

京都大学	博士 (工学)	氏名	Dina ELLEITHY
論文題目	<p>Impact of Physical Clogging Due to Sedimentation on Soil and Reservoir Hydraulic Performance (堆砂による物理的な目詰まりが土壌と貯水池の水理的性能に及ぼす影響)</p> <p>本研究は、乾燥地のワジに設置された地下水涵養ダムの貯水池内に対して、洪水イベントに応じて土砂がいかに入流して堆積するのか、さらに、堆積した土砂が河床表層を覆うことで、河床から地下に浸透する水文過程がどのように変化するかについて検討を行ったものであり、全体9章で構成されている。</p> <p>第1章では、論文の背景と研究目的を解説している。ここでは、ワジにおいて生じる洪水の水文学的影響と、これに伴う土砂の流入と堆積が、水資源施設の持続可能性や管理の信頼性に及ぼす影響について整理し、特に河床に堆積する土砂による物理的な目詰まり現象が課題であることを示している。また、本課題を研究のための仮説として、河床材料と新規浸入土砂の相対的粒径サイズの違いに着目することや洪水の影響を履歴的に検討することを呈示している。</p> <p>第2章では、土砂堆積による河床の物理的な目詰まり現象に関する既存の研究についてレビューを行うとともに、研究課題について検討を行っている。特に、河床材料と新規浸入材料の相対的粒径サイズの違いから、土壌表面に細粒土砂が堆積することで浸透性能が低下する「表面目詰まり」と、土壌内部に細粒土砂が侵入し空隙に捕捉されることで浸透性能が低下する「内部目詰まり」および「混合目詰まり」に類型化されることを示し、これら各類型の目詰まりを発生させる物理過程の究明の必要性について討議している。</p> <p>第3章では、細粒土砂の堆積による河床の物理的な目詰まり現象が、表流水の土壌への浸透や貯水池の貯水性能に及ぼす影響を定量化するために、オマーンにある地下水涵養ダムを対象に過去の洪水履歴と貯水池堆積層の現地調査結果に基づいて、地下浸透能の統計的な予測手法を検討している。</p> <p>第4章では、細粒土砂の堆積による河床の物理的な目詰まり現象を表現するための、土壌の水理性能に対する1次元地下水浸透モデル (Hydrus-1D) について検討を行っている。具体的には、土壌の物理的特性 (多孔性, 有効粒径, 土壌岩相) の関数として鉛直1次元の水の浸透過程を計算し、これに物理的な目詰まり (堆積した微細な浮遊粒子の割合と目詰まりの深さ) が及ぼす影響に関する基礎理論を提案している。</p> <p>第5章では、Hydrus-1D を用いて、物理的な目詰まり現象の発生が土壌の水理性能の変化に及ぼす感度分析を行っている。具体的には、細粒土砂の粒径に対する河床土砂の粒径と垂直分布を変化させた場合に、圧力水頭条件と合わせて求められる浸透性能を定量的に評価し、これを簡易に推定するための回帰モデルを検討している。</p> <p>第6章では、物理的な目詰まり現象の発生を定量的に理解するための1次元室内実験について検討を行っている。ここでは、実験モデルの基本的構成、圧力変化や目詰まり現象の把握のためのデータ計測手法、実験条件として重要な、現象を支配する粒子の相対粒径、土砂濃度、水頭の影響などについて整理している。その結果、「表面目詰まり」と「内部目詰まり」の両現象過程について分析し、特に後者ではどの深さまで侵入の影響を受けるかが浸透性の決め手として重要であることを明らかにしている。</p>		

京都大学	博士 (工学)	氏名	Dina ELLEITHY
<p data-bbox="164 275 1431 517">第7章では、物理的目詰まりの発生に伴う土壌水理性能を推定するための予測モデルの開発を行っている。初めに、これまでに提案されている予測モデル間の比較を行い、室内実験から得られた結果、特に、「表面目詰まり」と「内部目詰まり」、あるいはこれらの合成による浸透性能の低下を考慮した新たな予測モデルを提案している。ここで重要となるパラメータとして、「河床材料と新規侵入土砂の粒径比」を導入し、既往の研究で得られたデータ、現地試験および新たに実施した室内試験の結果を用いて予測モデルの検証を行っている。</p> <p data-bbox="164 573 1431 689">第8章では、提案された予測モデルを用いて、河床から土壌への浸透や貯水池の貯水性能に及ぼす影響を検討し、実際の地下水涵養ダムの貯水池の計画、設計、維持管理に活用する方策について提案を行っている。</p> <p data-bbox="189 745 1385 779">第9章では、本研究の主要な結論をまとめるとともに、今後の課題について整理を行っている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、乾燥地のワジに設置された地下水涵養ダムの貯水池内に対して、洪水イベントに応じて土砂がいかに入流して堆積するのか、さらに、堆積した土砂が河床表層を覆うことで、河床から地下に浸透する水文過程がどのように変化するのかについて検討を行ったものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 細粒土砂の堆積による河床の物理的な目詰まり現象を表現するための、土壌の水理性能に対する1次元地下水浸透モデル (Hydrus-1D) について検討を行い、土壌の物理的特性 (多孔性, 有効粒径, 土壌岩相) の関数として鉛直1次元の水の浸透過程を計算し、これに物理的な目詰まり (堆積した微細な浮遊粒子の割合と目詰まりの深さ) が及ぼす影響に関する基礎理論を提案することに成功した。
2. Hydrus-1D を用いて、物理的な目詰まり現象の発生が土壌の水理性能の変化に及ぼす感度分析を行い、細粒土砂の粒径に対する河床土砂の粒径と垂直分布を変化させた場合に、圧力水頭条件と合わせて求められる浸透性能を定量的に評価し、これを簡易に推定するための回帰モデルを提案した。
3. 1次元室内実験により、圧力変化や目詰まり現象を把握するためのデータ計測手法を提案するとともに、粒子の相対粒径、土砂濃度、水頭の影響などの複数の実験ケースから、土壌表面に細粒土砂が堆積することで浸透性能が低下する「表面目詰まり」と、土壌内部に細粒土砂が侵入し間隙に捕捉されることで浸透性能が低下する「内部目詰まり」の現象過程を分析し、後者の場合はどの深さまで侵入の影響を受けるかが浸透性の決め手として重要であることを明らかにすることに成功した。
4. 物理的な目詰まりの発生に伴う土壌水理性能を推定するために、「河床材料と新規侵入土砂の粒径比」を重要なパラメータとし、「表面目詰まり」と「内部目詰まり」、あるいはこれらの合成による浸透性能の低下を考慮した上で、既往研究のデータ、新たに実施した現地試験および室内試験のデータを用いた新たな予測モデルを提案することに成功した。
5. 提案された予測モデルを用いて、河床から土壌への浸透や貯水池の貯水性能に及ぼす影響を検討し、実際の地下水涵養ダムの貯水池の計画、設計、維持管理に活用する方策について提案を行った。

以上のように、本研究は、細粒土砂の堆積による河床の物理的な目詰まり現象が、河床から土壌への浸透や貯水池の貯水性能に及ぼす影響を、基礎理論、室内実験および1次元地下水浸透モデルを組み合わせることで系統的に研究したものであり、現象解明と今後の乾燥地の地下水涵養ダムの管理に大いに貢献し、水工計画学術上、実際上寄与することが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年2月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。