

氏名	小俣 新重郎
----	--------

(論文内容の要旨)

本論文は、道路、鉄道、ダムなどの社会資本や住居、建物に被害を与える事象として、予測が困難といわれる岩盤斜面における地すべりを取り上げ、その発生に先立つ岩盤斜面の変形とこれに引き続く地すべりの発生に関する機構について、事例をもとに検討したものである。また、岩盤斜面では地すべりの発生時期の予測が困難であることから、その前兆現象としての変形が見られる岩盤斜面での減災を図る対応として、リスクマネジメント手法の利用を提案した。

第1章では、序論として最近の岩盤斜面での地すべりや崩壊による災害を鑑み、本論文の目的として、岩盤斜面での時系列的な地すべり現象の発生機構を明らかにするとともに、岩盤斜面の地すべり災害の予防、軽減を図る効果的な対応としてリスクマネジメント手法を提案し、そのための手順を設定した。

第2章では、地すべりの発生論に関する既往研究を検討するとともに、岩盤斜面における発生履歴の不明瞭な地すべりの実態を理解した。岩盤斜面の地すべりの発生に先立ち、斜面内部での長期間にわたる重力変形に伴うゆるみや風化の進行が重要な役割を果たすことが予想された。しかし、現状では、地すべりの初期段階における地中内部の挙動について、地表部の現象や露頭での指標以外の十分なデータが得られることは少なく、斜面内部の破壊の形態や、何を原因に、いつ地すべりが発生するのかといった発生機構については不明なことが多い。本研究では、方法論として、岩盤斜面の掘削による地すべり発生初期段階の事例について精査することで、岩盤斜面の変形に伴う斜面内部の状態や地すべりの発生機構を解明する実証的研究を行った。また、本研究で対象とする岩盤斜面の地すべりの形態、性状などについて定義をし直した。

第3章では、岩盤斜面の地すべり発生地域性を検討するため、日本において地すべりが発生しやすいといわれている岩質・地質構造の実態を確認した。地すべり発生素因として斜面内部の岩盤強度や不連続面の存在などの岩質・地質構造などの規制要因が重要であることを整理した。

第4章では、斜面が本来有する斜面内部の岩盤強度や不連続面の存在などの岩質・地質構造の要因に加えて、長期にわたる山体の隆起や河川等の侵食による斜面の応力状態の変化が、地すべり発生以前の要因として重要であることを示した。

岩盤斜面では、最終氷期に形成された段丘面以高の斜面内部で長期間にゆるみや風化が進行し、地すべり移動体はこのゆるみや風化帯の深度に規制されていることを事例の精査から示した。その地質的な指標は、透水性が基盤岩の難透水に比較しゆるみ範囲で極端に大きいこと、自然地下水位がゆるみ範囲以下であること、弾性波速度がゆるみ範囲では2km/sec程度以下であることの3点に集約されることを明らかにした。地形的な指標としては長期間のゆるみの進行の結果としての、二重山稜や多重山稜などの線状凹地、山腹緩斜面、段差地形などの微地形が重要であることを整理して示した。

岩盤斜面の地すべりや崩壊を検討する際には、段丘面形成以降の侵食や堆積の斜面形成史を

考慮して、斜面の構成岩質、弱層や不連続面などの地質構造に応じた変形・風化の進行などによるゆるみ域の分布を推定することが有効であることを示した。

第5章では、斜面内部の長期にわたるゆるみが地質不連続面でのすべりに伴って生じること、すなわち流れ盤斜面ではせん断破壊により、受け盤斜面では曲げ引張り破壊により生じていることを事例で精査し、地すべり現象が活発化する前には、斜面内部で変位の伝播とこれに伴う進行性破壊が生じていることを検証した。さらに斜面計測事例によって、地すべり発生の直接的な原因が河川侵食、降雨、地震、斜面末端部の掘削・湛水などであり、地すべり発生までの塑性変形量は地質構成による脆性や延性の違いに依存していることを整理して示した。

地すべり発生に先立つ岩盤斜面の変形は、流れ盤斜面では不連続面沿いのすべりにより、受け盤斜面ではキンクバンドやトップリングにより、継続的かつ軽微に進行し、斜面内部ではゆるみ域が形成されていく。例えば、流れ盤の粘板岩破碎部がすべり面となった大達原地区では0.03mm/日の軽微な速度の変位が約30年間継続したが、大きな破壊現象は生じていない。地すべり現象が活発化する前の斜面全体の塑性変形量は、硬質岩の花崗閃緑岩からなる受け盤のB斜面では斜面長さ400mに対し25cm（ひずみ=0.06%）、軟質岩の粘板岩破碎部がのり尻に受け盤で分布するA斜面では斜面長さ250mに対し40cm（ひずみ=0.16%）であり、同様の受け盤斜面であっても、延性の大きい岩質で構成される斜面の塑性変形量が大きい傾向にあることを示した。

第6章では、不確定な要因が多い岩盤斜面の地すべりや崩壊の発生に対して、ゆるみや破壊過程から災害発生に至るまでのシナリオを想定し、想定された被害を大きさと起こりやすさのリスクマトリクスで評価するリスクマネジメント手法に基づき、減災の対応策を検討する方法論を提案した。実例として越前海岸の岩盤崩壊をとりあげ、この手法の妥当性と実効性を検証した。

岩盤崩壊事象に対しては、決定論的な被害シナリオが想定できる場合は限られることから、今後、リスクマネジメント手法を用いて可能性のあるあらゆる被災シナリオを想定し、これらの発生しやすさと生じる結果の影響の程度を掛け合わせたリスクマトリクスによる定性的なリスク評価を導入することが期待されることを示した。

第7章は本論分の結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後取り組むべき課題について考察している。

研究成果に基づき、今後、岩盤斜面の変形に起因した地すべりの予測を行う上での課題としては、長期間にわたる変位データの蓄積と破壊の前兆現象の把握、斜面の岩種や岩盤構成に応じた地すべり発生にいたる限界ひずみの把握、長期的な劣化を見込んだ斜面モデルの検討、客観性のある被害シナリオの構築などの検討が必要であることを示した。

氏名	小俣 新重郎
----	--------

(論文審査の結果の要旨)

わが国では、越前海岸、豊浜トンネル、北見北陽など全国各地の岩盤斜面での地すべり・崩壊の発生により、人身被害や道路などの社会資本の被害が発生しており、その防災に対する社会的な要請が高まっている。しかし、従来、岩盤斜面の地すべり現象の理解として、地すべり発生後の地形変化、移動体やすべり面の性状に関する形態論的研究は多いが、地すべり発生前の素因や発生時の機構に関するものは少なく、特に岩盤斜面の地すべり災害の予防に関するものは少ないのが現状である。

本研究では、岩盤斜面の掘削による地すべり発生初期段階の事例について精査することで、時系列的な地すべり発生機構を明らかにして、岩盤斜面の地すべり災害の軽減を図る案を提示している。まず、岩盤斜面の地すべり発生の地域性を検討し、斜面が本来有する岩質・地質構造に加えて、長期にわたる山体の隆起や河川等の侵食などの地形変化に伴う位置エネルギーの増加および斜面下方の侵食による斜面の応力状態の変化が、地すべり発生以前の要因として重要であることを示している。次いで、岩盤の不連続面と地形との関係から地すべりに先立つ流れ盤、受け盤斜面での破壊の違い、また、地質構成に伴う変形性の違いから、地すべりに先立つゆるみの進行を整理している。さらに本研究では、地すべり発生までの変位が小さいため予測が難しい岩盤斜面の地すべり災害の軽減には、リスクマネジメントによる対応が有効であることを提案している。研究の主な内容は、以下のとおりである。

(1) 地すべりの発生に先立つゆるみの指標の確立

岩盤斜面では、最終氷期に形成された段丘面以上の斜面内部では、地すべり移動体となる風化帯の深度まで長期間にゆるみが進行していることを多くの事例の精査から示した。その指標は、透水性が基盤岩の難透水に比較しゆるみ範囲で極端に大きいこと、自然地下水位がゆるみ範囲以下であること、弾性波速度がゆるみ範囲では 2km/s 以下であることの3点に集約されることを明らかにした。

(2) 岩盤斜面でのゆるみから地すべり発生に至る破壊過程の検証

斜面内部の風化帯では長期にわたるゆるみが、岩盤不連続面でのすべりに伴い、流れ盤斜面ではせん断破壊により、受け盤斜面では曲げ破壊により生じていることを事例で精査し、地すべり現象が活発化する前には、斜面内部での変位の伝播とこれに伴う進行性破壊が生じていることを検証した。さらに斜面計測によって、地すべり発生の直接的な原因が河川侵食、降雨、地震、斜面末端部の掘削・湛水などであり、地すべり発生までの塑性変形量は地質構成に依存していることを整理して示した。

(3) 岩盤斜面の地すべりに対するリスクマネジメントによる減災手法の提案および検証

不確定な条件が多い岩盤斜面の地すべりや崩壊の発生に対して、ゆるみや破壊過程から災害発生に至るまでのシナリオを想定し、被害の重大性をリスクマトリクスで評価することによって、リスクマネジメント手法で減災の対応策を練って実行に移る方法論を提案した。そして、実例として越前海岸の岩盤崩壊をとりあげ、この手法の妥当性と実効性を検証した。

以上のように本論文は、岩盤斜面の地すべり発生に関する調査、解析手法の確立および地すべりによる災害を軽減するための評価手法の提案を行ったもので、岩盤斜面の地すべり防災について包括的に取り扱うものであり、防災工学・岩盤工学の分野において、学術上、実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20年12月24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。