

## 安倍川流砂系における数値計算モデルによる土砂動態の再現について

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○福嶋彩 水野秀明 寺田秀樹 中野泰雄

国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所 長嶋佳孝

国土交通省中部地方整備局浜松河川道路事務所 大石康正

日本建設コンサルタント(株) 西本直史

## 1. はじめに

流砂系一貫した土砂管理のためには、山地における土砂の生産・流出に始まり、土砂の流下に伴う河床変動や海浜変形を追跡できる数値計算モデルの開発が重要である。しかし、砂防、ダム、河川、海岸の各領域で各々が対象とする土砂移動現象の数値計算モデルが開発されているものの、山地流域における土砂流出から汀線の変化に至るまでの一連の土砂の移動を追跡することが可能な数値計算モデルについては研究事例がほとんどない。そこで、本研究では、安倍川流域及び静岡・清水海岸(以下、安倍川流砂系と呼ぶ)を対象として、長期における流砂系一貫とした土砂動態の再現を行い、本研究で開発した計算モデルの再現性を検討した。

## 2. 対象流砂系

安倍川流域は流域面積 567km<sup>2</sup>、流路延長 51km で、静岡・清水海岸は安倍川河口より三保の松原の先端までの約 17.8km である(図-1)。上流域では活発に土砂生産がなされており、下流の河状は不安定でしばしば洪水による被害が発生している。また、海岸域では海岸侵食による防災・利用・環境上の問題が生じている。

## 3. 土砂移動追跡モデル

安倍川流砂系の土砂移動追跡モデルは、流砂系上流端から河口より 5km 上流の地点における土砂移動を追跡する土砂流出モデル、その下流端から河口までの土砂移動を追跡する河床変動モデル、そして汀線の変化を追跡する等深線変化モデルより構成される。土砂流出モデルは、降雨流出と土砂流出からなる<sup>1)</sup>。降雨流出計算は、表面流を kinematic wave 法<sup>2)</sup>、中間流をダルシー則により計算し、洪水位は等流計算で算出した。時々刻々とした流砂量の空間的な変化については流砂の連続式により計算した。河床変動モデルは 1 次元河床変動計算とし、水位は不等流計算により算出した。土砂流出モデル及び河床変動計算ともに掃流砂量は芦田・道上式<sup>3)</sup>、浮遊砂量は芦田・藤田式<sup>4)</sup>により計算し、ウォッシュロードについては、河床材料の移動や浮上に伴い発生するとして単位河道におけるウォッシュロード成分(粒径 0.1mm 以下)の含有率を乗じて算出した。流下幅はレジーム則( $B=5 \times Q^{0.5}$ )により求めた。生産土砂は、河床勾配 4 度から 10 度の単位河道に存在する渓床堆積物とした。等深線変化モデルは、波浪変形計算に放物型波動方程式<sup>5)</sup>、地形変化計算に n-line モデル<sup>6)</sup>、漂砂量の計算に小笠・Brampton 式<sup>7)</sup>を用いた。各計算式については巻末に示した既往文献を参考にされたい。

各モデルの接続は、上流側のモデルより算出された流量と粒径別通過土砂量を下流側のモデルの境界条件として時々刻々と与え、流砂系としての土砂移動の連続性を確保した。尚、等深線変化モデルの境界条件とする河口から漂砂域への流入土砂量については、河床変動モデルで求めた河口からの流出土砂量のうち、海浜地形の形成に寄与すると考えられる成分(粒径 0.1mm～10mm)の土砂量を与えた。河口からの全流出土砂量の 14.5% が該当する。

長期計算では 1982 年～2001 年までの 20 年間を対象とした。砂利採取や施設配置等の変遷を考慮し計算を行った。尚、砂防えん堤における堆砂状況は 1982 年で既に満砂状態となっていた。対象とした降雨は、手越流量観測所における年最大流量の平均値 1800m<sup>3</sup>/s 以上の 13 出水及び日流量が 450m<sup>3</sup>/s 以上の 32 出水(モデル降雨)であり(図-3)、1800m<sup>3</sup>/s 及び 450m<sup>3</sup>/s という値は、それぞれ、山地域のアーマーコートが破壊される出水規模による表層材料の移動限界流量、山地域における平均粒径の移動限界流量を手越観測地点に比流量配分して求めた。生産土砂の粒径、河床材料の粒径、粗度係数、不等流計算における出発水位等は既往調査結果をもとに設定した。等深線変化計算で用いた波浪条件は、石廊崎観測所の波浪観測資料よりエネルギー平均波(周期を 6.9 秒、波高は短期計算で 1.56m、長期計算で 1.47m)を設定し、潮位は T.P+0.26m(清水港の平均潮位)を設定した。漂砂量係数及び波向はトライアル計算結果からそれぞれ 0.05、0° と設定した。

## 4. 検討結果

図-4 は流砂系上流端から河口までの河床変動モデルの計算結果と実測値を比較したもの、表-1 は計算前後の河床変動土量と実績値を示したもの、図-5 は海岸漂砂域の等深線変化モデルの計算結果と実測値を比較したものである。河床変動及び等深線変化的計算結果を見ると、流砂系全体としては河床位や等深線の変化の傾向が概ね再現された。しかし、孫佐島砂防えん堤からその下流にある金山砂防えん堤の上流側における河床低下や金山砂防えん堤下流側から大河内砂防えん堤までの区間における河床上昇等、河床位の変動が実績と比較して過剰に算出されているところが生じた。河床変動土量については、上流区間では実績値より 75 万 m<sup>3</sup> 程度過剰な侵食となっているが、下流から河口までの堆積量は実績値より約 85 万 m<sup>3</sup> 程過少に算出された(表-1)。等深線変化的計算結果については、T.P.±0m から-2m までは実績に示

される汀線の変動を再現できたが、T.P.-4mより深くなると、全体的に汀線の変動量が小さかった(図-5)。

計算結果全体として、上流域における河床の低下傾向、下流における河床の上昇傾向および、静岡海岸における汀線の前進及び清水海岸における汀線の後退といった傾向を再現できることから、モデルは妥当なものであると思われる。しかし、上流域においては構造物の設置されている区間における過剰な河床変動量や滝ヶ原川河口付近に見られた特徴的な汀線変動の再現が出来なかつた点等について、計算条件の設定方法等の工夫が必要と考えられる。

## 5. おわりに

安倍川流砂系を対象として、流出解析、1次元河床変動計算及び等深線変化モデルを組み合わせた土砂移動追跡モデルを作成し、流砂系一貫とした土砂移動の再現計算を試みた。その結果、流砂系全体としての河床変動位、汀線変化の傾向を概ね再現することができた。しかし、変動量についてはより一層の再現性向上が必要であり、今後は計算条件の設定等によって、モデルの精度を向上する必要がある。また、海岸域における粒径別の土砂移動量等、土砂の質に関する評価も可能なモデルを開発する必要がある。

## 参考文献

- 江頭進治・松木敬：河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法、水工学論文集、Vol.44, p.735～740, 2000
- 土木学会：流出解析、水理公式集平成11年度版, p.38
- 芦田和男・道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文報告集、第206号、土木学会, p.59～69, 1972
- 芦田和男・藤田正治・向井健：河床砂礫の浮上率と浮遊砂量、京大防災研究所年報、第28号B-2, 1980
- 磯部雅彦：放物型方程式を用いた不規則波の屈折・回折・碎波変形の計算法、第33回海岸工学講演会論文集, p.134～138, 1986
- 宇多高明・河野茂樹：海浜変形予測のための等深線変化モデルの開発、土木学会論文集 Vol.539/II-35, p.121～139, 1996
- 土木学会：漂砂と海岸過程、水理公式集平成11年度版, p.515

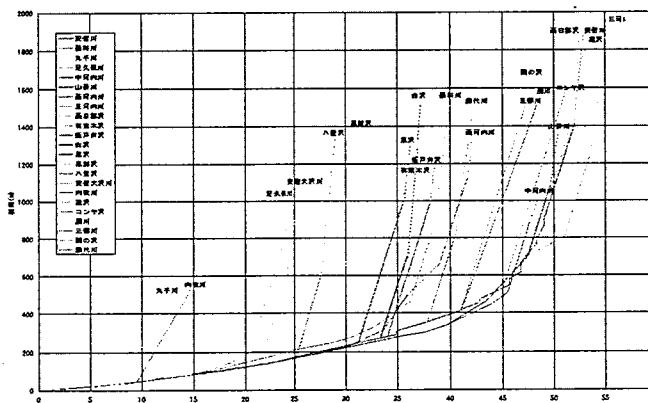


図-2 河床縦断図

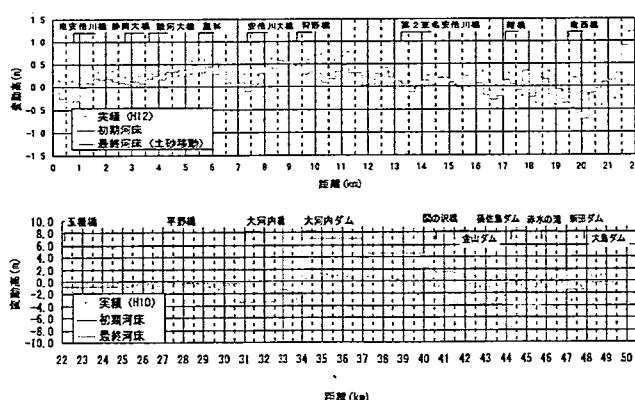


図-4 河床変動計算の結果

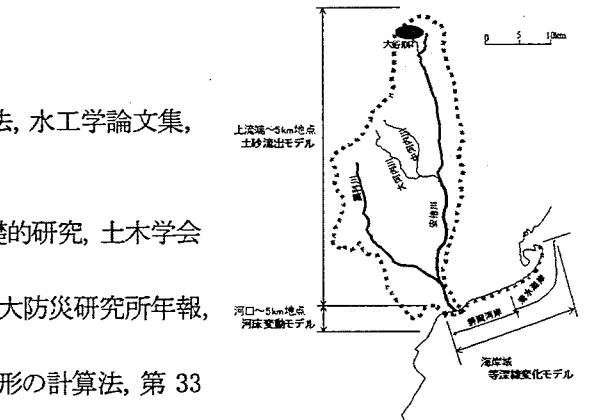


図-1 対象領域

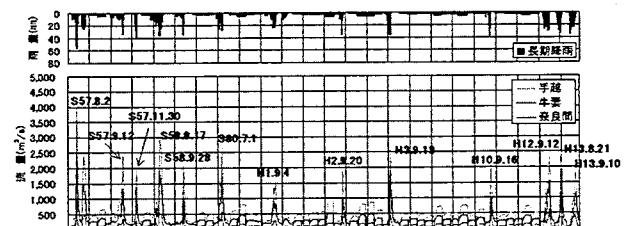


図-3 ハイエトグラフとハイドログラフ  
(長期計算)

表-1 河床変動土量

区間	河床変動土量( $m^3$ )	実績値	計算値
上流端から22km地点まで	-1,349,482	-	-2,094,896
22km地点から5km地点	+887,156	-	+365,919
5km地点から河口まで	+478,484	-	+148,793

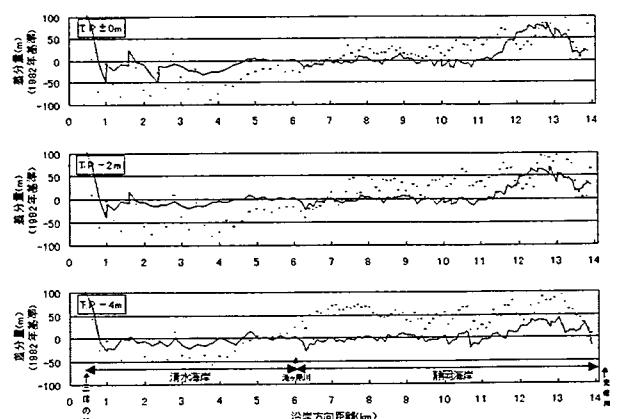


図-5 等深線変化計算の結果