

地形判読からみた令和6年9月能登半島豪雨による土砂洪水氾濫域の特徴

○下河敏彦(株式会社環境地質)

1. はじめに

令和6年(2024年)1月1日に発生した能登半島地震(M7.6)は、広範囲にわたる強震動と地殻変動を引き起こし、多数の斜面崩壊や地すべりを誘発した。さらに、同年9月の豪雨によって、地震による発生土砂の二次移動や新規崩壊、土砂洪水氾濫が発生した。

本報告では、地震による斜面崩壊の発生形態、その後の降雨による土砂洪水氾濫について、地形判読により発生場の特徴を整理した。

2. 判読方法

(1) 令和6年1月能登半島地震前後の地形変化

地震前の地形については、国立研究開発方針森林総合研究所が公開したCS立体図(標高データ2022~2023年)及び国土地理院基盤地図情報5mDEM(2m間隔の等高線を作成)を使用した。

地震後の地形は、林野庁と国土地理院が連携して実施した航空レーザ測量データが公開され、令和6年能登半島地震関連データポータルからダウンロードした。

- ・地形変化量データ(能登地域2024)
- ・CS立体図(能登地域2024)
- ・数値標高モデルDEM0.5m(能登地域2024)
1m間隔等高線を作成した。
- ・林野庁・簡易オルソ画像(能登地域2024)

(2) 令和6年9月能登半島豪雨後の地形変化

国土地理院が令和6年9月23~24日に撮影した空中写真を判読した。

2. 判読結果

2.1 地震以前の微地形分布

能登半島及び周辺海域の地質構造は、漸新世~前期中新世の北西-南東方向の引張応力場で発達した正断層群、中期中新世~後期中新世末の南北(~北北西-南南東)方向の圧縮応力場で形成された逆断層群、第四紀後半以降の北西-南東~北北西-南南東方向の圧縮応力場などで形成された逆断層及び撓曲群がある。この地質構造を反映し、主要河道は谷中分水界が形成され適従河川になっており、緩勾配区間が連続する。

地すべり地形は多数発達するが、地すべり土塊は河川からの比高数十m以上の侵食崖が連続し、土塊内部が溪流によって侵食されている古期地

すべりが多い。

地すべり地形のない一般斜面では、谷頭凹地及び1~2次谷、谷出口の沖積錐が形成されている箇所もあり、表層崩壊-土石流の発生した痕跡が判読できる。

土砂洪水氾濫の発生場は、河川の蛇行原および条里地割の発達する低位段丘が主体で、明瞭な比高の崖を持つ中~高位の河成段丘は非常に限定的である。

2.2 地震による地形変化

(1) 亀裂

小尾根などの突部で発生した縦走(詳細にみると雁行)亀裂や、山頂緩斜面や谷頭凹地での表層のモザイク状の分離、さざ波状に変形が発生している。亀裂に伴い段差が生じている箇所は根系がせん断され裸地が出現している。

(2) 急崖部の崩積土・岩屑の崩落

表土や薄い崖錐等、根系発達層が落下している。一部には岩屑なだれ状も含む。尾根に強震動が集中し遷急線から面的に土砂・岩屑が崩落する過程で、下方の特に急峻な谷壁斜面(基盤岩が浅い)の表層を削剥した結果広域に露岩地・裸地が発生した場所も多い。崩積土は概ね斜面尻に堆積するか、主要河川の合流部に錐を形成して停止していることが多い。

(3) 風化岩・岩盤の崩落

露岩した海食崖・地すべり滑落崖、堆積岩や火山岩の硬質部が崩落する。背後の斜面に多数の亀裂や緩んだブロックを残していることも多い。

(4) 大規模な土砂移動

大久保地区や八太郎峠西方尾根、市ノ瀬地区のように、地すべりや深層崩壊により流域界を含む変動、河道閉塞が生じている。

2.3 豪雨による地形変化

(1) 地震による崩壊・堆積土砂の再移動

地震によって斜面脚部や溪床に堆積していた土砂、地すべりや深層崩壊により大量に供給された土砂や流木の再移動が発生している。

(2) 亀裂の多い斜面の表層流出

地震後の亀裂が水分浸透を促進し、降雨時に斜

面の流動化を引き起こすことが確認された。亀裂の発生が降雨時に土壌の強度を低下させ、斜面崩壊を助長したことが想定される。

(3) 新規崩壊-土石流

1) 斜面崩壊-溪岸侵食

地震による亀裂や崩壊が不明瞭な斜面においても、表層崩壊が多く発生している。微地形単位では、谷頭斜面の側方部で、遷急線の下方が崩壊している事例が多い。CS 立体図では、肌色で表現されやや凹型の集水型斜面であり、落水線や侵食痕跡は不明瞭である。勾配は $35\sim 42^\circ$ である。

能登半島は降雨量が少ない地域に当たり、崩壊を伴う斜面災害の記録は 1985 (昭和 60) 年の複数回に降雨に伴い切土法面や道路の谷埋め盛土の崩壊がある程度である。崩壊の免疫性の観点から、風化土層が厚く残っていたこと、溪岸侵食を伴った低次谷は 15° 以上の土石流発生勾配の区間が連続していることが土石流被害の拡大要因になったことが想定される。

2) 路面排水の集中

CS 立体図を判読すると、林道や路網が集水型斜面を横断する箇所を中心として崩壊した箇所が認められる。豪雨による排水が路面に集中し、大量の溢水が斜面に流入し過剰間隙水圧の急上昇を招いたと想定される。

(4) 土砂洪水氾濫

1) 土石流

主要な沖積平野では、石川県によりハザードマップが作成されている。ハザードマップには、想定最大規模降による浸水想定区域が示されている。アメダス輪島観測所では 1929 年から降雨量が記録されているが、令和 6 年 9 月豪雨は 10 分間、時間雨量、連続雨量ともに、それまでの観測記録を大きく上回る規模となっている。さらに、令和 6 年 1 月に発生した地震による土砂の二次移動が発生しやすい状況にあって、土砂洪水氾濫は最大規模であったと判断される。

溪流からの土石流の氾濫範囲を判読すると、既存の沖積錐や扇状地の大部分を覆う土砂移動が発生している。このことは、この地域において土石流が、過去に繰り返し発生してきたことを示す。下河・稲垣 (2024) は、日本海側の土石流災害の調査を行い、斜面崩壊には免疫性が認められるが、溪床には崩壊残土や過去の土石流堆積物が残るため土石流の発生は繰り返されることを明らかにした。現在は令和 6 年 1 月能登半島地震によって供給された崩積土及び二次移動による堆積物

が多量に残っている状況であるため、今後も流木を伴う土石流災害のリスクが高いと判断される。

2) 洪水氾濫

河川洪水の氾濫範囲は蛇行原の広い範囲に及ぶ。1960 年代に国土地理院が撮影した空中写真では圃場整備事業以前の現地形を判読すると、流水部と比高のない蛇行原の水田は、河川の出水時の曲流・蛇行に挙動を示唆する配列となっている。

一方、条里地割が分布し蛇行原と比高 $1\sim 2\text{m}$ の段丘化した沖積面には、洪水氾濫の及んだ範囲と及ばなかった範囲が混在している。丹羽・須貝 (2022) は八戸平野において 6,670 ~ 2,780 cal BP の較正年代を示す淡水成の上方細粒化砂泥層 (砂質河川堆積物) が堆積する地形面が連続し、約 2m の比高を有する崖によって段丘化していることを指摘し、この段丘の分布範囲が想定最大規模降雨の際の浸水想定区域に含まれることを踏まえると極度に規模の大きい低頻度洪水の際に浸水し得ることが示唆されると指摘している。この「極度に規模の大きい規模」令和 6 年に発生した一連の地震・豪雨が該当するかは、年代測定を踏まえ土砂移動履歴を明らかにする必要がある。

3. 今後の展望

ハザードマップには、地形発達史や土砂災害履歴、地質構造を反映する微地形に基づくゾーン区分し、不安定土砂の定量的な解析結果を合わせて示すなどの高度化が求められる。このような結果に基づいて地域防災単位を示し、住民が注意すべき土砂の起源や移動・堆積の範囲を意識しやすくなる必要がある。

能登半島のような中山間地域では、河川の洪水溪流からの流木を伴う土砂洪水氾濫が複合的に発生する。地すべり地形の安定性の適切な評価も急務である。このためには、令和 6 年 9 月の豪雨によって生じた地形変化に対しても、地震後と同様 0.5m 以上の地形情報が整備され、地形発達史的観点からハザードの規模と頻度、地形場の安定性を評価することが重要である

文献

- 1) 下河敏彦・稲垣秀輝 (2024) : 微地形判読による 2022 年 8 月新潟県北部豪雨と 1967 年 8 月羽越豪雨との土砂災害の比較, 応用地質, Vol165, No4, pp. 148-154
- 2) 丹羽雄一・須貝俊彦 (2022) : 青森県・八戸平野における地形分類図と洪水ハザードマップの比較, 地学雑誌, Vol131, No5, pp. 557-563