

土石流の二層流モデルの現地への適用法に関する検討

岐阜大学工学部 高濱淳一郎
 岐阜大学流域圏科学研究センター 藤田裕一郎
 アジア航測(株) ○吉野 弘祐

1. はじめに

著者らは、土石流の堆積過程において土石流から掃流状集合流動への遷移過程における砂礫層と水流層の非定常状態を合理的に解析するために二層流モデルを提案し、一次元水路による実験との比較を行い、全体的な堆積侵食の傾向や堆積に伴う水流層の分離過程を再現できることを示し¹⁾、このモデルを二次元シミュレーションに拡張した²⁾。本報は二層流モデルの現地へ適用法について検討したものである。

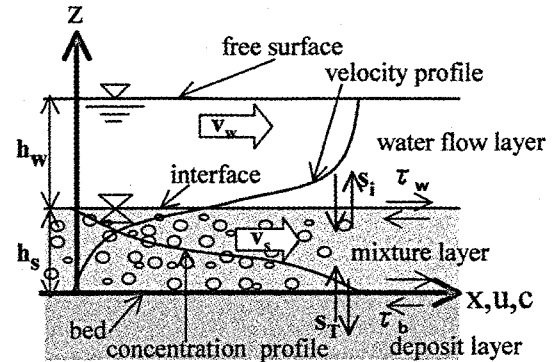


図-1 二層流モデルの模式図

2. モデルの概要

二層流モデルでは、図-1に示すように水流層と砂礫移動層とのinterfaceを通じた水流のフラックスとinterfaceの速度ベクトルに応じた運動量フラックスを導入して導かれる保存則に基づいた各層毎の支配方程式を解析するものである。

3. 微細砂、粘着力、および崩壊現象の取り扱い

現地の河床に微細砂が多量に含まれる場合には、図-2に示すように土石流の構成則に係わる固体粒子径（代表粒径、粗粒）と微細砂（細粒）は流動中には粗粒分のみが固相として取り扱われ、間隙流体（液相）は水と微細砂とから構成される（たとえば文献3）。ここで、侵食により取り込まれた土砂が再堆積する場合には、侵食源となった堆積層と同じ粒度構成で堆積するのではなく、土石流の固相である粗粒分が骨格を形成して堆積すると考える方が自然である。これにより、微細砂の混入を合理的に評価できる。

また、微細砂を含む粘着力を有する斜面や河床が新たに侵食される場合には、侵食堆積速度式中の平衡勾配⁴⁾を定義する河床面における力の釣り合い式に粘着力を導入することによって粘着力の影響を評価する。まず、粘着力を含まない平衡勾配を計算し、その時点の河床勾配と比較して、その結果、堆積領域と判断された場合には、その平衡勾配を用いて堆積速度を計算する。一方、侵食領域と判断された場合は、粘着力のあるときの平衡勾配を再計算し、この平衡勾配に対しても侵食が生じるような場合には堆積層を侵食させる。したがって、河床勾配が粘着力を導入しない平衡勾配より大きく、且つ粘着力を導入した平衡勾配より小さい場合の河床は体積も侵食も生じない状態となる。

さらに、上流端における崩壊現象を表現するために、上流端に崩壊層を設定し、これを速度ゼロ、粘着力ゼロの流動層と見なし、支配方程式に基づいてその運動を解析する。

図-3は上流端に崩壊土層を設定して上流端から水を供給した条件での解析結果の時間的変化を示している。 $t=0.0$ 秒の図は初期土層の形状である。 $t=5.0$ 秒では初期崩壊土塊の全てが流下するのではなく、その一部は堆積して、崩壊残土となっている。崩壊した土塊の流下に伴い、下流側での河床土砂層が侵食されていくが、最上流区間の初期河床形状は上に凸であって、この区間の勾配が小さいため、侵食速度に粘着力を導入すると、流下直後の侵食速度はかなり低くなっていることが示されている。 $t=20$ 秒では、土石流が勾配の増加している区間を流下するので、この区間での侵食速度は増加して河床が下がるために上流側の勾配が増加して、 $t=20\sim 25$ 秒にかけてこの侵食区間が遡上していくことになるが、同図にはこの状況がよく現れている。

4. 砂防ダムや天然ダムに流入する土石流の解析

二層モデルは水流層と砂礫移動層の体積と運動量の変化を各層の支配方程式に基づいて解析するので砂防ダムや湛水した天然ダムへ土石流が流入するような現象についても解析が可能である。図-4,5はそれぞれ砂防ダム、湛水した天然

ダムに流入する土石流の解析結果である。このような領域でも地形データを用いるだけで解析が行える。

5. 濃度と流速の鉛直分布を解析に反映させる方法⁵⁾

著者らは砂礫層の濃度と流速の鉛直分布を解析に反映させる方法についても検討しており、平衡状態における濃度と流速の厳密解に基づいて、それらの鉛直分布に基づいて補正係数を支配方程式に導入する方法を示した。さらに、濃度の鉛直分布を直線分布近似する方法で、平衡状態における厳密解をよく表現できることを見出し、解析的に補正係数を与える方法を提案しているところである。

6. おわりに

二層流モデルの現地への適用法について検討した。検討の詳細やその他の適用例についても紹介する予定である。

参考文献

- 1) 高濱ら：土石流の堆積侵食過程に関する実験と二層流モデルによる解析，水工学論文集，第46巻，677-682，2002。
- 2) 高濱ら：二層流モデルによる土石流の二次元氾濫シミュレーション，平成16年度砂防学会研究発表会，2004。
- 3) 芦田ら：長野県西部地震による御岳くずれの挙動，京都大学防災研究所年報，第28号B-2，263-280，1985。
- 4) 江頭ら：土石流の流動機構，第32回水理講演会論文集，485-490，1988。
- 5) 高濱ら：流速と濃度の鉛直分布を考慮した土石流の二層流解析に関する研究，水工学論文集，第48巻，889-894，2004。

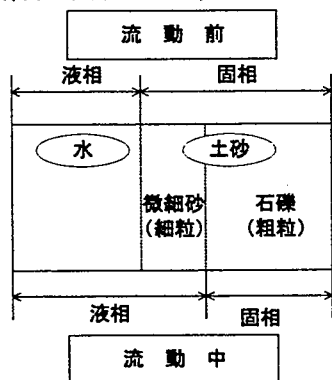


図-2 微細砂の取り扱い³⁾

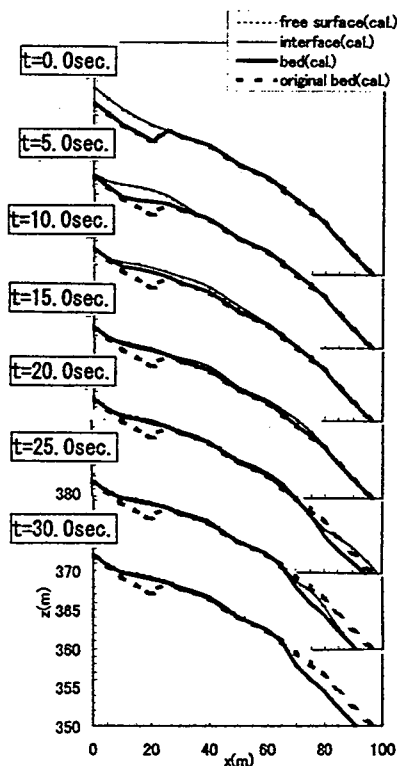


図-3 崩壊を伴う土石流の数値計算結果

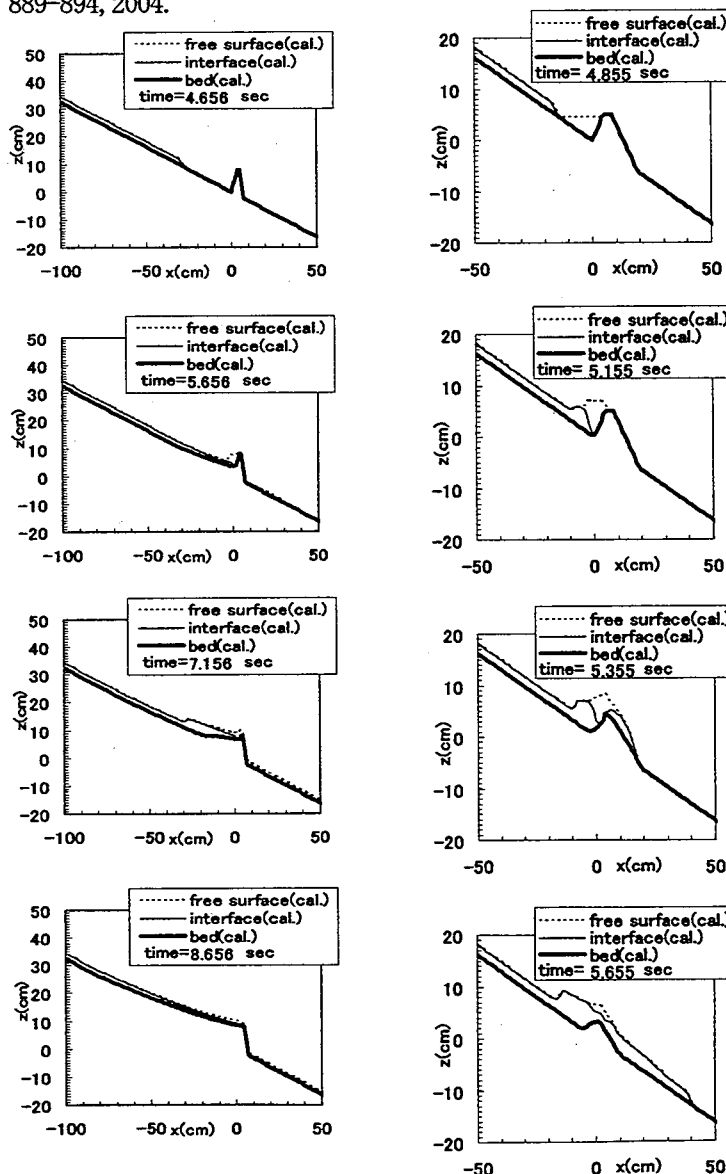


図-4 砂防ダムへ流入する土石流の数値計算結果

図-5 堰水した天然ダムへ流入する土石流の数値計算結果