

令和6年能登半島地震での調査団報告

(一社)斜面防災対策技術協会能登半島地震現地調査団 (団員名簿は表 4.2 参照)

1. はじめに

令和6年1月1日に発生したマグニチュード7.6の能登半島地震では、石川県から富山県に位置する能登半島を中心として甚大な被害が発生した。国土交通省の調べによれば、令和7年1月28日現在、土砂災害は456件発生し、死者37名、行方不明者2名、負傷者3名という人的被害が生じている¹⁾。これらの他、斜面災害に起因して、道路や鉄道にも多数の通行止めや不通区間が発生した。道路の通行止めは、補助国道で40区間、県道等で石川・富山・新潟3県145区間に達した。

斜面災害を中心としたこのような被害状況並びに斜面对策施設の実態を調査するために、(一社)斜面防災対策技術協会(以下、「当協会」と称する)では、一部(公社)砂防学会能登半島地震調査団4班(地すべり)と合同で、令和6年10~12月にかけて3回の現地調査を実施した。以下にその概要を報告する。ただし、それぞれの調査地に関する既往の情報量や現地での調査時間には差異があった上、原稿の作成を全ての参加者が分担し、本報告はそれらを編集したものであることから、以下の記述では調査地ごとに記述内容の精粗が生じていることを予めお断りしておきたい。

なお、この報告は「斜面防災技術」Vol.52, No.1~3に掲載した、「技術資料」²⁾及び「講座」^{3), 4)}を再編集したものである。また、本報告は、調査団の現地調査実施時の内容をもとにしており、その後の関係機関による調査・解析の結果等と整合しない場合もあることをお断りしておく。

2. 令和6年能登半島地震の概要

令和6年能登半島地震の発生日時は、令和6年1月1日16:10、震源地及び近隣の震度は図2.1⁵⁾に示すとおりである。マグニチュードは7.6で、石川県の志賀町及び輪島市で震度7を観測したほか、能登地方の広い範囲で震度6以上の揺れを観測した⁵⁾。この地震のほか、1月1日16:06の最大震度5強の地震以降、2月16日までに、震度6弱を2回、震度5強を8回、震度5弱を7回観測し、震度1以上の地震は合計1,651回を数えている⁵⁾。

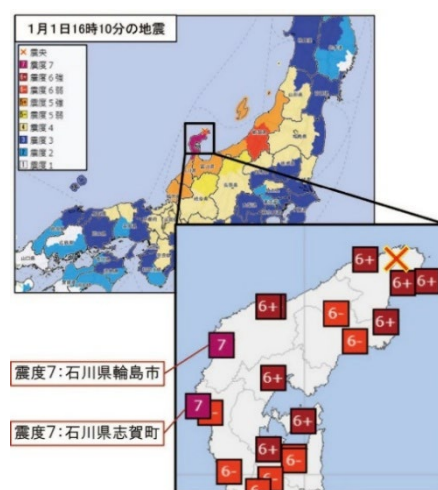


図 2.1 能登半島地震の震度分布図⁵⁾

この地震による、令和7年1月28日現在の人的・住家被害は表2.1⁶⁾のように示されている。特に揺れの大きかった石川県では、令和7年12月25日時点で、死者数684名(災害関連死含む)、住家全壊116,458棟に及ぶ甚大なものとなっている。さらに、国土交通省によ

れば、土砂災害の発生状況に関しては、令和7年1月28日現在で図2.2¹⁾のように示されている。

3. 調査の目的

能登半島は地すべりの発生しやすい地質・地形・気候条件を有しており、千枚田の地形・景観に代表されるように、多数の地すべり地が分布している（図3.1⁷⁾。令和6年能登半島地震においても、前述のとおり、地すべりを含む多数の斜面災害が発生している。一方、当地域では斜面災害防止のために、従来から多くの箇所ですべり防止対策事業がなされている。そこで、令和6年能登半島地震において、それらがどのように挙動したのか、あるいは施設被害や斜面変動発生に至ったかどうかを明らかにすることは、地震時の地すべり地の挙動や、一般に耐震性を設計で考慮しない地すべり対策構造物がどう影響を受けるのか、について重要な情報となる。さらに、従来の降雨・融雪での地すべ

表 2.1 人的・住家被害の状況（2025年12月25日12:00現在）⁶⁾

都道府県	人的被害						住家被害					非住家被害				
	死者	うち災害関連死	行方不明者	負傷者			全壊	半壊	床上浸水	床下浸水	一部破損	合計	公共建物	その他	合計	
				重傷	軽傷	小計										
人	人	人	人	人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟	
秋田県											1	1				
福島県											1	1				
埼玉県											2	2				
新潟県	6	6	11	43	54	60	111	4,156		14	21,134	25,415		68	68	
富山県	8	8	15	46	61	69	258	809			21,751	22,818		2,692	2,692	
石川県	684	456	2	401	876	1,277	1,963	6,168	18,726	6	5	91,553	116,458	443	38,033	38,476
福井県				6	6	6		12			830	842		10	10	
長野県											21	21				
岐阜県				1	1	1					2	2		1	1	
愛知県				1	1	1										
京都府											2	2				
大阪府				5	5	5										
兵庫県				2	2	2					1	1				
合計	698	470	2	427	980	1,407	2,107	6,537	23,703	6	19	135,298	165,563	443	40,804	41,247

《死者の内訳》

【新潟県】新潟市4人、上越市2人

【富山県】富山市1人、高岡市2人、氷見市4人、射水市1人

【石川県】金沢市1人、七尾市7人、小松市1人、輪島市2人、珠洲市1人、羽咋市5人、白山市1人、内灘町6人、志賀町2人、中能登町3人、穴水町5人、能登町8人



図 2.2 能登半島における土砂災害の発生状況（文献¹⁾より一部改変）

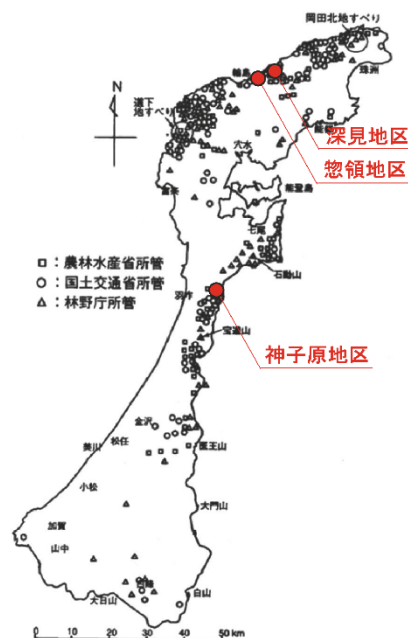


図 3.1 石川県の地すべり防止区域の分布（文献⁷⁾の図より引用：図中の赤字3地区は本文とは無関係）

り防止対策を目的とした施設が、地震での斜面不安定化防止にも功を奏しているかの実態把握にも役立つといえる。

そこで、当協会として、能登半島地震の被災地域において、既往の地すべり対策工が実施された地すべり地について、地震による地すべり発生や斜面安定化対策施設の被災の有無や被災の発生程度を調べ、斜面の地形・地質条件や対策工種とその位置などとの関係について実態把握するため、現地調査を行うこととした。ここで、「斜面安定化対策施設」とは、調査対象が、地すべり防止だけでなく急傾斜地崩壊防止や道路・農地保全の施設も一部含む場合もあるのでこの語を用いることとした。

4. 調査団と調査行程の概要

調査団は最終的に3回現地入りした。調査対象は、地すべり防止対策として実施された斜面安定化対策施設の地震後の被災の有無や状況などの実態を把握する、という点から、過去に地すべり防止対策事業が実施された地区で、できるだけ区域内に対策施設のある範囲

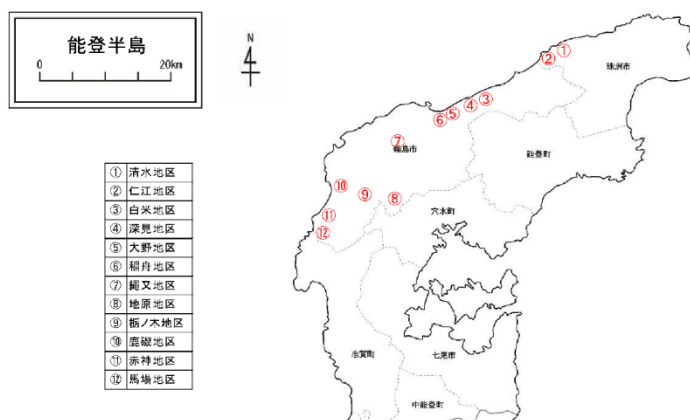


図 4.1 調査対象箇所とその位置

と無い範囲とが併存するような地区を選定した。その結果、調査対象は12地区となった(図4.1)。また、調査団は、当協会が調査・設計・施工と幅広い専門性を持つ会員企業で構成されていることから、調査設計に詳しい参加者と施工に詳しい参加者を募り、さらに当協会内での人材育成の点から、若手の参加促進も図った。この編成は、現地において参加者間(後述する砂防学会調査団の参加者も含めて)で、地すべり特性や対策施設の施工状況に関する検討などを行う際にも非常に有効であった。なお、調査団員は、斜面協会各支部へ募集を案内し、応募頂いたメンバーでの構成とした。

調査団の現地調査期間・調査地等は表4.1のとおりで、それぞれの参加者の氏名・所属は表4.2に示すとおりで北海道や九州からの方を含めて、24人の参加を得た。

また、表4.1の備考に示すとおり、第1・2回目は(公社)砂防学会の地すべり関係の調査団と合同での調査となった。砂防学会からは、現場によっては特に施工分野の専門家の見解を求めたいとの要請があり、また当協会としては、それぞれの現場の土砂移動現象

表 4.1 斜面協会の調査団派遣期間等

回数	期間	人数	調査地	備考
1回目	10/15-16	8名	稲舟、大野、赤神、馬場、鹿磯、地原	砂防学会調査団(地すべり関係)との合同調査
2回目	10/29-30	6名	清水(清水・仁江)、深見、白米千枚田	
3回目	12/3-4	13名	栃木、縄又、稲舟	斜面協会単独

の機構等について何らかの専門的なコメントが欲しいとの意見もあり、このような形とした。なお、調査結果のとりまとめは、砂防学会・当協会で行っている。

3回の現地調査では、実際に調査に費やした時間はそれぞれ1.5～2日程度であった。宿泊地確保の困難さから、各日とも金沢市からの往復とし、現地までは片道2.5～3時間程度を要し、さらに日没の早い季節でもあったため、現地における滞在時間はかなり限られることになった。

表 4.2 能登半島地震現地調査団

氏名	所属	備考	氏名	所属	備考
檜垣大助	日本工営(株)	団長	林孝明	三信建設工業(株)	
綱木亮介	(一財)砂防・地すべりC.	副団長	池田淳	日特建設(株)	
池田学	(株)エイト日本技術開発		上野雄一	日特建設(株)	
後根裕樹	(株)エイト日本技術開発		田中靖政	日本工営(株)	
井田晃司	(株)エスイー		針谷敏之	日本工営(株)	
佐々木拓哉	(株)エスイー		平井悟	日本工営(株)	
馬場貴志	(株)エスイー		丸晴弘	日本工営(株)	
北原哲郎	応用地質(株)		山口巖	日本工営(株)	
川崎廣貴	弘和産業(株)		内田達也	フリー工業(株)	
銭谷聡	国土防災技術(株)		山口宏幸	フリー工業(株)	
橋本英俊	国土防災技術(株)		佐々木裕一	北海道三祐(株)	
川島学	三信建設工業(株)		林郁真	明治コンサルタント(株)	

5. 調査対象地域の災害の特徴

この地震の本震は、南南西～東北東に延びる能登半島北端を限る海岸線に沿った地震断層の活動で発生したとされ、それに沿って震度6強以上の揺れが記録された。土砂災害もそのエリアに多発している(図2.2)ことも考慮し、震度6強以上の揺れがあった可能性の高い地域で、地震後災害発生状況の調査がある程度進んでいる箇所が選定された。対策事業のなされた地すべり防止区域指定箇所(砂防・農地・林野)を主として、今回の地震で新たに地すべりが発生した箇所も含めて選定した。

対象地区は12箇所、海拔200m以下の丘陵性山地にあり、9箇所が海岸に面する傾斜地、3箇所が内陸に位置する(図4.1)。そのうち、清水地区・清水仁江地区が珠洲市にあり、それ以外は輪島市に位置する。地質は、主として新第三紀(一部、古第三紀)の砂岩・泥岩・礫岩や火砕岩等からなり、海岸に近い部分には海成段丘の堆積物も存在する。土地利用では、緩傾斜地に棚田が広がっていることが多く、地すべり地内や周辺に集落が点在する。海岸沿いでは、地すべり滑落崖や海岸浸食でできた急斜面下に、集落や国道・県道・市町村道が存在する。

2004年中越地震、2008年岩手・宮城内陸地震、2016年熊本地震、2018年胆振東部地震などで、地すべり地形が密に分布する新第三紀層を主体とする山地・丘陵地では地すべりが多発している。令和6年能登半島地震でも多数の地すべりが発生した(例えば、Sato et al.⁸⁾)。写真5.1は、輪島市町野町で発生した丘陵地の稜線付近から発生した典型的なこの地

震による地すべりである。深層まで風化が進んでおり地盤が脆弱であったように見える。

表 5.1 に、各地区で調査対象となった斜面安定化対策施設を示す。実際は、これら地区で、過去にさまざまな対策工がなされてきているが、調査時間が限られることと、調査箇所数を多くして実態把握するため、事前の情報収集により1つの地区でも限定的な範囲での調査となった。



地震による土砂災害の集中した能登半島は、 写真 5.1 輪島市町野町鈴屋で発生した地すべり

表 5.1 調査対象の斜面安定化対策工

調査団時期			第1回 (10/15-16)						第2回(10/29-30)				第3回 (12/3-4)		
機能	工種	細分類	稲舟	大野	赤神	馬場	鹿磯	地原	清水①	清水仁江	深見	白米千枚田	稲舟	栃木	縄又
抑止工	グラウンドアンカー工			○	○		○	○						○	
	ボルト補強土(鉄筋挿入工)				○		○								
	抑止杭工	鋼管杭										○		○	
抑制工	地下水排除工	横ボーリング	○		○	○		○				○	○	○	
		集水井	○		○				○			○	○	○	○
		排水トンネル										○			
	地表水排除工	水路工	○									○	○	○	○
		暗渠工													
	排土工						○								
	砂防(治山)堰堤											○			
	河川(海岸)護岸工									○	○	○			
土留工													○		
法枠工			○	○		○				○					

上記の地質条件から、過去より地すべり災害多発地帯として知られ、地すべり対策事業が実施されてきた。一方で、山間地や海岸沿いに急傾斜地が多いことでの地すべり(写真 5.2)・崩壊や、海岸部を主に低平な沖積低地での液状化も各地で起こった。

その結果、今回の地震では、能登半島の西・北側海岸沿い各地区を繋ぐ国道 249 号沿いを始めとして、多くの箇所ですべり・崩壊が生じ、交通が寸断された。また、逆断層型の地震断層に近接・並行して海岸線が伸びていたため、陸地で最大 4m 余りの隆起が起こったことで、半島北・西側海岸の港がその影響を受け、港湾施設が使用不能になった。

これらの地震とそれに伴う地盤変動現象が、地震そのものの被害のみならず、被災地の復旧・復興の妨げになったといえる。加えて、2024 年 9 月 21



写真 5.2 国道 249 号沿いの海岸に面する急斜面での地すべり発生

日～23日に輪島市で24時間雨量が412mmと観測史上最大となる豪雨が能登半島北部を襲い、地震で緩んだ斜面地盤や地震時に崩壊した土砂の土石流等による流出が各地で起こったことも災害規模を拡大させた(写真5.3)。その結果、当協会の調査も当初予定より1～2か月遅らせることとなった。



写真5.3 地震による崩壊と豪雨による崩壊・土砂流出の集中した珠洲市清水地区

6. 各地区の調査結果

6.1 稲舟地区

6.1.1 稲舟地区の概要

当地区は輪島市役所から西へ約2.5kmの輪島市稲舟町に位置する(図4.1及び6.1.1)。現地調査は2024年10月15日及び12月4日の2回にわたって実施した(前者は砂防学会との合同調査)。当地区では特に水田の造成された領域(以下、「水田ブロック群エリア」と称する)においては既設の地下水排除工を主とした抑制工が多く存在する。そのため、当初はそれらの効果や挙動を中心とした現地調査を計画していたが、その西側に隣接した野球場等の施設を有する斜面(以下、「グラウンドブロックエリア」と称する)においても種々の変状を生じていたことから、12月には、そちらの斜面についても調査を実施した。

当地区は昭和44年に農水省所管の地すべり防止区域に指定された。この時の主たる防止区域は、水田ブロック群エリアの範囲及び稲舟町集落のある範囲が主体であった。しかしながら、能登半島地震時に、既指定地の西に隣接するグラウンドブロックエリアも含めた範囲で地すべり的な土塊の変位が認められたため、令和6年4月に、新たにこの領域が地すべり防止区域に追加指定された(図6.1.1の西端部)。

6.1.2 既設対策工と主たる変状

当地区の水田ブロック群エリアにおいては、石川県農業基盤課によって、横ボーリング工や集水井工が施工されていた。それらの施工状況と小



図6.1.1 稲舟地区地すべり防止区域の範囲と地形(石川県砂防基盤図に加筆)

規模な崩壊地の分布状況を図 6.1.2 及び 6.1.3 に示す。現地調査においては、これらの図に示すとおり、横ボーリング工 4 群と集水井工 1 基を確認している。

農林水産省北陸農政局での農地特定災害復旧事業「稲舟地区」概要に示された亀裂や地すべりブロック範囲を図6.1.2に示す。今回の地震では、東側の水田ブロック群エリアでは各所に亀裂や段差等が生じた。一方、区域西部に位置するグラウンドブロックエリアでは、海岸段丘面上にある輪島市体育館と東隣のグラウンドに顕著な亀裂・段差等の変状や連続する段差が生じた（写真 6.1.1, 6.1.2）。また、その北側の段丘崖をなす小石浜の国道249号沿いの居住地背後斜面では、崩壊が発生するとともに、国道に面する人家が地盤の隆起により傾動した。

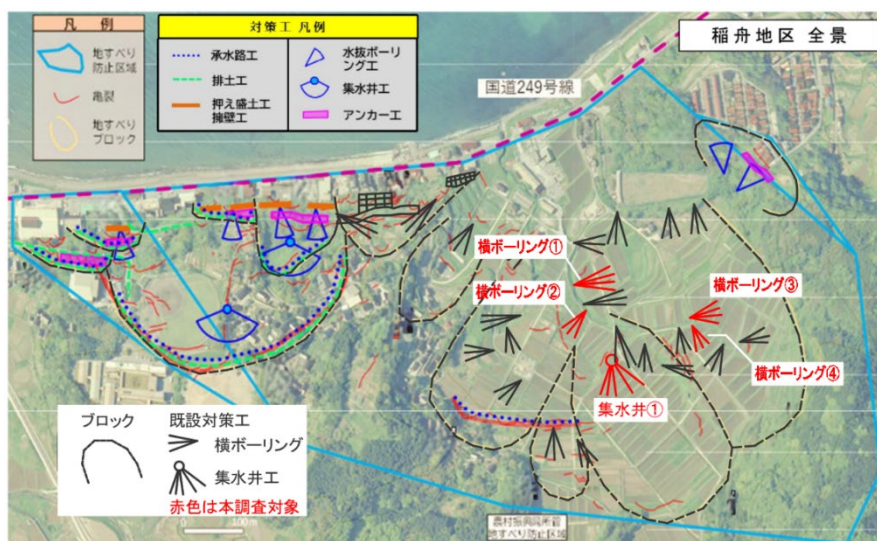


図6.1.2 農地地すべり特定災害復旧事業「稲舟地区」事業概要に示された地表亀裂の分布（北陸農政局HP⁹⁾に地すべりブロックと既設対策工を加筆)

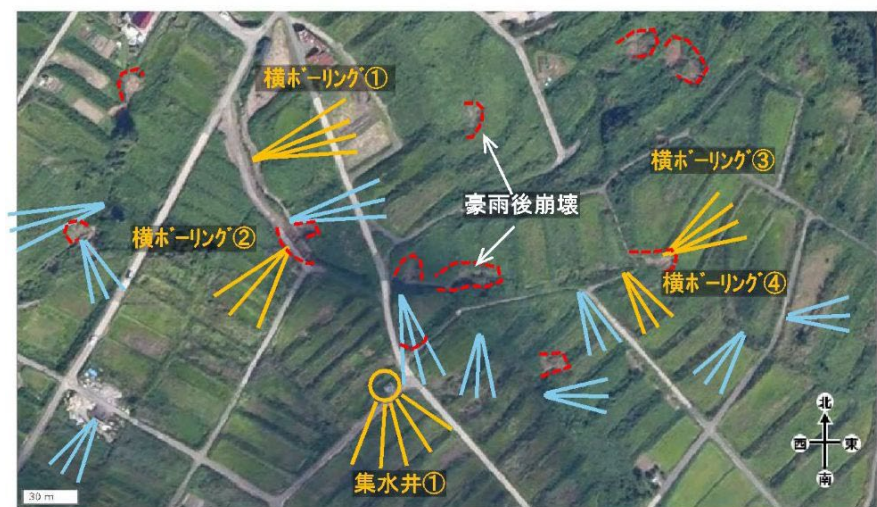


図6.1.3 水田ブロック群エリアにおける既設横ボーリング工及び集水井工と小規模な崩壊地（国土地理院2024/9/24空中写真¹⁰⁾上に、判読した崩壊地と石川県(2024)¹¹⁾での横ボーリング・集水井の位置を加筆)

6.1.3 調査結果と対策工の効果のまとめ

① 水田ブロック群エリアにおける主たる変状は、連続性のある亀裂（写真6.1.3）と、局部的な変状によるものと考えられる比較的短めの亀裂が確認できる（写真6.1.4）。前者は、比較的規模の大きな、地すべり地形として認識される、元々の地すべりブロックの頭部と思われるやや勾配の急な斜面部分や滑落崖付近に分布する傾向が見られた。一方後者は、現在の局部的な微地形あるいはおそらく盛土やそれと地山との境界などの影響を受けて、

小規模斜面の変状を示しているものと考えられる。

- ② 水田ブロック群エリアにおいては、主として2種の要因から斜面の大規模な変位が抑制された可能性が考えられる。

一つは、既設の対策工等の（排水）効果である。このブロック群の領域では、地下水排除工や（写真6.1.5）、表面排水路工・承水路工が施工されたほ場整備区域であった。そのため、地下水・地表水の排水やほ場整備による地形的な斜面の安定化を促す効果がある程度発揮されたものと推定される。

また、もう一つの要因としては、風化泥岩によって粘性の高い材料で構成される低角度の斜面であったことが挙げられる。能登半島地震では多くの地すべりが発生したが、このような特徴を有する緩斜面における変状は、そのほとんどが小規模なものであったことが、当協会調査団の他地区調査でも確認されている。

- ③ グラウンドブロックは、（国研）防災科学技術研究所が作成した地すべり地形分布図¹²⁾において抽出されている地すべり地形とほぼ一致している範囲である（図6.1.4）。当ブロックにおける移動現象の素因の一つとしては、元来、地すべりの経歴を有する斜面であった可能性が挙げられる。

水田ブロック群とは対照的に、当ブロックにおいては大規模なブロックがほぼ一体となって移動するような現象が生じたものと考えられる。



写真6.1.1 輪島高稲舟校の校庭北部にみられる亀甲状の亀裂（グラウンドブロック）



写真6.1.2 西方境界部にみられる段差亀裂（グラウンドブロック）

6.2 大野地区

6.2.1 大野地区の概要

大野地区は図4.1に示すとおり、前述した稲舟地区の東側に隣接する斜面である。また、図



写真6.1.3 伸縮計で監視されている連続性のある段差（水田ブロック群エリア）



写真6.1.4 農道沿いの小規模滑落（水田ブロック群エリア）

6.2.1に示したとおり、西側の斜面の上部とその東側に隣接した斜面の中部には、アンカー工が施工されていた。さらにその上部は標高約70mの平坦面を造成した住宅地として開発されている。海岸線沿いには国道249号が北東-南西方向に走り、国道と斜面上部の平坦面との間は、斜面勾配40~50度程度の急斜面となっている。基盤岩は、新生代新第三紀中新世の堆積岩で、上部には風化凝灰岩、下部には砂岩・泥岩が分布する。



写真6.1.5 既設集水井工の内部（集水ポーリングは2段で、地下水が出ている孔もある）

当地区の主たる変状としては、急斜面部の崩壊現象と上部平坦面の市道や住宅地内に生じた変状（写真6.2.2）が挙げられる。後者は、平坦面の縁から奥行き約10～15mにわたり、累計段差1m程度の開口亀裂が斜面とほぼ平行に発生しているものである。



図6.1.4 稲舟地区周辺の地すべり地形分布（防災科学技術研究所HP¹²⁾、四角囲み部分が概ね「グラウンドブロック」に相当する）

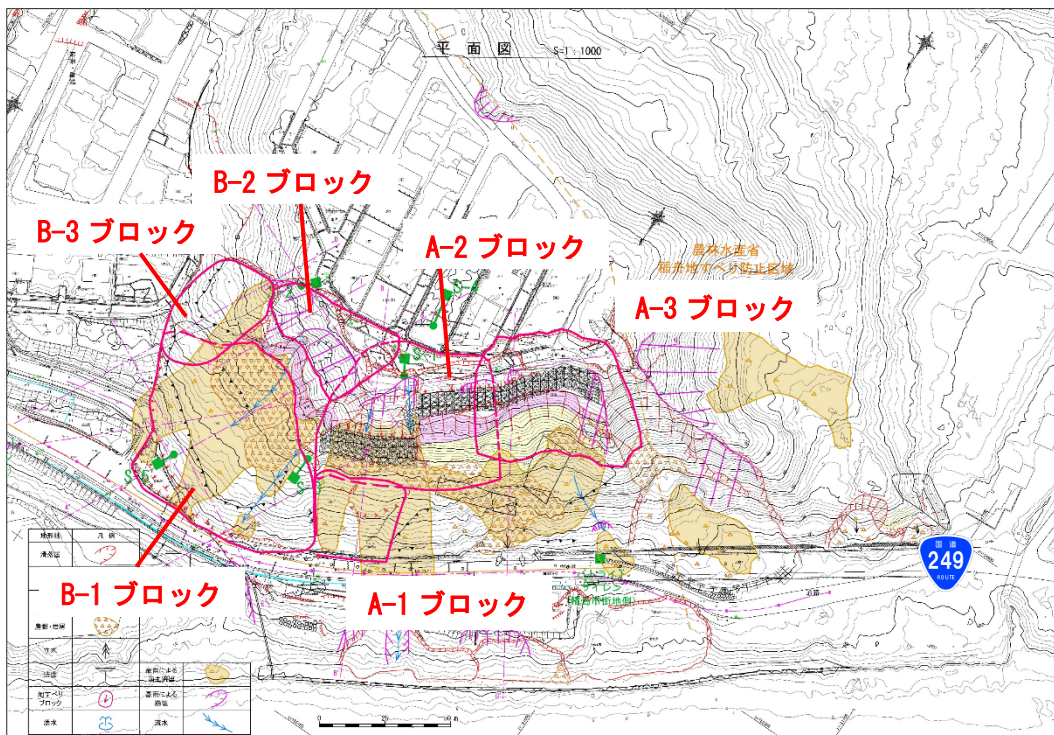


図 6.2.1 大野地区平面図¹³⁾

6.2.2 既設対策工の状況

写真6.2.1に示すように、既往の対策工としては東側と西側の2工区でアンカー工が施工されていた。東側では斜面中央部に60基程度、西側では斜面上部に80基程度が設置されている。また、いずれのアンカー工においても、9月豪雨の影響と推定される、下部の施工範囲

からの局所的な土砂流出が認められた。

6.2.3 既設対策工の効果

地すべり対策工の範囲で表層崩壊が発生しているものの、アンカー工によって地すべり土塊の大きな被害は抑止でき、斜面下部の国道 249 号の供



写真 6.2.1 大野地区の全景及び既設対策工の施工状況（右側が西方向）¹³⁾

用性に寄与したと考えられる。近接目視は困難であったが、リフトオフ試験結果¹³⁾によれば、西側、東側、いずれのアンカー工についても過緊張のアンカーが確認されている一方、健全なアンカーも確認されている。斜面上部ではブロック積擁壁や地面の割れが見られたため、地山自体は変動したがアンカー工には明確な変状が視認できなかったことから（写真 6.2.3）、トップリング的な変位挙動が生じた可能性も考えられる。既設のアンカー工は以上のような状況であったため、これらのアンカー工が効果を発揮したと考えられる。なお、斜面上部の割れや斜面変状に対しては補修や追加補強が必要である。



写真 6.2.2 大野地区の上部平坦面に生じた変状

地震による被災状況では、前述したとおりアンカー対策工範囲下部に局所的に土砂が抜けた箇所がある。豪雨時などに平坦面の亀裂内への浸入水によって土砂流出が生じると、アンカー頭部の垂れ下がりや偏荷重作用の可能性がある。地震による斜面変状と併せて豪雨被害が生じることで、アンカー工が適正に機能しないこともある。本対策には、アンカー工周辺部をカバーする目的で、モルタル吹付工など土砂流亡対策を施すのが有効と考えられる。



写真 6.2.3 アンカー工の状況（西側のアンカー工は崩壊地の上部）

6.3 赤神地区

6.3.1 赤神地区の概要

赤神地区は輪島市門前町赤神に位置する（図 4.1）。図 6.3.1 及び写真 6.3.1 に示したとおり、赤神地すべり防止区域は、日本海に面したほぼ北向きの斜面で、その下部を海岸線に沿って国道 249 号が通過している。日本海に面した防止区域の幅は 600m を超え、斜面長は最大約

400m に達する。今回の調査地であった西末端部の斜面勾配は30～45度程度で、斜面長は20～30mほどであった。地質的には第三系の砂岩・泥岩からなる。

防止区域の直下には、人家が連たんしており、一見した印象としては、地震時にも法枠工を中心とした既設の対策工が奏功した、というものであった。そして、急勾配斜面でありながらも、崩壊したような箇所は視認できなかった。ただ、後述するとおり、法枠工及び擁壁工に若干の変状が認められた。

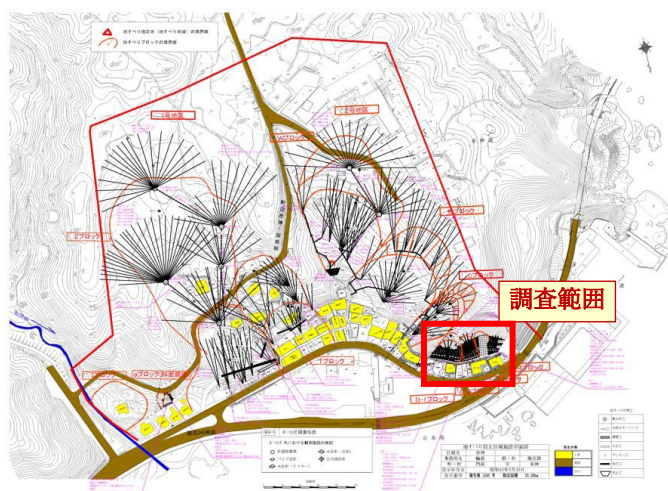


図6.3.1 赤神地すべり防止区域の平面図¹⁴⁾ (赤枠の四角が調査範囲)

6.3.2 既設対策工の状況

当地区において視認できた既設の対策工は以下のとおりである(写真6.3.2)。

- －擁壁工，法枠工 (F200)
- －アンカー併用法枠工 (F300@3.0m)
- －鉄筋挿入併用法枠工 (F300@2.0m)
- －横ボーリング工

これらのうち、地震によって変状を生じた可能性があるのは、防止区域西端に近い、小規模なブロックに施工された法枠工(写真6.3.3)及び擁壁工(写真6.3.4)である。その部分は、図6.3.1に示した赤い線の中に相当する。変状の概要は次のとおりである。

- －法枠工 F200(写真6.3.3)
変状 法尻末端部に延長約10mにわたり、数cmの隙間が形成される。

原因 地震動による擁壁埋戻し土の沈下である可能性。

(法枠の押し出しを裏付けるような枠のひび割れなど確認できなかった)

- －擁壁工(写真6.3.4)

変状 擁壁屈曲部において約10cm水平に移動(鉛直変位なし)している。擁壁前の水路にもズレが生じている。

原因 地震動による変位と推定できるが、擁壁前面の畑の柵にズレがないので、2007



写真6.3.1 赤神地区全景

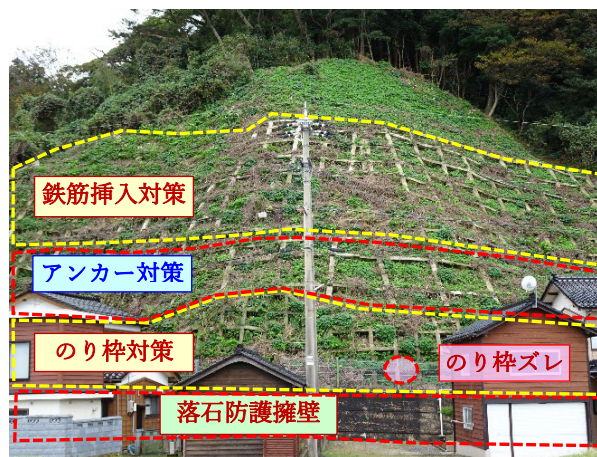


写真6.3.2 赤神地区の調査範囲の既設対策工

年地震の変状であった可能性がある。

また、地震の影響ではないが、のり枠背面に隙間等が見られ、老朽化している。アンカー工が正常な機能を果たせなくなる可能性があるため、対策が必要と考えられる。対策工の全体点検を行い、追加検討を踏まえた補修・補強等の対策工の必要性があると感じられる。

当地区の法枠工及び擁壁工は、地震時には効果を発揮した可能性が高いが、今後の民生の安定のためにも早期の復旧が望まれる。

6.3.3 既設対策工の効果

本地区は地すべり防止区域として、多くの集水井や横ボーリングの抑制工、鉄筋挿入工やアンカー工の

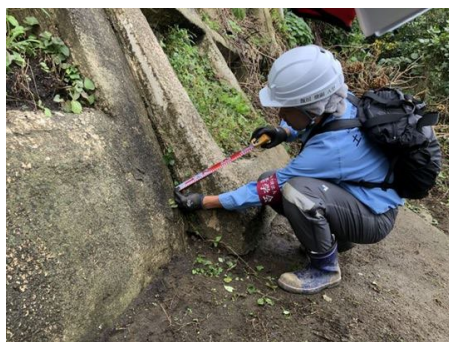


写真 6.3.3 赤神地区の法枠工に見られる変位

抑止工が行われている。大きな滑动により被災している箇所がないため、斜面安定対策工は機能したものと考えられる。また、本地区では家屋前面の急斜面をのり枠工やロックボルト工



写真 6.3.4 赤神地区の擁壁工に見られる変位

アンカー工にも特に被災は観察されず、機能していると考えられる。斜面下部の擁壁には比較的大きな目地ズレが生じており、適切な補修が必要と考えられる。

6.4 馬場地区

6.4.1 馬場地区の概要

馬場地区は輪島市役所から南西へ約 30km の馬場地すべり防止区域内に位置している (図4.1)。図6.4.1に平面図を、また、地すべりの状況を図6.4.2に示す。

当地区周辺の山間部は標高100～200mの急峻な丘陵を形成しており、仁岸川はそれら丘陵を南東-北西方向に蛇行しながら流下した後、東-西方向へ向きを変え、琴ヶ浜から海岸へ注ぎ込む。その間、標高10～20m程度の小規模な沖積平野を形成している。当地区の基盤岩の地質は新第三紀中新世の安山岩溶岩および安山岩凝灰角礫岩であり、基盤岩の上位には沖積層である礫まじりの砂が河川沿いに層厚3～5m程度で分布する。

地すべり地は上述の丘陵地から沖積平野に開けた地点に位置し、仁岸川の左岸側北向き斜

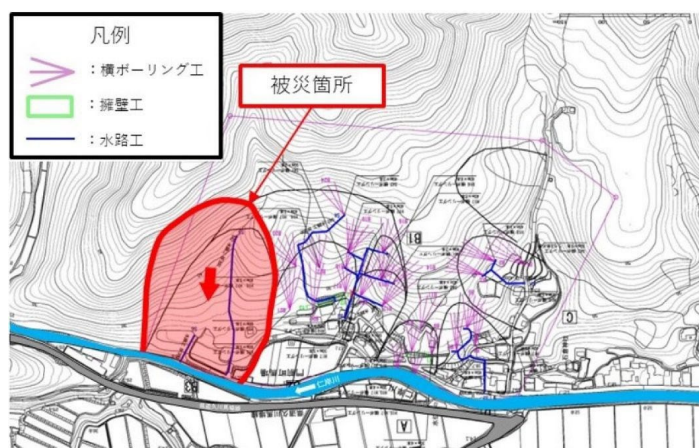


図6.4.1馬場地区平面図 (下が北方向)¹⁵⁾

面で発生している。斜面勾配は 10～15 度程度で、発生した地すべりの規模は幅約 150m、長さ約 200m である。図 6. 4. 2 から明らかなように、今回の地震によって発生した地すべり変状は、頭部に明瞭な滑落崖を形成し、末端部には、仁岸川の護岸擁壁や水路に押し出しや変状を及ぼしている(写真 6. 4. 1)。



図 6. 4. 2 馬場地すべりの被災状況¹⁵⁾

6. 4. 2 既設対策工の状況

当地区における既設対策工の詳細については現地調査できなかったが、図 6. 4. 1 によれば横ボーリング工等の抑制工が施工されていたようである。そして、その施工域では地すべりは生じなかった。

前述のとおり、現地の主たる変状としては末端部で擁壁の押し出し、ブロック塀の傾倒、水路への押し出し等が認められる。



写真 6. 4. 1 末端部右側方部の擁壁と水路の変状

6. 4. 3 既設対策工の効果

国土交通省HP公開の「【施設効果事例】馬場地区地すべり対策施設」¹⁵⁾によれば、図 6. 4. 2 に示すように、地震により発生した地すべりは、横ボーリング工の未整備箇所が発生したが、地すべり対策施設の整備箇所では、被災がなかったと報告されている。すなわち、本地区では横ボーリング工による地下水排除効果があった判断される。2024年(令和6年)2月以降には、緊急対策として応急横ボーリング工が3箇所施工されている¹⁶⁾。

6. 5 鹿磯地区

6. 5. 1 鹿磯地区の概要

鹿磯地区は輪島市役所から南西へ約 18 km の門前町鹿磯地区に位置する(図 4. 1)。平面図を図 6. 5. 1 に、全景を写真 6. 5. 1 に示す。

当地区は八ヶ川の河口に広がる沖積平野の右岸に位置し、標高約 30m の半島状(丘陵性)の尾根地形を呈する。また、基盤岩の地質は新第三紀中新世の礫岩で、基盤岩上には砂層(N 値 10 程度)が、海岸近くで層厚 6m、内陸側(北側)では 20m と厚く分布する。

当地区で発生した地すべりの規

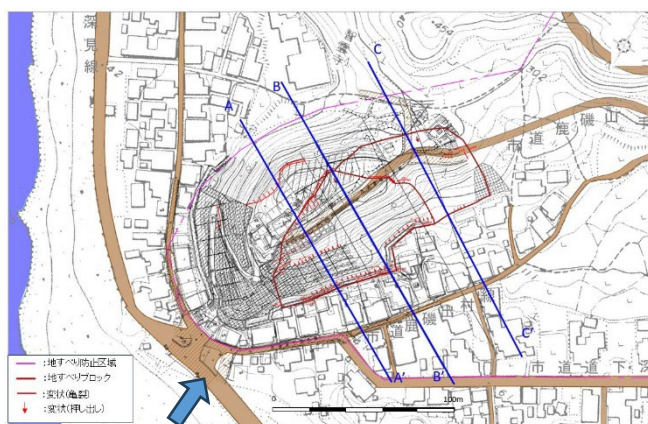


図 6. 5. 1 鹿磯地区平面図¹⁴⁾(左下の矢印は写真-5.1の概ねの撮影方向)

模は、幅 130m、長さ 70mである。主たる地すべり変状としては、地すべり頭部では、市道や平成 19 年の地震時の斜面对策で実施された頭部排土工の平坦面や墓地に段差を伴った滑落崖が形成された。また、道路面に段差を伴う明瞭な亀裂が生じた（写真 6.5.2）。一方、末端部では、住宅地背後のブロック積擁壁等に押し出しに伴う水平亀裂等が発生した。



写真 6.5.1 鹿磯地区全景（撮影方向は図 6.5.1 に示したとおり）

6.5.2 既設対策工の状況

当地区においては、平成 19 年 3 月 25 日の能登半島地震（M6.9、震度 6 強）により、既設のアンカー全 11 本のうち 3 本が破断したため、災害関連緊急地すべり対策事業としてアンカー工による斜面对策が施工された（写真 6.5.3）。斜面上部のアンカー工は、表層崩壊の抑止を目的とし、斜面下部のアンカー工は斜面全体の深いすべりを抑止対象としていた¹⁸⁾。



写真 6.5.2 鹿磯地区頭部の亀裂（奥に倒壊した神社の屋根が見える）

既往斜面对策工の施工状況は図 6.5.2 のとおりである。安定対策工は、アンカー①～④、鉄筋挿入①～②である。前述のとおり、アンカー①箇所には 2007 年能登半島地震前からアンカーが存在しており、当該地震により、全 11 本のうち 3 本が破断したとのことである¹⁸⁾。当時被災のアンカー 11 本は、アンカー①箇所内ののり枠内配置換えにより同数のアンカー 11 本が新規施工された。



写真 6.5.3 平成 19 年度災害関連緊急地すべり対策事業完了後の全景¹⁷⁾

それらのアンカーは図 6.5.2 に示した「アンカー①」の箇所のアンカーであったが、「アンカー②」の区域に施工されたアンカーは、石川県によるリフトオフ試験によってその機能が確認されており¹⁴⁾、現地における目視確認からも大きな変状は認められなかった。図 6.5.3 にこれらのアンカー①及び②の模式断面を示す。上部のアンカー①は、千鳥配置 2 段×11 列=11 本、下部のアンカー②は、正方配置 5 段×11 列=55 本である。写真 6.5.4(a)～(b)にアンカー①区域のアンカーの変状の事例を示す。

同写真(a)はアンカーと受圧板のズレ状況で、アンカー破断に伴い原位置からアンカー受圧板が斜面下部に移動していた。同写真(b)は同受圧板上部から観察できる裏面状況であり、テンドン被覆の黒色シースが確認できた。破断シース長から、破断部はのり枠内埋込みコンクリートの下端部にあたり、ここでアンカーがせん断破断したものと考えられる。

6.5.3 既設対策工の効果

図 6.5.2 に示した既設対策工の施工された範囲のうち、今回の地震で顕著な変状が生じたのはアンカー①の領域であった。アンカー②地区に施工されたアンカー工は健全な状況と考えられ、この一連の砂層の斜面が破局的な崩壊に至ることを防止したものと推定できる。さらに、アンカー③及び④、鉄筋挿入①及び②の領域においても顕著な変状は視認されておらず、これらの対策工は効果を発揮したものと考えられる。

アンカー①及び②の地区では、地盤がN値10程度の砂斜面であったことが地震時における当該斜面の挙動を特殊なものにし、その結果、アンカー①において被災状況が顕著であった原因の一つとなったのではないかと考えられる。

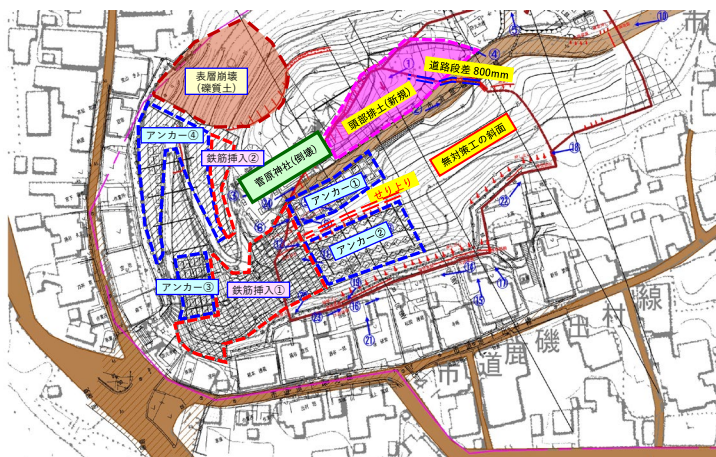


図 6.5.2 鹿磯地区の既設対策工¹⁴⁾

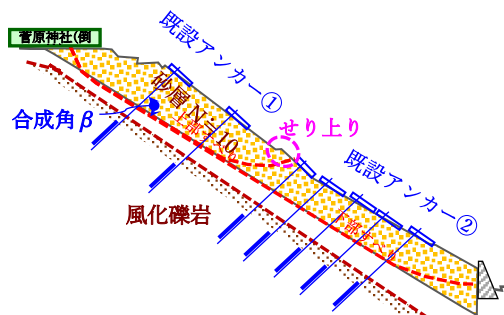


図 6.5.3 鹿磯地区の既設アンカー工①及び②の模式断面図



(a) アンカーと受圧板のずれ



(b) 同受圧板の裏面状況

写真 6.5.4 アンカー①の変状の例

6.6 地原地区

6.6.1 地原地区の概要

地原地区は輪島市役所から南南西に約 15km、八ヶ川ダムの下流約 1 km の輪島市門前町地原地区に位置する (図 4.1)。当地区の平面図を図 6.6.1 に、また、全景を写真 6.6.1 に示す。

当地区は八ヶ川の左岸に位置し、八ヶ川の沖積平地に面した南西向き斜面であり、2003 年(平成 15 年)に地すべり防止区域に指定されている。基盤岩の地質は、古第三紀漸新世

から新第三紀中新世の砂岩、砂岩泥岩互層が分布する。現地の露頭から判断すると、斜面に対しては緩い流れ盤構造をなしていると思われる。

図 6.6.1 から明らかのように、地震によって発生した崩壊性地すべりは、Gブロックとして抽出されていた範囲を大きく包含した斜面である。地震の発生時点で当ブロックにおいては、対策工は未施工の状態であった。比高約 20m の馬蹄形状および断層崖状の直線的な頭部滑落崖（写真 6.6.2）が形成され、末端では沖積平地に崩土が押し出し、人家が被災した。ブロックの上部斜面では、線状の凹地地形（写真 6.6.3）が認められ、ブロック背後まで緩みが発生している。

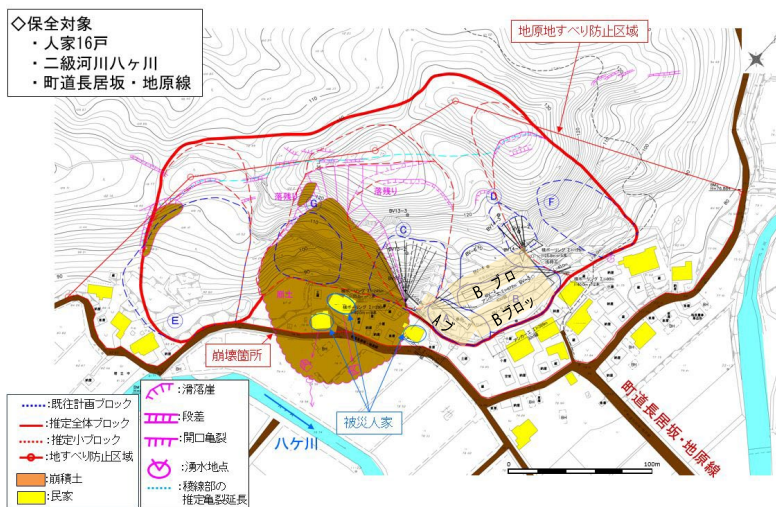


図 6.6.1 地原地区平面図（凡例は今回の地震による変状を示す）¹⁴⁾



写真 6.6.1 地原地区全景（中央やや左が変状ブロック）



写真 6.6.2 直線的な滑落崖



写真 6.6.3 上部斜面の線状凹地

6.6.2 既設対策工の状況

当地区においては、図 6.6.1 にも示されているとおり、Bブロックにおいて 2 群のアンカー工が施工されていた。それらの諸元は次のとおりである。

- ・上部アンカー工：Td=418kN/本，受圧板
2.3m@3.0m
- ・下部アンカー工：Td=244kN/本，受圧板
□ 2.3m@3.0m

Aブロックにおいても一群のアンカー工が施工されていたが，それらの諸元は不明である。

また，Dブロックにおいては現場打ち吹付法
砕工及び横ボーリング工が施工されている。

Bブロックの既設アンカー工のうち，下段のアンカーには目立った変状は見受けられなかった。一方，上段のアンカー工の中では，特に斜面に向かって左側のアンカーにおいて，受圧板天板への補剛板の食い込みや受圧板ヘッドのたわみが認められた（写真6.6.4）。左側アンカーへの偏心力作用は，当該部が地すべり土塊変動の特に大きかった，地すべりGブロックの近傍であり，その影響を受けてアンカーと受圧板が大きく変位したことが考えられる。



写真 6.6.4 アンカーの補剛板の食込み

また，Dブロック下方に施工されていた横ボーリング工は，地震後に排水が枯渇した，との住民からの情報があった，とのことであり，現地調査時にも排水は認められなかった。

6.6.3 既設対策工の効果

対策工が施工されていなかったGブロック周辺斜面が大きく活動した一方で，アンカー工を中心とした抑止工が施工されていたブロックにおいては，アンカー受圧板に若干の変状が確認されたものの，顕著な土塊の変状は認められなかった。これは明らかに対策工の効果と考えられる。

6.7 清水地区

6.7.1 清水地区の概要

当地区は，珠洲市北西部の，国道249号線背後にある標高250m程度の山地下部が日本海に面する所に位置する（図4.1）。清水・仁江地区地すべり防止区域では，石川県土木部により地すべり対策事業が実施され，東側の清水地区，西側の仁江地区からなる（図6.7.1）。区域範囲は，海拔240m未満の山地が海岸に接する位置にあり，地震によって陸地が隆起し，幅100～200mの範囲で波食棚が隆起・露出した。地質は，主に中期中新世の石灰質シルト岩と，その上位に主として流紋岩質火砕岩が分布し，全般に風化が進んでいる。

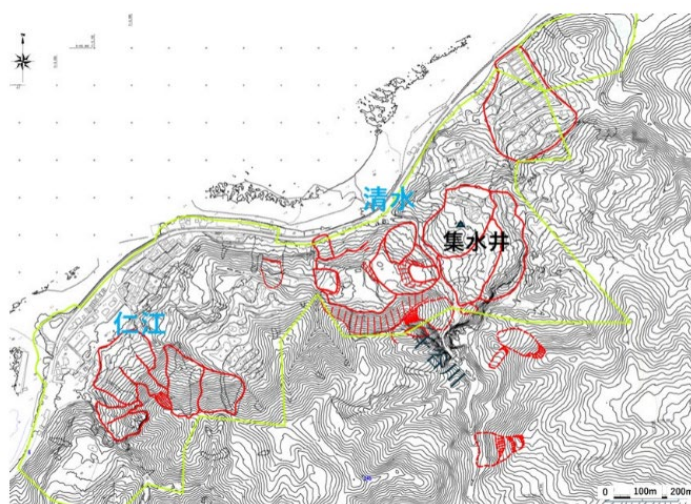


図6.7.1 清水地区の地すべり防止区域（清水・仁江地区）と区域内の地すべり分布¹³⁾

地震時に複数の地すべりブロックが滑動あるいは崩壊したことにより，仁江地区では，9

名の尊い人命が奪われた。また、両地区とも人家や道路が被災した。地震により複数の新たな地すべりが発生した（写真 6.7.1）が、清水地区の地すべり地形をなす傾斜 15° 程度の緩斜面で、既設の集水井工が被災した事例について述べる。

6.7.2 既設対策工の状況と効果

ここでは、写真 6.7.1 撮影位置付近の既設集水井（深さ 14m、直径 3.5m、ライナープレート製）が、深さ 8m でせん断を受けた（写真 6.7.2）。井筒が切断され、補強リングも破断しており、そこから上部が、下部に対し、西南西方向に最大約 1.5m 移動していた。また、せん断面より上側の井筒は、移動方向に直交するように圧縮を受けライナープレートが楕円形に変形し、谷側に傾いていた。集水井内のせん断箇所には、天蓋からの目視で灰色～白色の粘土様を呈する地盤が露出していた。

集水井内の湛水は確認されないことや、集水ボーリングから水が出ていたことから、2024 年 10 月 30 日時点で排水機能は失われていないとみられた。井壁では地表から 1.5m、3.5m 付近に湧水が見られたことから地下水位が高く、その排水に集水井は役立っていると推定される。

せん断を受けた集水井位置周辺では、幅 300m、長さ 200m 程度の範囲で地すべり地形を呈し、その移動体の傾斜は南西に約 15° である。地すべり地形を呈する範囲の末端部に位置する千谷川右岸では、南西傾斜の珪質シルト岩を崩積土が覆っているのが見られた（写真 6.7.3）。集水井を破断したせん断面は、このような流れ盤構造に沿って生じている可能性がある。集水井の背後には、段差キレツが断続していたが、位置的に近接しているのと、比高が 0.5m 程度であり、集水井をせん断させた地す



写真 6.7.1 山地斜面で発生した地すべり（中央）と、集水井の設置されていた地すべり地形をなす緩斜面（手前）

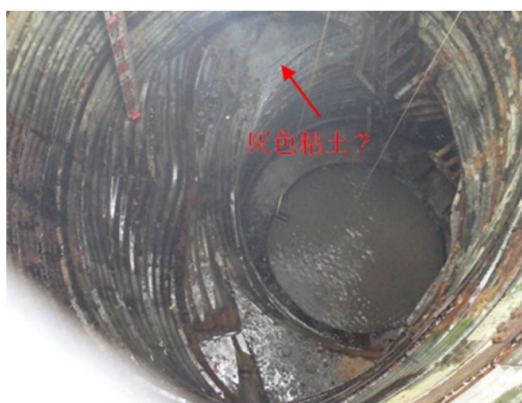


写真 6.7.2 深度 8m で約 1.5m 横方向にせん断を受けた集水井（せん断面に灰色粘土様の土層が見える）



写真 6.7.3 南西方向に傾斜する珪質シルト岩（千谷川右岸）

べりの冠頭部とは考えにくい。

6.8 深見地区

6.8.1 深見地区の概要

深見地区は、輪島市市街地の東約7kmに位置し(図4.1)、昭和37年に地すべり防止区域に指定され、石川県土木部で地すべり対策を実施している。図6.8.1に深見地すべり防止区域の地形と対策工の配置を示す。

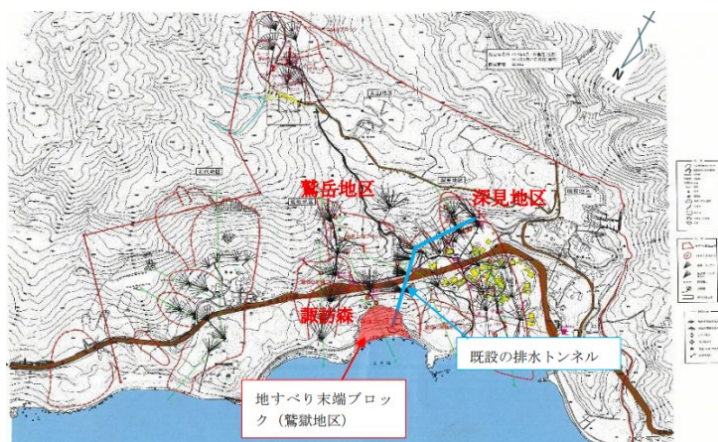


図 6.8.1 深見地区の地すべりブロックと対策工位置の平面図(石川県土木部¹⁴⁾に加筆)

当区域は、西側にある深見地区と東側にある鷲岳地区からなる。

鷲岳地区の北側(海岸側)にある諏訪森(85m)が、石英安山岩からなる不動地盤をなすため、鷲岳ブロックの地すべり移動方向が西向きであることや、深見地区の地すべり末端が海岸線沖合の海底にあることが特徴となっている¹⁹⁾。

調査地は、主に新第三紀中新世穴水累層の分布域にあり、国道249号線の海側に石英安山岩で構成される諏訪森岩体が貫入している。その背後(南側)に存在する既存地すべりブロックには主に凝灰角礫岩が分布する。

1999年度概成に至るまで、集水井・排水トンネル、横ボーリング等の地下水排除工を主体として地すべり対策がなされてきた。その結果、気象庁輪島測候所で観測史上4位及び1位のそれぞれ梅雨期・秋雨期の降水量があった際にも、深見地区では、地下水位上昇が認められず、計器観測での顕著な移動量増大も記録されなかった¹⁹⁾。

6.8.2 既設対策工の状況と効果

(1) 不動とされた岩体での崩壊と施設損傷

調査は、2024年10月29日に行った。今回の地震では、深見地区・鷲岳地区で顕著な地すべり変動は報告されていないものの、諏訪森北側斜面(末端ブロック)での崩壊及び法枠・鉄筋補強土工破壊と、1982年に完成した排水トンネル(坑壁保護はライナープレート)(図6.8.1の青線)の坑口近くの区間で顕著な施設破損が生じた。

石英安山岩からなる諏訪森の北斜面(地すべり末端ブロック)で、地震時に最上部から崩幅約120m、崖高さ30mの崩壊が発生した(写真6.8.1)。末端ブロックの滑落崖は急崖をなし、石英安山岩には、高角の節理が発達し、一部はまだ不安定化した状態で斜面上に残存している(写真6.8.2)。また、斜面下部に堆積する崩壊土砂は、硬質な岩塊が主体のように見える。このような特徴から、末端ブロックにおける崩壊の発生は、急崖部にて緩んだ岩盤が地震動により節理に沿って崩落したものと考えられる。また、その西側では、

2007年能登半島地震時に崩壊が生じたため、吹付法
 枠工と鉄筋挿入工が施工された。施工斜面は、今回
 の地震で座屈により変形した状態で確認され、末端
 ブロックでの崩壊の際に、かろうじて崩落を免れた
 ものとみられる（写真6.8.1）。末端ブロックでは、
 鉄筋工により抑えられていた表層付近の岩盤より深
 い深度で変動が生じたとみられる。一方、諏訪森背
 後の国道249号には顕著な変状は認められなかった。



写真 6.8.1 末端ブロックの崩壊と座屈した法枠工（写真中央上とその右）

（2）排水トンネルの損傷

排水トンネル（延長 424m）はライナープレート製
 で、諏訪森岩体の海側を坑口として、深見地区の地下
 水位を低下する目的で、深見地区地すべりブロックの
 頭部付近まで掘進された。上方斜面の既往対策によっ
 て、坑口背後の斜面地表には変状は見られなかった。



写真 6.8.2 高角度な節理が発達する排水トンネル坑口上方の石英安山岩露岩

一方、トンネルの変状は、坑口から約 30m の地点ま
 で、底盤コンクリートの破壊、坑壁のはらみ出しや天
 井の沈下などが見られた。写真 6.8.3 にその状況を示
 す。

- ・ 5m～15m 付近：底板の変形，側壁部のはらみ出
 し（写真①）。
- ・ 20m 付近：底板部が側壁のはらみ出し
 により盛り上がるような変形。変状著
 しい（写真②）。
- ・ 30m 付近：トンネルライナープレート
 がせん断変形（沈下？すべり？）。地山
 が表れている（写真③）。
- ・ ボーリング室の横ボーリング工の 2～3
 本（全体 10 本程度）は良く集水してい
 る（写真④）。

トンネルは、坑口から 23～30m 付近で最
 も変状が激しく、30m 付近では、天井で岩
 盤の沈下とライナープレートの鉛直ズレ
 による破断が生じていた。この破断状況は
 鉛直方向への変位が生じたことを示す。ま
 た、トンネル天井が大きく内側にへこみ、
 底盤のコンクリート製水路が下から突き上



写真 6.8.3 排水トンネル内の状況

げられるように破壊されている。天井の破断も併せて推定すると、末端ブロックの岩盤中で変位が生じた可能性がある。また、この区間では、鋼製支保工の設置間隔が狭く、密に設置されているので、トンネル掘削時にも変位が生じたことも推察される。末端ブロックでの崩壊頭部での変動を誘因として、高角度の節理面に沿って落盤が発生し、その際のトンネル底盤の反作用としての地盤反力によって底盤の亀裂が発生した可能性がある（図 6.8.2）。

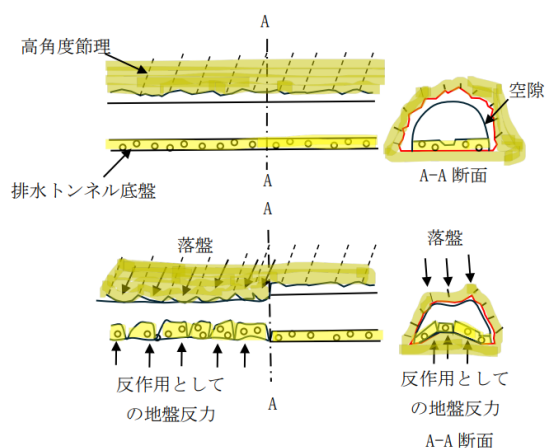


図 6.8.2 排水トンネルの推定変状機構

これより奥側は、水路の亀裂やライナープレートの変形、ボルトの破断等の変状が認められるものの、いずれも軽微で、ボーリング室も顕著な変状はなく、集水効果が認められる。

6.9 白米千枚田地区の概要

6.9.1 白米千枚田地区の概要

白米千枚田地区は、輪島市白米町にある農林水産省所管の地すべり防止区域である（図 4.1）。

当地区は、地すべり地形をなし、その移動体部分が典型的な棚田景観を見せる地すべり地であり、2011年に世界農業遺産「能登の里山里海」にも指定された（写真 6.9.1）。1684年の大規模地すべり、1729年の地震による山崩れで田の大半を失う事態となり荒地化したが、明治の前半に現在の近い棚田地帯が形成された²⁰⁾。農地保全・棚田維持のため、これまで県営地すべり対策事業で、集水井や水抜きボーリング、地表面水路工や海岸侵食対策工などの対策工事が実施されてきた（写真 6.9.1）。



写真 6.9.1 地すべり移動体が千枚田の景観をなす白米千枚田地区（2024年9月豪雨前撮影）

6.9.2 既設対策工の状況と効果

地震によって開口亀裂や管理用道路や水路のずれ・破損が生じたが、これらは連続性の無いもので、ブロック全体の滑動を示すような地すべり変状は生じていないとみられた。その後、9月豪雨によって棚田斜面の下部や末端部に崩壊が数か所発生した。

棚田地にある集水井には特に変状は認められなかった。調査時には、棚田地の小規模な表層崩壊が認められた（写真 6.9.2）が、地震後の点検写真では見られないことから、9月豪雨による崩壊とみられる。このような崩壊は、地すべり地形の崩積土からなる移動体地盤での、人力による小規模棚田造成のため、強震動で亀裂やゆるみが発生しやすかったことや、

コンクリート水路にも開口キレツが生じたところに、9月豪雨で雨水や表流水が浸透したことが、表層部の崩壊に繋がった可能性がある。

棚田地にある、U字溝連結の縦表面排水路が海岸方向に押し出され、末端の集水柵との連結点背後で折り重る現象が見られた(写真6.9.3)。水路に直交する管理通路に土砂が押し出していないことから、軟弱な地盤に対し剛で斜面傾斜方向に連続する水路構造物が、地震時に前に押し出され、柵との連結点で座屈を生じたものと推定している。



写真 6.9.3 Cブロック末端での表面排水路の折り重なり(同じ箇所
で、右写真ではU字溝が下側のものを前倒させて乗り越えている)

地すべり地形が海岸に面する末端部では、滑落崖と崩壊土砂が幅30m程度にわたり生じており、鋼管杭の頭部が斜面下方へ傾いた形で露出していた(写真6.9.4)。この崩壊は地震後の空撮画像で見られないので、豪雨によるものとみられる。



写真 6.9.4 海岸に面する地すべり地形末端部で生じた崩壊による鋼管杭の露出・傾倒

6.10 栃木地区

6.10.1 栃木地区の概要

栃木地区は、輪島市の市街から南西約20kmの門前町栃木(とちのき)にある林野庁所管の地すべり防止区域である(図4.1)。八ヶ川水系栃ノ木川上流に位置し、標高200m以下の丘陵性山地からなり、地質は、古第三紀漸新世～中新世の非海成の砂岩・砂岩/泥岩互層および砂岩・泥岩からなるが、現地では礫岩も認められる。

この地区での地震時地すべり発生の特徴として、地震後の緊急点検により、既往の地すべり対策のための調査で巨大地すべり地としていた滑落崖地形やその下の陥没帯の方向から推定される北北東方向への地すべり移動と異なり、北西～北方向に地すべり滑動が生じたとされる²¹⁾(図6.10.1)。

6.10.2 既設対策工の状況と効果

この地区では、石川県による地震後2月の緊急点検により、既往の地すべり対策施設を含む広範囲の地すべり調査²¹⁾が実施された。ここでは、集水井工、アンカー工、横ボーリング

工、水路工、鋼管杭工、かご枠工等の複数の工種が同じブロック内で実施されていた北東部範囲のA-1、A-3、B-1ブロックについて、地震による地すべりの発生状況及び、既設地すべり対策工への影響発生状況を調査した。

同地区では、地震により地すべりが滑動し、斜面内に新たな連続する頭部亀裂

が確認された。それらは、図6.10.1のA-3ブロック（青色破線が既往地すべり対策事業でのブロック範囲）の背後、A-1ブロックの上部、B-1ブロックの中部に現れ、それらは連続しているとみなされた(図6.10.1)。一方で、末端位置は、後述するような変状の現れた範囲から、ブロックごとに異なっているとみられた（図中の桃色破線範囲）。

(1) アンカー工

A-1ブロック末端には2段のアンカー工が施工されていた(図6.10.2中の緑色四角群)。同図の下部に並ぶ四角が各アンカー体を示すが、その施工区間(アンカー本数:73本)のうち西半部の35本で損傷が見られた²¹⁾とされる。

変状は、アンカー頭部が10~20cm位飛び出しているものや鋼線の脱落、また、飛び出しの衝撃で頭部キャップが周辺

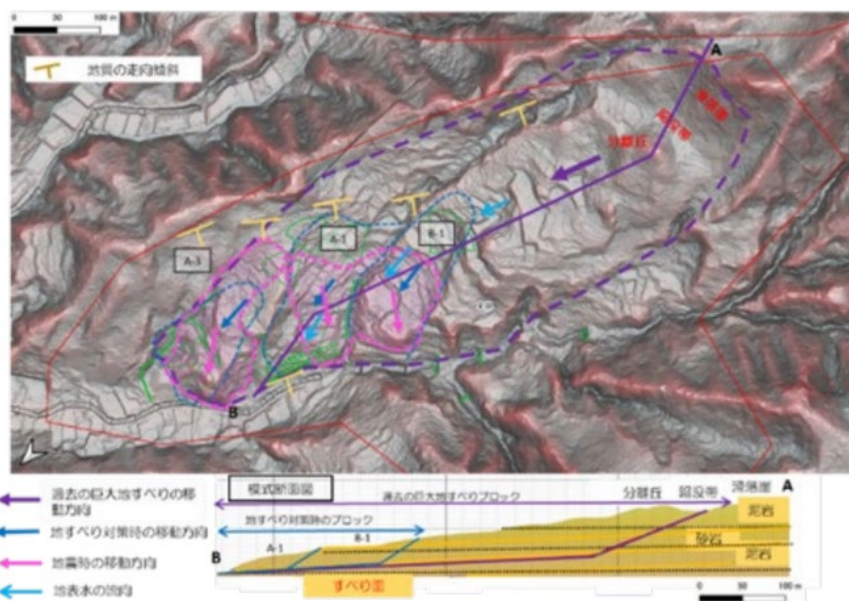


図6.10.1 栃木地区の地すべりブロックの地形・地質状況と地すべり移動方向²¹⁾（紫：大規模地すべりの移動方向、ピンク：地震で滑動した地すべりブロック、赤：地すべり防止区域）



図6.10.2 既往地すべりブロックと地震で生じた地すべりブロック範囲及び対策工の変状発生状況²¹⁾

に散乱するケースが見られた（写真 6.10.1）。当該アンカーはキャップ内に防錆油のインナーキャップがあるタイプのもので、アンカー体が破断し飛び散るとキャップを突き抜け周囲に油が飛散することがあるが、それは見られない。頭部背面に鋼線が見えない所もあることから、多くが定着部での定着切れではなく、自由長部での破断またはアンカーヘッドのくさび脱落による鋼線の戻りもしくはくさび部での破断と考えられる。

一方、アンカーの受圧板は、現場打ちコンクリート擁壁で、そのブロックごとに目的地材が設置され各々が接していたが、地すべりによって受圧板にズレや 30～50cm 程の隙間が生じていた。

（2）集水井工

図 6.10.2 の A-1 ブロック中央部の集水井工 H10（平成 10 年施工）は、2 月時点で、深さ 5.7m でせん断され、上部が北方向に 1.5m 移動するとともに、移動方向に延びるようにライナープレート井壁が楕円形に変形していた。当時は排水ボーリングが機能し吐き出し口から排水があったが、当調査の際（2024 年 12 月 3 日）は地表まで湛水していた（写真 6.10.2）。一方、A-3 ブロックの集水井では、2 月点検時に、深度 4.7～5.2m 付近で N10° W 方向に 0.5m 変位する変状が見られ、当調査の際も湛水は生じておらず、集排水機能は維持されていた（写真 6.10.3）。図 6.10.1 の断面方向にはほぼ水平な緩傾斜の砂岩・泥岩互層構造の中で浅い深度のすべり面が生じて、末端溪流に直交する地層の傾斜方向に変位したものとみられる。

（3）鋼製枠土留工

A-3 ブロックの末端部では、（2）の集水井のせん断に対応して、30～50cm 程度の隆起によって鋼製枠土留工が緩く波打つように変形し、枠を通して延びる横ボーリング工吐出し口が一部逆勾配になっていた。



写真 6.10.1 アンカー頭部の損傷状況



写真 6.10.2 地表まで湛水した集水井 (A-1 ブロック)



写真 6.10.3 A-3 ブロックの集水井（湛水は見られず、集水ボーリングからの排水も見られる）

6.11 縄又地区

6.11.1 縄又地区の概要

縄又地区は、輪島市街から南西 5.5km にある林野庁所管地すべり防止区域である（図 4.1）。当区域は、海拔 330m 以下の緩やかな山地をなし、全体に地すべり地形を呈している。全体斜面は北北西に平均 10° 程度で傾斜し、区域北端部に海拔 70-80m の狭い谷底平野があり人家・水田と国道 249 号が存在する。

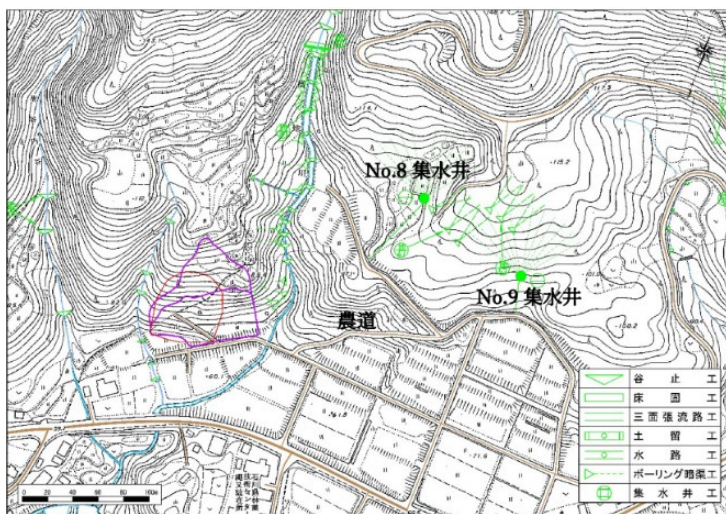


図 6.11.1 縄又地区の調査域と地震による地すべり発生域（赤線範囲）と 9 月豪雨による拡大（紫線範囲）（緑色で石川県²²⁾による

地すべり対策工の位置を示す）
山地斜面の基盤地質は、古第三紀漸新世～新第三紀中新世の非海成の砂岩・泥岩及びそれらの互層からなる。

調査は、図 6.11.1 に示した谷底平野に面する斜面に地震で発生した地すべり地と、既設集水井工のある西隣の斜面で行った。

6.11.2 既設対策工の状況と効果

図 6.11.1 の、開口亀裂の認められた農道から南側は杉林地で傾斜 10-20° 程度の丘陵地（地すべり地形と見られる）となっている。その北側には農地が広がっている。

農道に沿って、東西方向に延びる幅 10cm 程度の比較的新しい開口亀裂が 10 数m程度連続する。下部斜面（畑地の法尻）の排水口付近にやや斜面の孕みだしが見られた。全体に後述する東側斜面より変状の程度が小さい。

No.9 集水井は発見でき、ライナープレート製井壁は変形も無く湛水も見られないこと、集水ボーリングからの排水も見られたので、集・排水機能は維持されていると言える（写真 6.11.1）。一方、住民への聞き取りでは、集水井からの排水は地震以前は出ていて、排水口から農地へ灌漑水を引いていたとのことであった。No.8 集水井は発見できなかったが、令和 2 年 5 月の石川県による点検では、特に異常は無く、地震後の点検でも存在が確認された²²⁾。



写真 6.11.1 No.9 集水井の状況

一方、これら集水井のある斜面と溪流を隔てた隣接斜面で、地震によって図 2.6 に赤線の囲まれた範囲で幅 60m、奥行き 60m の規模の地すべりが生じた（写真 6.11.2）。さらに 9 月豪雨で紫線の範囲に拡大した。ここには、令和 4 年（2022 年）10 月に幅 20m、奥行き 15m の地すべりが生じていたとのことである。同斜面には、西側

の溪流から横ボーリング工数本が存在したようであるが延長が短く(図 6. 11. 1), 地すべり発生範囲の排水には寄与していなかったとみられる。



写真 6. 11. 2 頭部滑落崖(左)と土砂流出で岩盤面の露出した地すべり(右)

7. 調査結果からみた地震での斜面安定化対策工の損傷及び地すべり発生防止効果

7. 1 対策工損傷の特徴

以上、計 11 箇所の地すべり防止区域の施設の状況について述べてきたが、まず、その結果から明らかとなった、地震時に生じた斜面安定化対策工の損傷について述べる。

アンカー工では、5 地区中 3 地区で変状が見られた。損傷形態はさまざまであり、アンカー工が多段で設置されていて、斜面上部のみ破断が生じたなどの事例(鹿磯)もみられ、斜面に平行に堆積した緩んだ砂層の存在が関係した可能性がある。法枠工+鉄筋挿入工では、3 箇所で損傷が見られ、深見地区では、過去の地すべりに対しては不動地盤とされながら、今回の地震時に、地すべり滑落崖の上部にある節理の発達した石英安山岩中で変位を生じたために法枠工で座屈破壊が確認された。

抑止杭工は、白米千枚田・栃木の 2 地区で確認したが、本数も少なく、前者で視認できる杭頭の傾きが見られたが、変状状況は明確でない。後者では、1 本の杭頭であるが、その山側のみに空隙が見られ、すべり面での変位に対して杭が変形しながら抑止効果を発揮したと推察された。

集水井工は、8 事例を確認できたが、2 箇所(清水・栃木)の 3 事例で、想定していない浅い位置に変位が生じ、ライナープレート製井筒のせん断と変形が見られた。しかし、2 事例では、せん断変位が井筒直径の半分程度以内であったためか、調査時でも集水機能は維持されていた。一方、栃木地区では 2 月時点では排水機能があったものの調査時に地表まで湛水していた。浅いすべり面またはせん断面の発生が 2 地区で見られたが、いずれも流れ盤をなす層状岩盤で生じていた。流れ盤をなすような連続性がある弱層の存在するような斜面では、地震時に浅いすべりの発生に留意する必要がある。

深見地区では、排水トンネルの坑壁の変形・沈下と顕著な底盤コンクリート(水路を含む)の変形が見られたが、おそらく、強震動によって不動岩盤と想定された部分まで岩盤節理に沿った沈下を含むズレが生じた可能性が指摘された。しかし、その後の石川県による調査から、トンネル天井部のせん断位置は、地表で沈下を生じた節理位置の延長上には無いことから、地すべりも含め発生原因を検討中とのことである。

地表水排除工は各所に見られるが、亀裂発生などは斜面変動と関係なく生じることもあ

る。地すべり地の軟質な粘性土上のU字溝を連結した水路が前方に押し出され、集水桝との連結部の背後で座屈し、折り重なった例が見られた。

横ボーリング工（ボーリング暗渠工、水抜きボーリング工）については、石川県による既往点検結果にもとづき、稲舟地区で、限られた数であるが確認した。施工が古いと発見が難しく、今回の地震で排水の有無や量などの点から機能が変化したかについての判断は難しいことがある。

7.2 安定対策工の効果について

今回の調査箇所では、地形的に、海岸沿いの海食崖地形や谷沿いの沖積平地や溪流に面する斜面などでの地すべり発生事例が多かった（8事例）。これは、末端侵食で不安定となっている斜面での地すべり発生事例が多いことも示唆する。現地の周囲の湛水状況などから地下水位が高い所で生じやすい可能性がある。

似たような地形・地質条件にある地下水排除工やアンカー工施工斜面では大きな変位は生じず、無対策であった隣接斜面が地すべりを起こした事例が4地区であった。

地震により発生の多い急傾斜地の崩壊や滑落タイプの地すべりを起こさせず、小規模な変位で済んだ事例は、群として機能を発揮する鉄筋挿入工・法枠工やアンカー工あるいはその組み合わせた対策を施した斜面で確認された。さらに、棚田で利用されているような緩斜面では、概して変位の大きい地すべりは生じず、局所的な切盛土や過去の地すべり地形の頭部での亀裂・段差発生で済んだケースも多く、田近²³⁾も同様の点を指摘している。能登地方では保全対象のある多くの地すべり地で地すべり対策事業が実施されており、とくに緩斜面で多用される集水井工や表面排水路などが地下水排除機能を持っていれば、斜面の安定度が高かった可能性もある。このためには、定期的な施設点検と維持補修も、地震地すべり対策に有効といえる。

さまざまな対策工の相加効果と見られるケースもある。栃木地区では、集水井はせん断されたものの排水機能は維持されており、末端部の鋼製土留工が若干隆起したが最小限に抑えられたブロックが確認された。

地下水や地表水の排除工は、地すべり移動方向や地震力の強く働く方向に関係なく、間隙水圧を低下させることで斜面の安定化に役立つ。馬場地区では、地下水排除工の施工されたブロックでは変動が無かったのに対し、未施工の隣接ブロックで地すべりが発生した。中村ほか²⁴⁾は、既設地下水排除工による地下水位低下と地すべり発生との関係を、M7.0クラスの3つの地震で調査し、事例は少ないものの地下水位低下が小さいケースで地すべり変動が起こったとしている。これらのことから、地下水排除工による排水が平時の斜面の安定度を高め、地震時の地すべり発生を抑制している可能性がある。

強震動や主に新第三紀層の比較的脆弱な地質、および、当初のすべり面より浅いすべり（せん断）が生じたり、地震時の地すべりあるいは移動地塊の変形が生じたことによって、集水井が傾倒する事例が見られた。

今回の地震では、アンカー工での被災事例が他箇所でも報告されている（例えば、日本地すべり学会令和6年能登半島地震調査団²⁵⁾）。道路法面などで多用されていることから、早い段階での点検が行われた点や、視認しやすい斜面安定化対策施設という面もある。斜面を覆う脆弱な砂層という地盤の地震時挙動が原因とみられる損傷ケースもあるが、調査した範囲では、アンカー体が抜けている箇所は少なかった。一方、事例の多い頭部での損傷の点で、比較的短期間での劣化の問題としてアンカー頭部の防食の必要性が挙げられる。さらに、アンカー工の構造・機能に精通する調査団員の川崎廣貴氏によれば、アンカー引き抜き方向の軸力によるよりも、アンカー変位の方向とすべり面に沿う地盤変位方向が異なるためのせん断変位による破断が生じやすいとの指摘があった（とくに待ち受け型の場合）。このようなアンカー工での地震地すべりによる損傷機構とそれを考慮した設計の検討などの課題も挙げられる。また、斜面の変位は最小限に抑えられたものの地震後の現地試験によって過緊張状態や緊張力の低下が認められたケースも複数あった。アンカー工については損傷事例を収集・分類して適切なアンカー工の構造や設計の検討が必要と思われる。

8. おわりに

以上、令和6年能登半島地震による斜面安定化対策施設の実施斜面や周辺斜面及び施設自体の被災状況と、地震発生時の地すべり発生抑制効果について、実態調査結果を述べてきた。箇所数が少なく、短時間での調査結果にとどまり、考察が不十分な点は否めない。

今後の課題としては、まず、これまで明らかとなった斜面防災に関わる各機関や学協会等の調査・研究結果等とも照らし合わせて、地震時の斜面での地すべり発生・変動機構や既往対策工の地震時の挙動や地すべり発生を抑える機能について検討することが望まれる。

一方、施設の被災だけでなく、地震を考慮していない既存の地すべり対策工が、地震時の斜面変動の抑制・抑止にどのような形で役割をなしているか、という視点での整理も重要である。地下水排除工を施した緩斜面で顕著な地すべり発生が少なかったことは、既往の斜面安定化施設が地震時の地すべり発生抑制に役立っていることを示唆していると思われる。この点からも、既往施設の維持管理が重要といえる。

【謝辞】

今回の調査では、国土交通省水管理・国土保全局砂防部、同省北陸地方整備局、農林水産省北陸農政局、石川県庁土木部、同県農林水産部、（一社）斜面防災対策技術協会石川支部に、情報提供などで多大なご協力を頂いた。また、（公社）砂防学会令和6年能登半島地震緊急調査団地すべり部会の皆様には、現地にて合同調査・討議をさせて頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 HP：石川県能登地方を震源とする地震による土砂災害発生状況（2025年1

- 月 28 日 13:00 時点), 令和 6 年能登半島地震による土砂災害発生状況,
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/content/001860634.pdf>, (参照日: 令和 8 年 3 月 18 日)
- 2) 檜垣大助, 綱木亮介(2025): 令和 6 年能登半島地震での調査団活動概要報告, 斜面防災技術, 52-1, (一社)斜面防災対策技術協会
 - 3) (一社)斜面防災対策技術協会能登半島地震現地調査団(2025): 令和 6 年能登半島地震での調査団報告(その 1), 斜面防災技術, 52-2, (一社)斜面防災対策技術協会
 - 4) (一社)斜面防災対策技術協会能登半島地震現地調査団(2025): 令和 6 年能登半島地震での調査団報告(その 2), 斜面防災技術, 52-3, (一社)斜面防災対策技術協会
 - 5) 内閣府 HP: 1. 令和 6 年能登半島地震の概要, 特集①令和 6 年能登半島地震, 広報誌「ぼうさい」, 第 109 号,
https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/r05/109/special_01.html (参照日: 令和 8 年 3 月 18 日)
 - 6) 内閣府 HP: 令和 6 年能登半島地震に係る被害状況等について,
https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/r60101notojishin/pdf/r60101notojishin_55.pdf, (参照日: 令和 8 年 3 月 18 日)
 - 7) 林桃代・岡崎佑亮・老月重敬・橋爪克典(2020): 石川県の斜面防災—石川県土木部砂防課における地すべり対策事例一, 斜面防災技術, 47-2, 3-11
 - 8) Sato, H. P., Doshida, S., Sato, G. Sato, M., Hayashi, K., Iwahashi, J., Yagi, H. (2026): Interpretation and classification of landslides triggered by the 2024 Noto Peninsula Earthquake (M7.6) for landslide inventory., Landslides 23, 953-968
 - 9) 北陸農政局 HP: 令和 6 年能登半島地震からの復旧への対応について, 農地地すべり「稲舟地区」,
https://www.maff.go.jp/hokuriku/kokuei/dogi/attach/pdf/noto_fukkyu-1.pdf, (参照日: 令和 8 年 3 月 18 日)
 - 10) 国土地理院 HP: 令和 6 年(2024 年)9 月 20 日からの大雨に関する情報,
https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R6_noto_heavyrain.html, (参照日: 令和 8 年 3 月 18 日)
 - 11) 石川県農業基盤課: 令和 5 年度県単農地防災事業 稲舟地区 地質調査業務報告書(図-1.4)
 - 12) 防災科学技術研究所 HP: J-SHIS Map, <https://www.jshis.bosai.go.jp/map/?ls=1¢er=140.7879680,39.94777349&zoom=12>, (参照日: 令和 8 年 3 月 18 日)
 - 13) 国土交通省能登復興事務所資料
 - 14) 石川県土木部資料, 2025
 - 15) 国土交通省 HP: 砂防 令和 5 年度の施設効果事例 R06.01.01_地すべり: 石川県輪島市馬場地区の事例(PDF),
https://www.mlit.go.jp/river/sabo/shisetsu_kouka/r5/r06_koukazirei-

monnzenmachi-banba_LS.pdf, (参照日：令和8年3月18日)

- 16) 国土交通省 HP：砂防 令和6年に発生した災害 令和6年能登半島地震に伴う対応<緊急的な地すべり対策事業>, <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/r6doshasaitop.html>, (参照日：令和7年6月)
- 17) 石川県 HP：地すべり対策事業, <https://www.pref.ishikawa.lg.jp/sabou/4jisuberi/>, (参照日：令和8年3月18日)
- 18) 国土技術政策総合研究所ほか (2008)：平成19年(2007年)能登半島地震被害調査報告書, 国総研資料第438号
- 19) 全国がけ崩れ地すべり対策協議会 (1986)：深見地すべりー地すべり記録集 19
- 20) 堀田卓 (2022)：Cover history 世界農業遺産「能登の里山里海」を代表する棚田「白米の千枚田」, Water, Land and Environment Engineering, Jan.2022, 46-47
- 21) 石川県奥能登農林総合事務所 (2025)：令和6年度 県単治山施設整備事業 栃木外6地区 応急調査業務報告書(輪島市門前町栃木外 地内)
- 22) 石川県奥能登農林総合事務所 (2025)：令和6年度 地すべり防止事業 縄又地区 調査設計業務報告書
- 23) 田近淳・千田敬二・金山健太郎・大津晃介 (2025)：能登半島北部の斜面変動のタイプおよび地すべり地形との関係, (一社)日本応用地質学会：令和6年能登半島地震災害調査団報告書, 45-53
- 24) 中村明・野呂智之・丸山清輝・ハスパートル・池田伸俊 (2011)：既往対策工による地下水位低下状況と地震による地すべり変動の関係, 日本地すべり学会誌, 48-5
- 25) 日本地すべり学会令和6年能登半島地震調査団：令和6年能登半島地震調査団A班(珠洲市) 調査速報, https://japan.landslide-soc.org/Reports/DisasterReports/2024/noto_a_241118.pdf, (参照日：2026年3月18日)

(文責：災害対応小委員会 檜垣大助, 技術活用委員会 綱木亮介)