

氏 名	くわ の たけし 桑 野 健
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2706 号
学位授与の日付	平 成 18 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 都 市 環 境 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	岩盤斜面崩壊ハザードマップの作成とその斜面危険度評価への適用に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 大 西 有 三	教 授 大 津 宏 康	助教授 西 山 哲
--------	----------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

岩盤斜面崩壊は、現況では崩壊メカニズムが十分に解明されておらず、危険度を定量的に評価することが困難であり、また地すべりや落石などと比較して崩壊事例も少ないことから、事例の調査・研究等についても十分には進んでいない。しかし、ひとたび崩壊が発生した場合の被害は激甚であり、効率的かつ効果的な防災管理・災害対策は極めて重要である。このような岩盤斜面崩壊と向き合う姿勢として、近年力づくでの「防災」から「減災・避災」といったソフト的な考え方が広がっている。岩盤斜面崩壊におけるソフト対策を効果的に実施するために、リスク評価を勘案した斜面危険度評価および被害想定が極めて重要であり、ハザードマップがその有効な手法と考えられている。そのような経緯からハザードマップ作成に関して、本研究では、

- 崩土の到達範囲を適切で簡便に、3 次元的に予測する技術を検討すること（第 2 章～第 4 章）
- 解析結果を効果的かつ視覚的に分かりやすく表示する技術を開発すること（第 5 章～第 6 章）
- ハザードマップを斜面危険度評価や被害想定に応用する技術を考察すること（第 7 章）

をそれぞれ検討し、岩盤斜面崩壊のリスク評価に向けて、手法の有効性・妥当性を示した。本論文の構成は序論と結論を含めて、以下の 8 章から成っている。

第 1 章では、岩盤崩壊の特徴と被害の甚大さについて発生事例を挙げて示し、効率的かつ効果的に斜面管理を行うため、ソフト対策による防災管理が重要視されているという本研究の背景を述べた。さらに岩盤崩壊のリスク評価に向けてハザードマップを作成し、適切に斜面危険度評価へ適用していくこと等、本研究の目的・位置づけを明確にした。

第 2 章では、岩盤崩壊の到達範囲を 3 次元的に予測するため、見通し仰角と飛散角を取り上げ、数量化理論Ⅰ類を適用して検討を行った。数量化理論では、文献資料によるデータと空中写真判読によるデータから得た 124 事例の日本国内の岩盤崩壊事例を利用した。その結果、到達範囲に影響する因子や条件を整理し、その寄与度合いを数量化した。また見通し仰角および飛散角を目的変数としたことにより、到達距離方向だけでなく崩土が横方向に飛散する幅方向についても考察を行うことができ、また角度を用いたことにより岩盤崩壊の規模に依存することなく、様々な事例に対して解析が適用できることを示した。

第 3 章では、第 2 章の数量化理論の解析結果から導かれた見通し仰角および飛散角の予測式を用いて、崩土到達範囲を予測する手法について検討した。その結果、有意なアイテムとカテゴリーの選定により、比較的良好な精度での予測が可能となった。また、崩土の到達距離と飛散幅を予測したことにより、到達範囲を従来の 2 次元でなく、3 次元的に表現することを可能にした。さらにこのとき、予測値と実測値の差である残差のばらつきを利用し、到達信頼度(%)という概念を取り入れることにより、崩土が到達する危険域をその信頼度に応じて段階的に評価できることを示した。

第 4 章では、崩土到達範囲の予測手法を実際の岩盤斜面の事例および過去の文献事例に適用させて比較し、本予測手法の有効性、予測精度および適用限界について検証を行い、適用範囲を定めた。その結果、提案した予測手法は、崩壊形態が岩

盤崩壊であれば、崩壊規模に多少の差異があった場合でも実測値との相関が高く、精度良く予測ができることを示した。ただし、表層崩壊や落石での予測精度は低く、その適用は難しい。さらに実際の岩盤崩壊の崩土は、おおむね到達信頼度40～60%の範囲内におさまることが認められ、手法が有効であることを明らかにした。

第5章では、効果的な表示技術としてGISが有効なツールであると考え、GISを活用したハザードマップの基図作成に向けて、地上型の3次元レーザミラースキャナ(LMS)を使用して急崖岩盤斜面岩盤斜面の詳細な地形データを取得し、図化およびデータ化を行った。このとき、上空からでなく地上(岩体正面)から計測することにより、急崖部やオーバーハング部の地形形状を十分に高精度で把握することができた。その結果として、20cmメッシュの数値標高モデル(DEM)を作成した。

第6章では、岩盤崩壊におけるGISを活用したハザードマップの作成に向けて、第5章で作成したDEMを基図として、第2章から第4章で検討した予測手法を組み込んだ崩土到達範囲予測システムを開発し、GIS上で岩盤崩壊の崩土到達範囲を解析・予測・表示することができることを確認した。本システムはハザードマップを作成することにより、道路利用者および道路管理者ともに斜面危険度を面的に把握することができ、効果的な斜面防災管理を実施できる。

第7章では、はじめに、開発したシステムを利用してハザードマップの基本となる崩土到達範囲予測図を作成した。さらに崩土到達範囲の予測結果に、既往資料に基づいた岩体安定度や対策工効果を考慮に加え、ハザードマップを作成し、岩盤崩壊の斜面危険度評価を行なった。これにより、斜面危険度の大小を箇所ごと、さらには区間ごとに、面的に認識できることを示した。ハザードマップを作成し、定性的リスク評価の一つとして斜面危険度評価を行なったことにより、対策や点検の優先度、さらには対策の工法や規模の選定方針まで含めた防災管理を論理的かつ面的に行なうことが可能となった。また視覚的に分かりやすいハザードマップで情報を提供することにより、道路利用者である国民が、道路斜面における岩盤崩壊の危険度を効率的かつ効果的に把握することができると考えられる。

次に、崩土到達範囲の予測手法を応用することにより、崩土の道路への到達土量を算定する手法を提案した。その結果、道路の山側路肩地点と谷側路肩地点の間で崩土が停止する信頼度に、崩壊規模を乗じることにより、到達土量を算定できることを示した。本算定手法を利用することにより、定量的リスク評価に必要となる被害想定に対して、被害額の支配的な要因の一つである到達土量を従来の土砂到達モデルと比較的により現実的で、簡便に算定することが可能となった。

第8章では、本研究の結論および課題についてまとめるとともに、今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

甚大な被害をもたらす岩盤斜面崩壊に対して、道路を維持管理する側が限られた財源や管理体制の下で効率的かつ効果的に斜面管理を行うため、「ソフト対策」による防災管理が重要視されている。そのため、ソフト対策による効果的な防災管理に向けて、危険箇所や危険の程度、想定影響範囲等を面的に示したハザードマップが着目されている。本論文では、岩盤斜面崩壊のハザードマップを作成するための崩土到達範囲予測手法およびシステムを開発するとともに、ハザードマップを活用した岩盤斜面災害の被害想定やリスク評価に関して検討を行なっている。本論文の内容は次の通りである。

(1) 崩土の到達範囲予測技術の検討

ハザードマップ作成に向けて、岩盤崩壊の崩土到達範囲を3次元的に予測するため、崩土の到達距離と飛散幅を目的変数として、岩盤崩壊事例に対して数量化理論Ⅰ類を実施している。それにより、到達距離と飛散幅それぞれに寄与する斜面要因や地形地質条件を整理し、その寄与度を数量化することにより、崩土の到達範囲を予測する技術を構築している。さらに予測手法を、現地の崩壊事例および文献資料と比較することにより、その有効性、予測手法の精度と適用限界について考察し、適用範囲を定めている。

(2) 解析結果の効果的な表示技術の開発

GISを活用したシステムでの利用に向けて、地上型3次元レーザミラースキャナ(LMS)を用いて岩盤斜面の詳細な地形データを取得し、ハザードマップの基図となる細密な数値標高モデル(DEM)を作成するとともに、(1)で検討した予測手法を組み込んだ崩土到達範囲予測システムを開発し、GIS上で岩盤崩壊の崩土到達範囲を解析・予測・表示することができることを確認している。また、GISを活用することにより、ハザードマップの効果的な表示ならびに効率的なデータ利

用が可能となることを示している。

(3) リスク評価に向けた斜面危険度評価および被害想定に応用する技術の考案

開発したシステムを使って実際に岩盤崩壊が懸念されている路線のいくつかの岩体において崩土到達範囲を予測し、岩体の安定度評価や対策工の効果判定と合わせて岩盤崩壊のハザードマップを作成し、定性的リスク評価である斜面危険度評価を行っている。また、本予測手法を応用し崩土の道路への到達土量を算定する手法を提案し、定量的リスク評価に向けた被害想定への適用性を示している。

以上述べたように、本研究で提案・開発した崩土到達範囲の予測手法とシステムを用いてハザードマップを作成すること、さらには作成したハザードマップをリスク評価に対して適切に利活用していくことは、今後の岩盤斜面の防災管理を効率的かつ効果的に行い、道路斜面の安全性を高める上で極めて有効であると考えられ、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18年8月21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。