

## 含水比及び細砂含有率が粘性土の移動限界に与える影響

埼玉大学大学院 正会員 八木澤 順治

### 1. 目的

日本では越流による破堤を伴う洪水氾濫被害が多発している現状があり、越流時における堤体の侵食機構を把握することは非常に重要である。そのため、越流水及び堤体侵食現象を高精度に追跡できる計算モデルの構築が求められている。従来の侵食量評価手法の中で、改良すべき点として粘着性を有する土の侵食限界の評価が挙げられる。国内外において、粘着性土の侵食限界の評価が盛んに検討されているものの、粘着力の力学的解釈が未だ不透明であるため普遍的な侵食限界が明らかとなっていない。青木・首藤<sup>1)</sup>では粘土 100%で実験を行い、含水比が移動限界に影響を及ぼすとしているが、実際の堤体材料は砂と粘土の混合材料であり、その結果をそのまま反映することは難しい。そこで、本研究では粘性土の移動限界を明らかにするため、粘性土で構成される堤体材料の含水比・細砂含有率が粘性土の移動限界に与える影響を明らかにすることを目的とする。

### 2. 研究方法

#### (1) 粘性土の移動限界の評価

粘性土の移動限界を評価する指標としての無次元限界掃流力を用いた。無次元限界掃流力は以下の芦田・道上の式<sup>2)</sup>より流砂量式を用いて算出した。

$$\frac{q_{Bi}}{\sqrt{sgd_i^3}} = p_i 17 \gamma_{*i}^{3/2} \left( 1 - \frac{\gamma_{*ci}}{\gamma_{*i}} \right) \left( 1 - \frac{u_{*ci}}{u_*} \right) \quad (1)$$

ここに、 $p_i$ は粒径  $d_i$  の粒子が河床に存在する割合、 $d_i$ は砂粒子の粒径、 $q_{Bi}$ は粒径別単位幅掃流砂、 $s$ は砂の水の中比重、 $\gamma_{*i}$ は粒径別無次元掃流力、 $\gamma_{*ci}$ は粒径別無次元有効掃流力、 $u_*$ は有効摩擦速度、 $\gamma_{*ci}$ は粒径別無次元限界掃流力、 $u_{*ci}$ は粒径別限界摩擦速度である。流砂量式を用いて無次元限界掃流力の算出に必要なパラメータを実験により得た。

#### (2) 実験方法

長さ 2.8m、幅 20cm の開水路の上流先端から 90cm から 140cm の区間に粘性土を設置して実験を行った。流量は  $4.5 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$  で固定し、1 時間通水した。実験により水面計、流速を計測するとともに、ポイントゲージにより侵食された粘性土の侵食深を測定し、流出した体積を算出した。また、実験中における正味の掃流砂量を把握するため、水路下端にネット(網目:0.108mm)を設置することにより、掃流砂のみを採取し、流出した体積を測定することで無次元限界掃流力の算出に用いた。

#### (3) 実験条件

実際の堤体材料の土質分布<sup>3)</sup>を参考に粘性土の粒径と実験ケースを決定し、実験ケースとしては細砂含有率と含水比を変化させた 11 ケースで実験を行った。また、実験に使用した粘性土としては、50%粒径が 0.281mm の珪砂 7 号と 0.083mm の DL クレーを実験条件に応じた混合比で作成した。

### 3. 結果および考察

#### (1) 含水比が及ぼす移動限界への影響

図-1 に含水比による無次元限界掃流力の変化を示す。細砂含有率を 20% で固定し、含水比を 30, 40, 60, 80, 90% と変化させたケースを示している。その結果、無次元限界掃流力は 0.15-0.42 となり、非粘着性材料のそれと比べると 3 倍から 8 倍大きくなった。その中で、無次元限界掃流力が最も大きく、最も移動しにくい状態である含水比 40% から含水比が高くなるにつれて無次元限界掃流力も小さくなり、含水比 90% では 40% の約 1/3

キーワード 粘性土, 移動限界, 含水比, 細砂含有率 連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255  
埼玉大学大学院理工学研究科 TEL 048-858-3567 E-mail : yagisawa@mail.saitama-u.ac.jp

程度まで低下した。青木・首藤<sup>1)</sup>でも、吸着水量を超える水分は粒子間の距離を増加し、その結合を弱めると指摘されており、同様の傾向が確認できた。ただし、含水比が低くなればなるほど無次元限界掃流力が大きくなるわけではなく、含水比30%では含水比40%より無次元限界掃流力は小さくなった。粘土粒子の粒子間に電気化学的な力によって粘着力が発現するためには、粒子表面にある程度の水が吸着されることが必要であることも指摘されており<sup>1)</sup>、これと同様の傾向も確認できた。

**(2)細砂含有率が及ぼす移動限界への影響**

細砂含有率による無次元限界掃流力の変化を図-2に示す。含水比が40%で細砂含有率が20,60,80,90%のものを比較した。細砂含有率20%,60%の無次元限界掃流力がそれぞれ0.42,0.44で、細砂含有率80%,90%は若干低下し、それぞれ0.36,0.37となった。80%以上となると80%以下のケースより0.06程度小さくなるが含水比の変化と比べると無次元限界掃流力の変化量は小さかった。

**(3)全実験ケースでの比較**

全実験ケースでの無次元限界掃流力の比較を図-3に示す。この図には、非粘着性材料で得られた shields curve も合わせて示している。全ケースを通じて含水比が高いケースで無次元限界掃流力が小さく、含水比が低いケースで無次元限界掃流力が大きくなる傾向がある。また少量でも水と粘土が混入すると、無次元限界掃流力は砂のみの値と比較して大きくなった。全ケースの中で最も無次元限界掃流力が大きいのは細砂含有率60%、含水比40%のケースで最も小さいケースが細砂含有率20%で含水比90%のケースとなった。

**4. 結論**

- 1) 粘性土の移動限界に含水比が大きく影響をもたらすことがわかった。また、適正量の水分(本実験でのケースでは含水比40%,60%)を含んでいると粘性土の粘着力がより発現し、無次元限界掃流力が大きくなり移動しにくい状態となることがわかった。
- 2) 本実験では細砂含有率80%以上のケースでは、それ以下の細砂含有率に比べ、無次元限界掃流力が若干減少したものの、全体的には細砂含有率の変化が移動限界に与える影響は大きくないと考えられる。

**謝辞**：本研究を行うにあたり JSPS 科研費(若手 B 26821097)の助成を受けた。また、実験を行うにあたり、当時埼玉大学学部生の中村充氏に助力頂いた。ここに記して謝意を示す。

**参考文献**

1)青木美樹・首藤伸夫：粘性土堆積層の洗掘現象に関する実験的研究，水理講演会論文集，第26巻，pp.87-92,1982。  
 2)芦田和男・道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量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。3)服部敦：植生の抵抗特性ならびに粘性土の耐侵食性の評価とその河道設計技術への応用に関する研究，2007。

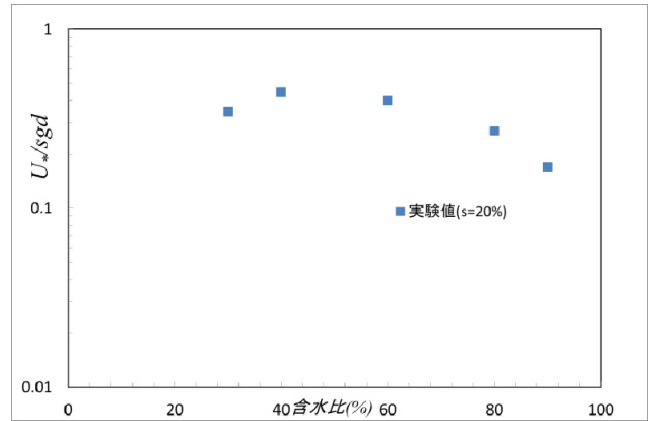


図-1 含水比による無次元限界掃流力の変化

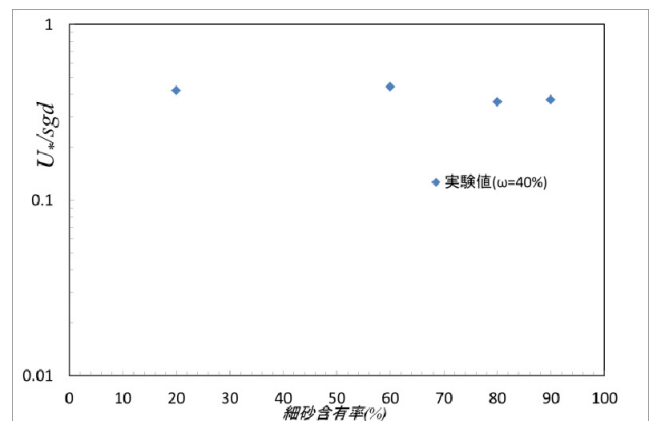


図-2 細砂含有率による無次元限界掃流力の変化

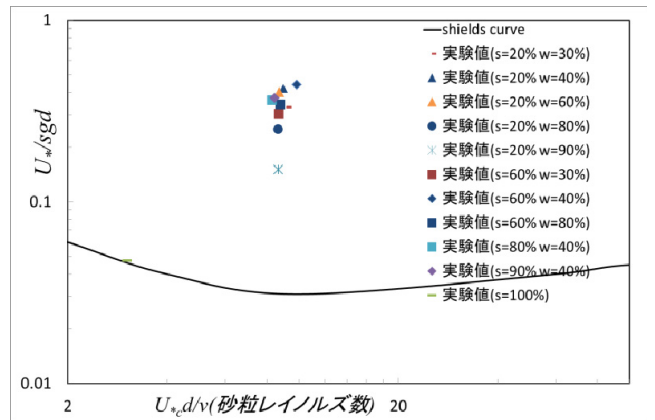


図-3 全ケースでの無次元限界掃流力の変化