

令和6年能登半島地震及び奥能登豪雨を受けた地山補強土工の健全性診断

ロープネット・ロックボルト併用工法研究会 ○鏡原聖史・寺岡克己・川上博行
村上恭通・杉田光央・岡崎敬佑
兵庫県農林水産部治山課 片岡 誠

1. はじめに

令和6(2024)年能登半島地震および奥能登豪雨により、能登半島において多数の山地災害が発生した。調査対象は、石川県輪島市大沢地区で、加速度750gal以上の地震動と、総雨量280~600mm(時間雨量30~100mm)の豪雨を受けた可能性のある斜面である。この斜面には、2012(平成24)年に崩壊予防対策として地山補強土工(ワイヤー、支圧板、鉄筋挿入工の併用)が施工されていた(図2参照)。本報告では、一連の災害後に行った現地踏査および点検結果に加え、地震・豪雨時の設計照査に基づく健全性について診断した結果について述べる。

2. 調査地の概要

調査地は図1に示すように北向きの斜面に位置し、斜面下部は急峻な地形を呈する一方、中腹部は比較的緩傾斜であり、内部には小規模な谷が形成されている。これらの地形的特徴から、調査地は地すべり地形の末端部に該当すると判断される。地すべり地形分布図¹⁾にも判読されている。斜面直下には静浦神社および人家が隣接している。地質は、シームレス地質図²⁾によれば、新生代古第三紀漸新世(チャッティアン期)から新第三紀中新世(アキタニアン期)の堆積岩類で構成されている。具体的には非海成層の砂岩、砂岩泥岩互層、あるいは砂岩・泥岩が分布しているとされる。

調査地の斜面では斜面对策が実施されており、神社背後の急傾斜地には吹付工、その上部の自然斜面には地山補強土工および一部で法枠アンカー工が施工されている。このうち地山補強土工については、鉄筋挿入工(2m千鳥配置, D19, L=2.5m, 削孔径90mm), 支圧板(φ300), ワイヤー(φ8), メッシュ(間隔0.5m)を組み合わせた構造となっている。

令和6(2024)年能登半島地震における地震動について検討したところ、防災科学技術研究所の加速度分布図³⁾からは、当該地に加速度750gal以上の地震動が作用したことが推定された。近傍の地震観測記録³⁾(輪島市門前町走出)においても三成分合成加速度786.7galを記録している。このことから調査地では、750gal以上の地震動が作用している可能性が高いと言える。

気象庁⁴⁾の奥能登豪雨におけるアメダス積算降水量分布図や降雨時系列図によると、調査地が輪島市と門前町の間に位置することから、総雨量280~600mm, 時間雨量30~100mmの極めて激しい降雨に見舞われた可能性が高い。

これら一連の災害後の状況について、国土地理院が公開した崩壊地分布図⁵⁾(能登半島地震後および奥能登豪雨後)を参照した結果、調査地周辺の海岸線や谷沿いでは多数の崩壊が発生していることが確認された。しかしながら、本調査地内においては、いずれの災害後においても崩壊の判読はなされていない。



図1 地形図(地すべり地形分布、地震後、豪雨後の崩壊地(赤ハッチング箇所))



図2 施工時の状況(2012年)



図3 現地状況(2024年11月15日)

3. 現地点検

地震発生後の2024年9月10日に、現地の状況を確認した。斜面下部からの目視点検の結果、斜面内に新たな裸地や顕著な土砂流出は認められず、地震動による大規模な変状は発生していないことを確認した。さらに、奥能登豪雨後の2025年11月15日に詳細な現地点検を実施した(図3参照)。本点検では目視による変状確認に加え、ボルト頭部間隔の計測を行い、斜面変形に伴う異常の有無を調査した。調査地における鉄筋挿入工の配置は、既存樹木や浮石・転石といった障害物を回避し、現地の地形に追従させるための「非定型配置」が採用されていた。このため、標準的な4m間隔での定点計測は困難であったが、目視点検においてネットの破断や緩みは一切確認されず、部材が健全に機能している状態であることを確認した。

4. 検証

既往の図面資料に基づき、地震動および豪雨に対する当該斜面の安定性照査を実施した。検証にあたっては、ロープネット・ロックボルト併用工法設計・施工指針(案)⁶⁾(以降、指針と呼ぶ)に準拠した。解析に用いる地形形状、表層土層の分布、および対策工の配置については、既往資料の図面をトレースすることで再現した(図4参照)。表層土の地盤物性値については、現地の状況から細粒分を含む砂質土と評価し、指針に示されるNd値5~10程度を想定して検討を行った。なお、基盤岩については周辺に露岩が確認されることから、崩壊は発生しないものと仮定した。また、表土層の粘着力については、設計時の地形および土層条件において目立った変状が確認されていなかったことから、現状の安全率(対策していない状態)をFs=1.0と仮定し、逆算により算出した値を用いた。地震時照査における外力条件は、前述の観測記録に基づき、最大加速度786.7galを採用した。これを指針に従い、水平震度kh($kh = \alpha \max \times 0.65/G$)に換算した結果、kh=0.511とした。図5に、地震時におけるすべりひずみおよびせん断ひずみの算出結果を示す。解析の結果、最大水平震度0.511が作用した場合においても、すべりひずみおよびせん断ひずみ共に許容値(それぞれ10%, 5%)を下回っており、局所的な破壊に至るひずみレベルではないことが確認された。表土層厚を考慮した変形量(層厚×ひずみ)は最大で30mm程度と推定されるが、致命的な崩壊に至る変形が生じることはなく、健全な状態を維持していると判断される。さらに、豪雨時の安定性検討として、地下水位が地表面まで上昇した飽和状態を仮定して安全率を算出した。その結果、安全率は1.0以上を確保していることが確認できた。以上の結果、現地で目立った土砂移動がなかったこととも整合的であった。

5. おわりに

調査地は、大規模な地震ならびに豪雨を受けた可能性のある箇所であったが、対策工によって崩壊することなく安定を保っていた。周辺の斜面のすべてが崩壊しているわけではないため、地震の応答特性の違いや豪雨による雨水の集中度合などの違いがあった可能性はあるものの、地山補強土工が今回の地震および豪雨に対して高い崩壊抑止効果・防災機能を有していたと考えられた。

参考文献

- 1) 防災科学技術研究所：地すべり地形分布図，2014.
- 2) 産総研地質調査総合センター：20万分の1日本シェームレス地質図V2，2025.
- 3) 防災科学技術研究所：防災科研K-NET，KiK-net，2025年閲覧
- 4) 気象庁：令和6年9月21日から23日の大雨に関する石川県気象速報，2024.
- 5) 国土地理院：国土地理院ウェブサイト，2025年閲覧
- 6) 兵庫県：ロープネット・ロックボルト併用工法設計施工指針(案)，2021.

Nd	γ_d (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kN/m ²)	v_s (m/s)	G_0 (kN/m ²)	τ (kN/m ²)	備考
5	14.3	28	4.0	128	23,543	0.079	指針推定式 cは逆算
10	15.4	32	3.6	162	40,087	0.144	指針推定式 cは逆算

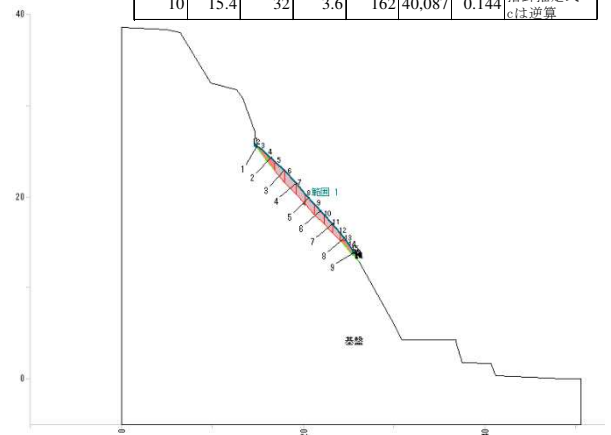


図4 検証断面ならびに物性値等

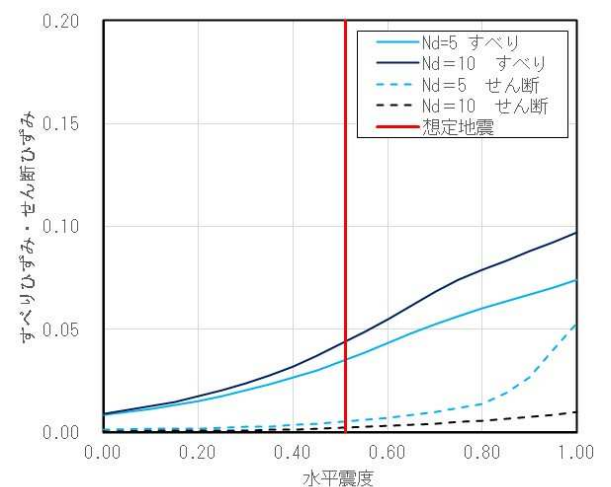


図5 水平震度とすべりひずみ・せん断ひずみ