



Title	地下水の浸透機構に関する基礎的研究
Author(s)	佐藤, 邦明
Citation	大阪大学, 1972, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/30892
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	さ　　とう　　くに　あき
	佐　　藤　　邦　　明
学　位　の　種　類	工　　学　　博　　士
学　位　記　番　号	第　　2　6　2　8　　号
学位授与の日付	昭　和　47　年　6　月　26　日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学　位　論　文　題　目	地下水の浸透機構に関する基礎的研究
論　文　審　査　委　員	(主査) 教　授　　室　田　　明
	(副査) 教　授　　伊　藤　　富　雄　　教　授　　榎　木　　亨

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、透水体である土の粒度とその空隙構造を統計的に究明し、飽和浸透流の流動と、抵抗則の一般的表現を目差した研究の成果であり、5章よりなっている。

第1章では、まず浸透流の抵抗に関する基礎概念について述べ、とくに空隙率との関連について問題点を指適している。ついで流れを低レイノルズ浸透流、ダルシー流、高レイノルズ浸透流に分類し各形態の流況における抵抗の発生機構について概説し、以下の研究の目標を明らかにしている。

第2章では、多孔体の粒子と空隙の配列パターンについて論じ、その統計的表現を試みている。それによれば、粒度分布に関係なく空隙規模の分布はガウス分布を示すことを実験的に明らかにし、かつ粒度分布と空隙分布の特性値の間の関数関係を定式化できるものとしている。なお、任意の粒径分布をもつ多孔体において、その空隙分布を観測するために、巧妙な手法を案出しそれによって異径球粒子の空隙特性について新たな知見をえている。

第3章では低レイノルズ数浸透流における吸着効果を理論的、実験的に検討し、それが浸透流発生および抵抗に及ぼす影響について述べている。すなわち、水分子の電子的双極性のために水分子が微土粒子表面に吸着される機構について述べ、極性の水と無極性分子構造をもつベンゼンの両者を用いて行なった比較実験によって吸着膜の厚さの概略値をえた。つづいて吸着効果が実質上、土粒子界面近傍で水の見掛けの粘性をいちじるしく増加させる事実にもとづき、吸着力をクーロン則、あるいはファンデルワールス則に従う場合等について微細空隙内の流れを解析し、吸着効果を考慮しなければならない限界について検討している。

第4章では、ダルシー流における透水係数に含まれる土粒子代表径の概念が不明確なため抵抗係数に関し統一的な表現がなされなかった事情を述べ、土粒子径ではなく第2章で明らかにした有効空隙規模を代表的スケールとして採用すべきであるとしている。特別に考案した一次元浸透流の実験装置

を用いて検討したところによれば、この有効空隙規模は、空隙断面の頻度分布曲線の15%に相当する空隙断面であって、予想された通り比較的小さい空隙によって流水抵抗が支配されることが確認された。

なお、上記の一次元浸透流モデルによって、浸透流の乱れの発生について観測し、一様断面の管路における乱流の発生と大いに異なり、単一粒子による乱れが流向に逐次蓄積されて、その累積効果として乱れ浸透流が形成されるものとしている。

第5章では、まず高レイノルズ数浸透流におけるエネルギー逸散の基本式を導き、従来経験的に用いられて来たDupuit-Forchheimerの抵抗則を理論的に誘導している。一方、その実験的検証のために、空気浸透流の乱れを熱線流速計を用いて計測し、乱流発生限界および乱れ特性を解明した。まず、乱流の発生限界については、見掛けの流速と平均粒径を用いたレイノルズ数が、ほぼ100以下の場合には発達した乱流は認められないが、前章でも明らかにしたように、この限界レイノルズ数は空隙径の絶対値に依存することが予想されるので、より多くの実験資料の集積が必要であるとしている。

乱れ特性については、乱れ強度は平均流速のほぼ $3/2$ 乗に比例すること、乱れの波数とその強度は線形関係にあること、乱れによるエネルギー逸散がレイノルズ数の1.2乗に比例すること等を明らかにしている。

論文の審査結果の要旨

本論文の研究成果を要約すれば、およそつぎのようである。

土粒子で構成されるような多孔体内の浸透流の実質的な流れの場はその空隙部分であるが、空隙構造そのものを計測することがきわめて困難であったがために、多孔体粒子の特性で流れの場を表現するのが慣例であった。この場合、粒子径の分布と、空隙規模の分布特性の間の統計的な関連が明確であれば、従来の便法は意義があったのであるが、これに関する実証的研究はほとんどなされていなかった。

本論文では、まず空隙構造の分類から始まり、その定量的表現の手法を定めた後、多種の粒度分布をもつ媒体について巧妙な実験の手法で空隙規模を実測し、粒度分布の如何にかかわらず、空隙規模は正規分布をするという注目すべき事実を見出した。各分布形の特性値の間の関数関係も定式化されたので浸透流の流れの場を工学的に表現するための基礎的準備が用意された。

第3章で取り扱っている低レイノルズ数浸透流においては、微細空隙の空間構造のみならず、水分子の電気的双極性に起因する吸着効果といった界面物性論的要素が加わるので事情がさらに複雑になる。微粒子表面の吸着膜厚さの概略値をしらべるため、双極性の水分子と、無極性のベンゼンを用いて比較実験を行ない妥当な値を示している。ついで、界面近傍で吸着効果のため水の見掛けの粘性がいちじるしく増大することに着目し、このような高粘性流体の微細空隙中の流れを厳密に解析し、流速分布、平均流速等を求め、吸着効果を考慮しなければならない限界を理論的に明らかにした。

一方、いわゆる透水係数の内に含まれる媒体としての粒子代表径の概念が明らかでなかったがため

に、抵抗に関し統一的な表現が困難であった。著者は、本来この代表的な長さの単位としては前述の空隙径を用いることが合理的であるとし、一次元浸透モデルによって詳細な実験を行なった結果、空隙規模の頻度分布の15%に相当する小空隙が統計的にみて抵抗にもっとも有効にきくことを見出した。さらに乱流領域の経験的抵抗則として慣用されてきたDupuit-Forchheimerの式を、浸透流の乱れエネルギー逸散の基本式から誘導し、その理論的根拠を明らかにした。また、微細空隙内の乱流構造についても二、三の新しい実験的知見を示している。

以上のように、本論文は浸透流に関連した基礎的問題について多くの有益な成果を提供したもので、水理学、土質工学に寄与するところが大である。よって、博士論文として価値あるものと認める。