

## 地震動及び地盤特性を踏まえた令和6年能登半島地震の急傾斜地崩壊対策施設の被災傾向分析

日本工営株式会社 ○小原大輔 村岡純奈 杉崎友是 岡崎丈 西口尚希  
国土交通省 国土技術政策総合研究所 瀧口茂隆 岸本優輝 小林正直

## 1. はじめに

2024年1月1日16時10分頃に発生した令和6年能登半島地震( $M_{JMA}7.6$ )では、多くの地すべり、斜面崩壊等の土砂災害が発生し、急傾斜地崩壊対策施設においても複数の被災が確認された。より効率的・効果的な急傾斜地崩壊対策施設の設計を目指す上では、地震による施設の被災事例の検証を行うことは欠かせない。本研究では、被災の実態把握やその後の検証に必要な基礎資料を得るため、令和6年能登半島地震で急傾斜地崩壊対策施設が受けた被害をとりまとめ、当該地震の地震動特性および地盤特性を踏まえた被災傾向を分析し、その結果を報告する。

## 2. 分析対象施設と分析に使用したデータ

石川県から提供された被災状況資料に基づき、分析対象工種とその被災数を①擁壁36施設、②落石防護柵22施設、③法枠20施設、④切土法面2施設、⑤モルタル吹付7施設とした。当該地震の地震動特性として、地震動マップ推定システム QUIET<sup>+</sup>による計測震度、最大加速度、最大速度の3つの地震動強度を使用した。地盤特性として、J-SHIS<sup>2)</sup>による微地形区分、30m平均S波速度、地盤増幅率とした。地震動特性および地盤特性は4分の1地域メッシュ(250mメッシュ)で整理されたデータである。また、微地形区分と地盤固有周期の統計式<sup>3)</sup>から、地盤種別を推定した。

## 3. 研究手法

初めに、被災状況資料に記載された図面や写真、書き込み及び公開データ(地質図等)から客観的に読み取れるものを整理し、施設の属性情報を含むカルテを作成した。属性情報として、施設の種類、位置座標の他、構造条件(施設完成年や施設高等の構造寸法)、施設周辺の地質状況、地形状況(斜面傾斜、方位等)を整理した。カルテでは施設被災の有無の他、被災状況(地震動のみによる変状かどうか、土砂移動の有無とその度合い)を考察し整理した。

次に、被災した各施設位置と地震動特性及び地盤特性のメッシュデータをGIS上で重ね合わせ、施設の各属性情報に基づく空間分析を行った。

## 4. 結果と考察

## 4.1 地震動強度及び地盤特性に関する被災傾向分析

発災直後に推定される動的情報である地震動強さ(計測震度)と静的情報である地盤特性に対し、被災した施設の分布傾向を分析した。図-1に擁壁と計測震度の分析事例を示す。図の30m平均S波速度は硬質な地盤ほど高い傾向を示す指標であり、30m平均S波速度が低くなるほ

ど、地震動増幅が発生し計測震度が高くなる傾向が認められる。被災した擁壁地点の計測震度は5.8程度以上に分布する傾向があった。計測震度5.5未満で被災した施設は液状化により被災した施設(内灘町)、擁壁の斜面上部が崩壊していたことから脆弱な表層地質の影響を受けた施設(志賀町)と考えられた。

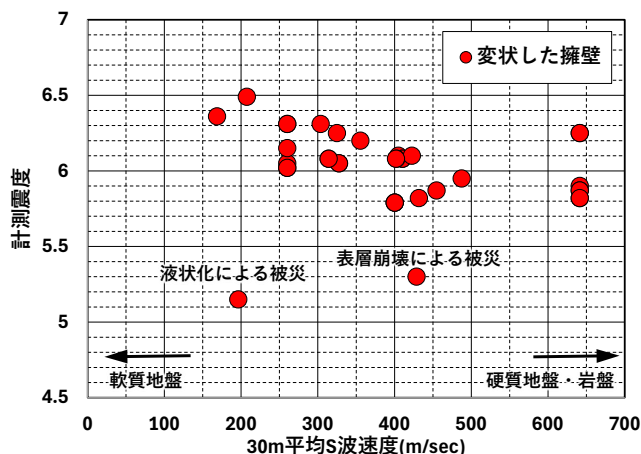


図-1 地盤特性と計測震度による被災施設の分布(擁壁)

対象5施設を集計すると、図-2に示す通り、施設のほとんどが、計測震度5.5程度(震度階級6弱)以上に分布することが分かった。他の地震動強度では、最大加速度560gal(=cm/sec<sup>2</sup>)程度、最大速度で40kine(=cm/sec)程度以上が推定された施設で被災する傾向が認められた。

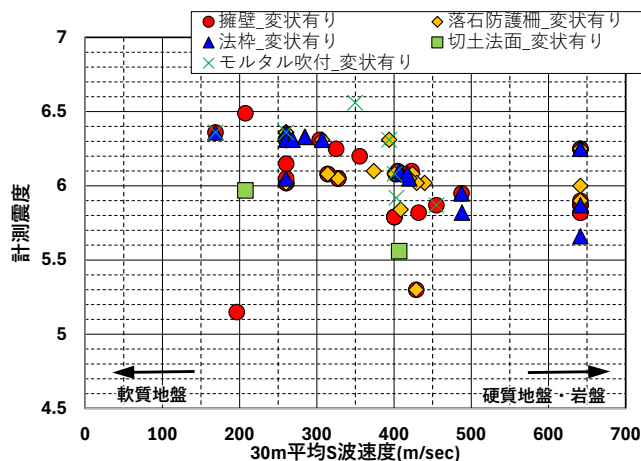


図-2 地盤特性と計測震度による被災施設の分布(全施設)

詳細に地震動強度との関連性を把握するため、地震動強度の曝露面積を考慮して被災傾向を分析した。計測震度の曝露面積と被災施設分布密度(面積100km<sup>2</sup>あたり)を整理した結果を図-3に示す。同じ計測震度階級でも、計

測震度値が高いほど分布密度が高くなる傾向が明瞭であった。図に基づくと、震度6強クラスの地震動に見舞われたエリアでは、震度5強クラスのエリアより、10倍程度以上は施設被災率が高くなる可能性があることが示唆される。今後は、この被災施設の分布率の関係性に着目して、発災直後の推計震度分布マップから、被災した可能性のある施設概数の推計に寄与することが期待される。

地盤特性についても同様に、各施設と同一メッシュの指標のほか、各指標の分布面積も考慮して分析した。その結果、30m平均S波速度が200-300m/secに該当する軟質な地盤で、被災施設の分布密度が高くなる傾向があった。微地形区分では砂州・砂礫洲や谷底低地周辺に位置する施設で被災が多い傾向があった。軟弱地盤のような地盤条件が悪い地点では施設が被災する可能性が高いという一般的な知見と整合する結果が得られた。

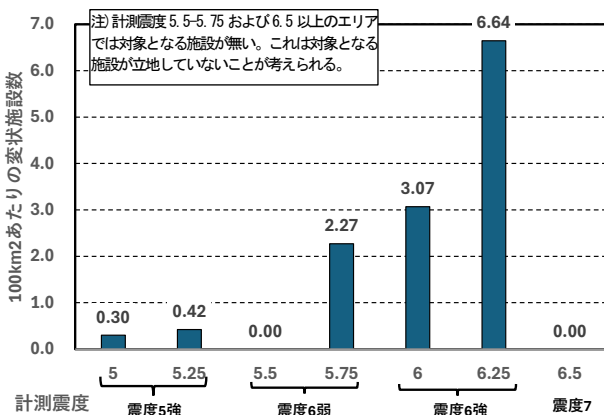


図-3 計測震度による被災施設の分布密度 (擁壁)

#### 4.2 構造条件に関する被災傾向分析

被災した施設に関して、地盤特性と施設年齢(施設完成年からの経過年数)に対する情報を整理した結果を図-4に示す。施設年齢が高いほど被災している傾向があり、地盤が硬質の場合、すなわち30m平均S波速度が高い場合には被災施設数は少ないことや施設年齢が高いと地盤が硬質で地震動が弱くても、被災する可能性があることが見出された。さらに、施設年齢が低くても、30m平均S波速度が小さい施設で被災していた。地盤が軟質であれば施設が新しくても被災する可能性が指摘される。

被災傾向が見出された施設完成年と擁壁高の関係を考察した。図-5に示すとおり、被災した擁壁は主に西暦2000年以前に完成した擁壁で、擁壁高さ3.5~4m程度以上の施設が比較的多くを占める傾向があった。

被災施設周辺に施工された、被災の無かった施設の構造条件と比較したところ、被災の無かった擁壁は擁壁高4m程度以下の分布が比較的多い結果が得られた。そのため、当該地震では施設完成年が西暦2000年以前で擁壁高が高い施設が被災した可能性があると考えられる。完成年の古い施設で被災傾向が認められた要因の1つとして、適用設計基準が古かったことが考えられるが、本研究で

収集した被災状況資料に適用基準の情報が無かったため、この要因分析は今後の課題の1つである。

#### 5. おわりに

本研究では、令和6年能登半島地震における急傾斜地崩壊対策施設の大局的な被災傾向を、地震動特性や地盤特性の観点から分析した。今後、過去の大規模地震により被災した急傾斜地崩壊対策施設との被災傾向の比較、施設の詳細な被災要因の推定や耐震検討上の課題の洗い出し等を進める必要がある。

#### 謝辞

本研究では、石川県による急傾斜崩壊対策施設の被災状況資料を使用しました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 株式会社構造計画研究所: 地震動マップ推定システム QUIET+.
- 2) (国研)防災科学技術研究所: 地震ハザードステーション J-SHIS.
- 3) 加藤ら(2012): 地形区分を用いた表層地盤の固有周期の簡易推定, 第47回地盤工学研究発表会論文集, pp.1683-1684.

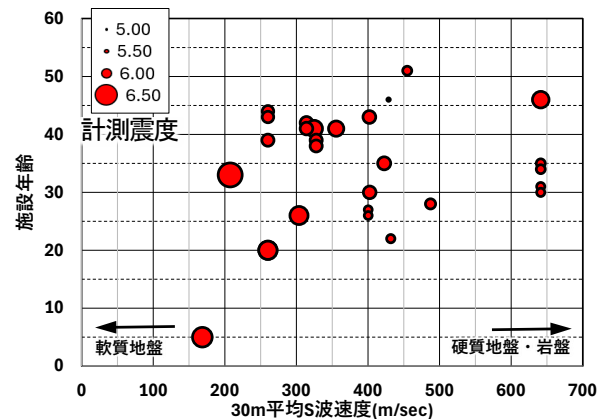


図-4 被災施設の年齢と地盤特性の比較 (擁壁)

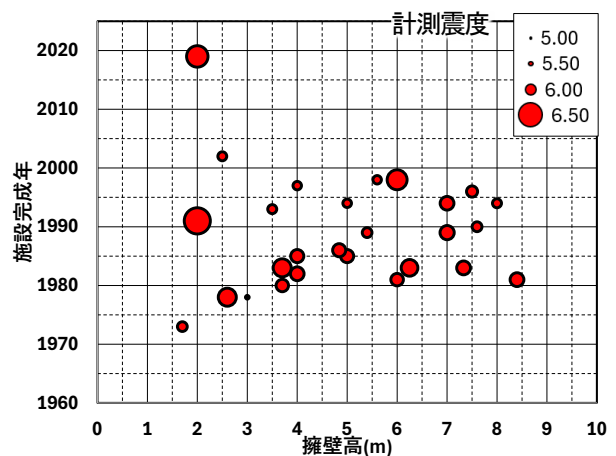


図-5 被災した擁壁の完成年と擁壁高の関係