

赤土砂の侵食速度式を考慮した赤土砂流出予測手法

独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ ○桜井 亘、仲野公章

奈良県土木部 南 哲行

北海道大学大学院農学研究科 山田 孝

日本工営(株)中央研究所 下村幸男

八千代エンジニアリング(株)水工部 菊池英明

1. 目的

沖縄地方では、微細土砂である赤土砂が河道や海域へ流出し、生態系へ大きな被害を与えるなど、深刻な環境問題が生じている。赤土砂はパインアップル圃場が主な生産源であるため¹⁾、効果的な対策を検討する上で、圃場での赤土砂生産機構を反映した流域レベルでの赤土砂流出予測手法が必要となる。そこで、本研究では赤土砂の生産過程に侵食速度式を用いた赤土砂流出予測手法について検討する。

2. 手法

赤土砂は、圃場の表層 1cm 程度の深さにおいて、パーミキュライト等の粘土鉱物が膨潤し、見かけ飽和度が 100% を超える過飽和層が形成され、土質強度が低下した結果、表面流により侵食され圃場から流出する²⁾。そのため、赤土砂流出予測手法の検討にあたり、このような土質強度の低下（粘着力の低下）を反映させることにより、赤土砂流出予測手法の精度が向上することが期待される。そこで、(1)式に示す侵食速度式に着目した土質強度の変化を表現できる赤土砂流出予測手法を検討することとした。

2.1 侵食速度式の概要

粘性土壌の侵食速度式については、欧³⁾らにより土質定数および掃流力の関数として表す次式が提案されている。

$$E = \alpha(U_* - U_{*c}) \cdot (S_c/S)^m \quad (1)$$

但し、 E ：侵食速度、 α ：侵食係数、 U_* ：地表流の摩擦速度、 U_{*c} ：限界摩擦速度、 S ：土質定数、 S_c ：限界の土質定数、 m ：定数である。

赤土砂の粘着性に着目して、ここでは土質定数 S および限界の土質定数 S_c を表層粘着力として与え、それぞれ、表層粘着力 (C_{0s})、限界表層粘着力 (C_{0sc}) とする。

2.2 表層粘着力の計測

実験試料は、圃場から採取した土砂を土砂流出が最も多い耕作開始から 1 年程度の圃場と同じ密度 ($1.4\text{g}/\text{cm}^3$) に締固めて作成した。この試料を、12 時間程度水浸して表層から 1cm 程度に過飽和層を形成させた。この時の過飽和部の含水比は、約 43%~50% 程度である。

表層粘着力は、表層せん断試験²⁾により測定した。これは、3mm のせん断刃を 1cm 間隔で設けたせん断板を地表面に設置してせん断試験を行うものであり、表層拘束圧を $0.05\text{N}/\text{cm}^2 \sim 0.25\text{N}/\text{cm}^2$ の間で 4 段階に変化させた。表層粘着力と表層の含水比の関係は、図-1、(2)式で表され、表層の含水比が増加すると粘着力は低下する。

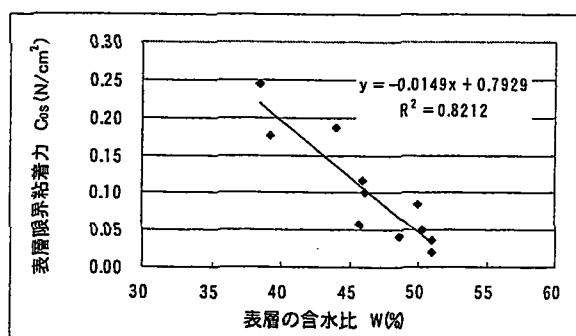


図-1 表層含水比と表層限界粘着力の関係

$$C_{0s} = -0.0149 \cdot W_s + 0.7929 \quad (2)$$

ここに、 C_{0s} ：表層粘着力 (N/cm^2)、 W_s ：表層含水比 (%) である。

2.3 侵食速度式の作成

次に、長さ 1m の供試体 (2.2 と同じ条件で作成した試料) を設置した長さ 3m、幅 30cm の水路を用いて、水

路勾配を1, 3, 5%、水深を2, 4, 6, 8, 10mmのケースで10分間通水し、侵食速度を計測した。侵食の状況を観察した結果、試料表面から面的、時間的に平均に侵食されているため、侵食速度は、試料表面から流出した土砂の乾燥重量を締固め密度で除して体積を求めさらに試料面積と通水時間で除して求めた。また表層粘着力は、実験後の試料の含水比を測定し、(2)式より求めた。

全実験結果の平均流速と侵食速度の関係は図-2に示す。平均流速25cm/sを境界に侵食が開始され、両者の関係は指数関数で近似できる。一方、侵食速度と表層粘着力の関係は、実験により指数関数で表現できる結果が得られており(図-3)、図-2、図-3の共通項である侵食速度を消去すると、平均流速と限界表層粘着力の関係(図-4)が得られる。同様の方法でもとめた限界摩擦速度と平均流速の関係を図-5に示す。図-4、図-5から限界表層粘着力は1N/cm²、限界摩擦速度は2.5cm/sとなる。次に、 C_{0sc}/C_{0s} と $E/(U_* - U_{*c})$ 関係を図-6に示す。図-6より(1)式において、 $\alpha = 4 \times 10^{-7}$ 、 $m = 4$ を用いると、データのばらつきが見られるが、実験値は(1)式に近似する。平均流速と侵食速度の関係について、耕作期間(ステージ)が異なる試料を用いて行った実験結果と、水深に伴い変化する粗度係数を考慮した計算値の比較を図-7に示す。計算値の再現性は概ね良好といえる。

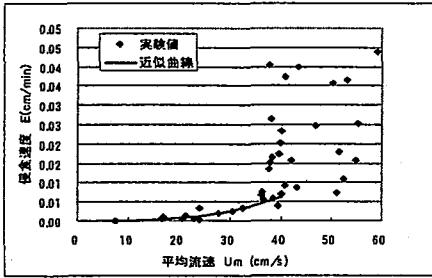


図-2 平均流速と侵食速度の関係

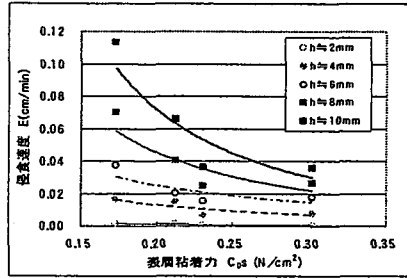


図-3 表層粘着力と侵食速度の関係

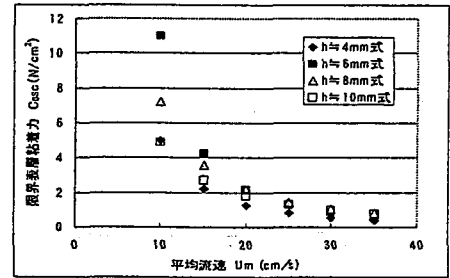


図-4 平均流速と限界表層粘着力の関係

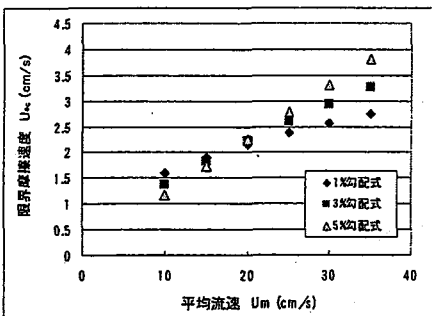


図-5 平均流速と限界摩擦速度の関係

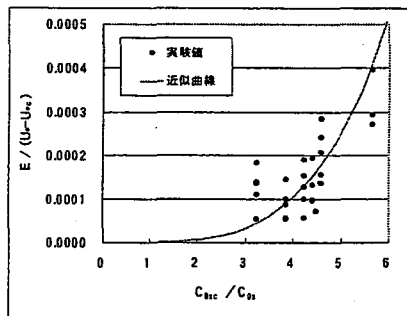


図-6 C_{0sc}/C_{0s} と $E/(U_* - U_{*c})$ の関係

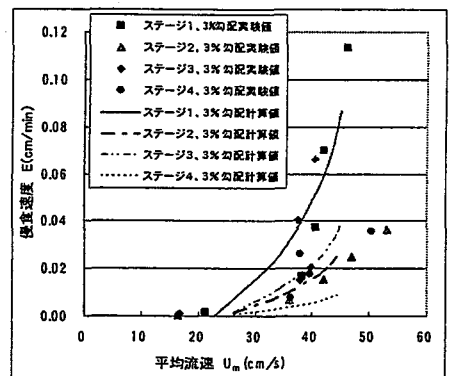


図-7 実験値と計算値の比較

2.4 侵食速度式を用いた赤土砂流出予測手法

赤土砂流出予測手法は、土砂生産源であるパインアップル圃場等の分布や圃場での土砂生産から河道の流下過程までを統一的に表現できる二次元河床変動計算による手法を検討中である。ここで、赤土砂の生産機構に従い、限界表層粘着力を上回る掃流力により過飽和層表面から浮遊砂として流出するものとして、単位時間当たりに流出する土砂量の増加分を侵食速度式として反映させることを予定している。

3. 今後の課題

赤土砂の生産特性を踏まえ、実験により赤土砂の侵食速度式を求め、これを用いた赤土砂流出予測手法の考え方を示した。今後は、本手法について、圃場や河道における赤土砂流出観測結果の再現計算を行い、適合性を検証する必要がある。

参考文献

- 1) 南哲行, 山田孝, 溝口昌晴(2000) 赤土砂の生産実態と要因に関する基礎調査, 砂防学会誌, Vol. 54, No. 4, pp77-81
- 2) 南哲行, 仲野公章, 山田孝, 下村幸男, 小野寺勝(2002) 沖縄の圃場地表面に形成される過飽和層での赤土砂侵食機構, 砂防学会誌, Vol. 55, No. 3, pp3-11
- 3) 欧国強, 石川芳治, 前田昭浩(1994) Ground-erosion Resistance Property of Kanto Loam, 砂防学会誌, Vol. 47, No. 3, pp11-17