

粘着性土の浸食速度に及ぼす作用せん断力の影響

早稲田大学理工学部 正会員 関根 正人
早稲田大学大学院 学生員 藤尾 健太
福島県 正会員 飯塚 暢明

1. はじめに

著者らは、最近、粘土と砂からなる混合材料である「粘着性土」の浸食速度に関わる系統的な基礎実験を進めてきている。そして、供試体内の「粘土含有率」、「水含有率」、「砂礫の粒径」および「断面平均流速」、さらには「水温」などが浸食機構を支配する重要な要因であることを明らかにし、その影響評価を行ってきた。あわせて、実験データを基に浸食速度式の誘導も試みている¹⁾。しかし、これまでの実験では、装置の制約から、通水開始後 10 分間の浸食速度について議論したに過ぎない。そこで、本研究では、新たに実験装置を製作し、供試体表面に作用するせん断力を一定に保つことができるよう留意しながら同様の浸食実験を行なった。あわせて、比較的大きなせん断力下での検討も行なっている。結果として、興味深い知見が得られたのでここに報告する。

2. 実験概要

実験は、新しく作成した長さ 5 m、幅 10 cm、高さ 10 cm の正方形断面を持つアクリル製循環水路を用いて行なった。水路上流端から 250 cm の位置の水路底部には、長さ 1 m にわたって、幅 10 cm、深さ 5 cm の凹部(溝)が設けられており、ここに供試体である粘着性土を設置し、通水試験に供する構造になっている。そして、この凹部にアクリル板を敷設することにより、以前の実験装置の供試体規模(長さ 50 cm、幅 10 cm、深さ 3 cm)の実験も行なうことができる。また、浸食に伴う供試体表面の高さを一定に保つため、取り外し可能な高さ 1 cm の枠が三つ重なった長さ 50 cm、幅 10 cm、高さ 5 cm の直方体型の容器に供試体を入れ、これが 1 cm にわたる浸食を受ける毎にこの外枠をはずし、供試体を持ち上げることで供試体表面を上下流の水路底面と同じ高さに維持することにした。これにより、供試体表面に作用する底面せん断力が時間とともに大きく低下することはなく、これに伴い生じることが予想される浸食速度の低下を防ぐことができる。以下、この実験を「底上げ実験」と呼ぶことにする。供試体としては、従来通り S.A クレー (関東ベントナイト鉱業(株))と珪砂、水を所定の比率に配合し、攪拌機によって均質に練り混ぜたものを使用している。供試体の浸食速度は、通水開始後時間を追って、供試体表面の高さをレーザー式変位センサーで、面的に計測することにより評価している。

3. 浸食速度の特性

3.1 浸食速度の経時変化

前報までに使用してきた実験装置の場合には、浸食速度は時間とともに漸減していく傾向を示した²⁾。この原因としては、この装置の場合には供試体表面の高さを一定に保つ構造になっておらず、浸食が進むにつれて供試体表面の高さが低くなり、浸食面近傍の流速が減少するために作用せん断力が低下してしまうのではないかと推察された。本研究では、このことを裏付けるために、前述した「底上げ実験」を行なった。この結果を図 - 1 に示す。この実験は、予備実験によって 5 分間の浸食速度がほぼ 1 cm 程度となる条件を選んで行われたものである。図 - 2 には底上げをしない場合の結果も併せて示してあるが、図 - 2 より浸食深が通水時間に比例するように増加しており、3 cm 程度の浸食が起こる間の浸食速度がほぼ一定であることがわかる。このことは、前報で得られた浸食速度の低下は供試体の強度の不均一に起因するものではなく、上記の推測通りであったことを示している。また、前報までに

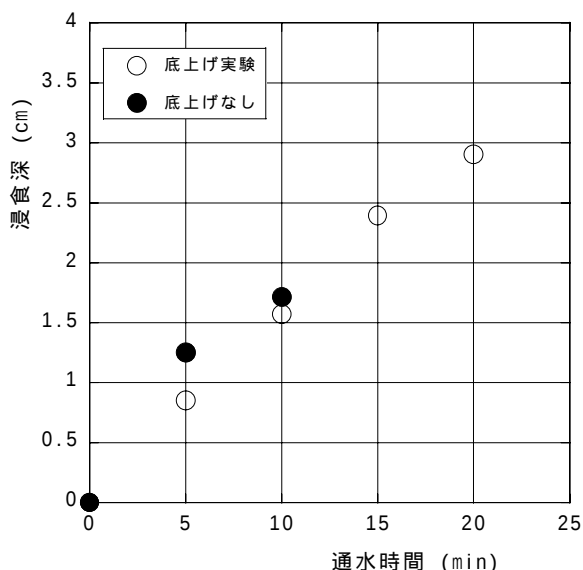


図 - 1 浸食深の経時変化：

粘土含有率 100 %，水含有率 50 %，摩擦速度 9.49 cm/sec

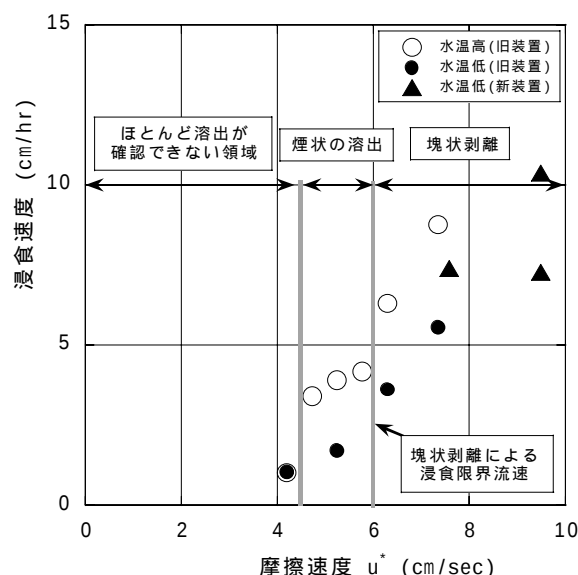


図 - 2 摩擦速度と浸食速度の関係：

粘土含有率 80 %，水含有率 50 %

検討の対象としてきた「通水開始後 10 分間の浸食速度」が，この供試体全体の浸食速度を代表していたことも確かめられたと考える。

3.2 摩擦速度と浸食速度の関係

摩擦速度と浸食速度の関係を図 - 2 に示す．前報¹⁾までは，流れを表わす指標として断面平均流速を用いて整理してきたが，本論文からは摩擦速度 u^* を用いることにする．これは，二成分レーザー・ドップラー流速計(ダンテック社製)を用いた予備的な乱流計測の結果から，前報まで用いてきた水路における抵抗係数 C_f と本研究で用いた水路のものが一致せず，前者が 0.011 であったのに対して後者が 0.009 とわずかながら小さくなり，断面平均流速が同じでも同じせん断力が供試体に作用しているとは言えないためである．

さて，図 - 2 より，(1) 剥離形式の塊状の浸食が生じる限界摩擦速度は 6 cm/sec. 程度となること，(2) この限界値を越えて摩擦速度が 10 cm/sec (断面平均流速で 100 cm/sec) 程度に至るまでの比較的広い範囲にわたって，浸食速度は摩擦速度にほぼ比例する関係にあること，などが理解された．

4 . おわりに

本論文では，粘着性土の浸食過程に関する前報までの疑問を解消するため，供試体表面の高さを一定に保ち，作用せん断力の低下が生じないように配慮した実験的検討を行った．結果として，浸食速度は時間とともに変化することはなく，前報までの議論で用いてきた通水開始後 10 分程度の浸食速度で代表され得ることが明らかになった．また，浸食特性を考える上で重要な支配要因である「摩擦速度」と浸食速度との関係について，より広い範囲にわたる検討を行ない，浸食速度が摩擦速度にほぼ比例する関係にあることも確認している．今後の課題としては，(1) さらに広い条件範囲にわたって底上げ実験を行ない，浸食過程について検討を続けること，(2) 他の鉱物からなる粘土(たとえばカオリナイト)や実河川に堆積している粘着性土について同様の検討を行なうこと，などがある．

参考文献

- 1) 関根正人・飯塚暢明・藤尾健太：粘着性土の浸食速度予測に向けた実験的研究，水工学論文集，第 45 巻，667-672，2001.2．
- 2) 関根正人・飯塚暢明・高部一彦：粘着性土の浸食特性に関わる諸要因の影響，水工学論文集，第 44 巻，747-752，2000.2．