

22. 花崗岩類分布地域における急崖斜面の災害要因に関する検討

Factor Analysis of the steep slope Disasters in Granitic Areas

○新妻重明, 安藤 勲, 長瀬真央 (開発工営社)

Shigeaki Niitsuma, Susumu Ando, Mao Nagase

1. はじめに

花崗岩類分布地域では, 規則的に発達する節理, 断層破砕帯などの不連続面, 変質脈や風化部などの脆弱部等によって, 岩盤に緩みが生じていることが多く, 落石・岩石崩壊などの災害が発生することがある。このような地域では, 地形, 地質, 地盤構造から推定される「素因」, 気象等の「誘因」から統合的に判断して災害要因を抽出し, 対策工を検討する必要がある。

ここでは, 北海道の日本海沿岸部における, 花崗岩類の分布する急崖斜面について調査を行ない, 落石の発生形態, 発生源, 発生規模等を詳細に区分した事例を報告する。そして, 落石シミュレーションを実施することにより, 道路, トンネル坑門工及び付帯施設等の複数保全対象へのリスクを評価して, 対策工の検討を行なった結果を示す。

2. 調査地域の地質状況

本調査では, 落石の発生源の特定や災害形態の把握が重要であることから, 道路から尾根部までの地表地質踏査を実施した。また, 露岩斜面については崩壊形態の特定や斜面状況を把握するため、『クライミング調査技術』を用いて調査を実施した。

現地踏査の結果, 調査地域の地質は花崗閃緑岩が広く分布し, ドレライトの貫入岩や断層破砕帯及びこれらの熱水変質部が認められる。また, 斜面内には高標高部において風化帯(マサ土)が認められるほか, 沢地形部に巨礫帯(ゴロ帯)が分布する。

花崗閃緑岩は調査範囲の大部分を占める地質で, 節理の発達が顕著である。節理系は南北走向, 東西走向のほぼ直交する急傾斜(80~90°程度)と南北系でほぼ水平~30°程度西傾斜(斜面に対して流れ盤)を示す。

ドレライト岩脈は幅 1.5m 以下で暗紫色を呈し, 花崗閃緑岩の節理を充填するように枝分かかれや合流を繰り返して貫入している。また, 貫入時

に取り込んだ花崗閃緑岩の捕獲岩や捕獲結晶を含む。

トンネル坑門工の上部斜面に認められる断層破砕帯の構造はおおむね N28~23E の走向と, 60°~90°程度の西傾斜を示す。空中写真判読で認められるリニアメントは, 節理及び断層破砕帯の構造とおおよそ一致する。

3. 災害要因の検討

落石発生源の分布や岩質, 地質構造, 亀裂等の特徴から, 対策工を検討するために必要な災害の要因を抽出した(図-1)。落石発生源と地形的な特徴より, トンネル明かり区間を, 区分けして想定される災害形態を検討した(表-1)。

3.1. 素因について

(1) 規則的な節理群

当地の災害の素因の中で大部分を占める。花崗閃緑岩の節理系は主に 3 系統認められ, 低角のものは斜面に対して流れ盤を示す。節理間隔は 0.2~0.5m で, サイコロ状~平板状の岩塊が形成されている。多くの節理面は開口状態にあり, 岩塊は完全に地山から分離しており, かみ合わせで露岩状態を保っている。この崩壊形態は「転倒崩壊」「平面型岩盤崩壊」に分類される。

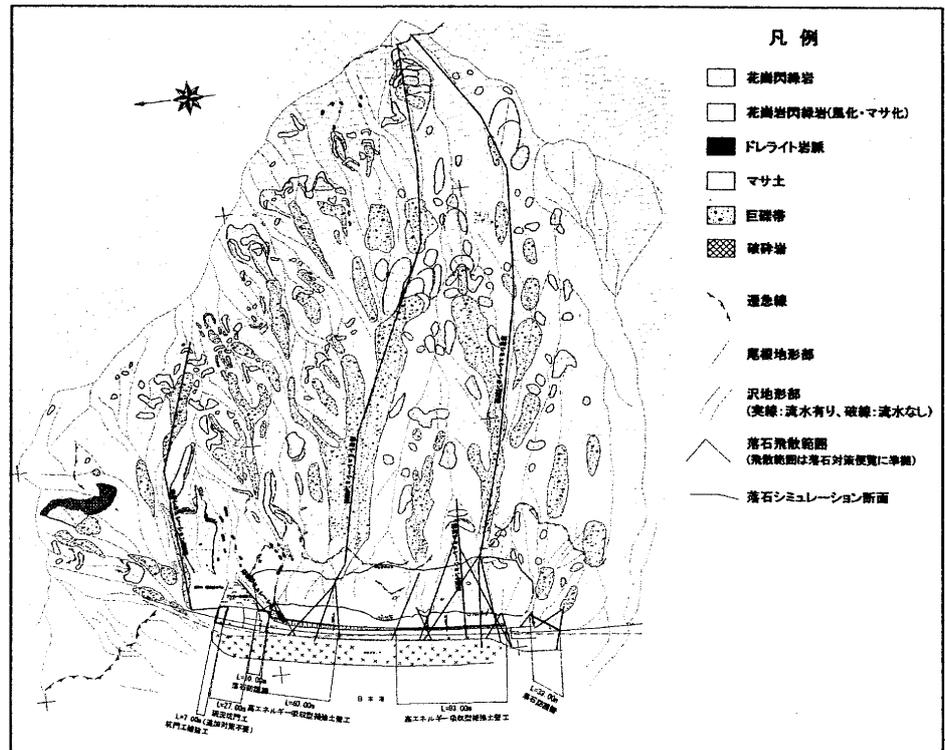


図-1 災害要因抽出図

(2) 断層破碎帯

調査地付近には数条の断層帯分布し、角礫状～粘土化破碎帯が認められる。発生する落石は20cm以下で、細片化し易い状況にある。岩片には鏡肌が顕著に発達し、亀裂間には粘土分を挟在することが多い。破碎帯はおおむね線状に連続し、その周辺部では破碎まで至らない「影響部」が認められる。花崗閃緑岩の節理群のうち、破碎帯近傍のものは破碎帯の影響を受けて生じたものもあると考えられる。この崩壊形態は「土砂崩壊」に近いが、一部で「くさび型岩盤崩壊」分類される。

(3) 変質脈・風化帯

変質帯はトンネル坑門工の上部斜面に顕著に認められ、おおむね断層破碎帯に付随して分布する。変質帯は、粘土化変質と珪化変質の2タイプが認められる。粘土化変質箇所では岩質の軟質化が顕著で侵食地形を形成する。落石の発生規模は20cm程度と判断される。一方、珪化変質箇所では硬質化し、斜面から突出する地形を形成する。

風化帯は稜線付近の高標高部に多く認められる。風化帯ではマサ化が顕著であり、指圧で砂状に崩れる。また、風化核として硬質部が残存し、これらの抜け落ちも認められる。この崩壊形態は「土砂崩壊」に分類される。

3.2. 誘因について

落石の誘因は様々なケースが考えられる。露岩部においては、豪雨による斜面脚部や風化部の侵食、地震動による転倒などが考えられ、急斜面上に留まる浮石については、このほかに積雪がクリープすることにより転倒することが考えられる。また、樹木が転倒する際に、樹根が抱えていた岩塊や周囲の浮石が落石となるケースも想定される。さらに、大型哺乳類が行動することで発生する落石も多数あると考えられる。

4. 落石シミュレーション

落石到達の有無や対策工の検討のため、落石シミュレーションを実施した。落石シミュレーション結果を

図-2に示す。落石径は、発生源や落下経路に最も一般的に認められる落石径を設定した。なお、高標高部からの落石については、節理や変質脈などの不連続面が多く発達し、本線付近に達する前に小割となると考えられるため、落石径を0.5mに設定した。

落石の跳躍高及び運動エネルギー、経済性を勘案して対策工を検討した結果、トンネル坑門工では補強工が選定され、明かり区間では高エネルギー吸収型補強土壁工が選定された。

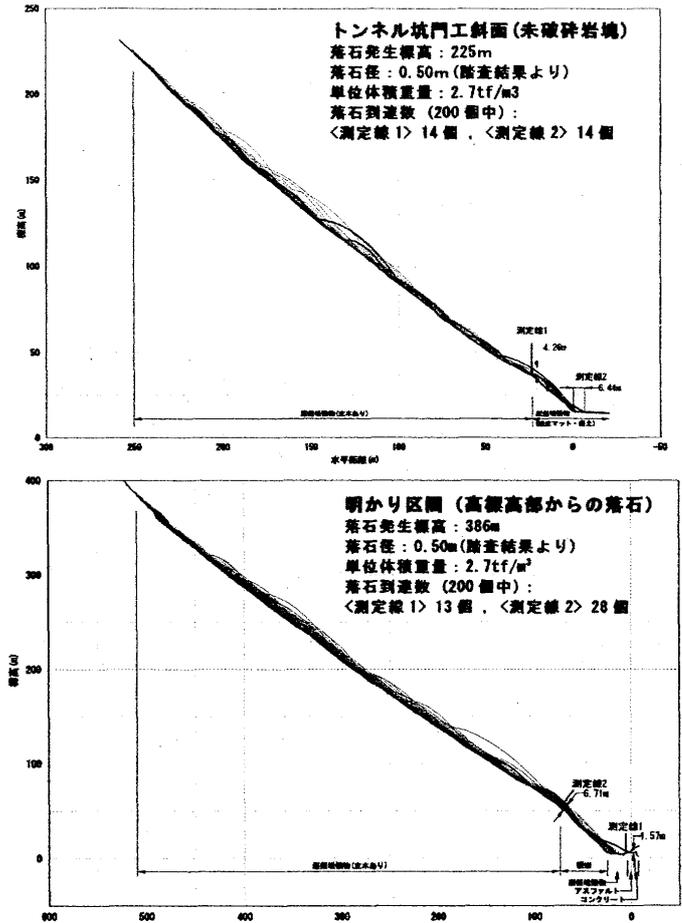


図-2 落石シミュレーション結果

表-1 災害要因一覧表

保全対象		トンネル坑門工		明かり区間		
想定される被災 (災害形態)	露岩からの岩塊が坑門工に直撃する ○発生源 ・高標高部のサイコロ状に浮石化した露岩 ○発生規模 ・0.5×0.5×0.5m程度の落石		露岩からの岩塊が坑門工を直撃する ○発生源 ・標高90～100m付近に分布する断層の露岩 ○発生規模 ・0.2×0.2×0.2m程度の落石 岩塊の多くは軟質化しており、落下時には細片化するものと考えられる		露岩および斜面上の岩塊が本線に達する ○発生源 ・高標高部のサイコロ状に浮石化した露岩 ・運急線付近の巨礫 ○発生規模 ・0.5×0.5×0.5m程度の落石 (高標高部) ・1.4×1.4×1.4m程度の落石 (運急線)	
	岩塊の崩落 (花崗閃緑岩) ・規則的に発達した節理に沿ってサイコロ状の岩塊が抜け落ちる ・節理は3系統認められ、低角のものは流れ盤構造を示す		岩塊の崩落 (花崗閃緑岩破碎帯) ・規則的に発達した節理と断層に沿ってサイコロ状～片状の岩塊が抜け落ちる ・破碎された岩盤であり、微細な亀裂が密に発達するため、5～20cm程度の落石を主体とする		岩塊の崩落 (花崗閃緑岩) ・規則的に発達した節理に沿ってサイコロ状の岩塊が抜け落ちる ・節理は3系統または2系統認められ、低角のものは流れ盤構造を示す ・運急線付近の巨礫の一部が転倒する	
災害発生要因	地質的要因	岩種	花崗閃緑岩	花崗閃緑岩	花崗閃緑岩	
		風化	弱風化	風化～強風化	弱風化	
	変質	未変質主体	中～強変質	未変質主体 (一部硬化変質)		
地下水的要因	破碎	未破碎	破碎質	未破碎		
	亀裂	3系統の節理発達、流れ盤あり	3系統の節理発達、流れ盤あり	2～3系統の節理発達、流れ盤あり		
誘因	節理や露岩に湧水や湧水跡は認められない					
対策工法	節理や露岩に湧水や湧水跡は認められない					
		風化の進行・風化部の流失・凍結融解・積雪のクリープ・豪雨・地震・動物の行動 等			高エネルギー吸収型補強土壁工	