

審査の結果の要旨

氏名 パクナコン ラッタナ

本研究は、降雨時の斜面の安定性に対して植生が与える効果を念頭に、地中に植物の根が張ることによる地盤の雨水浸透特性の変化を、実験に基づいて調べたものである。斜面の表層崩壊において、植物の根がすべり面と交差する場合には、引っ張り強度を持つ根が、すべり面に沿った変位や破壊を抑制する補強部材として働き、斜面崩壊を防ぐ効果が期待される。また、雨水が地中に浸透しきれず地表を流下する場合には、植生によって水流が弱められ、地表の侵食を防ぐ効果が期待される。一方で、地中に鉛直方向の拡がりを持つ根系が入り込むことで、土の緩みや、根の表面と土の境界に水みちができることなど、雨水の地中への浸透を促進する影響も考えられる。パクナコン ラッタナ 君は、ベチバー（ベチベル草）を使い、根が張った状態の土を作り出して、その水理特性を評価する実験を行い、根が雨水浸透に与える影響について検討した。

本論文の第1章は序章であり、豪雨による斜面崩壊の発生状況や発生機構、斜面地盤への雨水浸透に関する知見、斜面防災のために用いられる植栽に関する知見、根茎が雨水の浸透に与える効果に関する既往研究をまとめている。

第2章は、本研究で用いた土とベチバーに関する基本特性について記述している。土は、砂質の斜面表層土の例として茨城県で採取された江戸崎砂と、粘性土質の表層土の例として沖縄県の国頭土を用いた。また、野外の実地盤での植生実験を行った東京大学生産技術研究所千葉実験所の土質は、関東ロームと砂質土の層で構成される。ベチバーは、地中に深さ2～3mまで根を張る性質があり、熱帯、亜熱帯地域などでは斜面の保護を目的とした植栽にも使われる。成長も早く、実験材料としても適していることから、この植物を用いた。

第3章は、実験方法の説明である。それぞれの土を、鉛直に塩ビパイプを立てた1次元カラムに詰めて、上端にベチバーの苗を植えた。最大24週にわたって、水、温度、光を管理してベチバーを育成し、カラム内に根系を生長させた。この過程で、定期的に、上端から降雨に相当する量の水を降らせる実験を行い、雨水の浸透に伴ってカラム内の各深さでの体積水分率が増加し、その後

の排水により減少する様子をセンサーで測定した。また、実験終了後には、カラムを深さごとに切断し、それぞれの透水係数を測定し、含まれる根の分量を測定した。野外の実地盤での植生実験では、ベチバーの苗を約80cm角の範囲に等間隔に植えて、約半年にわたって、降水量とそれに伴う地中の水分分布の変化を連続的に計測した。また、実験終了後には、各深さから根を含んだ不攪乱試料を採取し、上記と同様に透水係数と根の分量を測定した。

第4章は、根を張った土の飽和状態での透水係数を、定水位透水試験で測定した結果についての考察である。土に含まれる根の量は、ベチバーの育成期間と深さによって変わるが、根の含有密度（根の乾燥重量／根を含む土の体積）に応じて、透水係数が増えるという結果になった。さらに、砂質の江戸崎砂と、粘性土質の国頭土とでは、透水係数に100倍近い差があるが、根の含有密度が同じであれば、どちらの土も透水係数の増加比率は同程度（実験で確かめた範囲では、最大2倍程度）になることが分かった。

第5章は、1次元カラムでの降雨実験、および実地盤での自然降雨に伴う雨水浸透の測定結果についての考察である。1次元カラムでは、降雨開始後に浸潤面が流下していく速度、および降雨終了後に各深さで排水により水分量が低下し始めるまでの時間に注目して、不飽和状態での水の浸透が、ベチバーの育成期間に応じて加速される様子を観察した。実地盤においても、植生により、降雨時の地中の水分量の増減が大きくなることを確かめた。

第6章は、上記で観察された結果を、1次元の不飽和浸透解析ソフトを用いた数値計算で再現する試みである。ソフトには根の影響を考慮する機能は組み込まれていないが、実験で測定した根の含有密度に応じて、第4章で得られた比率で増加させた透水係数を与えた。また、土壌水分曲線に関するパラメータは、根の含有密度によらず一定とした。このとき、第5章で測定した浸潤面の流下速度、および降雨終了後の排水開始までの時間を、ほぼ再現することができた。

第7章は、上記の研究成果のまとめである。斜面安定に対する植生の効果を、雨水の浸透特性の変化も含めて評価する方法と、今後の検討課題を示している。

本研究で得られた、植物の根が雨水浸透特性に与える影響についての知見は、限られた土質と植物種での検討結果ではあるが、斜面安定に対して植生が与える影響を雨水浸透の面から評価する新しい考え方を示している。特に、第4章の結果は、植物の根が雨水浸透に与える影響を、根の含有密度の関数として、土質に限らず統一的に考慮できる可能性を示している。さらに第6章の結果は、根が張った地盤の不飽和浸透現象を、根の含有密度に応じて透水係数を調整することで、数値計算により予測できる可能性を示している。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。