

氏名	したの むねひこ 下野 宗彦
授与学位	博士(工学)
学位記番号	理工博甲第685号
学位授与年月日	平成28年3月17日
学位授与の要件	学位規則第4条1項
研究科, 専攻の名称	理工学研究科(博士後期課程) システム設計工学系専攻
学位論文題目	中国地方における高速道路の斜面災害と地盤特性に関する研究
論文審査委員	主査 山口大学 教授 中田 幸男 山口大学 教授 兵動 正幸 山口大学 教授 清水 則一 山口大学 准教授 鈴木 素之 山口大学 准教授 榊原 弘之

【学位論文内容の要旨】

【要旨】

膨大な数量を抱える道路斜面の維持管理は、災害発生に伴う危険性と社会的影響の軽減を目的として効率的かつ効果的に行っていく必要があるため、現在では、道路斜面の安定性が損なわれる前に対応する「予防保全型管理(予防保全)」という考え方が取り入れられてきている。道路斜面の予防保全は、資料調査による抽出道路斜面の点検やその結果に基づく防災対策から、現時点で明確な損傷や崩壊挙動が現れていない道路斜面を含んだものにその対象が広がっている。膨大な数量であるが故に5年サイクルで点検することは困難を極めている。道路斜面の予防保全には工夫が必要である。

本研究は、道路斜面管理の現状と課題である「道路斜面数量の多さに起因する道路斜面管理実施の困難性」、「道路防災点検の評価結果と災害実態の不整合性」を解決するため、中国地方の特性に応じた災害の特徴とその素因について、過去の災害事例と既存調査資料からマクロ的に分析し、道路斜面の脆弱性について標準貫入試験結果(N 値)の危険限界値(N_{DL} 値)を合理的に求め、点検頻度や動態観測の可否及び詳細調査と防災対策の優先度付けの基礎資料とすることを目的として行ったものである。

以下、本研究の概要を各章毎に示す。

【第1章 序論】

本章では、道路斜面管理と防災対策の現状を整理し、先行研究の事例をまとめるとともに、解決すべき課題を抽出して本研究の背景と目的を明確にした。また、本研究の流れを明確にするために、論文の構成と概要を示した。

【第2章 中国地方における土砂災害】

本章では、中国地方の土砂災害に関する地域的な特徴の把握を行った。高速道路斜面災害に関する全国データの入手が困難であったため、全国砂防便覧の土砂災害データを使用している。

単位面積当たりの災害発生指数(災害発生件数/対象地域面積)と、災害危険箇所指数(土砂災害危険箇所数/対象地域面積)で比較すると、中国地方は、災害発生指数に比べて災害危険箇所指数が高く潜在的な危険素因を有す斜面が非常に多い。高速道路斜面も同様な危険性があることを示した。

【第3章 中国地方における高速道路の斜面災害】

西日本高速道路(株)が管理運営する中国地方の高速道路災害記録から、道路斜面災害の形態分析を行った。高速道路斜面災害は、全て降雨が誘因である。1974年から2012年3月末時点までに、663件が記録されている。

のり面崩壊は、その100%近くが深度5m以内の表層で発生していること、必ずしもその高さ(段数)が大きいものほど崩壊しているとは限らないこと、切土のり面災害の大部分は、切土のり面の最上段及びその上方の自然斜面が損傷を受けていること等が明らかになった。また、斜面災害の大部分は切土のり面最上段の表層とその上方自然斜面で発生していることから、地山表層風化部の締り具合と切土を中心とした道路斜面災害の関連性が疑われることを示した。

【第4章 高速道路の斜面災害発生箇所と表層地質】

高速道路斜面災害箇所と表層地質の関係は、中国地方の高速道路に関する技術資料として整理されていた「高速道路を挟む2km巾の表層地質図」と「過去の高速道路斜面災害記録」から、該当箇所の地山地質が大きく影響を与える「切土のり面」及び「自然斜面」を対象に分析を行った。

中国地方における高速道路を挟む2km巾の表層地質は分布面積が各々大きく違うため、地質分布単位面積当たりの災害発生指数(災害発生件数/対象地域面積)で比較した。

中国地方で災害発生指数が高い地質及び1箇所あたりの被災規模が100m³以上で、災害発生指数が上位10位以内の地質である被災箇所の分布を明らかにした。

【第5章 高速道路の斜面災害箇所と標準貫入試験結果の関連性】

中国地方の高速道路に関する「高速道路計画時に実施した標準貫入試験結果(N値)」と「過去の高速道路斜面災害記録」から、斜面災害発生箇所に該当する「被災該当地山」に着目し、斜面崩壊が発生しやすい表層の緩んだ地盤の性状をN値の違いから分析した。

第4章で区分した地質分類毎に表層N値の発現傾向を深度別にまとめた。各地質に対するN値は、対数正規分布に類似した発現傾向を示し、「被災該当地山」のN値は「被災履歴なし地山」のN値を下回ることがわかった。「被災該当地山」に関する平均N値は、深度とN値の関係において、高い決定係数を有す線形で表わされる。深度毎の平均N値と標準偏差 σ から危険限界N値(N_{DL} 値)を算出すると、「被災該当地山」における各深度のN値は、80%以上の確率で N_{DL} 値以下であることが判明した。

また、危険限界N値(N_{DL} 値)は、1974年から2012年3月末時点までのデータを用いて算出したものであるため、2013年4月から2015年3月までの斜面災害発生箇所について、その検証を行い、有効性の確認を行った。

【第6章 結論】

本章では、本研究で得られた研究成果を要約して総括し「点検の頻度や動態観測の可否及び詳細調査と防災対策の優先度付けに対する基礎資料」として活用するための課題と今後の展望を整理した。

【論文審査結果の要旨】

膨大な数量を抱える道路斜面の維持管理は、災害発生に伴う危険性と社会的影響の軽減を目的として効率的かつ効果的に行っていく必要がある。現在では、損傷や変状の発生発見によって対応する「対症療法型管理(事後保全)」から、道路斜面の安定性が損なわれる前に対応する「予防保全型管理(予防保全)」という考え方が取り入れられてきている。道路斜面災害の要因には、素因と誘因があり、道路斜面の現状の健全性や点検結果は素因と損傷事象を基に評価されている。素因には「地形、地質、植生状況等」があり、このうち「地質」は道路斜面災害の素因として欠かすことのできない要素である。予防保全の観点からみると、現時点で明確な損傷や崩壊挙動が現れていない道路斜面に対しても、地質の分析から現状の健全性を把握する必要がある。一方、高速道路計画時に膨大な数の標準貫入試験が実施される。この貴重な結果を有効かつ効果的に活用することが、総括的な知見を見出す上でも意義があると言える。本研究は、中国地方の高速道路に関する表層地質と標準貫入試験結果及び過去の高速度道路斜面災害記録から、災害の形態分析及び表層地質と道路斜面災害発生箇所との関連性、標準貫入試験結果の違いをまとめたものである。

以下、各章毎に概説する。

第1章「序論」では、道路斜面管理と防災対策の現状を整理し、先行研究の事例をまとめるとともに、解決すべき課題を抽出して本研究の背景と目的を明確にした。また、本研究の流れを明確にするために、論文の構成と概要を示した。

第2章「中国地方における土砂災害」では、中国地方の土砂災害に関する地域的な特徴の把握を行った。単位面積当たりの災害発生指数（災害発生件数／対象地域面積）と、災害危険箇所指数（土砂災害危険箇所数／対象地域面積）で比較すると、中国地方は、災害発生指数に比べて災害危険箇所指数が高く潜在的な危険素因を有す斜面が非常に多い。高速道路斜面も河様な危険性があることを示した。

第3章「中国地方における高速道路の斜面災害」では、西日本高速道路（株）が管理運営する中国地方の高速道路災害記録から、道路斜面災害の形態分析を行った。高速道路斜面災害は、全て降雨が誘因である。1974年から2012年3月末時点までに、663件が記録されている。のり面崩壊は、その100%近くが深度5m以内の表層で発生していること、必ずしもその高さ（段数）が大きいものほど崩壊しているとは限らないこと、切土のり面災害の大部分は、切土のり面の最上段及びその上方の自然斜面が損傷を受けていること等が明らかになった。また、斜面災害の大部分は切土のり面最上段の表層とその上方自然斜面で発生していることから、地山表層風化部の締り具合と切土を中心とした道路斜面災害の関連性が疑われることを示した。

第4章「高速道路の斜面災害発生箇所と表層地質」では、高速道路斜面災害箇所のうち、該当箇所の地山地質が大きく影響を与える「切土のり面」及び「自然斜面」を対象に分析を行った。中国地方で災害発生指数が高い地質及び1箇所あたりの被災規模が100m³以上で、災害発生指数が上位10位以内の地質である被災箇所の分布を明らかにした。

第5章「高速道路の斜面災害箇所と標準貫入試験結果の関連性」では、中国地方の高速道路に関する「高速道路計開時に実施した標準貫入試験結果（N値）」と「過去の高速道路斜面災害記録」から、斜面崩壊が発生しやすい表層の緩んだ地盤の性状をN値の違いから分析した。第4章で区分した地質分類毎に表層N値の発現傾向を深度別にまとめた各地質に対するN値は、対数正規分布に類似した発現傾向を示し、「被災該当地山」のN値は「被災履歴なし地山」のN値を下回ることがわかった。「被災該当地山」に関する平均N値は、深度とN値の関係において、高い決定係数を有す線形で表わされる。深度毎の平均N値と標準偏差から危険限界N値を算出すると、「被災該当地山」における各深度のN値は、80%以上の確率で危険限界N値以下であることが判明した。

第6章「結論」では、本研究で得られた研究成果を要約して総括し、課題と今後の展望を整理した。

公聴会には、学内外から50名を超える参加があった。公聴会での主な質問内容は、花崗岩に対する地盤工学的な取り扱いについて、危険限界N値以下の地山の危険度分類について、被災履歴なし地山の危険限界N値以下の地山の割合、N値に含まれる排水条件、地盤の異方性、透水性などの影響について、建設完成後の管理の期間について、切土の段数と被災の関係について、危険限界N値の通行基準への適用について、等であり、いずれの質問に対しても発表者から十分な回答がなされた。

以上より、本研究は、道路の斜面災害と地盤特性に関して多くの知見を与え、独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分に値するものと判断した。

論文内容及び審査会、公聴会での質問に対する応答などから、最終試験は合格とした。

なお、関連論文の発表状況は以下のとおりである（関連論文2編）。

- 1) 下野宗彦・村上豊和・中田幸男：中国地方における高速道路斜面の崩壊と表層地質区分の関連性，土木学会論文集C(地圏工学)，Vol. 71，No. 2，pp.92-107，2015.
- 2) 下野宗彦・村上豊和・中田幸男：中国地方の花崗岩地域におけるN値深度分布と斜面災害発生箇所の特性，地盤と建設，Vol.33，No.1，pp.27-36，2015.