

湿潤・乾燥履歴を受けた粘着性土の浸食速度に関する研究

早稲田大学大学院 学生員 ○西森 研一郎

早稲田大学理工学部 正会員 関根 正人

日建設計シビル 正会員 安藤 史紘

1. はじめに

著者らは、粘土と水ならびに砂を所定の比率で混合した材料を「粘着性土」と定義し、その浸食機構を力学的に理解し、浸食速度の予測を目指した実験的検討を継続して進めてきている。これまでの研究により、この浸食機構に影響を及ぼす支配因子の特定、ならびにその影響の定量的な評価を行ってきた。さらに、この成果を踏まえて浸食速度式の誘導も試みている。これらの研究は、均質な粘着性土を対象としており、いわば理想的な状態におけるものと位置付けることができる。本研究は、それに続く次のステップとして、実際の水域に堆積した粘着性土の浸食速度を実用的に十分な精度をもって予測することを目指しており、ここでは特に河川感潮域や干潟などに堆積した粘着性土を取り扱うための第一歩となる検討を行った。潮の干満の影響により海面が12時間周期で上下動を繰り返すと、そこに堆積した粘着性土は、水に浸る湿潤期間と大気に曝される乾燥期間とを交互にしかも周期的に経験するため、必ずしも均質な状態を保っているわけではない。そこで、この「湿潤・乾燥の履歴」が粘着性土の浸食過程に与える影響^{1),2)}を系統的に調べる必要がある。本論文は、その成果をとりまとめたものである。

2. 実験概要

実験には、あらかじめ所定の比率になるように用意した粘土(TA カオリン)と水とを機械的に均質になるように練り混ぜた後、これに6時間毎の同一サイクルで湿潤・乾燥の履歴を与えたものを供試体とした。湿潤過程では、作成した供試体を水深10cmの下で静置するものとし、乾燥過程では、室温が25℃の下で自然乾燥させるものとした。この乾燥過程においては、圧密により表面に浮き出てきた間隙水は適宜除去し、供試体表面が常に大気に接している状態を保ちつつ乾燥させており、熱を加えるなどして強制的に乾燥を促進させることはしない。6時間という時間設定は、実際の潮の満ち干が12時間周期であることを考慮したものであり、6時間毎に供試体の含水比・圧密量を測定したほか、浸食試験を行なった。

3. 浸食試験結果

図-1には浸食速度の時間変化をまとめて示した。横軸上の青線が湿潤期間を、赤線が乾燥期間をそれぞれ表す。図-1より、浸食速度は経過日数が1日程度までは大きな値をとることがあるが、さらに日数が経過するとほぼ一定の値になることがわかる。ここで、図-1(a)に示した経過日数が1日以下の乾燥直後の実験結果に関して言えば、通常の浸食形態よりも規模の大きい「大規模な破壊浸食」が生じていた。これは、供試体の含水状態が面的に一樣となっておらず、水流に対して弱点となる箇所が形成されていたためと考えられる。また、図-1(b)において、初期設定含水比が70%で3日以上経過したものに関しては、ほとんど浸食を受けない結果も得られた。これは、含水比の大幅な低下のため供試体が固結化したためであると考えられる。

4. 浸食速度式の適用性

図-2には、浸食速度の実測値と後述する浸食速度式による予測値とを比較した結果を示す。均質な粘着性土を対象としてこれまでに著者らにより導かれた浸食速度式は、以下の通りである。

$$E_s = \alpha \cdot R_{wc}^{2.5} \cdot u_*^3 \quad (1)$$

ここに、式中の係数 α の値は、水温が高い場合は $1.15 \times 10^{-5} ((\text{cm/s})^{-2})$ 、水温が低い場合は $0.778 \times 10^{-5} ((\text{cm/s})^{-2})$ である。図-2中には、湿潤・乾燥履歴を与えないこれまでの実験（これを「スタンダード試験」と呼ぶ）の結果についても参考のため一部併記した。この図より、前述の特殊な状態において得られたデータを除けば、実測値と式(1)との適合度は良好であると判断される。

キーワード 粘着性土、浸食速度、浸食速度式、湿潤・乾燥履歴

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 4-3-1 Tel 03-5286-3401 Fax 03-5272-2915

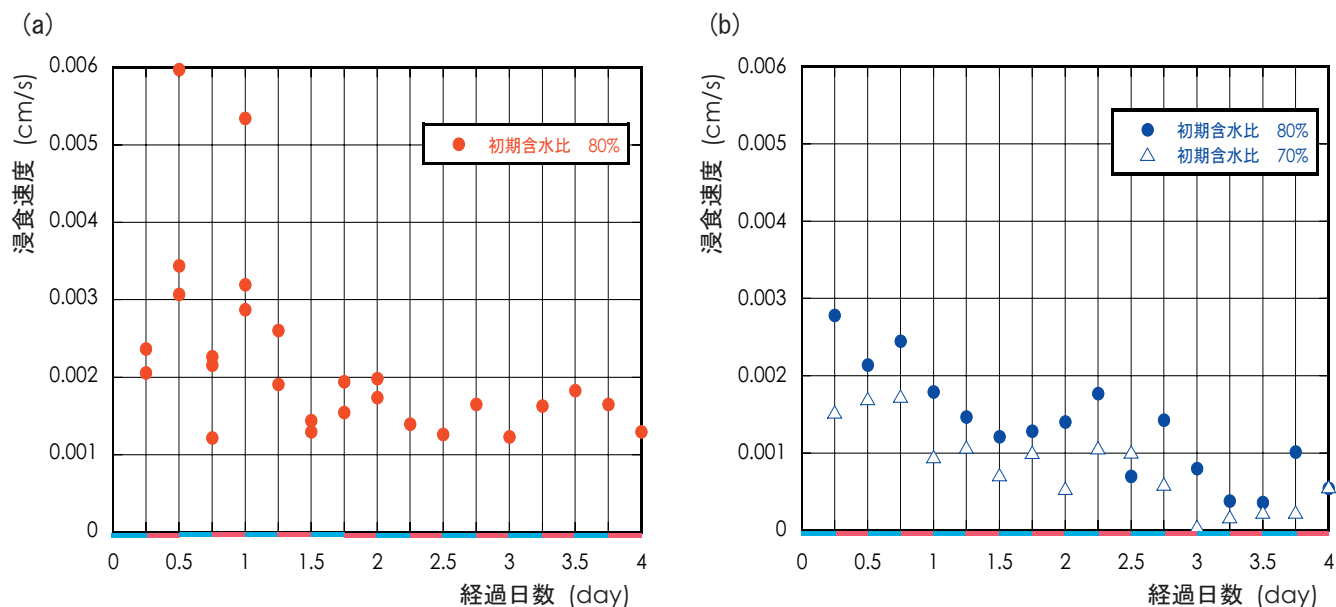


図-1 通水10分における浸食速度 (a) 水温高, (b) 水温低 (摩擦速度 $u_* = 7.59 \text{ (cm/s)}$)

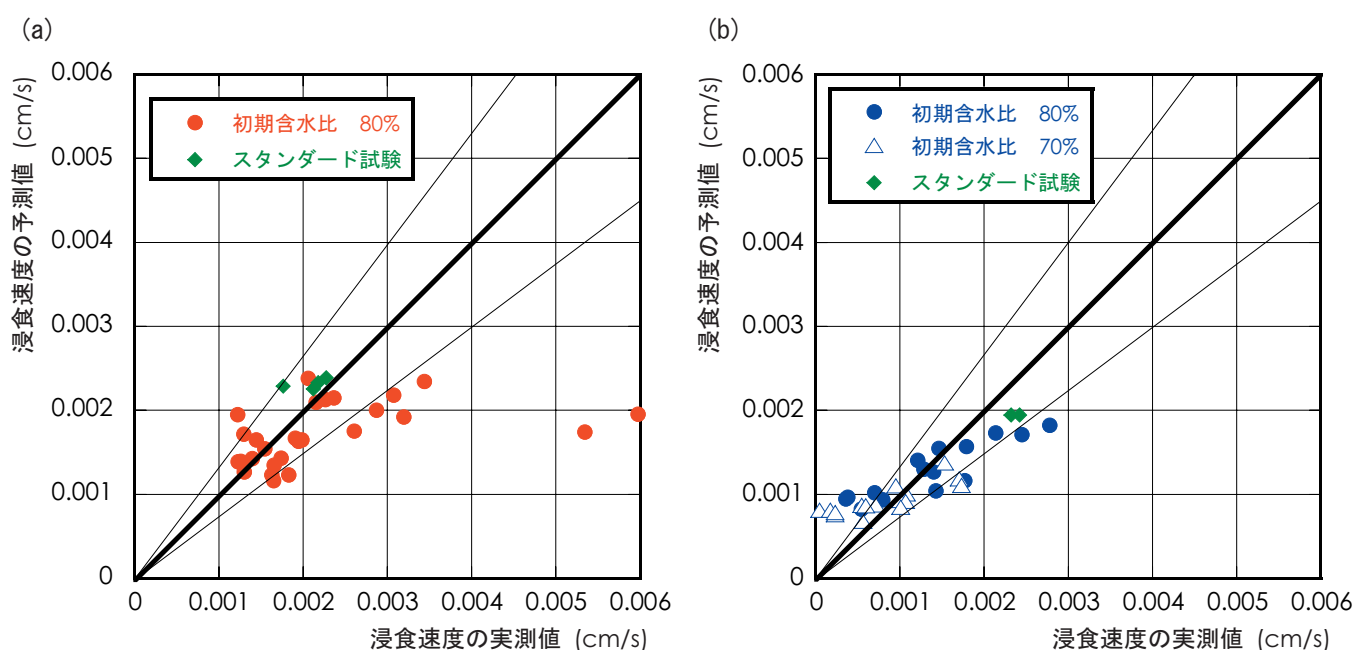


図-2 浸食速度の実測値と予測値の比較 (a) 水温高, (b) 水温低

5. 結論と今後の課題

以上のことから、湿潤・乾燥の履歴を受けた粘着性土の浸食速度の予測に当たっては、著者らがこれまで検討してきた均質な粘着性土に対する予測式が適用可能であり、この式により概略値を評価することが可能であると考えられる。ただし、粘着性土の不均一性が強まり、含水状態が大きくばらつく場合や、含水比の大幅な低下による固結化が生じてたとえば不飽和の状態にまで到るような場合などについては、その予測は難しく、今後の課題として残っている。今後は、実験データの更なる蓄積と現象解明を目指して検討を重ねていく予定である。

なお、本研究の遂行に当たっては、早稲田大学特定課題研究助成費を受けた。

参考文献

- 1) 関根・西森・安藤：粘着性土の浸食過程とそれに与える乾燥湿潤履歴の影響，水工学論文集，第48巻，937-942，2004. 2.
- 2) 関根・西森・安藤：乾燥・湿潤履歴が粘着性土の浸食速度に及ぼす影響に関する研究，水工学論文集，第49巻，877-882，2005. 2.