

# 奥能登群発地震における斜面崩壊の調査・設計事例

株式会社ホクコク地水 ○井川 風木

## 1. はじめに

“奥能登群発地震”は気象庁に発表された正式名称ではないが、本稿では2018年ころから現在まで石川県能登地方で活発化している一連の地震活動を指すこととする。表-1にその地震活動の中でも、被害の大きかった震度5強を超えた3回の地震を示す。

表-1 “奥能登群発地震”における主な地震<sup>1), 2), 3)</sup>

本稿での地震名	発生年月日	最大震度	マグニチュード
R4地震	2022/6/19	6弱	5.4
R5地震	2023/5/5	6強	6.5
R6地震	2024/1/1	7	7.6

これらの地震によって同一箇所でも複数回にわたって被災した岩盤斜面での調査・対策工設計事例を紹介する。

## 2. 調査地概要

### (1) R4地震による被災概要

R4地震によって幅約10m、比高差約15mの岩盤斜面崩壊が発生した。発生時直後に実施した登攀調査によって、崩壊の東側はオーバーハングした滑落崖が形成され、崩壊した面は地質構造に起因する3つの面で形成されており、地震動によって最も抜け出しやすいゆるみ範囲が崩落したと考えられた(図-1)。



図-1 R4地震直後の被災状況

### (2) 地形地質概要

調査地は南側に張り出した丘陵地の尾根先端部にあたり、斜面は傾斜30°から70°で比高差約25mの新第三紀に形成された珪藻泥岩を主体とする。調査地から約200m離れた既設道路切土のり面では走向:N30° W～E-W、傾斜:20～30° Sの地質構造が明瞭に確認でき、この地質構造は当該崩壊斜面に対しての流れ盤構造である。

## 3. R4年度調査結果と対策工検討

### (1) R4年度調査結果

調査は不安定土塊が斜面肩部に残存するため、斜面に近接せずに崩壊箇所の背後及び隣接斜面尻からの斜め/水平ボーリングと各々の孔にてポアホールスキャナ観測・解析によって岩盤のゆるみ状態と地質構造を3次的に把握する方法を提案・実施した。図-2に調査結果の地質断面図を示す。尾根の先端部の表層厚さ5mほどは、概ねE-W走向で傾斜が鉛直に近い開口亀裂があった。加えて地質構造に起因する概ねE-W走向、20°～40°南傾斜の開口亀裂が確認できたと同時に、調査ボーリング時には地表とポアホール観測・解析で確認した亀裂面から浸透した掘削水の漏水が崩壊地内の斜面末端付近(走向E-W、傾斜20° Sの亀裂:図-1中の③)から確認され、今後崩壊する可能性のある“ゆるみ領域”を特定した(図-2の“ゆるみ1”と“ゆるみ2”)。

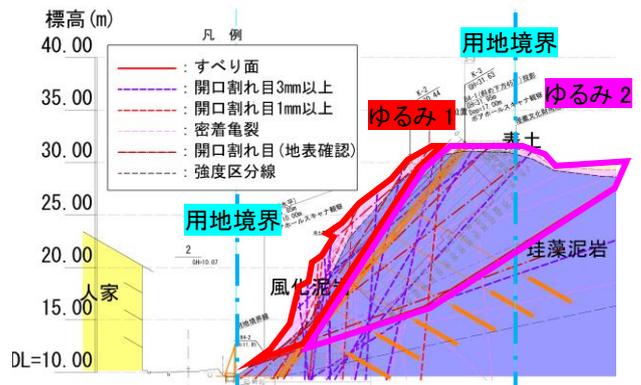


図-2 R4年度調査結果断面と対策工

### (2) R4年度対策工検討

亀裂の開口幅が大きく、多数の鉛直亀裂が発達した“ゆるみ1”は崩壊の危険度が高く、排土工が適切と判断した。その背後の“ゆるみ2”は、R4年当時の用地上の制限から治山技術基準に則った現況安全率をFs=1.00、常時の目標安全率をFs=1.20とする逆算法による抑止工の検討を実施した。一方で地震によって被災した斜面であることから、R4地震時と同程度の地震動を想定した検討も行って発注者と協議した。その結果、①地震時(目標Fs=1.00～1.10)を考慮した対策工規模は、常時Fs=1.20の場合よりも工事費が1.5～2倍となること、②石川県の治山事業において、斜面安定対策工として地震時の検討を加えた対策は聞き取りでは前例がないこと、の2つの理由から、当時の用地条件と一般的な常時の安定性を満足するアンカー付き法枠工を採用した。

#### 4. R5地震と調査結果、対策工検討

##### (1) R5地震による被災状況と調査結果

“ゆるみ1”範囲の排土工が約8割完成した斜面で、R5地震によって二度目の崩壊が発生した。調査はR4年と同様に調査ボーリングとボアホール調査を組み合わせる実施した。図-3にR5年度調査結果を反映した断面図・3Dモデル図を示す。排土工が進んだ斜面では上下2つのR5崩壊が発生した(図-3参照)。2つの崩壊はいずれも地質構造に起因した低角10~30°の流れ盤亀裂面をすべりの底面として崩落した。その背後には、図-3上に示すようにR5地震によって“ゆるみ2”を含む表層から15m程度の厚さまでの岩盤ゆるみの進行が明らかとなった。

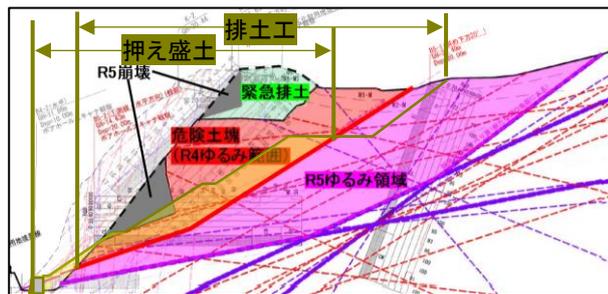
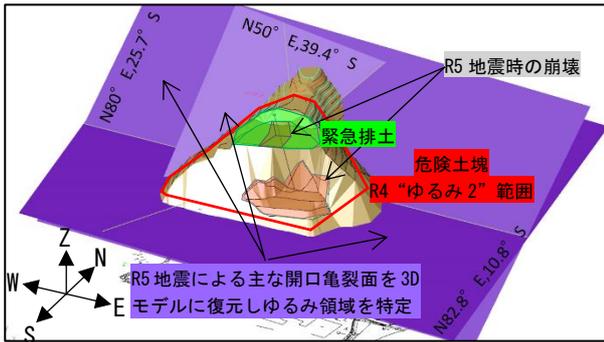


図-3 R5年度調査結果(3Dモデル)と対策工断面概念図

##### (2) R5年度対策工検討

業務中および対策工施工中の余震や気象庁の地震活動に関する報道発表<sup>1) 2)</sup>に加えてR5地震が発生したことを受けて、「群発地震による地震の影響を考慮した対策工設計とすべきではないか」という考えに基づいて、一般的には実施しない地震時の斜面安定工の検討要否も発注者と協議した。協議の主題となったのは①地震が頻発する中で、余震等によって斜面形状が変化する可能性が通常に比べて高い状況下にあること、②抑止工は地震時の検討をすると規模が大きくなり現実的でないことに加えて①を考慮すると設計段階からの手戻りが非常に大きいことである。そこで設計段階からの大きな手戻りの防止と、設計変更比較的柔軟な対応が可能な土工主体の対策工を提案した。一方で、土工主体となると令和4年度の対策工設計の通り、用地制約条件によって採用不可となる可能性もあったが、群発地震と施工中ののり面崩壊を受けて、図-3上のような3次元モデル化した説明資料も用いて発注者側での献身的な用地交渉の結果、排土工の採用に

必要な用地条件である「対策工範囲の拡大」が可能となった。結果的に、対策工費用は概算で令和4年度設計の1/3程度に収まると見積もられる。

#### 5. R6地震と現在

##### (1) R6地震による被災と調査結果

図-4にR6地震直後の斜面状況を示す。排土工を2割ほど進めた段階で被災し、“R4ゆるみ領域”は亀裂面が大きく開口して崩壊した。調査は対策工範囲の背後で1本の調査ボーリング並びにボアホールスキャナ観測・解析を実施した。その結果“R5ゆるみ領域”の岩盤ゆるみが拡大していないことを確認した。

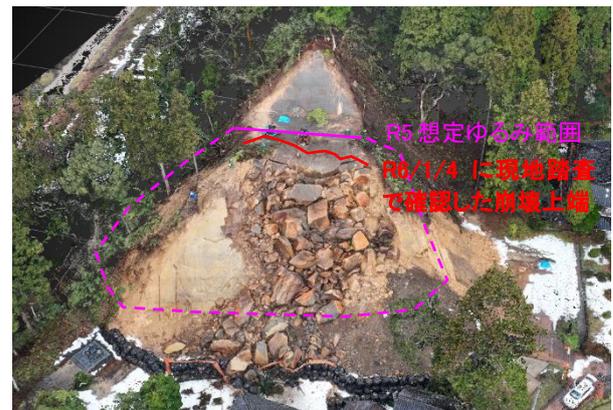


図-4 R5年度調査結果と対策工

##### (2) 現在の対策工進捗状況

“R5ゆるみ領域”の背後にさらなる岩盤ゆるみの進行はなかったため、対策工に大きな変更はなくR6/5/31現在で排土工の8割が完了し順次押え盛土工が計画されている。

#### 6. まとめ

対策工設計において、構造物配置や規模等は用地の与条件に基づいて検討を進めることが多いが、その与条件は場合によっては対策工費用やその後の対応に大きな影響を与えるものである。本現場では現地の地形地質と「群発地震」という現在の状況を十分に考慮して用地条件をいったん考えずに復旧案を提案し、発注者と協議を重ね現場特性に応じた柔軟な対応へつなげた。今もまだ能登地方では群発地震が続く中で様々な箇所斜面災害の復旧は進められているが、通常の斜面安定工での対応にとらわれずに本現場での経験も活かしていきたい。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 気象庁：石川県能登地方の地震活動に関する「地震調査委員長見解」(2022年7月11日公表)
- 2) 気象庁：特集 石川県能登地方の地震活動，2023年5月地震・火山月報(防災編) pp. 67-98
- 3) 気象庁：特集 石川県能登地方の地震活動，2024年1月地震・火山月報(防災編) pp. 55-114