

# 70 赤土砂を事例とした粘着性地盤の侵食に関する実験的研究

筑波大学 ○前田勝弘 天田高白  
 京都府立大学農学部 石川芳治  
 中国科学院成都山地災害与環境研究所 歐国強

## 1. はじめに

本研究において粘着性地盤とは、わずかでも粘土分による「粘着性」が発揮される地盤を指す。以前から、農地を中心としたSoil erosionや、山地流域からの微細粒子の生産・流出に関する研究が盛んで、最近では多自然型工法に関する河床、河岸、河川敷土砂の耐侵食性の評価も注目されている。ところが、これらの解析の一部となる粘性土の侵食速度がどのような水理量によって規定されているかは、未だに明らかでない。そこで、本研究では沖縄の赤土砂を事例に、粘着性地盤の侵食過程や侵食速度式について実験的に検討した。

## 2. 水路実験

沖縄県北部で採取した赤土砂の粒度分布は、Fig. 1 に表される。この試料を長さ200cm、幅12.4cm、勾配*i*=0.017~0.17の水路に、厚さ5cm、空隙率 $\lambda=0.57$ で敷き詰めた(Fig. 2)。一定流量で、一定時間通水し侵食させた後、11ヶ所の侵食深を計測し侵食速度(cm/sec)を算出した。掃流力は、赤土砂の比重 $\rho$ を $2.74\text{g/cm}^3$ 、平均粒径 $d_m$ を $0.097\text{cm}$ として無次元化表示した。実験は流量、勾配を変化させ49ケースを実施した

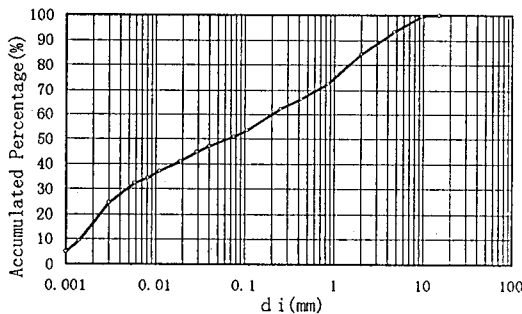


Fig. 1 赤土砂の粒土分布

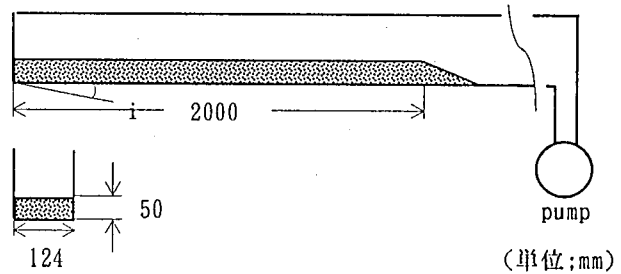


Fig. 2 試料を敷き詰めた状態の実験水路

## 3. 限界掃流力

粘着性地盤の侵食速度とともに、侵食限界（許容掃流力）を知ることも重要である。力学的に粘着性土砂の限界掃流力を導いた芦田らの式<sup>1)</sup>が存在するが、単位面積当たりの粘着力 $\gamma_c$ の取り扱いに課題が残されている。

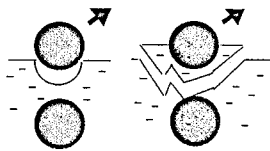


Fig. 3 粘土中からの粒子の離脱

著者らも同様に、 $\gamma_c$ を(一面、 $\pi$ )せん断試験から得られた粘着力 $c$ に置き換え、その式<sup>1)</sup>に代入したところ、実際の値と10倍の違いがあった。これは「 $c$ 」と侵食過程に関与する粘着力が等価でないことを暗示している。具体的には、粘土中の粒子の離脱の仕方は、含水比や粒子と粘土分の接着の具合などによって異なること(Fig. 3)、さらに粘土のレオロジカルな性質が複雑に影響することがあげられる。

#### 4. 侵食現象

掃流力の大きさによって侵食現象は、次のように異なっていた。掃流力が小さい範囲( $\tau_* < 0.1$ )では、侵食面の粘土分が洗脱、はく離し、比較的大きい粒径が残留した。結果的にParallel degradationに近い現象がおこった。このとき、実験での侵食速度は粗粒化するまでのものである。掃流力がそれ以上( $\tau_* \geq 0.1$ )では、粘土分が流された後に砂礫が運搬される場合や、砂礫と粘土分が塊になって脆性的にはく離し、次々と細かく河床面が破壊した。さらに掃流力が大きくなると、河床面が激しく洗掘された。特に勾配が急で水深が比較的浅いケースでは、河床面の擾乱が上流方向に伝播し階段状の流路が形成された。

#### 5. 侵食速度式

経験的に粘着性地盤の侵食速度;  $E$ (cm/sec)は、掃流力; $\tau_*$ と侵食限界である限界掃流力; $\tau_{*c}$ 、および二つの係数; $\alpha, \beta$ によって右式で表される<sup>2)</sup>。 $\alpha$ は、粘土の種類、地盤の粒度構成、空隙率などによって異なる係数である。 $\beta$ については、Meyer<sup>3)</sup>は1~2を提案した。

$$E = \alpha(\tau_* - \tau_{*c})^\beta \quad \dots(1)$$

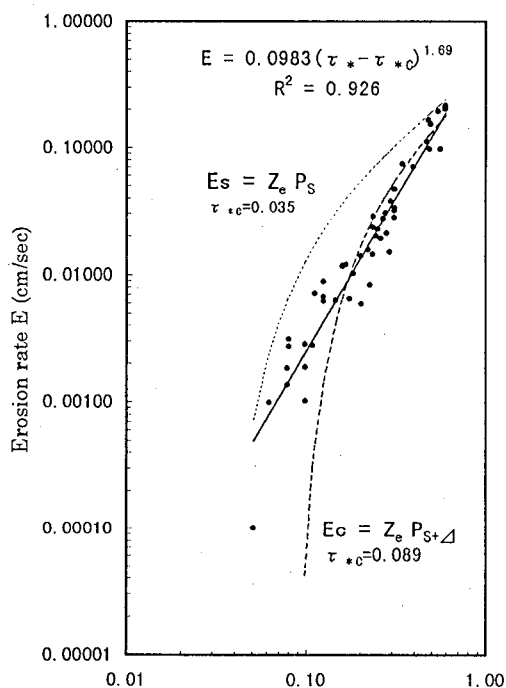


Fig. 4 無次元掃流力と侵食速度の関係

#### 6. 考察

掃流力と赤土砂の侵食速度の関係をFig. 4に示す。ただし限界掃流力付近の侵食速度は粗粒化の影響を無視している。限界掃流力は河床面にほとんど影響を与えない侵食限界と考え、実験の状況から、 $\tau_{*c} = 0.089$ と決定した。実験値は(1)式との適合もよく、 $\beta$ の値として1.7を得た。この値は、Meyer-Peter-Müllerの式などの非粘着性土砂の掃流砂量式の値と似ており興味深い。

Fig. 4内の点線は、非粘着性地盤の侵食速度; $E_s$ を粘土・シルト分をのぞいた平均粒径( $d_m' = 0.207$ )のPick-up rate<sup>4)</sup>;  $P_s$ ( $\tau_{*c} = 0.035$ )とその河床低下高; $Z_c$ で計算したもので、粘着性地盤の耐侵食性を確認できる。また破線は、粘着性地盤の侵食速度; $E_c$ を同様に $P_{s+\Delta}$ ( $\tau_{*c} = 0.089$ )から求めたものである。掃流力が大きくなると実験値とおおむね一致することから、侵食過程として粒子の活発な離脱が起きていると推察できる。今回の実験結果から、粘着性地盤の侵食速度式として(1)式は妥当であることがわかった。今後は、 $\alpha$ について詳しく検討を進める。

#### 参考文献

- 1) 芦田和男、江頭進治、加本実：山地流域における侵食と流路変動に関する研究(1)－粘着性材料を含む砂礫の移動限界と流砂量－、京大防災研究所年報第25号B、pp. 349~360、1982
- 2) 河村三郎：土砂水理学1、森北出版株式会社、pp. 254、1982
- 3) Meyer, L. D., and Wischmeier, W. H. : Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs, 12(6)、pp. 754~758、1969
- 4) 中川博次、辻本哲朗：水流による砂礫の移動機構に関する基礎的研究、土木学会論文報告集第206号 pp. 59~69、1972