

京都大学	博士（工学）	氏名	Nipawan Chaleiwchalard
論文題目	LANDSLIDE RISK EVALUATION CAUSED BY TORRENTIAL RAINFALL (集中豪雨に起因する地すべりリスク評価)		
（論文内容の要旨） 本論文は、近年日本を含むアジア地区において、気候変動の一環と考えられる集中豪雨に起因する浅層地すべり災害が多発している状況を踏まえ、タイ・ナコンナヨックサイトおよびタイ・プーケットサイトにおける原位置計測結果に基づき、その浅層地すべりの発生機構を明らかにするとともに、住民避難を目的とした土砂災害早期警戒体制の立案に関する基礎的研究結果について示すものである。 第1章は序論であり、本論文に示す研究の背景およびその目的について示している。 第2章は当該分野に関する既往の研究成果のレビューであり、斜面崩壊および地すべりに対する定量的リスク評価手法、降雨による斜面浅層領域における表面流出・降雨浸透特性、および土砂災害早期警戒体制に関する研究の現状について取りまとめ示すとともに、その課題を抽出することで本研究の目指す所を明らかにしている。 第3章は既往の土砂災害早期警戒体制についての課題を抽出するものであり、タイの4地域（チェンマイ・ウトラディ・プーケット・ナコンシタマラート）を対象として、地すべりの発生と、その際に観測された降雨記録との相関性について示している。その検討結果として、各地区で過去に観測された降雨記録を用いて降雨ハザードを算定した結果、チェンマイ地域の一部、ウトラディ地域およびナコンシタマラート地域では、観測降雨が10年確率降雨（日雨量）を超過することと、地すべりの発生に明確な相関が認められた。一方、その他の地域では、観測降雨が10年確率降雨（日雨量）以下の場合のみに地すべりが発生していることから、短時間集中豪雨の場合には、従来のタイでの土砂災害早期警戒体制で降雨指標として用いられてきた日雨量の適用性に課題があること、および先行降雨履歴を勘案する必要があることを指摘している。また、山岳部であるチェンマイ地域では、地すべり発生個所と降雨観測地点が大きく離れているため、地すべりの発生と降雨記録に相関が認められないことから、土砂災害早期警戒体制の立案においては、降雨観測網の整備が喫緊の課題となることを示している。 第4章は斜面浅層部における表面流出・降雨浸透特性の解明を目的として実施したナコンナヨックサイトにおける原位置計測結果の概要を示すものである。まず、当該サイトの地質・土質条件を室内試験結果に基づき取りまとめ、当該斜面は一部砂レキが混入しているが比較的均質な残積土からなることを示している。次に、当該斜面において使用した計測器の概要、およびその計測器配置に関する基本概念を示すとともに、その計測結果として、以下の知見を示している。表面流出量は、累積降雨量に比例して増加し、また表面流出比（表面流出量／累積降雨量）も累積降雨量に比例して増加するがほぼ0.8程度に収束する。一方、地中への雨水浸透量は累積降雨量に比例して増加するが、雨水浸透比（雨水浸透量／累積降雨量）は累積降雨量の増加に伴い減少しほぼ0.2程度に収束する。この結果より、短時間集中豪雨の場合には表面流出が支配的となり、これが浅層地すべりの契機となる表面浸食（Erosion）を発生させる要因となることを示している。また、斜面浅層部の不飽和領域での雨水浸透挙動に関して、原位置計測結果より得られた水分特性曲線 SWCC（Soil Water Characteristic Curve）は、吸水・排水の繰り返し過程となるため、室内試験結果で得られた SWCC とは異なる			

京都大学	博士（工学）	氏名	Nipawan Chaleiwchalard
結果となることに加えて、吸水過程と排水過程で明確なヒステレシスが生じなことを示している。 第5章は雨量計の集中豪雨の観測に対する適用精度に関する検討結果を示すものである。具体的には、ナコンナヨックサイトおよびプーケットサイトに既往の雨量計測に用いられてきた転倒ます型雨量計とドップラー式雨量計を設置し、その両雨量計での計測値の比較検討から、以下の知見を示している。ナコンナヨックサイトでは、全計測降雨中60－70％の降雨で、一方プーケットサイトでは全計測降雨中77－80％の降雨で、両雨量計での計測値は一致している。その差異について表面流出量との相関に着目した検討結果より、ドップラー式雨量計は、全般的に比較的少量の降雨では過小評価、比較的大量の降雨では過大評価になっている可能性があることを示している。これは、ドップラー式雨量計の計測原理が、雨粒の落下速度から間接的に雨量を算定することに起因する可能性があることを指摘している。なお、プーケットサイトでは両雨量計は同一箇所に設定されているのに対して、ナコンナヨックサイトでは両雨量計は150m程度離れて設置されている。この事実から、プーケットサイトの方が、両雨量計の差異が小さいことは、雨量の計測箇所の相違に起因する可能性があることを指摘している。 第6章は土砂災害早期警戒体制の立案において、先行降雨履歴を考慮することの必要性について検討を加えるものである。本研究では先行降雨履歴を考慮する降雨指標として、タイでの近年適用され始めている先行降雨指標 API（Antecedent Precipitation Index）を用いている。先行降雨指標 API は、降雨量と水分の蒸発発散のみに着目したマクロ指標であるのに対して、実際の地すべりは降雨浸透による間隙水圧が蓄積されることにより発生するものである。このため、本論文ではナコンナヨックサイトの旧すべり面付近での間隙水圧変動と、先行降雨指標 API との相関性について検討を加え、その結果として、以下の知見を示している。旧すべり面付近での間隙水圧は、斜面中腹および斜面法尻で、深度に関わらずほぼ同等の上昇傾向を示す。この旧すべり面付近での間隙水圧変動特性は、累積降雨量とは明確な相関を示さないのに対して、先行降雨指標 API とは明確な相関性がある。この結果より、降雨に起因する地すべりに対する土砂災害早期警戒体制を立案する上では、個々の雨に対する累積降雨量を降雨指標として用いることは適切でなく、先行降雨指標 API に代表される先行降雨履歴を考慮することの必要であると指摘している。さらに、現状の先行降雨指標 API は日雨量を用いて算定しているため、短期集中豪雨を含む土砂災害早期警戒体制を立案する上では、時間雨量等をベースとして先行降雨履歴を考慮したより詳細な降雨指標の開発が必要であること指摘している。 第7章は結論であり、本論文で得られた成果、および当該分野における今後の検討課題について要約している。			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、近年日本を含むアジア地区において、気候変動の一環と考えられる集中豪雨に起因する浅層地すべり災害が多発している状況を踏まえ、タイにおける原位置計測結果に基づき、その浅層地すべりの発生機構を明らかにするとともに、住民避難を目的とした土砂災害早期警戒体制の立案に関する基礎的研究結果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 短時間集中豪雨の場合には、従来のタイでの土砂災害早期警戒体制で降雨指標として用いられてきた日雨量の適用性に課題があること、および先行降雨履歴を勘案する必要がある。また、山岳部であるチェンマイ地域では、地すべり発生個所と降雨観測地点が大きく離れているため、地すべりの発生と降雨記録に相関が認められないことから、土砂災害早期警戒体制の立案においては、降雨観測網の整備が喫緊の課題となる。
2. ドップラー式雨量計は、その計測原理から雨粒の落下速度から間接的に雨量を算定するため、降雨パターンによってその計測精度に課題がある可能性がある。また、集中豪雨では雨量の計測箇所の相違に起因する可能性があるため、土砂災害早期警戒体制の立案においては、降雨観測網の整備が喫緊の課題となる。
3. 旧すべり面付近での間隙水圧は、斜面中腹および斜面法尻で、深度に関わらずほぼ同等の上昇傾向を示す。この旧すべり面付近での間隙水圧変動特性は、累積降雨量とは明確な相関を示さないのに対して、先行降雨指標 API とは明確な相関性がある。この結果より、降雨に起因する地すべりに対する土砂災害早期警戒体制を立案する上では、個々の雨に対する累積降雨量を降雨指標として用いることは適切でなく、先行降雨指標 API に代表される先行降雨履歴を考慮することの必要である。
4. 短期集中豪雨を含む土砂災害早期警戒体制を立案する上では、時間雨量等をベースとして先行降雨履歴を考慮したより詳細な降雨指標の開発が今後の課題となる。

以上に示すように、本論文は、近年日本を含むアジア地区において、気候変動の一環と考えられる集中豪雨に起因する浅層地すべり災害が多発する状況下で住民避難を目的とした土砂災害早期警戒体制の立案に資するものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。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、平成24年7月30日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。