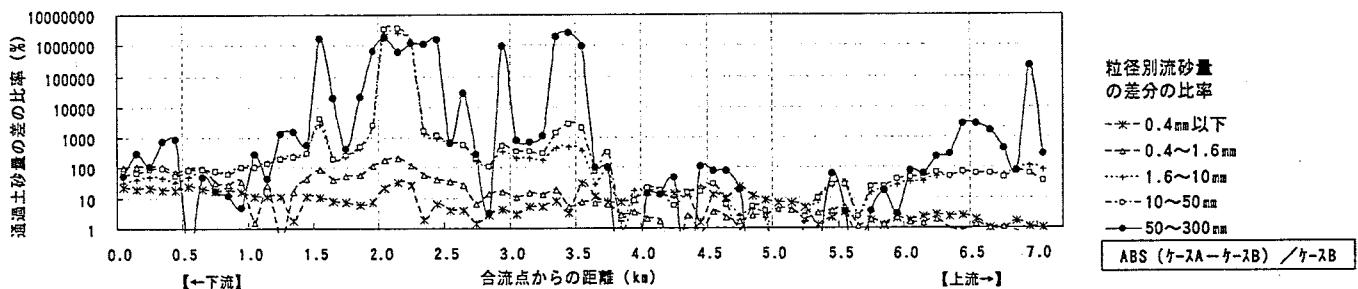


図-3 ケース B に対するケース A の通過土砂量の差分（比率）の縦断的分布

- 全般的な河床変動傾向は両ケースとも概ね同様であるが、堆積箇所における堆積量、侵食箇所における侵食量は、ケース A の方が大きく、より実績に近い傾向を示した。
- 両ケースとも実績に見られる 5.5~6.5km 区間、0.5~2.0km 区間の河床上昇を再現しておらず、総河床変動量が実績の半分程度となった。これについては前述 2 区間が河道屈曲部にあたることから、二次元的な現象を再現できなかつたためと考えられる。
- 縦断的にはケース B が下流に向かうほど連続的に通過土砂量が増加するのに対し、ケース A は局所的に突出する状況が見受けられ、特に大きい粒径 (10~300 mm) になるほどその傾向が顕著である。
- なお、河床材料構成については、ケース A は B に比べ位置的なばらつきが大きいが、全般的に細粒化し、その量は実績データで確認される細粒化とほぼ同スケール（平均粒径で 1~4 cm 程度）であった。

6. まとめ

非平衡流砂量式を適用して一次元河床変動計算を行った結果、一般に使用される平衡流砂量式と比較すると、河床変動傾向に特筆すべき改良点は見られなかったが、通過土砂量については非平衡性を表現でき、また河床材料構成の推移については実績に近い傾向になることが分かった。今後は対象出水や対象河川を変え、さらに確率モデルを取り入れたモデルについて検討を進めたい。最後に、現地観測データ等の使用にあたり協力を賜った国土交通省四国山地砂防事務所の関係各位に深謝の意を表する。