

## 海食崖における岩盤崩壊の地形地質要因：北海道積丹半島の場合

### Geomorphic and geologic factors of rock failures at sea cliff of the Shakotan Peninsula, Hokkaido

# 永田 秀尚[1]

# Hidehisa Nagata[1]

[1] (有)風水土

[1] Fu-Sui-Do Co. Ltd.

北海道積丹半島で、崩壊跡周辺の地形地質調査と、岩石岩盤の物性データとから、海食崖における岩盤崩壊の素因について検討した。調査範囲の岩盤は中新統の再堆積性ハイアロクラスタイトからなっており、全域で同質であると見なせる。岩石強度は小さく、「軟岩」に属する。造構性節理の面間隔は10~100 m以上と大きい。

観察事実と数値計算を含む岩盤力学的な検討の結果は次の2点である。1) 均質であると見なされる岩盤において、初期的な短い亀裂が成長して崩壊が発生しうる。2) オーバーハングのような地形条件や、風化した造構性節理面のような地質的な条件が、崩壊の規模や崩壊機構に影響を与える。

1990年越前海岸崩壊や1996年豊浜トンネル坑口崩壊のような岩盤崩壊は、斜面運動のなかでも、落石・狭義の地すべり・岩屑なだれ・土石流などと比較すると研究が十分進展していない。岩盤崩壊による災害を回避するためには崩壊発生場の地形地質要因を明らかにする必要がある。

北海道積丹半島の豊浜トンネル周辺では、高さ40から220 mに達する海食崖が発達し、災害となった坑口付近のほか、多くの箇所に岩盤崩壊発生の痕跡が認められる。その規模は100 m<sup>3</sup> オーダーから10,000 m<sup>3</sup> オーダーに達する。このような崩壊跡周辺の地形地質調査と、崩落事故調査の際に得られた岩石岩盤の物性データ（豊浜トンネル崩落事故調査委員会、1996；藤井、1996）とから、岩盤崩壊の発生条件について検討した。調査範囲の地質は中新統の再堆積性ハイアロクラスタイトからなっており、わずかな挟在層を除けばほぼ全域で同質であると見なすことができる。造構性の節理 - 小断層はいくつかの系統が区別されるが、いずれも10 mから100 m以上と広い面間隔を有している。ハイアロクラスタイトは一軸圧縮強度3から6 MPa、破壊靱性値0.03から0.16 MPa mと、小さな値を示す。このような脆弱な基質中に、その10から15倍の強度を有する安山岩岩塊が含まれている。岩盤の剪断強度は粘着力0.4 MPa、内部摩擦角40°程度と評価されている。

調査地域で認められた岩盤崩壊の破壊面・堆積物・周辺の地形地質から判断して、風化した造構性節理面の存在の有無とノッチ・オーバーハングの存在の有無という、それぞれ地質・地形的な要因が組み合わさって、岩盤崩壊を引き起こしていることが明らかとなった。これらは次のように類型化される。

1. 非造構性・非オーバーハング型：破壊面は造構性節理ではなく、オーバーハングも影響しないタイプの崩壊である。非造構性の亀裂・節理が崖に生ずる応力の下で伸展して崩壊に至ったことが示唆される。なお、崖における応力が岩盤の剪断強度を上回ったために起きたとみなされる崩壊は認められていない。規模的には1,000 m<sup>3</sup>までのオーダーにとどまる。

2. 非造構性・オーバーハング型：破壊面は造構性節理面ではないが、破壊面下部に存在するオーバーハングが要因となった崩壊である。破面模様の解釈により、ノッチ上端からその上部に破壊が進展したと見られる崩壊と、ノッチの深度が大きく、横断面が片持ち梁状となったために、亀裂が崖上部から下部に向かって進展して崩壊に至ったと推定される崩壊の両者がある。後者には10,000 m<sup>3</sup> オーダーの規模を持つものがある。

3. 造構性・非オーバーハング型：破壊面の主要部分が造構性節理面と一致するが、破壊面下部にオーバーハングは形成されていないもの。調査地域では、破壊面が複数の系統の造構性節理面の組み合わせからなっている。また規模的には1,000 m<sup>3</sup>のオーダーにとどまっている。

4. 造構性・オーバーハング型：破壊面の主要部分が造構性節理面と一致し、かつ破壊面下部または崩壊前の地形がオーバーハングをなしていたもの。地質に由来する弱面と地形の双方が力学的に影響を与えている。その影響は他のタイプより広い領域に及ぶものと考えられ、調査地域ではもっとも規模の大きいワッカケ岬崩壊（30,000 m<sup>3</sup>）や豊浜トンネル坑口崩壊（11,000 m<sup>3</sup>）はこのタイプの崩壊である。

破壊力学的な検討から、岩盤の持つ破壊靱性値と崖の高さによって生ずる応力の下ではタイプ1.のような岩盤崩壊が起きうる可能性が示された（永田・藤井、2000）。また、境界要素法の一つである変位くい違い法による亀裂伸展解析によれば、初期的な小亀裂が垂直な崖表面に存在する場合より、ノッチのルーフ部分に存在する場合の方が亀裂が長く伸展すること、および、崖の下部にオーバーハングが存在する場合の方が、垂直な崖のみの場合より、崖背面の造構性節理から亀裂がさらに伸展しやすいとの結果が得られた。

以上のような観察事実と岩盤力学的な検討の結果、以下の2点が明らかになった。ひとつは、均質であると見

なされる岩盤において、初期的な短い亀裂が成長して崩壊が発生しうることである。もう一つは、その場合にオーバーハングのような地形条件や、風化した造構性節理面のような地質的な条件が、崩壊の規模や崩壊機構に影響を与えることである。このようなことから、岩盤崩壊に対する防災を目的とした調査においては、岩盤の力学的特徴の把握とともに、節理面の発達状況を含めた地質、および埋没部分を含む詳細な地形を把握して総合的に検討する必要がある。