

含水比の鉛直分布が粘性土の移動限界に及ぼす影響

埼玉大学 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。著者¹⁾は様々な含水比、細砂含有率が移動限界に及ぼす影響について調べており、細砂含有率よりも含水比の影響を受けて移動限界が変化することを示した。しかしながら、実験開始時に設定した含水比も実験中に変化することが予想される。また、実際の現象では、堤防越流が生じる前に降雨や表法面からの浸透によって、堤体中の含水比も鉛直方向に大きく変化することが考えられる。そこで、本研究では含水比の鉛直分布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. 実験方法

(1) 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(50%粒径が0.281mmの珪砂7号と0.083mmのOHカオリンを実験条件に応じた混合比で作成)を設置して実験を行った(図-1)。流量は $4.5 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$ で固定し、1時間通水した。実験により水面形、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。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。また、実験時間中の含水比の時間変化は含水比計(HS10:Decagon社)を用いた。図-1に示すように、上記の粘性土設置区間の中央に、表層から1cm、2cm、4cm、8cmの深さに計4つ取り付けて1秒間隔で計測した。なお、今回は細砂含有率20%と初期含水比約30%とした試料を用いた。

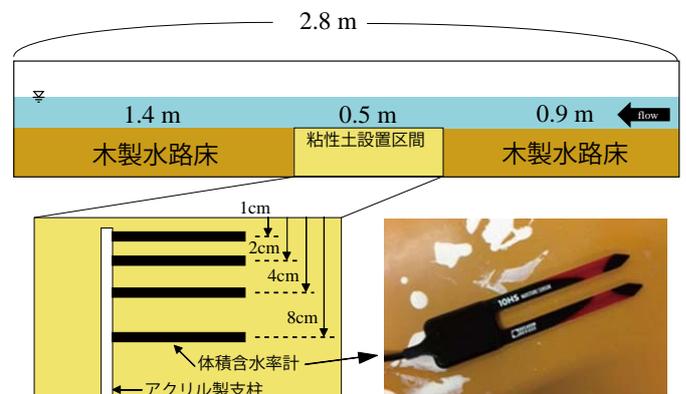


図-1 実験水路および体積含水率計の設置状況

(2) 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²⁾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 は砂の水比重、 γ_{*i} は粒径別無次元掃流力、 γ_{*i} は粒径別無次元有効掃流力、 u_* は有効摩擦速度、 γ_{*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。無次元限界掃流力の算出に必要なパラメータは実験により得た。

キーワード 粘性土, 移動限界, 含水比の鉛直分布 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

3. 結果および考察

(1)各高さの含水比の時間変化

図-2 に実験中に計測した各高さの含水比の時間変化を示す。通水開始時にはどのの高さに設置された体積含水率計も概ね 30%程度の値を示している。通水開始から 65 分経過後には、表層から 1cm(以後 L1)の含水比が概ね 80%を超えた。この時、含水比計の一部が粘性土層から露出したため実験を終了した。一方、L1 よりも下方に設置した含水比は実験期間中大きく変化しなかった。実験終了までの間で、L1 の含水比が 40%まで上昇した期間を S1、60%まで上昇した期間を S2、80%まで上昇した期間を S3 とし、それぞれのステージで無次元限界掃流力を算出した結果を次節で議論する。

(2)含水比の鉛直分布が無次元限界掃流力に与える影響

図-3 に S1 から S3 の各ステージにおける含水比(時間平均値)の鉛直分布を示す。L1 のみ大きく変化しており、時間経過とともに、L1-L2 間の含水比の鉛直勾配は大きくなっていることがわかる。含水比の鉛直分布が粘性土の無次元限界掃流力に与える影響を確認するため、含水比が鉛直方向に変化していない既往実験結果¹⁾と、今回の実験結果を比較した図を図-4 に示す。含水比が鉛直方向にほとんど変化していないS1の無次元限界掃流力は、過去の実験結果と同等の無次元限界掃流力となっている。一方、含水比の鉛直勾配が大きいS2やS3の無次元限界掃流力は、含水比が鉛直方向に変化していない既往実験結果¹⁾と比較して、大きく減少している。このことは、含水比の鉛直分布形状によって表層の移動限界が変化することを示唆している。

4. 結論

実験結果より、本実験条件(細砂含有率 20%, 初期含水比 30%程度)では、粘性土の移動限界に含水比の鉛直分布形が大きく影響をもたらすことがわかった。特に、含水比の鉛直勾配が大きくなった際に無次元限界掃流力が減少することが明らかになった。

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、埼玉大学学部生の長谷見友介氏に助力頂いた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1)八木澤順治: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,第70回年次学術講演会,II-85,pp.169-170,2015.
- 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.

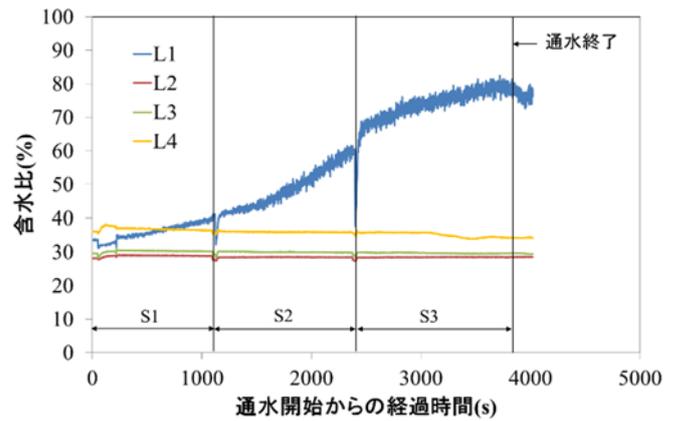


図-2 各層の含水比の時間変化

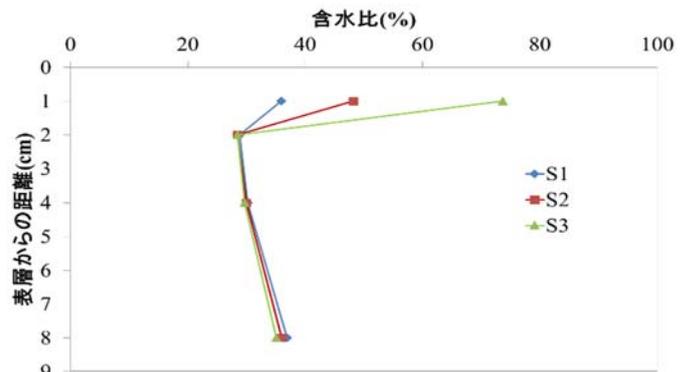


図-3 S1-S3 時の含水比の鉛直分布

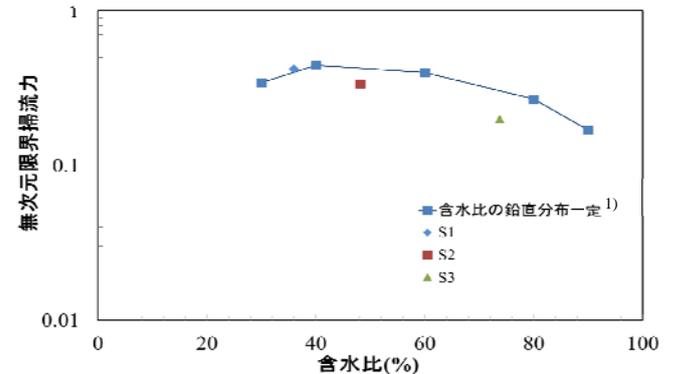


図-4 含水比の鉛直分布による無次元限界掃流力の相違