

学 位 論 文 題 名

ランドスライド地域における表層岩石の
風化変質と工学特性に関する研究

学位論文内容の要旨

わが国は、地震、集中豪雨などが頻繁に発生する地理的条件であるため、毎年のようにランドスライド（崩壊・地すべり）による災害が多発し、多くの人命と社会的財産が失われている。ランドスライドの多発地域として、第三紀および第四紀の火砕岩や泥岩をはじめとする堆積軟岩の分布域を第一に挙げることができる。堆積軟岩はもともと軟質であることに加えて、風化を受けることによりその強度特性が著しく低下する特質を有しているため、それら火砕岩や泥岩が斜面表層を構成する地域では、風化による岩石劣化がランドスライドの要因となる事例が大変多い。このような堆積軟岩の分布域におけるランドスライド災害の防止や土木建築にとって、風化環境下における岩石の地質工学的特性を解明し、堆積軟岩の変状の予測・制御を行っていくことが急務である。

水に富む表層の風化環境の中で、岩石は破碎・細粒化する物理的作用と、鉱物－水反応による溶解・酸化・加水分解などの化学的作用を受け、劣化が進行していく。岩石の風化変質、すなわち後者による岩石の性状劣化については、地質学や鉱物学などの視点から様々な検討が多く行われているものの、それと工学特性を関連付けた研究は比較的少ない。風化により生じる堆積軟岩の鉱物学的特性変化と工学特性との関係を明らかにすることにより、堆積軟岩の劣化過程における地質工学的挙動の動態・要因の把握やメカニズムの解明、さらに実際面の対策に結びつく有用な指標を得ることが可能である。

本論文では北海道のランドスライド地域に分布する火砕岩および泥岩を研究対象として、それらの風化変質と工学特性に関する評価を行うことにより、それら岩石の風化変質と粘土鉱物学的特性、さらにそれと岩石劣化の関係について解明を行っている。本論文は以下の6章から構成される。

第1章は序章であり、ランドスライドおよび岩石の風化変質と工学特性に関する既往の研究をレビューするとともに、表層岩石の風化変質と工学特性を研究することの意義について述べている。

第2章においては、火砕岩と泥岩の風化変質および工学特性の評価に用いた手法を述べている。

第3章においては、北海道積丹半島に分布する火砕岩の風化変質と岩盤崩壊の要因の解明を行っている。当地域には新第三紀中新世中期～鮮新世の火砕岩からなる急崖斜面が広

く発達している。それらの急崖を構成する火砕岩類は、構成岩片・粒子の間隙や割れ目を充填する産状のスメクタイトを広く含有することで特徴付けられる。さらに、表層付近の火砕岩中のスメクタイトは、風化変質による影響を受けて深部のそれとは性質が異なっており、このようなスメクタイトのミクロな分布特性および風化に伴う性質変化が、水に富む風化環境下において、火砕岩の構成岩片・粒子の接合性や固結度が関係する物理的性状変化を促進させる要因となることが示される。そして、火砕岩の生成環境およびその変質履歴が、火砕岩の鉱物学的特性に大きく影響を及ぼすこと、また、その特性が当地域の急崖斜面における岩盤亀裂の伸長など崩壊現象の直接的原因に結びつくことを示している。

第4章においては、北海道中央部の夕張地域に分布する幌内層泥岩の風化変質と劣化との関連性を明らかにしている。幌内層は古第三紀始新世の海成泥岩からなり、その風化状態から強風化帯、中風化帯、弱風化帯、未風化帯の4つに区分される。それら風化帯では、泥岩の風化変質の進行に伴い、泥岩中の緑泥石の平均粒径が減少し、混合層鉱物化が進む傾向があるなど、緑泥石の性質変化が認められる。さらに泥岩中の黄鉄鉱および方解石の含有量は、風化が進行するに従って減少する傾向が認められる。特に強風化帯ではこれらの鉱物が溶解除去されるとともに、鉄の酸化・水酸化物の沈着による褐色化が顕著である。これら鉱物変化は黄鉄鉱の酸化による硫酸生成が原因であることが示される。風化泥岩のスレーキング実験により、5サイクル程度の耐久度指数でその劣化特性を評価することが可能であること、また、緑泥石の鉱物学的性質および泥岩の化学組成は、幌内層泥岩の風化指標になりうることを示している。

第5章においては、地すべりの多発地帯である上記の幌内層泥岩分布域について、地すべり地集水井の壁面の詳細な検討結果から、泥岩地すべりの地質特性、特にすべり面近傍の風化変質と鉱物学的特性を明らかにしている。集水井壁面の泥岩は、上部から下部に向かって強風化混在部、混在部、せん断部、破碎質岩盤の4つに区分される。その岩盤構造は風化変質の程度と関連性があり、強風化混在部および混在部では表層に近づくにつれて岩盤中の黄鉄鉱・方解石・緑泥石の溶解消失し、同時にスメクタイトが生成していることが示される。せん断部の黒色粘土からイライト/スメクタイト混合層鉱物が特徴的に見出され、また、黒色粘土にはすべり面に沿って鉄に乏しい複数の帯状粘土が認められる。このようなすべり面近傍の粘土鉱物組成や二次的構造は、地すべり挙動に伴うすべり面形成プロセスと密接に関連することを示している。

第6章は本論文の総括であり、以上の研究により得られた知見をまとめるとともに、北海道のランドスライド地域における火砕岩・泥岩の風化変質と工学特性の評価に関する今後の課題について述べている。

以上のように、北海道のランドスライド地域に分布する火砕岩および泥岩をとりあげ、風化変質による鉱物の性質変化や消失によってそれらの鉱物組成や組織が変化し岩石の工学特性に大きく影響すること、また、岩石中の粘土鉱物の性質変化を工学特性の指標として利用可能であることを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 米 田 哲 朗

副 査 教 授 三田地 利 之

副 査 教 授 金 子 勝比古

副 査 教 授 藤 井 義 明

学 位 論 文 題 名

ランドスライド地域における表層岩石の 風化変質と工学特性に関する研究

わが国は、地震、集中豪雨などが頻繁に発生する地理的条件であるため、毎年のようにランドスライド（崩壊・地すべり）による災害が多発し、多くの人命と社会的財産が失われている。ランドスライドの多発地域として、第三紀および第四紀の火砕岩や泥岩をはじめとする堆積軟岩の分布域を第一に挙げることができる。堆積軟岩はもともと軟質であることに加えて、風化を受けることによりその強度特性が著しく低下する特質を有しているため、それら火砕岩や泥岩が斜面表層を構成する地域では、風化による岩石劣化がランドスライドの要因となる事例が大変多い。このような堆積軟岩の分布域におけるランドスライド災害の防止や土木建築にとって、風化環境下における岩石の地質工学的特性を解明し、堆積軟岩の変状の予測・制御を行っていくことが急務である。

本論文は、岩石の風化過程における地質工学的挙動の動態・要因の把握やメカニズムの解明を行い、さらに実際面の対策に結びつく有用な指標を得ることを目的に、北海道のランドスライド地域に分布する火砕岩および泥岩について、風化変質と工学特性に関する評価を行い、岩石の風化変質と鉱物学的特性変化、さらにそれと岩石劣化の関係について解明を行っている。本論文は以下の6章から構成される。

第1章では、ランドスライドおよび岩石の風化変質と工学特性に関する既往の研究をレビューするとともに、表層岩石の風化変質と工学特性を研究することの意義について述べている。

第2章では、火砕岩と泥岩の風化変質および工学特性の評価に用いた手法を述べている。

第3章においては、北海道積丹半島に分布する火砕岩の風化変質と岩盤崩壊の要因の解明を行っている。当地域には新第三紀中新世中期～鮮新世の火砕岩からなる急崖斜面が広く発達している。それらの急崖を構成する火砕岩類は、構成岩片・粒子の間隙や割れ目を充填する産状のスメクタイトを広く含有することで特徴付けられる。さらに、表層付近の火砕岩中のスメクタイトは、

風化変質による影響を受けて深部のそれとは性質が異なっており、このようなスメクタイトのミクロな分布特性および風化に伴う性質変化が、水に富む風化環境下において、火砕岩の構成岩片・粒子の接合性や固結度が関係する物理的性状変化を促進させる要因となることが示される。そして、火砕岩の生成環境およびその変質履歴が、火砕岩の鉱物学的特性に大きく影響を及ぼすこと、また、その特性が当地域の急崖斜面における岩盤亀裂の伸長など崩壊現象の直接的原因に結びつくことを示している。

第4章においては、北海道中央部の夕張地域に分布する幌内層泥岩の風化変質と劣化との関連性を明らかにしている。幌内層は古第三紀始新世の海成泥岩からなり、その風化状態から強風化帯、中風化帯、弱風化帯、未風化帯の4つに区分される。それら風化帯では、泥岩の風化変質の進行に伴い、泥岩中の緑泥石の平均粒径が減少し、混合層鉱物化が進む傾向があるなど、緑泥石の性質変化が認められる。さらに泥岩中の黄鉄鉱および方解石の含有量は、風化が進行するに従って減少する傾向が認められる。特に強風化帯ではこれらの鉱物が溶解除去されるとともに、鉄の酸化・水酸化物の沈着による褐色化が顕著である。これら鉱物変化は黄鉄鉱の酸化による硫酸生成が原因であることが示される。風化泥岩のスレーキング実験により、5 サイクル程度の耐久度指数でその劣化特性を評価することが可能であること、また、緑泥石の鉱物学的性質および泥岩の化学組成は、幌内層泥岩の風化指標になりうることを解明している。

第5章においては、地すべりの多発地帯である上記の幌内層泥岩分布域について、地すべり地集水井の壁面の詳細な検討結果から、泥岩地すべりの地質特性、特にすべり面近傍の風化変質と鉱物学的特性を明らかにしている。集水井壁面の泥岩に見られる二次的岩盤構造は風化変質の程度と関連性があり、強風化の表層に近づくにつれて岩盤中の黄鉄鉱・方解石・緑泥石の溶解消失し、同時にスメクタイトが生成していることが示される。すべり面の黒色粘土からイライト/スメクタイト混合層鉱物が特徴的に見出され、また、帯状粘土の微細組織が特徴的に認められる。このようなすべり面近傍の粘土鉱物組成や二次的構造は、地すべり挙動に伴うすべり面形成プロセスと密接に関連することを示している。

第6章は本論文の結論で、本研究で得られた新知見を総括し今後の課題を明らかにしている。

これを要するに、著者は、北海道のランドスライド地域に分布する火砕岩および泥岩の風化変質と岩石の工学特性について新知見を得たものであり、応用地質学の発展に寄与するところ大である。よって、著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。