技術紹介　道路・鉄道

能登半島地震および豪雨に伴う道路斜面崩壊の機構解析事例

空間情報データを用いた地形解析と調査ボーリングによる斜面崩壊の機構解析

キーワード　崩壊発生機構, 空間情報データ, 地形解析, 調査ボーリング, 能登半島地震

（株）村尾技建　技術部　草野（くさの）　亙（わたる）・江村（えむら）　剛（つよし）・松永（まつなが）　京子（きょうこ）

はじめに

令和６年１月の能登半島地震および同年９月に発生した豪雨により、多数の道路法面（のりめん）で崩壊が発生しました。これらは地域の安全性や交通に大きな影響を与えており、迅速な復旧対策のためには崩壊発生機構の解明が不可欠であることから、地震や豪雨がもたらした崩壊の発生要因やその特徴について地質調査結果から分析を試みました。

本報告では、能登半島地震および豪雨により発生した道路法面崩壊について、地質調査と機構解析の結果から、その発生機構を整理・考察した事例を紹介します。

稲屋町地区における調査事例

（1）概要

令和６年能登半島地震により国道 249 号に面した急崖斜面にて崩壊が発生し、崩壊土砂が国道へ流出しました。図１に被災箇所の平面図を示します。崩壊規模は最大で幅 33m、長さ 22m でした。その後９月の豪雨時に、隣接部において幅 5m、長さ 13m の崩壊が２箇所で新たに発生しました。

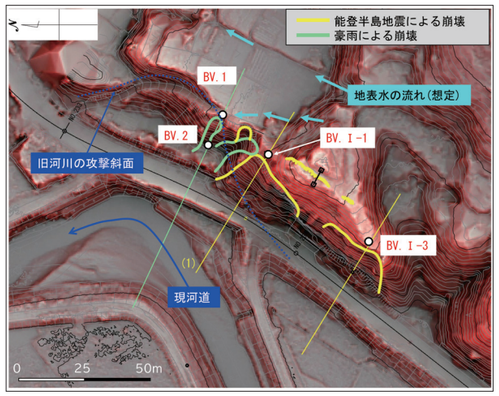

図1　稲屋町地区平面図

（2）地質調査結果

調査地周辺には、新第三紀中新世※1 の堆積岩が分布します。地層はシルト岩、砂岩、礫岩の互層からなります。図２に調査ボーリング結果より作成した地質断面図を示します。シルト岩は風化の進行が顕著であり、N 値０～15 を示すゆるみ領域（強風化層）が存在していました。礫岩は、シルト岩と比較すると風化したゆるみ領域は薄い特徴がみられました。

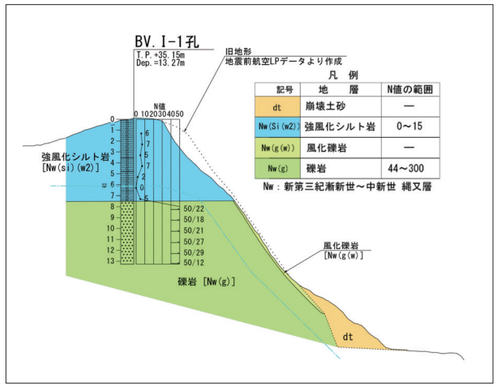

図2　稲屋町地区代表地質断面図_（1）測線

（3）地震時の崩壊発生機構

①　素因（崩壊が発生し易くなる基礎的な地質・地形条件）

新第三紀のシルト岩は風化侵食に弱く、崩壊の原因となるゆるみ領域が発達しやすい特徴があります。また、崩壊付近は旧河川の攻撃斜面※2 に加えて急勾配のため、斜面の不安定化が進行していたと考えられます。

②　誘因（崩壊を引き起こした直接的な原因）

図３に示すとおり、不安定化した急斜面の強風化シルト岩の一部が、地震の振動により崩壊したものと考えられます。

（4）豪雨時の崩壊発生機構

図３に示すとおり、地震により小崩壊が発生していた強風化シルト岩の一部が、多量の降雨および地表水の流入によりさらに不安定化して崩壊に至ったものと考えられます。

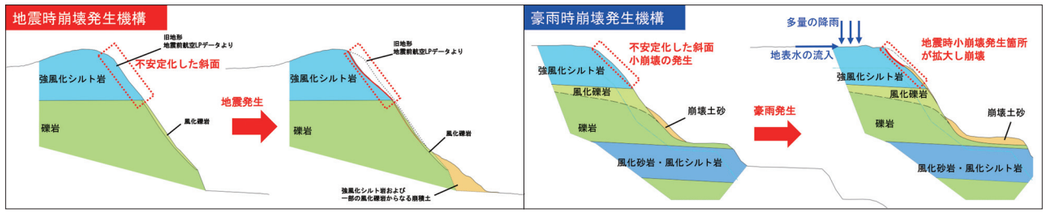

図3　崩壊発生機構モデル

大野町地区における調査事例

（1）概要

2024 年９月 20 日～ 23 日にかけての豪雨により、海岸に面した国道 249 号の山側切土斜面にて幅 7m 程度の複数の崩壊が発生し、崩壊土砂が国道に流出しました。

（2）地形解析

図４に地形解析結果を示します。航空レーザ計測データを用いて赤色立体地図を作成し、崩壊要因となる地形的特徴の判読と解析を実施しました。

解析の結果、崩壊が発生した箇所より北側と南側で切土斜面勾配が異なる箇所があることが確認されました。これは２度の道路拡幅時に旧切土斜面が南側の上部斜面に残ったためと考えられます。

北側斜面は斜面全体に１：1.2（約 40 度）の切土勾配かつ 2m の小段が設けられています。南側斜面は４段目以降の小段が不明瞭であり、切土勾配は１：1.2 よりも急勾配となっていることを確認できました。

（3）地質調査結果

新第三紀中新世※1 の塊状礫岩が分布し、風化層が厚い特徴がみられます。崩壊は強風化部の表層で発生しました。

（4）崩壊発生機構

①　素因（潜在的な要因）

斜面にはゆるんだ強風化礫岩が厚く分布します。また、小段は南側に向かって傾斜しており、斜面南側では小段幅が狭く不明瞭なため、地表水が小段から溢れ、斜面へ流下・浸透しやすい状況にあったと考えられます。

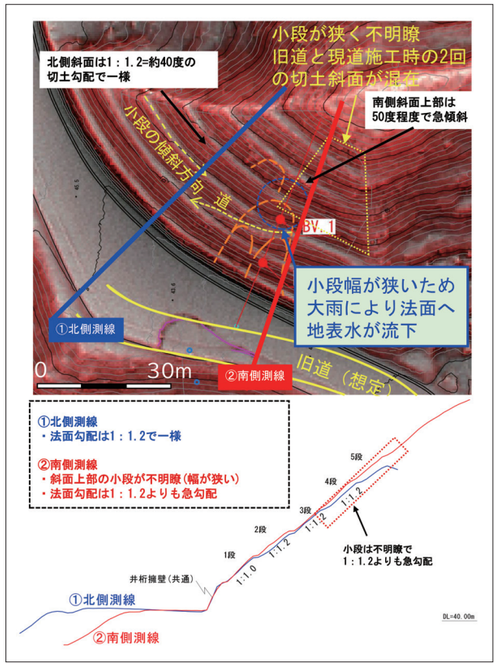

図4　大野町地区地形解析結果

②　誘因（直接的な原因）

降雨により多量の地表水が流下し、強風化礫岩の表層部の地盤強度が低下し、崩壊に至ったと考えられます。また、斜面上部で小崩壊が発生したことで地表水の流入量が増えたことも要因の一つとして考えられます。

おわりに

本報告では、２地区ともに地形形成史が崩壊の発生原因に深く関わっていました。本結果から、航空レーザ計測を用いて詳細な地形変化を把握し、地形形成史を解明することは、災害予測や防災対策計画の立案に活用できると考えます。

※1　新第三紀中新世とは、約2300万年前～約530万年前の地質時代の名称。
※2　攻撃斜面とは、川の蛇行部分（カーブ）の外側の斜面・岸辺のこと。水流による侵食が激しく、急斜面になりやすい特徴がある。