

氏 名（本 籍）	RULLY TRENACIA BAKRIE（インドネシア）
学 位 の 種 類	博 士（工学）
学 位 授 与 番 号	甲第 275 号
学 位 授 与 日 付	平成 18 年 3 月 25 日
専 攻	生産開発システム工学専攻
学 位 論 文 題 目	Evaluation of air permeability in unsaturated soil and its relation with hydraulic properties (不飽和土の透気性評価と浸透特性との関係)
学位論文審査委員	(主査) 教 授 本 城 勇 介 (副査) 教 授 佐 藤 健 教 授 八 嶋 厚 助教授 神 谷 浩 二

論文内容の要旨

本研究は、不飽和地盤の降水等による浸水現象において間隙空気挙動の影響関係が解明されていない現状を背景に、不飽和土の透気特性を究明したものである。本論文は5章で構成され、次の内容について示している。

- (1) 不飽和土の透気係数を測定するための試験装置・手法の開発（2章）
- (2) 保水性による透気係数への影響関係の分析（3章）
- (3) 飽和度と透気係数の関係を表す従来の関数モデルの評価（4章）

第1章は目的・内容を述べた序論であり、第5章は成果をまとめた結論である。

上記(1)は、不飽和土の透気係数を求めるための装置・手法が明確でない現状に対して、不飽和土の保水性を制御しながら透気係数を測定できる室内試験装置・手法を開発・提案することを意図する。これは、サクシオンを与えて飽和度を調節した試料層に空気を透過させることによって透気係数を求める方法であり、飽和度・サクシオンと透気係数の関係を測定できることが特徴の一つである。幾つかの砂試料やシルト試料に対する測定によって提案した装置・手法の適用性を検討した結果、①飽和度が10～80％程度の範囲において $10^{-3} \sim 10^0 \text{ cm/s}$ の範囲の透気係数を測定でき、②測定した透気係数の値は、既往の装置・手法による測定値に較べて遜色のない大きさであることを認めている。このように、提案手法によって精度良く透気係数を測定できることが判明している。

次に、上記(2)は、不飽和土の透気係数に影響を及ぼす要因の一つとして飽和度・サクシオンの保水性を挙げ、その関係について次のような特徴を認めている。③残留飽和度よりも小さい飽和度範囲もしくはその飽和度に対応するサクシオンよりも大きい範囲で、透気係数の値は一定となり、炉乾燥した試料層の透気係数の値と同じ大きさになる傾向がある。④残留飽和度から最大飽和度までの範囲では、透気係数はおおよそ3オーダーの範囲で変化することが測定され、その範囲での飽和度による透気係数への影響関係は新たに定義した変曲点飽和度を境界にして異なる。⑤更に、残留飽和度から最大飽和度までの範囲

で飽和度と透気係数の関係、サクションと透気係数の関係には、いずれも間隙水の排水と浸透過程の履歴によってヒステリシスが生じ、同じ大きさの飽和度もしくはサクションでの透気係数は吸水過程の方が大きくなる傾向である。⑥このヒステリシスの原因は、空気流の湾曲の相違など空気間隙部分の構造的要因が影響していることを推察している。

このような飽和度と透気係数の関係の特徴を関数モデルによって表現するために、上記(3)では、従来モデルの有用性を検証するとともに、そのモデルの改善への指針を示している。⑦Burdine モデルと Mualem モデルの2つのモデルについて言及し、Mualem モデルに較べて Burdine モデルは透気係数を過小に評価する特徴を整理し、⑦測定した飽和度と透気係数の関係に対して、排水過程では Burdine モデルの適用性が高く、吸水過程では Mualem モデルが適用できる可能性を示している。

以上のように、不飽和土の透気係数を良好な精度で測定することに成功し、保水性との関係で不飽和土の透気特性を明らかにしている。

論文審査結果の要旨

本研究は、不飽和地盤の降水等による浸水現象において間隙空気挙動の影響関係が解明されていない現状を背景に、不飽和土の透気特性を究明したものである。本論文は5章で構成され、次の内容について示している。

- (1) 不飽和土の透気係数を測定するための試験装置・手法の開発 (2章)
- (2) 保水性による透気係数への影響関係の分析 (3章)
- (3) 飽和度と透気係数の関係を表す従来の関数モデルの評価 (4章)

第1章は目的・内容を述べた序論であり、第5章は成果をまとめた結論である。

上記(1)は、不飽和土の透気係数を求めるための装置・手法が明確でない現状に対して、不飽和土の保水性を制御しながら透気係数を測定できる室内試験装置・手法を開発・提案することを意図する。これは、サクションを与えて飽和度を調節した試料層に空気を透過させることによって透気係数を求める方法であり、飽和度・サクションと透気係数の関係を測定できることが特徴の一つである。幾つかの砂試料やシルト試料に対する測定によって提案した装置・手法の適用性を検討した結果、①飽和度が10～80%程度の範囲において $10^{-3} \sim 10^0 \text{ cm/s}$ の範囲の透気係数を測定でき、②測定した透気係数の値は、既往の装置・手法による測定値に較べて遜色のない大きさであることを認めている。このように、提案手法によって精度良く透気係数を測定できることが判明している。

次に、上記(2)は、不飽和土の透気係数に影響を及ぼす要因の一つとして飽和度・サクションの保水性を挙げ、その関係について次のような特徴を認めている。③残留飽和度よりも小さい飽和度範囲もしくはその飽和度に対応するサクションよりも大きい範囲で、透気係数の値は一定となり、炉乾燥した試料層の透気係数の値と同じ大きさになる傾向がある。④残留飽和度から最大飽和度までの範囲では、透気係数はおおよそ3オーダーの範囲で変化することが測定され、その範囲での飽和度による透気係数への影響関係は新たに定義した変曲点飽和度を境界にして異なる。⑤更に、残留飽和度から最大飽和度までの範囲で飽和度と透気係数の関係、サクションと透気係数の関係には、いずれも間隙水の排水と

浸透過程の履歴によってヒステリシスが生じ、同じ大きさの飽和度もしくはサクションでの透気係数は吸水過程の方が大きくなる傾向である。⑥このヒステリシスの原因は、空気流の湾曲の相違など空気間隙部分の構造的要因が影響していることを推察している。

このような飽和度と透気係数の関係の特徴を関数モデルによって表現するために、上記(3)では、従来モデルの有用性を検証するとともに、そのモデルの改善への指針を示している。⑦Burdine モデルと Mualem モデルの2つのモデルについて言及し、Mualem モデルに較べて Burdine モデルは透気係数を過小に評価する特徴を整理し、⑦測定した飽和度と透気係数の関係に対して、排水過程では Burdine モデルの適用性が高く、吸水過程では Mualem モデルが適用できる可能性を示している。

以上のように、不飽和土の透気係数を良好な精度で測定することに成功し、保水性との関係で不飽和土の透気特性を明らかにしている。

最 終 試 験 結 果 の 要 旨

審査委員会は、本論文ならびに論文別刷等を慎重に検討し、本論文は学位論文として十分に完成された内容を有しており、また、論文の主要な部分は審査付き論文3編として既に発表され、更に2編の論文が投稿されていることを確認した。そして、最終試験（公聴会）を平成18年2月1日（水）の午後に開催して、審査委員会での審査の結果、合格と判定した。