

氏名	マツマ シュウシ 松嶋 秀士
本籍（国籍）	富山県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 830 号
学位授与年月日	令和 4 年 9 月 2 6 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 地域環境創生学専攻
学位論文題目	落石対策手法の高度化に関する研究 (Study on the advancement of rockfall countermeasure methods)
学位審査委員	主査 岩手大学教授 真坂 一彦 副査 岩手大学准教授 齋藤仁志 副査 弘前大学講師 鄒 青穎 副査 山形大学准教授 菊池 俊一

論文の内容の要旨

本論文では、近年の土砂災害の増加とともに増えている落石災害に対して、落石対策を行う際の調査における効率化、対策工検討における既設落石防護柵を利用した補強・補修方法の検討を行った。さらに、災害発生時の緊急対策工についても提案を行い、落石対策における調査及び対策工の高度化を目的とした。

落石災害は、事前の兆候がなく突発的に発生し、発生源が特定しづらく予防対策を行うことが困難な災害である。落石災害への防災対策等を講じるにあたり、斜面調査を行い落石発生の危険箇所を特定し、落石災害時の危険性を把握することは重要である。しかし、対策区間（路線長）が数キロメートルと長大であることから、対象となる路線全てに対して、想定される危険箇所調査や危険度判定などの斜面調査を実施することは、緊急度や経済性などの観点から合理的ではなく、十分な落石調査がされていないのが現状である。さらに、落石調査を行う場合は、3人程度を1組とし斜面全体を踏査し、転石や浮石の位置を調査するが、急崖部など危険な箇所もあり大きな労力と時間を要する。

このように落石調査には、膨大な対象範囲、費用や労力など多くの問題点があるが、レーザ測量技術の発展により、全国的に整備されつつある航空レーザ測量（LPデータ）を用いることで、災害危険箇所の抽出等災害調査に利用されてきている。しかしながら、落石調査におけるLPデータの利用事例は少なく、落石対策の基準書である落石対策便覧（日本道路協会）においても具体的な手法等記載がない。そこで、LPデータに加え、近年利用されているUAVレーザ測量と斜面上を持ち運びできるモバイルレーザ測量機器を用いて落石調査を行い、各種レーザ測量の使い分けと省人化について検討を行った。

その結果、LPデータでは取得できなかった転石や浮石の分布をUAVレーザ測量では捉えることが可能であり、浮石や転石の位置を事前に把握し、斜面調査時の踏査ルート選定等利用できることがわかった。また、モバイルレーザ測量を用いることで、浮石や転石のサイズや安定度を測定できることがわかり、1人での調査も可能となるほか、撮影したデータを持ち帰り、

机上で複数人での判読も可能となり、現地調査員の落石知識レベルに依存することも無くなると考えられる。

既設落石防護柵を利用した補強・補修方法については、1950年以降の高度成長期より設置された落石防護柵が設置から30～40年以上経過し、膨大な施設延長の更新時期を迎えている。これらの施設は、落石対策便覧（1983年）発行以前については明確な設計指針がないことから、斜面調査を実施すると想定以上の落石が存在する場合や、落石跳躍高さに対して柵高が不足している場合など、多くの被災事例から知ることができる。

通常であれば新たな落石防護柵を設置するが、インフラ長寿命化基本計画（2013年11月29日）や国土強靱化基本計画（2018年12月14日閣議決定）などの社会背景から、既設のインフラストックを有効活用し長寿命化することも求められている。

しかしながら、これらの従来型落石防護柵は落石対策便覧にて設計法が決められているが、今回調査した被災事例を見ると、想定と異なる支柱の変形や、金網の突き抜け等が見られた。

そこで、従来型落石防護柵の挙動を実規模実験により把握し、弱点となる部分を補強することにより、従来型落石防護柵の吸収可能な落石エネルギーを倍増させ、さらに、既設の支柱に加工することなく柵高をかさ上げすることができる構造の検討を実施した。

また、落石対策便覧では、金網の吸収エネルギーは計算では算出できない為、金網の種類に関係なく一律25kJとなっているが、金網を同一条件にて実験を行い、線径や材質及び形状の違いによる金網の特性を明らかにすることにより、落石防護柵に使用される金網の選定の目安を示すことを目的とした。

その結果、従来型落石防護柵の構造上の弱点を実規模実験により従来型落石防護柵の挙動を把握するとともに、既存の落石防護柵に簡単な金具を取り付けることにより、落石吸収エネルギーを2倍に増加させることが可能であることを実験にて確認できた。

さらに、従来型落石防護柵に用いられているひし形金網の特性について線径、材質、形状を変えることによる比較実験を行うことにより挙動の違いを把握した。

また、災害発生時の緊急対策は必要とされているが、対策工を行うには通常重機や重量物を運ぶ運搬路設ける必要がある為、数か月単位の期間が必要となる。そこで、人力運搬可能な2次流出防止対策工の検討を行い、実物実験及び試験施工を行い設計法についても提案を行った。

以上、これらの研究結果により、落石対策における調査から対策工までに対して、新たな手法を提案することができたことにより、落石対策が、より安全で効率的に行える高度化の技術を確立できたと考える。

論文審査の結果の要旨

本学位論文は、近年の土砂災害の増加とともに増えている落石災害に対して、落石対策を行う際の調査における効率化、対策工検討における既設落石防護柵を利用した補強・補修方法の検討を行い、さらに災害発生時の緊急対策工についても提案を行い、落石対策における調査及び対策工の高度化を目的とした研究である。

落石調査には、膨大な調査範囲、費用や労力など多くの問題点がある。本研究では航空レーザー測量（LP）データに加え、UAV レーザ測量とモバイルレーザー測量機器によって行った落石調査結果をもとに各種レーザー測量の使い分けと省人化について比較検討を行った。その結果、

LP データでは取得できなかった転石や浮石の分布を UAV レーザ測量では可能であり、また、モバイルレーザ測量では転石・浮石のサイズや安定度の測量が可能であることを明らかにし、省人化だけでなく、現地調査員の落石知識レベルに依存しない判読が可能になった。

既設落石防護柵を利用した補強・補修方法については、従来型落石防護柵の構造上の弱点を実規模実験によって把握し、従来型落石防護柵に簡単な金具を取り付けることにより落石吸収エネルギーを2倍に増加できることを確認した。また、防護柵に用いられるひし形金網について線径、材質、形状を変えて比較実験を行い、防護柵に適したひし形金網を提案した。

さらに、災害発生時の緊急対策として、人力運搬可能な2次流出防止対策工の検討を行い、設計方法について提案を行った。

以上の研究により、落石対策における現地調査方法や対策工に対して新たな手法を提案できたことで落石対策技術を高度化できたと言え、本研究は学術的価値が高いと考えられる。また、これらの研究をもとに原著論文が3本出版されており、学会からも研究内容が高く評価されていると言える。

以上から、本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

松嶋秀士・井良沢道也（2021）実規模実験による従来型落石防護柵の挙動と補強に関する研究.

日本地すべり学会誌 58（4）：177-186.

松嶋秀士・井良沢道也（2021）落石防護柵に用いられるひし形金網の挙動と特性について. 日

本地すべり学会誌 58（4）：169-176.

松嶋秀士・井良沢道也・鄒青穎・林一成・落合達也・鈴木太郎（2021）落石調査におけるモバイルレーザースキャナの活用に向けての検討. 日本地すべり学会誌 59（3）：92-98.