

氏名	笹井 友司		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	工学		
学位授与番号	博甲第 5744 号		
学位授与の日付	平成30年 3月23日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	不飽和域の浸透水圧の影響と降雨特性の変化を考慮した従来の斜面安定解析法の適用性に関する研究		
論文審査委員	教授 西村 伸一	教授 大久保賢治	教授 西山 哲

学位論文内容の要旨

毎年各地で集中豪雨による斜面崩壊が多発する中、現状の設計実務や各種研究の多くが、降雨浸透問題には二次元の有限要素法による飽和・不飽和非定常浸透流解析が、斜面安定問題には二次元極限平衡法（以降、「従来法」と記載）が用いられている。近年のコンピュータ性能の向上に伴って、大モデルによる解析、浸透一応力連成解析や三次元解析のような高度な解析による斜面崩壊予測が可能となっているが、設計実務に用いられる手法の妥当性に着目した研究事例はあまりない。さらに、従来法では、浸透流解析で得られる不飽和域の浸透水圧は通常考慮されていない。

また、斜面崩壊メカニズムの解明に向けた多くの研究は、斜面崩壊時の雨量記録に対してなされており、他地点の豪雨に対する研究事例はあまりない。近年、地球温暖化に起因すると考えられる集中豪雨の多発等によって降雨の地域性が薄れる中、斜面の現状の安定性評価と対策工の検討に用いる統一的な降雨特性の設定が不可欠と考える。

そこで本研究は、マサ土斜面の簡易モデルを用いて、まず非定常解析の必要性と谷筋の地下水位上昇量の把握における三次元解析の必要性を示した。次に、近年の集中豪雨を踏まえた総雨量 200mm に対してせん断強度低減法による二次元浸透一応力連成解析を行い、不飽和域の浸透水圧や集中豪雨が斜面の安定性に及ぼす影響検討を行った。また、従来法（修正フェレニウス法）による安全率との比較により、その適用性を検証した。この結果、不飽和域の浸透水圧や集中豪雨の影響により、従来法の適用性が低いケースがあることが判明したため、従来法に不飽和域の浸透水圧を導入することで、設計実務への適用を踏まえた所要安全率の割増しなどに関する提案を行った。

次に、マサ土が分布する福岡県北部から中国地方 5 県、兵庫県で斜面崩壊が発生した 2012 年 7 月九州北部豪雨、2013 年 7 月山口・島根豪雨、2014 年 8 月兵庫県豪雨、2014 年 8 月広島豪雨等の実績雨量を考慮した有限要素法による飽和・不飽和浸透流解析を行い、マサ土斜面の現状評価・対策工検討に用いる統一的降雨条件として、時間雨量 1mm が 1 ヶ月 (720hr) 継続するものとした 720mm を統一的先行雨量として提案し、飽和透水係数に応じた統一的降雨イベントを提案した。

論文審査結果の要旨

各地で集中豪雨による斜面崩壊が多発する中、降雨時の斜面の安定性を評価するには、2次元飽和・不飽和非定常浸透流解析で地下水位等を設定し、さらに2次元極限平衡法で斜面の安定性評価を行うのがこれまでの一般的な手法であった。しかしながら、降雨浸透水は谷筋へ集中するため、2次元浸透流解析は3次元よりも危険側の評価になるという問題があり、また斜面安定性の評価では、浸透流解析で得られる不飽和域の浸透水圧が考慮されていないという問題などが提唱されてきた。このような背景を鑑み、本研究は、想定し得る最大規模の降雨条件をどのように設定するのかを考察した結果と共に、2次元と3次元解析による降雨時の地下水位上昇量の違いを定量的に示し、実務における適切な斜面安定性を評価する手法の提案を試みたものである。具体的には、浸透一応力連成解析によって、集中豪雨や不飽和域の浸透水圧が斜面の安定性に及ぼす影響を検討し、さらに不飽和域の浸透水圧の導入を含めた極限平衡法を対策工の設計に試みる有用性をとりまとめたものである。本論文では、従来の浸透流解析を用いることなく簡易的に斜面内の完全飽和を仮定したモデルと、実務などで多用されている2次元の極限平衡法である修正フェレニウス法によって、斜面の崩壊予測を可能にする手法等も提案された。さらには、マサ土が分布する福岡県北部から中国地方、兵庫県の斜面において、想定し得る最大規模の降雨条件をどのように設定するのかを考察した結果や、無対策の状態で斜面内が完全飽和するような表層厚の薄い斜面において、所要安全率を設定する際の考え方を明らかにした。このように本論文は、豪雨時の斜面安定性問題に対して、学術的および工学的な意義の大きい成果を含み、また本分野の研究者にとっても有用な情報を提供する価値あるものと評価できる。本理由により学位の付与を了承する。