

透水性の高い地盤上に形成される堆積地形の再現計算

早稲田大学大学院 学生会員 ○小笠原 基

早稲田大学理工学部 正会員 関根 正人

1. はじめに

扇状地を流れる礫床河川の流路変動過程や、わんど、たまり等の微地形の形成過程には、河川流と周辺地形の地下にある浸透流との相互作用の影響は無視できない。そこで、上記の過程を数値的に解析する場合には、この相互作用を考慮に入れた解析を行う必要がある。しかし、移動床問題を取り扱う上でこの相互作用を考慮に入れた解析が行われた例はほとんどなく、たとえば上記の流路変動過程にどのような影響が現れるかは定かではない。そこで、本研究では、解析の第一歩として透水性の高い地盤上で生じる一次元の現象を対象とすることにし、地表面下の浸透流と地表面流（すなわち河川流）との水のやりとりが顕著な場における堆積地形の形成過程について数値解析を通じて検討することにした。

2. 数値解析の概要

(1) 解析モデル

本研究では次のような一次元解析を行った。流れ場に関しては、浅水流方程式に依拠した地表面流の解析と、Darcy 則に基づく飽和浸透流の解析を同時に行うことにした。地表面上では堆積した土砂の透水係数を基に算定される量の水が地表面下の帯水層内に浸透する。一方、帯水層内の自由水面が地表面にまで到ると、逆に地表面へ復帰する水の流れが形作られることになる。数値解析手法に関しては、基礎式をスタッガード格子の考え方に従って離散化し、これを解くこととしたが、地表面流の運動方程式の移流項の取り扱いに関しては CIP 法を適用することにした。抵抗係数に関しては、ここで想定する地表面流の水深が小さいことを考慮してシートフローに関する成果¹⁾を参考にして与えることにした。土砂移動に関しては、掃流砂のみを考慮すればよい条件を対象とすることにし、Meyer-Peter and Muller の掃流砂量式を適用した。地形変動に関しては、堆積地形のフロント部などで地形勾配が一時的に安息角を超えることがあるが、この場合には関根²⁾による斜面崩落モデルを用いてこれを処理した。

(2) 解析条件

関根・新井ら³⁾は、透水性の高い地盤上に形成される堆積地形の形成過程に関する実験的研究を行ったが、本研究では、この実験を念頭において計算条件を定めている。具体的には、全長 10 m、平均深さ 0.5 m、勾配 1/100 の帯水層を想定し、その上部を透水性の高い模擬地盤とする。この上流側には全長 2 m、勾配 1/100 の水路部が接続しており、上流から流量に見合った土砂が給砂される。上流側の水路構成材料ならびに上流端から給砂する砂はともに粒径 0.48 mm の均一砂（珪砂 5 号）であり、上流端から通水する流量は時間によらず 0.002 m³/sec/m とした。帯水層に関しては、一様な透水性（透水係数を 5 cm/sec とする）を有するものとし、その底部は水平な不透水面、上下流端境界は鉛直な不透水面とした。そして、浸透水の初期水位は全域にわたって 5 cm とした（図-1 参照）。地表面から帯水層内への浸透強度の値については、上記の砂の透水係数に等しい値（0.1 cm/sec）とした。

3. 数値解析結果

図-1 には、地表面流の水位ならびに帯水層内の浸透流の水位の縦断方向変化を時間毎に示している。また、図-2 には、初期地形高を基準として各時刻までの地形変化量の縦断方向変化を示してある。図-1 の地表面流に関しては、そのフロントの時間変化を見ると、水路部ではおおむね一定の速度で移動しているが、帯水層上に到達してからは浸透によってその流量を失いながら流下するため、流下とともに移動速度が低下し、最終的には流量をすべ

キーワード：扇状地、堆積地形、水みち形成、流路の分岐

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 TEL 03-5286-3401, FAX 03-5272-2915

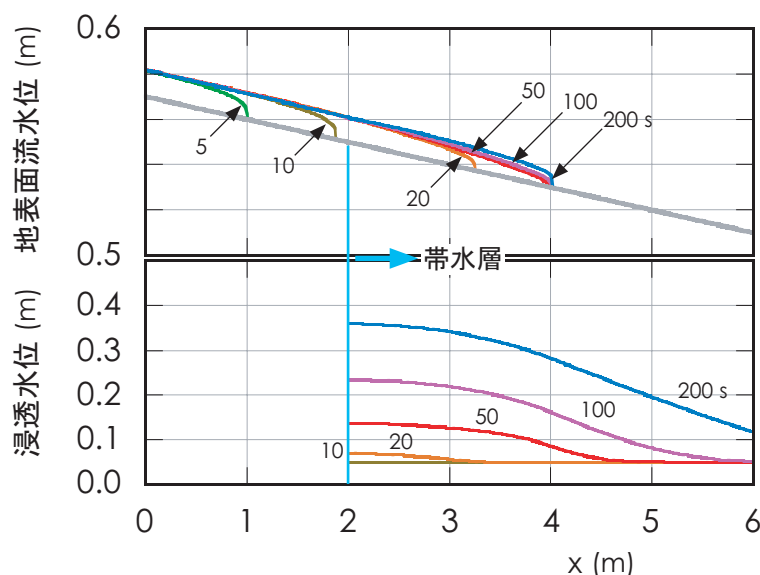


図-1 地表面流ならびに帯水層内の浸透流の水位の時間変化

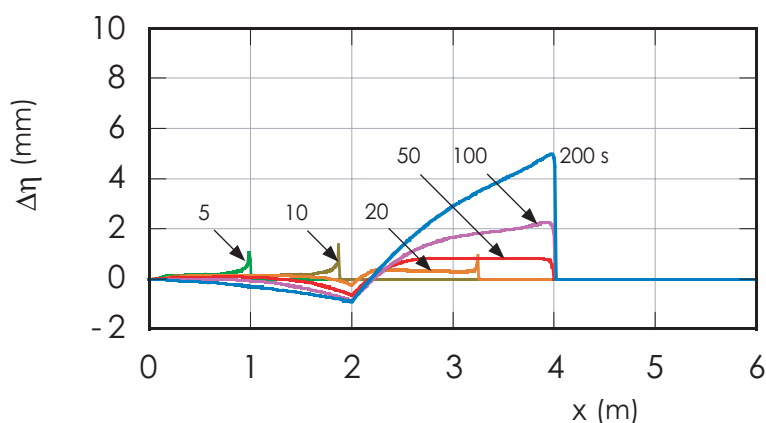


図-2 地形変動量の時間変化

て失うことで停止していることがわかる。次に、図-2の地形変動量を見ると、流れが帯水層に到るとそれ以降地表に堆積地形が形成されていることがわかる。帯水層上で堆積地形が形成されるのは、浸透によって地表面流の流量が下流側ほど少なくなり、掃流力も低下するため土砂の輸送能力が小さくなるためである。また、地表面流フロントの停止位置では、地形高の上昇量が特に大きくなるため、そのフロント部では下流に向かって安息角に等しい傾斜角を持つ斜面となる。なお、さらに時間が経過し、帯水層内が地表面直下まで飽和状態に達することがあれば、地表面流の流量が回復し、地表面流のフロントは再び下流に向けて移動を開始することもあり得る。なお、参考までに付記すると、ここで示した解析条件の下では、通水開始から200secを経ても帯水層下流端の浸透水位が大きく変化することはなく、従って、帯水層下流端の影響が上流側に及んでいることはない。

4. おわりに

本研究では、透水性の高い地盤上に形成される堆積地形の再現計算を行い、その地形形成過程について考察を加えた。今後は、扇状地のような二次元平面上に形成される堆積地形に関する解析へと発展させることを考えており、その際に不飽和浸透流としての取り扱いへと改めていく予定である。

参考文献

- 1) 澤井健二：粘着性流路床の変動機構に関する土砂水理学的研究，京都大学学位論文，1977.
- 2) 関根正人：斜面崩落モデルを用いた網状流路の形成過程シミュレーション，水工学論文集，第47巻，637-642，2003.
- 3) 関根正人・新井智明・窪田洋一：透水性地盤上に形成される堆積地形について，水工学論文集，第42巻，1087-1092，1998.