

学位論文題名

新第三系ハイアロクラスタイトからなる海食崖における
岩盤崩壊の地質地形要因、機構と崩壊過程

学位論文内容の要旨

近年、北海道豊浜トンネル坑口など、海食崖における岩盤崩壊による災害が発生しており、その予知予測が社会的にも問題となっている。この問題を解明する上で、地球科学的な知識の蓄積と活用が望まれている。本研究はこのような社会的要請の下に地質学、地形学、岩盤力学の知識を総合して、岩盤崩壊に対する理解を深めようとするものである。

本論文は以下の6つの章からなる。

第1章では、研究対象とする現象・地域・研究方法についてのべ、また海食崖を含む急崖における岩盤崩壊の研究例をレビューして、研究課題を明らかにした。急崖の安定性に関する研究は地形学においても行われており、また岩盤斜面の安定性についての解析検討と設計施工は地質工学分野で多数実施されているが、これらは十分結びついていないのが現状であることを指摘した。

第2章では、研究対象とする北海道積丹半島東部、余市町から古平町にかけて海岸部の地形・地質および岩盤について概観した。災害のあった豊浜トンネルを含む研究地域は、高さ40mから220mに達する海食崖の発達が顕著であること、ほとんど中新統の再堆積性ハイアロクラスタイトからなっていることが確認された。数系統の造構性節理・小断層系の発達が見られるが、それらの頻度は10mから100mに1本という非常に小さなものであることも明らかとなった。岩盤は、工学的には「軟岩」と称される強度の小さい岩石から構成されている。強度の小さい火砕質基質の中に、強度の大きい安山岩塊が含まれていることがこの岩石の特徴である。研究地域全般において同様な岩相を示すことと原位置での簡易試験の結果とから、豊浜トンネル周辺で得られた岩盤の強度や物性に関する値や特性が、研究地域全体に適用可能であることが示された。

第3章は研究地域において確認された10の岩盤崩壊の痕跡についての記載である。それぞれの岩盤崩壊の位置・発生時期・規模・崩壊地とその周辺の地形地質の詳細・破壊面の観察結果・移動体(堆積物)の大きさ、広がりや配置について現地調査結果を主に記述した。岩盤崩壊の規模は400m³のポロチパトゥオイ崩壊から30,000m³のワッカケ岬崩壊まで、発生箇所の海食崖の高さも40mの湯内港崩壊から160mのセタカムイトンネル崩壊までと、変化に富むことが明らかになった。また、岩盤崩壊の要因や機構は、発生箇所の局地的な地形や地質に支配されていることが示された。

第4章では、前章の記述をもとに破壊面の破面模様の解析、崩壊ブロックの回転運動を推定する手法の適用や、岩相の対比などを組み合わせることによって、移動体の運動を復元することを試みた。破面模様の解析からは、破壊面での亀裂進展方向に関する情報が得られる。また崩壊ブロックの回転解析からは個々の崩壊ブロックの回転運動が復元されるため、全体の運動を推定するための有力な手法となりうることが示された。この方法は構造地質学的な解析手法の一つを拡張して用いたものであり、本研究の過程で考案されたも

のであるため、目撃例があり、岩盤崩壊の運動が明らかな福井県越前海岸崩壊のデータを用いてその適用性の検証もおこなった。これらの手法による解析の結果、ポロチパトゥオイ崩壊は落石、先駆的な岩すべり、本体の転倒、残存部分の落下という移動体の運動が推定された。またワッカケ岬崩壊では先駆的な落下の後、全体がすべり落ちたものと推定される。発生から 10 年以上を経過した古い岩盤崩壊では、崩壊ブロックや破壊面の風化が進行し、運動の解析が困難になってくる。

第 5 章では、さまざまな規模や破壊様式をもつ岩盤崩壊の機構についての検討をおこなった。研究地域の再堆積性ハイアロクラスタイトの岩盤特性によって高い海食崖が成立し、同時に、非造構性の短い亀裂を含むことによってそこから岩盤崩壊が発生する可能性を指摘した。セタカムイ崩壊はこのような機構で発生したらしい。湯内港崩壊・ポロチパトゥオイ崩壊を例に、ノッチの影響で発生する崩壊について検討し、さらにワッカケ岬崩壊のように、崖の背面に風化して強度の低下した造構性節理面が存在する場合の検討もおこなった。いずれの場合も単純な垂直の崖よりは岩盤崩壊が発生しやすい。これらの検討のために限界平衡法のほか、有限要素法および線形破壊力学に基づく変位くい違い法による数値計算をおこなった。また破壊面に平行する造構性節理面の間隔が大きいほど、発生する岩盤崩壊の体積が大きくなることを示した。

第 6 章では本研究の成果について議論をおこなった。地質学的な手法による移動体の運動の復元は、解析例が少なく、本研究で初めて目撃や崩壊前の詳細な地形データのない岩盤崩壊に対して適用された。これまでの解析例と合わせて判断すると移動体の運動は初期的にもかなり複雑な場合が多いことがわかってきた。岩盤崩壊発生の場合については、岩石の強度・物性と崖の高さによって崩壊が発生しうること、地形・地質の要因が単独あるいは複合して崩壊の発生に寄与していることが示された。あきらかになった岩盤崩壊の破壊面状況、推定される破壊機構、移動体の運動についてまとめ、海食崖において発生する岩盤崩壊の過程を論じた。また岩盤崩壊に関連する用語法の混乱を指摘し、適切な用語法を提案した。

第 7 章において、以上述べたような本研究での結論をまとめ、さらに今後の課題について述べた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 岡 田 尚 武

副 査 教 授 渡 邊 暉 夫

副 査 教 授 山 岸 宏 光

(新潟大学理学部自然環境科学科)

副 査 助 教 授 藤 井 義 明

(北海道大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻)

副 査 講 師 川 村 信 人

学位論文題名

新第三系ハイアロクラスタイトからなる海食崖における 岩盤崩壊の地質地形要因，機構と崩壊過程

近年，北海道豊浜トンネル坑口などで，海食崖における岩盤崩壊による災害が発生しており，その予知予測が社会的にも問題となっている．このタイプの斜面運動の研究は，地すべりなど他のタイプと比べてこれまであまり行われておらず，問題を解明する上で，地球科学的な知識の蓄積と活用が望まれている．本論文はこのような社会的要請の下に，地質学，地形学，岩盤力学の知識を総合して，岩盤崩壊に対する理解を深めようとするものである．

著者はまず，研究対象とする北海道積丹半島東部の地形・地質および岩盤についての概要を述べ，研究地域は海食崖の発達が顕著であること，ほとんど中新統の再堆積性ハイアロクラスタイトからなっていることを確認した．そして研究地域において確認された10の岩盤崩壊の痕跡についての詳細な記載をおこなった．

このような記載を基に，著者は2つの検討をおこなっている．一つは破壊面の破面模様の解析と，崩壊ブロックの回転運動を推定し移動体の運動を復元する試みである．後者は本研究であらたに提示された手法であるため，既知のデータを用いた適用性の検証もおこなわれた．もう一つは，さまざまな規模や破壊様式をもつ岩盤崩壊がどのような場に発生しているのかについての記載学および数値解析的な検討である．それによって，非造構性の短い亀裂から岩盤崩壊が発生する可能性や，造構性節理面の存在とその頻度や方向，ノッチ・オーバーハングの存在とその湾入量が単独あるいは複合して影響を与えている可能性などが具体的に示された．

以上のような検討結果から，ほぼ同一の地形・地質・岩盤から構成される海食崖において発生する岩盤崩壊の規模や運動のバラエティは，局所的なこれらの条件の変化に起因する可能性が示された．また岩盤崩壊による海食崖の後退過程の概念が提示された．

著者はこれまで十分明らかとなっていなかった岩盤崩壊の要因・機構・過程について新知見を得たものであり，応用地質学・地形学・地質工学などとの学際的な研究であると言える．この学際的研究論文は，社会的課題となっている岩盤崩壊の予知予測手法の

実用化に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。