

粘着性土の浸食進行過程に関する一考察

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	○西森 研一郎
日建設計シビル	正会員	藤尾 健太

1. はじめに

著者らは、砂と粘土からなる粘着性土の浸食機構を力学的に理解し、その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¹⁾。これまでの検討により、この浸食機構に影響を及ぼす支配因子を特定し、これが浸食速度に及ぼす影響について定量的に明らかにしてきた。さらに、この結果を踏まえて、浸食速度式の誘導を行った。この一方で、浸食速度式の背後に横たわる「浸食の素過程あるいはメカニズム」についての検討は必ずしも十分とは言えず、現時点でも未解明の点を多数残している。今後、現象の更なる理解と浸食速度式の解釈とを進めるとともに、浸食過程を再現する数値モデルの構築を視野に入れた検討をはじめているが、本研究では、浸食が進行するプロセスに焦点を絞り、実測データの更なる解析を行うこととした。その結果として、このプロセスにおいて、供試体表面に波状の凹凸が形成され、これが緩やかに伝播される過程で供試体の浸食が進行することが判明しており、以下このプロセスについて報告する。

2. 浸食の進行過程に関する考察

著者らは、これまでの検討を通じて、粘着性土の浸食過程は「煙状の溶出」か「塊状の剥離」かのいずれかの形式をとって進行し、作用せん断力が大きくなるにつれて後者が卓越するようになり、浸食の規模が増大していくと考えてきた。しかし、浸食速度が増大してくると実験時にこの浸食過程を詳細に観察することは容易ではなく、詳しい検討は未着手であった。こうした点に鑑み、実験中に撮影された画像データを改めて解析するとともに、浸食速度を評価する際に計測されたレーザー式変位センサーによる供試体表面の高さの面的データの詳細な解析を通じて、この浸食進行過程を捉えることにした。なお、著者らは、この「塊状の剥離」形式の浸食過程を説明する数値モデルの構築についての検討を始めているが、この場合に考えなければならない材料の最小単位は、砂礫のように粒径ではなく、その集合体としてのある大きさをもった塊であろうと考える。このような土塊の規模を判断する上でも、こうした解析が有益な知見をもたらしてくれるものと考えている。

さて、このような解析の結果の一例を以下に示す。図-1(a)は水路中心軸上の縦断面図を、図-1(b)は通水3分後の供試体表面を撮影した写真を、また、図-1(c)は供試体高さの等値線図を、それぞれ表す。これらは、いずれも粘土含有率80%の条件下で行われた実験結果である。この図-1(a)に現れている供試体表面の波状形状は、著者らのこれまでの実験のほとんどにおいて見られている。また、大坪・村岡²⁾によれば、本研究で対象とする粘着性土よりも含水比が1オーダー以上大きな「低泥」の浸食においても、一部の粘土を除いて波状河床が観察されることが報告されている。

本研究により明らかになった特徴をまとめると次のようになる。すなわち、(1)波長が1.5～2.0 cm、波高が数mm程度の微小な波が概ね規則的に形成される。粘土含有率が100%の場合は、これらに重畳するような形で1オーダー程度波長の大きな波が存在することがある。粘土に砂が混じると、波長の大きな波の発達は抑制される傾向にある。(2)この波は、時間の経過とともに緩やかに下流方向に伝播し、その伝播速度は浸食速度と同程度と推定される。(3)微小な波のうち、時間の経過とともに発達しその波高を増大させるものが見られるが、ある高さ以上に成長することはない。これは、波の谷の部分に亀裂が入り破壊へと到るほか、波高の大きくなった波の頭が浸食されるためである(図-2(a)参照)。

このような結果を踏まえると、少なくともここで対象としている粘着性土の浸食過程に関しては、次のように考えることができる。(1)粘着性土は、表面に作用するせん断力のため表面下のある厚さにわたって流動をしている可能性があり、これに伴い表面に「しわ」のような波が連続的に形成される。(2)この「しわ」は緩やかに下流方向に移動するが、場の不均一性のため、その一部が成長を遂げ、その波高を大きくするものが出現する。(3)たとえ微小な波であっても周辺に比べて過度に波高の大きな波は、揚力の作用を受けて引きちぎられるように浸食される。これが塊状の剥離浸食に当たるのではないかと(図-2(b)参照)。(4)せん断力が大きな条件ほど前述の現象が発生する頻度

キーワード 粘着性土、浸食過程、塊状の剥離、河床波、浸食速度

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

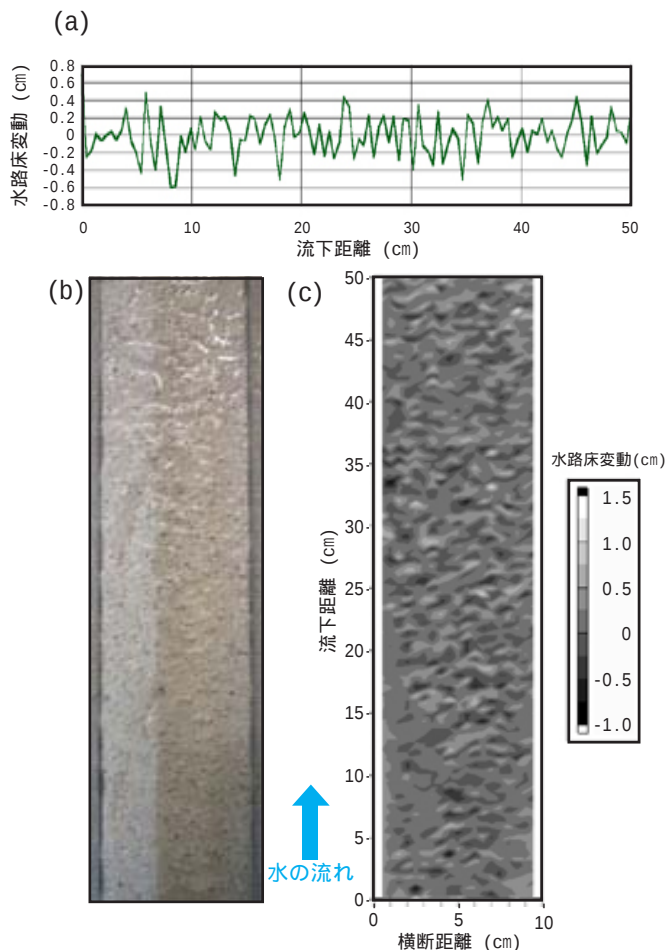


図-1 浸食を受けた供試体表面：
(a) 水路中心軸上の縦断面図
(b) 供試体表面写真，(c) 供試体高さの等値線図



図-2 浸食を受ける供試体：
(a) 波の頭が浸食される様子，(b) 塊状に剥離していく様子

が増大し，浸食速度の増大を引き起こす。(5)このようなプロセスに加えて，全体的には煙状の浸食が並行的に生じている。(6)せん断力が非常に小さい場合は，波の形成が抑制されるか，あるいは剥離浸食を起こすほどの波高の増大は誘起されない可能性が高いため，浸食速度は非常に小さい。(7)砂を含有すると波長の大きな波の発達が妨げられる。粘土含有率100%と80%の結果を比較すると，浸食速度は前者が後者より小さくなる。大きな波の発達により底面せん断力に不均一さが現れ，全体的な浸食速度の低下につながるのではない。

3. おわりに

現時点では，なぜこのように波長の揃った微小波が形成されるのか，こうした波の波長・波高といった規模はどのような要因に基づいて決まっているのか，などについては，ほとんど理解できていないのが現状である。そこで，本論文では，上記の実験的事実を報告した上で，現時点での仮説を説明することに止めるが，これについては，今後，計測方法を工夫した新たな実験を行うことで，上記の仮説がどの程度妥当なものであるかについて見極めていく予定である。

謝辞：本研究は，日本学術振興会科学研究費基盤研究C(研究代表者：関根正人)の助成を受けて行われた。

参考文献：

- 1) 関根正人・西森研一郎・藤尾健太・片桐康博：粘着性土の浸食進行過程と浸食速度式に関する考察，水工学論文集，第47巻，541-546，2003.2.
- 2) 大坪国順・村岡浩爾：低泥の物性および限界掃流力に関する実験的研究，土木学会論文集，第363号/11-4，225-234，1985.