

透水性の高い平地上に形成される模擬扇状地に関する再現計算

早稲田大学理工学術院 正会員 ○小笠原 基
早稲田大学理工学術院 正会員 関根 正人

1. はじめに

河川が運搬する土砂によって形成される堆積地形のうち、例えば扇状地のような、土砂を伴う流れが透水性の高い平地上に流入することで形成される堆積地形（模擬扇状地）について検討する。関根・新井・窪田¹⁾は、掃流砂により形成される模擬扇状地の形成過程に関する実験的研究を行っており、彼らと同様の条件の下で数値解析を行うことによって、その形成・発達の過程について更なる理解を深めることを目的としている。

2. 数値解析の概要

(1) 解析条件

本研究では、関根ら¹⁾の模擬扇状地の形成過程に関する実験の再現計算を試みるため、実験条件にできる限り近い条件となるように計算条件を設定した。実験に用いた装置の写真と概念図を図-1に示す。実験装置は、上流側の水路部と下流側の平地部に分けられる。水路部については、粒径0.48 mmの5号珪砂を水路底面上に厚さ3 cmにわたって敷き詰め、平坦にならした移動床上に通水をし、これらの土砂が下流側の平地部に運ばれることで堆積地形が形成されるように設定されている。水路部の上流からは流量6 l/minの水を通水するとともに、掃流力に応じて算定される掃流砂量に見合った土砂も供給される。平地部については、水平な不透水面上に、粒径5 mmの礫（実験時にはガラスビーズ）を厚さが平均10 cm、その上面の勾配が1/100になるように敷き詰めることで構成した。これにより、地表面下に透水性の高い礫層を有する平地部を設定した。礫層内部の水位については、実験時と同様に底部から約5 cmになるように制御した。平地部の地表面には、正規乱数を用いて生成される5号珪砂の粒径規模の凹凸を初期擾乱として与えた。

(2) 解析モデル

流れ場の解析においては、透水性の高い平地上に土砂の堆積が生じることから、地表面上を流れる表面流から地表面下への水の浸透を考慮することにし、浸透流の解析には地中の水分移動を精度良く再現することが可能な飽和・不飽和浸透流解析を用いることにした。流れ場の解析モデルは、著者らが以前、透水性の高い一次元地盤上に形成される堆積地形に関する研究²⁾で用いた手法と基本的には変わらないが、表面流に関しては浅水流方程式に依拠した平面二次元解析、浸透流に関してはRichardsの方程式に依拠した三次元解析を行なうことになる。土砂移動に関しては、土砂の輸送形態として掃流砂を想定しており、関根により開発された、局所的な地形勾配の影響を考慮できるように修正した掃流砂量関数³⁾と、斜面崩落モデル⁴⁾を使用している。土砂移動を精度良く再現することが可能なこれらの手法を用いることにより、複雑な堆積地形の再現計算が可能となっている。

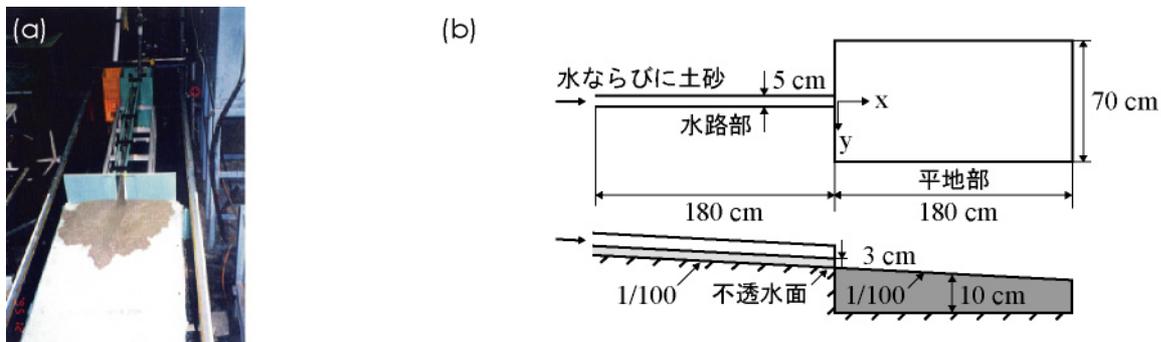


図-1 実験装置：(a) 写真，(b) 概念図

キーワード：堆積地形，扇状地，透水性，浸透流，数値解析

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

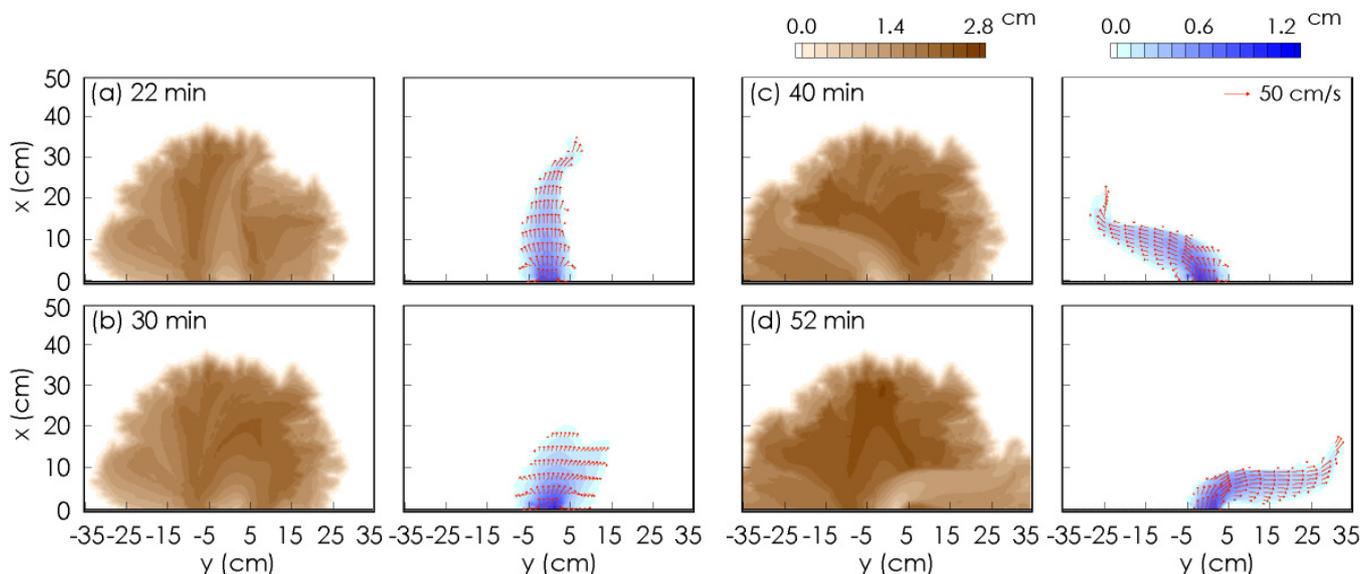


図-2 数値解析結果：

左側は堆積厚のコンター図，右側は水深のコンター図と流速ベクトルを重ね合わせた図を表す。

3. 解析結果

数値解析結果の一例として，計算開始から22分，30分，40分ならびに52分後の結果を図-2に示した．これらの図より，堆積地形上に形成される流路が，22分後は中心軸付近，40分後は左側，52分後は右側と，平地上の全域にわたって移動することで堆積地形が形成されることがわかる．一方，30分後は表面流が堆積地形上で氾濫し，明確な流路は見られない．このように，堆積地形の形成過程は，流路の消長の過程と見ることができ，数値解析結果と実験結果より，(α)流路の首振り・直進化の過程，(β)流路の消滅の過程，の2つの卓越するプロセスと，(α)と(β)の間の遷移過程が確認された．(α)の過程は，図-2の22分，40分ならびに52分後で生じている．この過程において出現する流路は，幅が狭く，流速が大きいため，上流から輸送されてきた土砂を地形外縁部へと運ぶほか，これまでに形成されてきた地形を浸食する．外縁部では輸送されてきた土砂が全て堆積するため，局所的な地形の拡大が生じることになる．しかし，やがて，この部分の堆積厚が増し，周囲の標高と同程度かそれ以上に高くなると，今度はより標高の低い位置を目指して流路の首振りや分岐が生じるようになる．流路の首振りの過程では，多くの場合，中心軸から外れた方向から中心軸上に位置する直線流路となるように移動していく．この過程において生じる流路は，図-2の40分と52分後の結果からもわかる通り，x軸が正の方向に対して凸の法線形をもつ湾曲流路となっており，流路の外岸側ではこれまでに形成されてきた地形を浸食する一方で，内岸側では土砂の堆積が生じるため，流路は中心軸方向へと移動していくことになる．(β)の過程は，図-2の30分後に生じている．この過程では，表面流は地形中央部の広い範囲にわたって氾濫した状態となり，流路は消滅している．表面流の流速は小さく，掃流力も小さいため，輸送してきた土砂はこの表面流が存在する範囲に全て堆積する．その結果，この過程は堆積地形の中央部付近の堆積厚を増大させることになる．このように，対象とする地形は，(α)と(β)の過程と，その間の遷移過程を繰り返しながら成長し，ある程度大きな時間スケールで見ると左右対称に近い扇状の地形へと発達を遂げることが確認された．

4. おわりに

本研究では，透水性の高い平地上に形成される模擬扇状地に関する数値解析を行い，その結果を検討した．解析手法の妥当性の検証のため，実験結果と数値解析結果の比較も既に行なっているが，紙面の都合上これを省略した．これについては別の機会に報告する．

参考文献：1) 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41巻，1087-1092，1998.
 2) 小笠原基・関根正人：浸透が卓越する場に形成される堆積地形に関する数値解析，水工学論文集，第51巻，979-984，2007.
 3) 関根正人・小野 了：降雨による斜面浸食過程に関する数値解析，水工学論文集，第46巻，647-652，2002.
 4) 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.