

堆積クラストの透水特性

Permeability of Sedimentational Crust

宮良志乃*, 宜保清一**, 中村真也**, 松井亮太郎**
Shino MIYARA, Seiichi GIBO, Shinya NAKAMURA and Ryotaro MATSUI

1. はじめに

畑地において雨水により侵食が発生すると、畑面凹部では表面流出水が濁水となって湛水する。濁水は土粒子を沈降・沈積させながら土中へと浸透し、土壌表面に堆積クラストを形成する。堆積クラストは水浸透を抑制し、表面流出水を増大・加速させるため¹⁾、その浸透特性が侵食に大きく影響する。

本研究では、堆積クラストの浸透特性を明らかにするため、カオリナイトクラスト層および赤黄色土クラスト層について定水位透水試験を行い、フラックス(q)と動水勾配(i)の関係を調べ、クラスト層のダルシー則成立範囲について検討した。そして、その範囲にダルシー式を適用しクラスト層の透水係数(k)を求めた。

2. 実験方法

カオリナイトクラスト層+標準砂層および赤黄色土クラスト層+標準砂層の土柱について、水頭差 $H = 10, 20, 30, 40, 80, 120, 160$ mm, および $H = 11, 20, 26, 30, 36, 40, 46$ mm を与え、透水試験により q と i の関係を求めた。ここで、動水勾配(i)は、 $i = \text{水頭差}(H) / \text{クラスト層厚}(L)$ で定義する。試験には自作の簡易な定水位透水試験装置を用いた。

土柱の作成について、下層の標準砂層は、20mm 層厚相当の標準砂 90 g を水中落下法により試料円筒内に詰め、上層のクラスト層は、カオリナイトおよび赤黄色土の懸濁水をそれぞれ 1 分間振とうした後、湛水した円筒に注入し、標準砂層上に沈降させた。土粒子の沈降後、透水試験に供した。クラスト層の透過水の採取は、試験開始から 30 分までは 10 分間隔に、その後は 30 分間隔に 1 回 1~3 分間とし、流量が一定となるまで繰り返し行った。

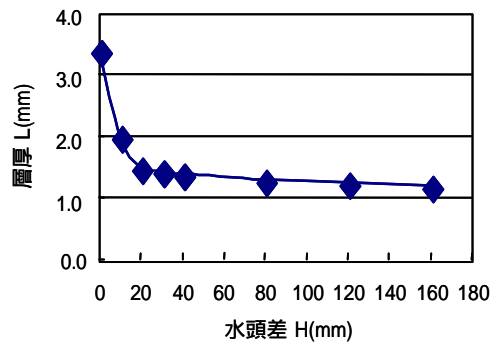


図 - 1 水頭差 H に伴うクラスト層厚 L の変化(カオリナイトクラストの場合)

Fig.1 Crust thickness L dependant on hydraulic head drop H for the kaolinite

3. 実験結果

3.1 カオリナイトクラストの透水特性

図 - 1 は、水頭差(H)の変化に伴うカオリナイトクラスト層厚(L)の変化を示したものである。沈積終了時のクラ

スト層厚 $L = 3.4$ mm は、 H の増加と共に漸減し、 $H = 160$ mm で $L = 1.2$ mm となった。このクラスト層厚の縮小は、クラスト層の土構造がより密な間隙状態に移行していることを意味する。

図 - 2 は、フラックス(q)と動水勾配(i)の関係を示している。 q は i の増加に伴いわずかながら湾曲しつつ上昇し、 $i = 80 \sim 100$ 付近でピークをとり、以後減少した。この減少は、水流が層流状態でないため、カオリナイト土粒子の配列構造に乱れが生じていることを示唆する。このような傾向は、標準砂試料の $q - i$

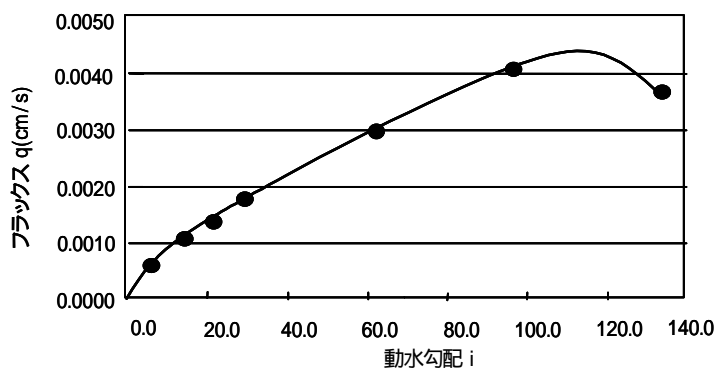


図 - 2 フラックス q と動水勾配 i の関係(カオリナイトクラストの場合)

Fig.2 Relationship between flux q and hydraulic gradient i for the kaolinite crust

*琉球大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, University of the Ryukyus

**琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

キーワード:

堆積クラスト, 動水勾配, 透水係数

関係においても認められている²⁾。したがって、 $i=70$ 以下を層流範囲と判断した。

図-3(点線)で示したように、層流範囲内におけるプロット \sim を直線で表わした場合、 $q=ki+c$ となった。一般に、不攪乱土は構造が安定しており、小さな水頭差の下では土粒子は乱されにくい。一方、作成クラスト層では、水頭差の増加に伴い土構造を密にする現象、いわゆる圧密浸透³⁾により、それぞれの i に呼応した間隙比に移行したと言える。

そこで、土構造の変化のない(間隙比一定)状態の場合、例えば層流範囲の下で試料にあらかじめ圧密浸透を与えた場合、その後の i の減少に伴う q の変化を調べると、図-3(実線)で示すように、直線関係が得られた。これらのことは、各 i 条件下のクラスト層は一つの q を發揮することを意味しており、各 i についてダルシー式 $q=ki$ が成り立つものと考えた。

図-4に示すように、 \sim の各プロットの k を $k_1 \sim k_5$ とし、ダルシー式を適用して $i_1=5.0$ で $k_1=1.3 \times 10^{-4}$ 、 $i_2=13.3$ で $k_2=8.3 \times 10^{-5}$ 、 $i_3=20.7$ で $k_3=6.8 \times 10^{-5}$ 、 $i_4=28.6$ で $k_4=6.3 \times 10^{-5}$ 、 $i_5=61.5$ で $k_5=4.9 \times 10^{-5}$ cm/sを得た。当然のことながら、土構造の異なるクラストはそれぞれ一つの透水係数を有することがわかる。これらから $k_3=6.80 \times 10^{-5}$ cm/sを代表させ、カオリナイトクラストの透水係数とした。

3.2 赤黄色土クラストの透水特性

図-5は、赤黄色土クラストの q と i の関係で、 q は $i=6.5 \sim 31.3$ (プロット \sim)で増大し、 $i=6.5 \sim 31.3$ (\sim)でその変化割合が減少する傾向を示した。直線関係の有無を見ると、 \sim についてx軸上に切片をもつ直線 $q=ki-c$ が得られる。この直線は、 $i=4.0$ 付近で $q=0$ cm/s、 $i=6.5$ で $q=0.0004$ cm/sを通る。このことは、見かけ上 $i=4.0$ 付近では透水が生じておらず、 $i=6.5$ 付近で透水が始まるいわゆる始動勾配(i')が存在することを表わす。この現象は、粘土粒子が一定の力で水をひきつけているため、その値以上の力を加えないと水が流動しない状態を示しており、圧密粘土層中の水流がダルシー則に従わないケース⁴⁾の一例である。プロット \sim の直線関係を重視し、赤黄色土クラストの層流範囲を $i=40$ 以下とした。

i の減少に伴う q の変化は、カオリナイトクラストと同様に直線で表わされた。プロット \sim に相当する $k_3=2.00 \times 10^{-4}$ cm/sを赤黄色土クラストの透水係数とした。

参考文献 1)西村拓(1995):降雨による表層クラストの形成が土層の物理性・受食性に及ぼす影響に関する研究,博士論文, p.93~94, 1996. 2)土質工学会:土質試験法,土質工学会編, pp.335~357, 1980. 3)Imai,G:「Development of a new consolidation test procedure using seepage force,Soil and Foundations」,vol.19,No3, p.45~60, 1979. 4)Swartzendruber,D:Soil Sci.Am.Proc.,27, 401, 1963.

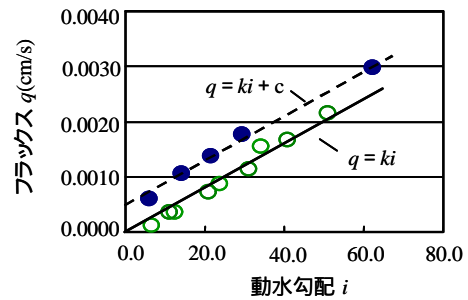


図-3 動水勾配 i の増減に伴うフラックス q と動水勾配 i の関係(カオリナイトクラストの場合)

Fig.3 Relationships between flux q and hydraulic gradient i with increasing or decreasing i for kaolinite crust

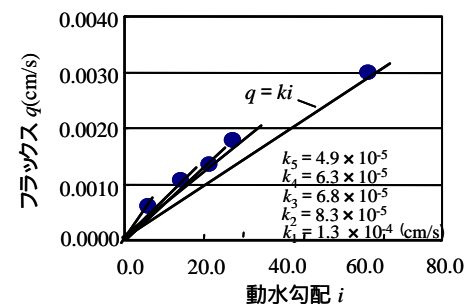


図-4 土構造の変化によって異なる透水係数(カオリナイトクラストの場合)

Fig.4 Hydraulic conductivity dependant on soil structure for the kaolinite crust

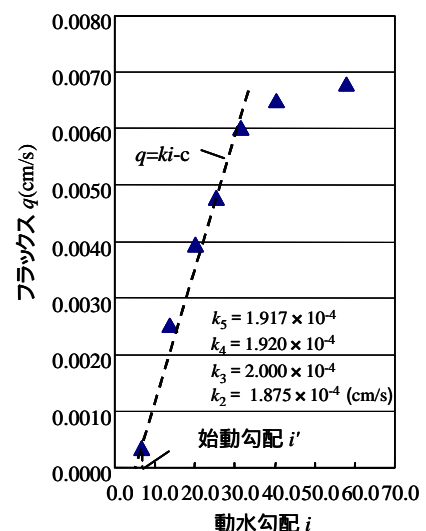


図-5 フラックスと動水勾配の関係(赤黄色土クラストの場合)

Fig.5 Relationship between flux q and hydraulic gradient i for the red soil crust