

平成 19 年（2007 年）能登半島地震
「斜面災害総合調査サブワーキンググループ」による
能登半島地震調査 速報版

平成 19 年 4 月

目次

1. はじめに	1
2. 現地調査のルートマップ	2
3. 能登半島の地形・地質	
3. 1 地形	3
3. 2 地質	5
4. 活断層と被害	7
5. 斜面崩壊	
5. 1 岩盤崩壊・落石	9
5. 2 盛土崩壊	13
5. 3 土石流	20
5. 4 地すべり	23
6. まとめ	24

1. はじめに

平成19年3月25日午前9時42分頃、能登半島沖を震源とするマグネチュード6.9と推定される震度6強の強い地震が発生した。人命、資産およびライフライン等の社会基盤に対する被害が報告され、多数の住民の方が避難されている。また、液状化や斜面崩壊等の地盤災害も多発した。

土木学会および地盤工学会では合同で災害調査団（団長 宮島昌克 金沢大学教授）を現地に派遣し、現地調査および支援を開始した。土木学会・地盤工学委員会・斜面工学研究小委員会では、「斜面災害総合調査サブワーキンググループ」による能登半島地震調査を以下のとおり実施したので、ここに速報として報告する。

目的：能登半島地震で発生した斜面災害（盛土法面，自然斜面，落石等）の現地調査
メンバー（8名）

代表 後藤聡（斜面工学研究小委員会委員長，山梨大学大学院）

副代表 稲垣秀輝（斜面工学研究小委員会 副委員長，㈱環境地質）

岩佐 直人（日鐵住金建材㈱）

上野将司（応用地質（株））

太田英将（（有）太田ジオリサーチ）

櫻井正明（（財）林業土木コンサルツ技術研究所）

鈴木素之（山口大学）

平田文（日特建設㈱）（以上，斜面工学研究小委員会 委員）

調査期間：平成19年3月30日（金）～4月1日（日）

2. 現地調査のルートマップ

現地調査のルートマップを図 2.1 に示す。

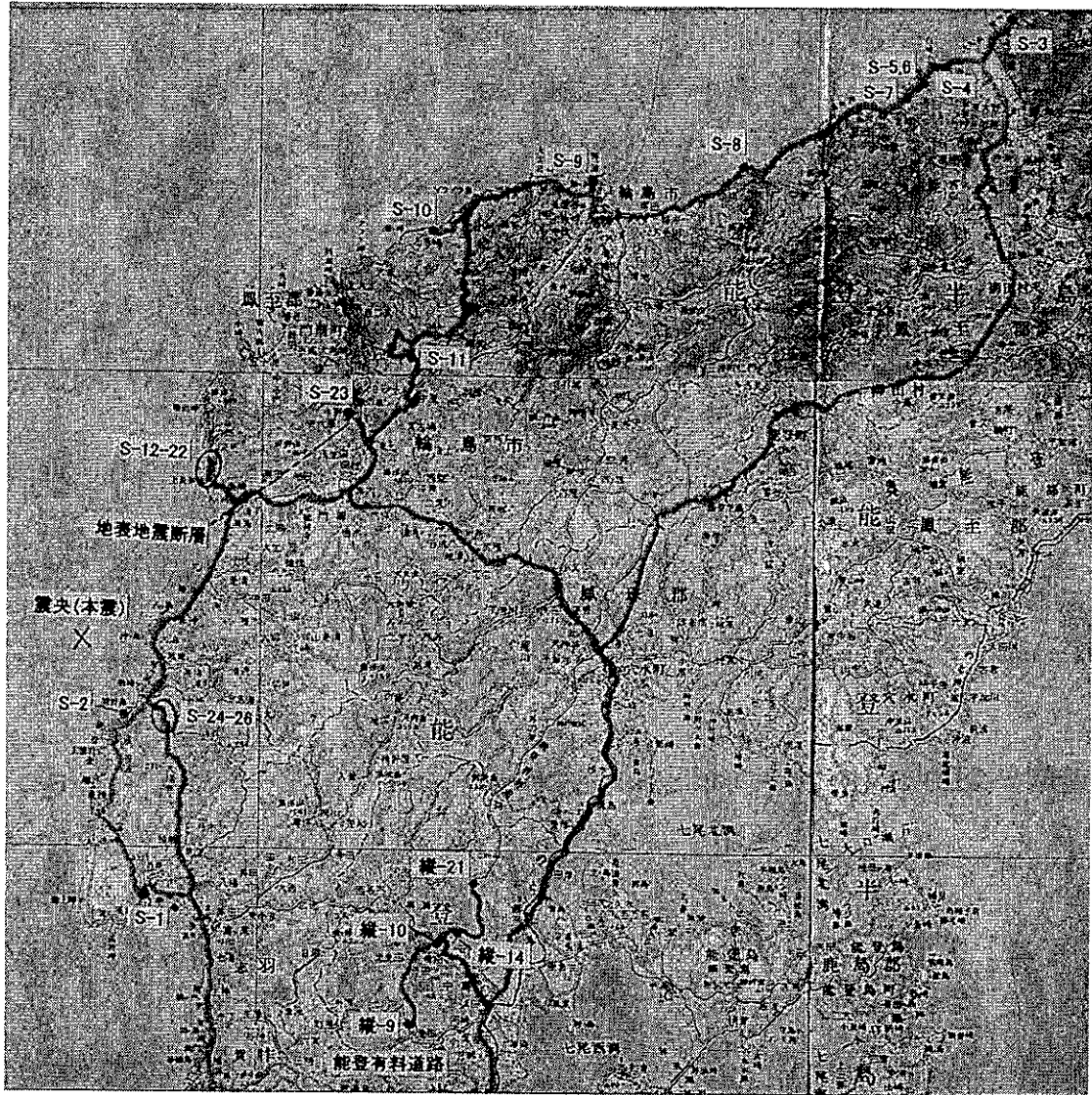


図 2.1 現地調査のルートマップ

3 能登半島の地形・地質

3.1 地形

能登半島の山地部は七尾市と羽咋市を結んで北東・南西に延びる地溝帯の低地によって南北に分断されている。地震被害が大きかった半島北半部の地形は、北の海岸沿いに標高300～500m級の丘陵性山地が延びている。それに対して、南側の内陸部は標高200～300mの丘陵になっており、広い範囲で標高200m以下の平坦面をもつ海成段丘面を形成している。半島内には大河川がないため、海岸の沖積低地の分布は局所的で狭小である。沖積低地の海岸沿いには砂丘が発達し、その背後には後背湿地が形成されている。

図3.1.1は半島北西の日本海上空からの被災地域の鳥瞰図である。北海岸と西海岸はやや起伏に富む山地であり、著しい海食作用を受けて急崖斜面（海食崖）が発達する様子が見られる。これに対して内陸部は中小河川の浸食を受けているが起伏の小さな丘陵性の地形が広がる。半島北半部の中央には能登空港があり、その周辺一帯の地形はなだらかな丘陵地帯で、標高200m前後の定高性の平坦面をもつ海成段丘が発達している（写真3.1.1）。

以上のような地形を反映して、急崖の続く海岸線は風光明媚な観光ルートとして開発され、起伏の小さな内陸部は比較的交通路が発達している。また、盛土を除く斜面崩壊の多くが海岸沿いに発生したこともこのような地形に一因があるものと考えられる。

能登半島は地すべり災害の多い地域として知られ、半島北半部での地すべり地形は起伏に富む北海岸と西海岸に近い山地部に密集して分布する²⁾。今回の地震により、地すべり地形の一部にクラックが入ったものがあったが、地すべり地形に対応する明瞭な地すべり変位は認められなかった。

1) 紺野義夫；日本の代表的な地すべり4「胡桃・五十谷」,アーバンクボタ, No20, pp.8-9, 1982.

2) 宮城豊彦、清水文健；1:50,000 地すべり地形分布図「能登半島北部」, 独立行政法人防災科学技術研究所, 内山庄一郎（地図調整）, 2007.

http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/jisuberi/jisuberi_mini/index.asp

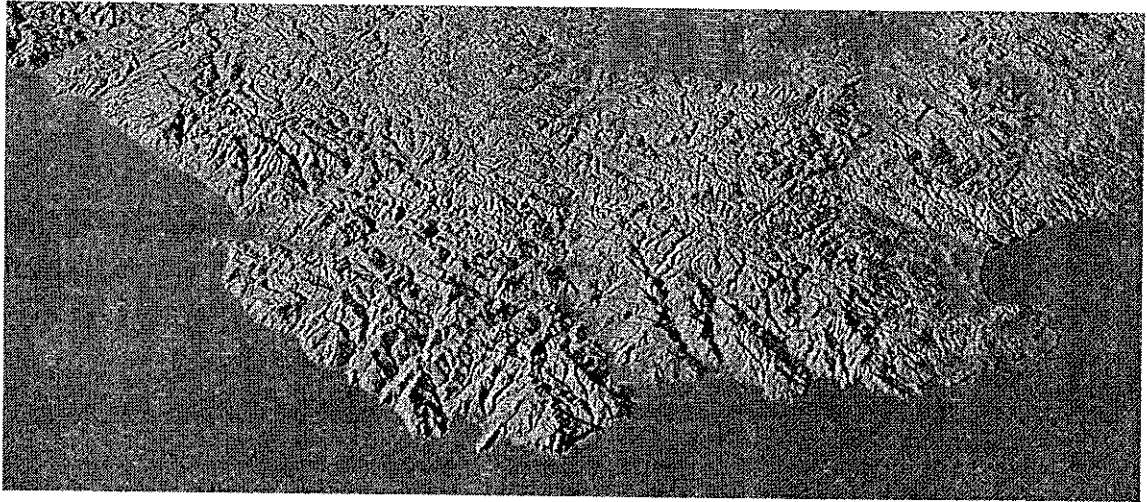


図 3.1.1 能登半島北西の日本海上空からの被災地域の鳥瞰地形（国土地理院数値地図 50m および地図ソフト「カシミール 3D」を使用）

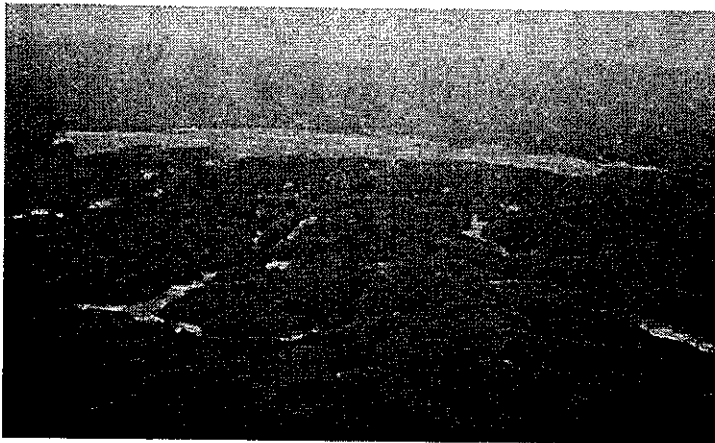


写真 3.1.1

能登空港と周辺の丘陵性段丘地形（標高 200m 前後）、背後は標高 300～500m 級の半島北側の海岸沿い山地

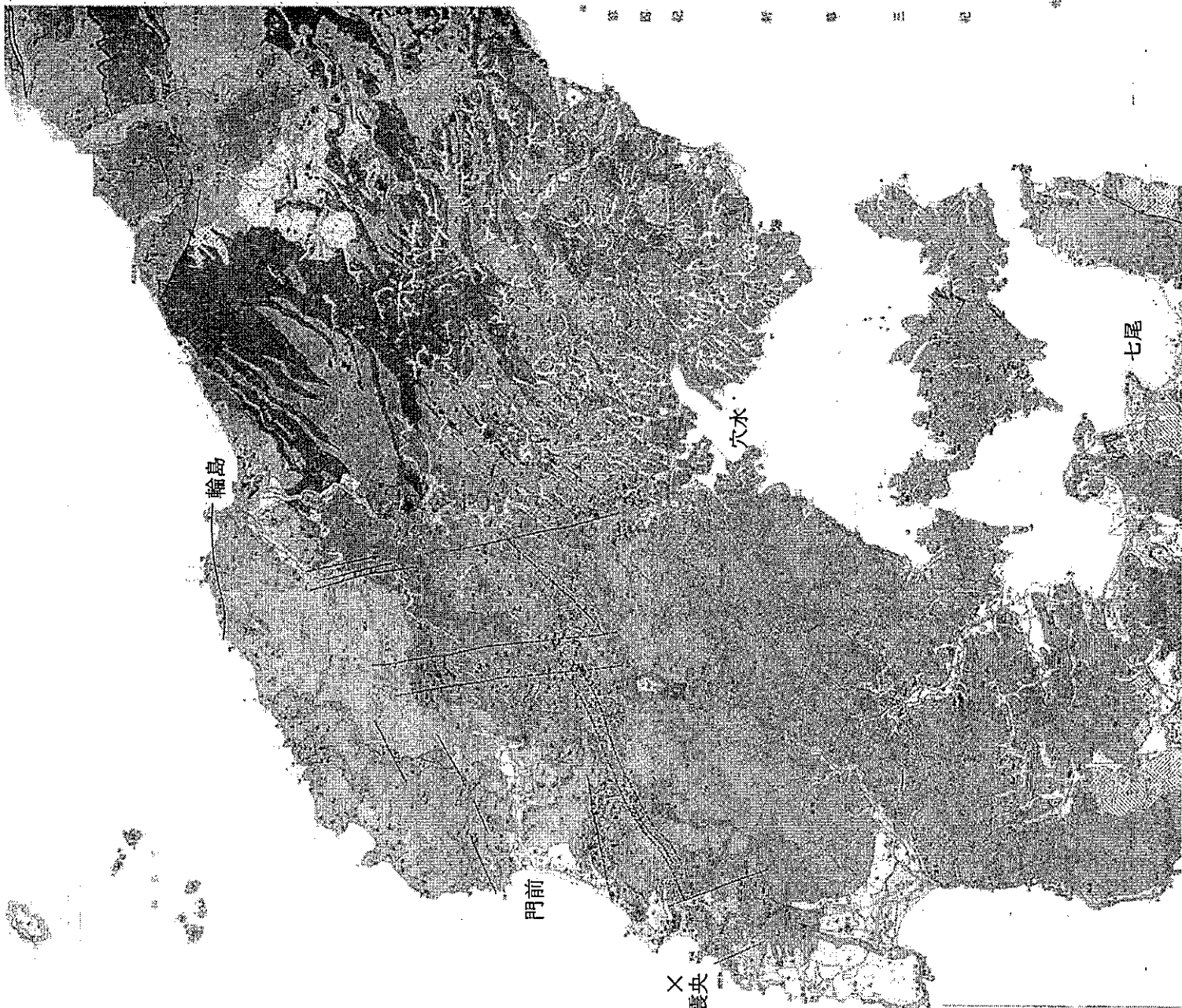
（上野将司 撮影）

3.2 地質

今回の地震被害が多かった能登半島北部の地質は、図 3.2.1 に示したとおり、先ジュラ紀の片麻岩が部分的に地表に露出したところがあるが、概ね新生代第三紀中新世の安山岩や安山岩質火砕岩が広く分布し、輪島市街地から門前町に至るラインより北西側では、その上位に礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩などの堆積岩が分布している。また、輪島市街地東方の曾々木海岸ではこれらよりさらに新しい地質である流紋岩が分布し、その周辺地域では珪藻を含む泥岩が分布している。地層は、東北東～西南西方向を軸とした褶曲軸でゆるく傾斜することが多い。断層についてもこの東北東～西南西方向と北北西～南南東方向のものが記載されている。活断層については、長く規模の大きなものの記載は少なく、今回の地震の震央が海域であったこともあり、「新編日本の活断層」（東京大学出版、活断層研究会編）にその記載はない。

これらの基盤岩の上位には、穴水から能登空港周辺や富来町など半島西海岸側を中心に、標高 200m 前後の丘陵地に山頂平坦面を形成している後期更新世の海成段丘物が広く分布している。また、輪島・穴水・門前などの低地はこれらの丘陵地のおぼれ谷を埋めた礫・砂・粘土などからなる沖積低地堆積物などが分布し、これらの軟弱な地層が分布する低地では地震被害が多かった。

- 1) 紺野義夫：石川県地質図（1/10 万），1976
- 2) 活断層研究会編：新編日本の活断層，東京大学出版会，412p. 1991



能登中部

- 砂
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

能登北西部

- 砂
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

能登北東部

- 砂
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層

- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層
- 砂礫層



門前

震央

輪島

利根川

七尾

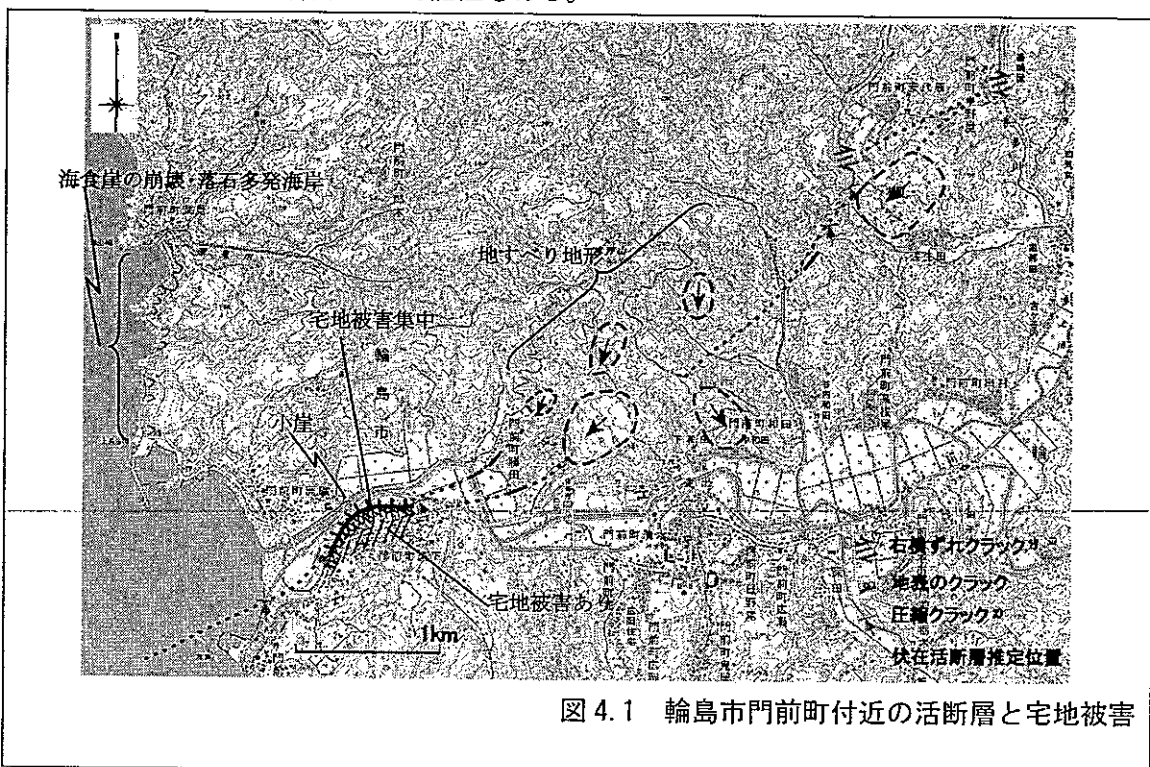
4 活断層

今回の地震では、震源に近い能登半島北西端の輪島市門前町付近で地震断層の一部あるいは地震断層から脈生したと考えられる地表変位が報告されている。つまり、3章で述べた「新編日本の活断層」に記載されていない海域の活断層が今回活動し、その活断層の東端が能登半島北西端の陸域まで達した可能性がある。

地震発生後、すぐに調査に入った金沢大学理学部地球学科の調査グループは輪島市門前町中野屋・安代原で2箇所の地震断層を確認した¹⁾。また、応用地質院や東京大学地震研究所・産総研なども活断層調査を実施しており、輪島市門前町で地表変位を認めている。たとえば、応用地質院は門前町道下周辺に圧縮クラックなどを公表している²⁾。これらの地表の変位から伏在する可能性がある活断層の動きのセンスは逆断層・右横ずれ成分をもつ断層であり、地震の発震機構解析結果³⁾とよく一致している。

図4.1には、地震断層と関連した地表の変位と宅地の被害状況を示した。地震断層と関連した地表の変位である右横ずれクラックや圧縮クラックなどは直線状につながらないが、海域の活断層⁴⁾ (図4.2参照⁵⁾)から東北東の延長に位置しており、この活断層の一部が陸域に達し図4.1に示した地表の変位を与えた可能性がある。

今回、宅地の地震被害が集中した門前町道下地区は、鹿磯から黒島に至る海岸沿いの砂丘列の背後のおぼれ谷状の細長い沖積低地に位置している(写真4.1参照)。地盤は緩い砂質土から粘性土と推定されるが、圧縮クラック付近には高さ2~3mの小崖が東北東方向に連続している(写真4.2参照)。この小崖は、海岸に直交する方向の高まりで砂丘列とは考えにくく、これらが過去の地震活動の積み重ねにより形成された撓曲崖である可能性がある。今回の地震でもこの小崖沿いに宅地や構造物の被害が集中した(写真4.3、4.4参照)のは、地盤の液状化現象や側方流動に加えて小崖沿いで地表の変位や地震動がここに集中した可能性もある。



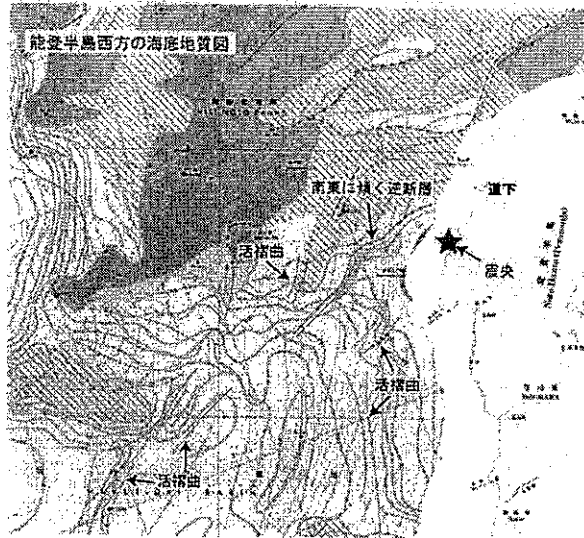


図4.2 能登半島西方海底地質図(部分)⁴⁾
 海洋地質図61、産業技術総合研究所 地質調査総合センター(印刷中)



写真 4. 1 宅地の地震被害が集中した門前町道下地区



写真 4. 2 過去の地震活動の積み重ねにより形成された撓曲崖である可能性がある小崖

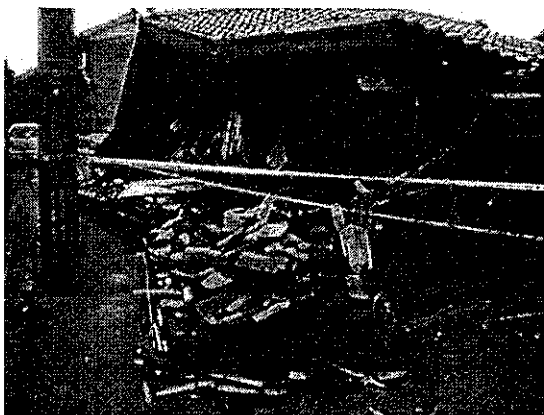


写真 4. 3 小崖沿いの全壊した民家



写真 4. 4 小崖沿いの破損した流路工

- 1) <http://www.earth.s.kanagawa-u.ac.jp/new.html>
- 2) <http://www.oyo.co.jp/saigai/noto/1.html> など
- 3) <http://www.jishin.go.jp/main/chousa/07mar-noto/index.html>
- 4) 片山秀基・浜田昌明・吉田進・廉澤宏・三橋明・河野芳輝・衣笠善博：能登半島西方海域の新第三紀～第四紀地質構造形成，地学雑誌，vol. 114, no. 5, pp. 791-810, 2005.
- 5) <http://www.unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jisin/notohanto/data01...>

5. 斜面崩壊

斜面崩壊の形態は、自然斜面においては、海岸線沿いの岩盤崩壊、落石が多く、崩壊が土石流化したケースが1箇所見られた。道路等の人工斜面においては、切土のり面の表層崩壊や高盛土の崩壊が目立った。能登半島は、地すべり地形が蜜に分布する地域でありながら明瞭な地すべり変位は認められなかった。以下に斜面崩壊の形態別に、概要を述べる。

5.1 岩盤崩壊・落石

岩盤崩壊および落石の発生確認箇所は、表5.1.1に示す16箇所であり、このうち15箇所が海食崖にあたり、残り1箇所が谷頭に近い遷急線付近に位置する。なお、表中の深層崩壊としたものは、崩壊物として岩塊とともに土砂状になった風化層を比較的多く含んでいる。いずれも傾斜40～70度の急斜面であり、斜面の植生は草地、灌木が主体で露岩部が目立つことから、時々崩壊が発生している不安定な斜面といえる。地質は礫岩、凝灰岩、凝灰角礫岩であり、割れ目が少ないため崩壊岩塊は径数mの巨礫が多い。

自然斜面の崩壊は、主として輪島市を中心とした地域に発生しているが、斜面崩壊が群発した平成16年新潟県中越地震（最大震度7）等と比べて、崩壊地の数は少なく散在している。比較的規模の大きな崩壊が発生しているのは、本震の震央に近く余震震央の分布域にあたる輪島市門前町付近である。

今後、降雨等により、崩土が再移動したり、地震によりゆるんだ斜面が再度崩落する危険性があるので、注意する必要がある。

以下に各地区毎の状況を示した。

表5.1.1 岩盤崩壊・落石箇所一覧

整理番号	調査日	場所	分類	形態	地質	被災状況	規模	
							崩壊土砂量(m ³)	落石重量(t)
S 1	H19.3.30	富来町酒見	自然斜面	岩盤崩壊(トップリング)	安山岩	道路埋没	750	
S 2	H19.3.30	富来町関野鼻	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	安山岩	観光名所被災	?	
S 3	H19.3.31	輪島市曾々木	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	火砕岩	洞門被災(国道)	500	
S 9	H19.3.31	輪島市袖ヶ浜	自然斜面	岩盤崩壊	砂岩	道路埋没(軽自動車被災)	1200	
			自然斜面	岩盤崩壊	砂岩	道路埋没	900	
S 12	H19.3.31	旧門前町深見	自然斜面	落石	礫岩	道路上落下		260
S 13	H19.3.31	旧門前町深見	自然斜面	深層崩壊	礫岩	道路埋没	18000	
S 14	H19.3.31	旧門前町深見	自然斜面	表層崩壊(風化岩含む)	礫岩	道路埋没	600	
S 15	H19.3.31	旧門前町深見	自然斜面	落石	礫岩	道路上落下・防潮護岸破壊		560
S 16	H19.3.31	旧門前町深見	自然斜面	岩盤崩壊	凝灰岩	道路上落下	300	
S 17	H19.3.31	旧門前町深見	自然斜面	落石	凝灰岩	落石多数・広場上落下	100	
S 18	H19.3.31	旧門前町深見	自然斜面	岩盤崩壊(くさび)	凝灰岩	道路埋没	200	
S 19	H19.3.31	旧門前町深見	自然斜面	落石	礫岩	道路上落下		29
S 20	H19.3.31	旧門前町上長谷崎	自然斜面	表層崩壊(平面すべり)	凝灰岩	道路埋没	400	
S 22	H19.3.31	旧門前町上長谷崎	自然斜面	落石	凝灰岩	道路陥没・コンテナ破壊		62
S 23	H19.4.1	旧門前町中野屋	自然斜面	深層崩壊	凝灰角礫岩、凝灰岩	崩壊土砂流動(治山ダムで停止)	15000	

(1) 富来町酒見 (写真 5.1.1、5.1.2)

酒見川河口の右岸部の道路に面する高さ 15m、尾根状に突出した南向き斜面において、厚さ 5m、幅 10m 程度の岩盤が転倒崩壊したものである。地質は凝灰角礫岩で、節理等の割れ目が少なく崩壊した岩塊は大きい。崩壊面の一部にはコケが生えており、崩壊部分は緩んでいたものと思われる。



写真 5.1.1 正面から見た尾根状部の崩壊



写真 5.1.2 横から見た尾根状部の転倒崩壊

(2) 輪島市門前町剣地の関野鼻周辺 (写真 5.1.3)

震源地に近く、急崖をなす海食崖が数箇所で見られ、観光名所の「ヤセの断崖」のオーバーハング部分が崩落した。海食崖下は海のため被害はなく、観光対象の景観が変化したものである。

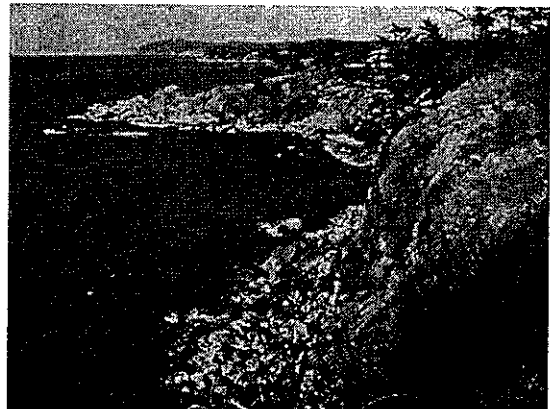


写真 5.1.3 関野鼻周辺の海食崖の崩壊

(3) 輪島市門前町深見集落周辺 (写真 5.1.4、5.1.5)

輪島市門前町道下集落の北西にあたる深見集落までの海食崖では、多数の岩盤崩壊や落石により、海食崖下を通る市道道下深見線がいたる所で寸断されて、深見集落が一時孤立した。特に深見集落手前の区間は、斜面が流れ盤となっていることもあって、岩盤崩壊、落石が集中して発生しているが、海食台上に大径の岩塊が点在しており、過去から崩落を繰り返していた箇所と見られる。海食崖の地質は、礫岩、凝灰岩、凝灰角礫岩であり、割れ目が少ないため落下した岩塊は大きく、最大重量は 560 トン程度のものであった。岩盤崩壊や落石の落下高さは多くが 20m 以上であり、道路における通常の待受け対策では抑止が困難である。



写真 5.1.4 表層崩壊と落石(S-14 地点)

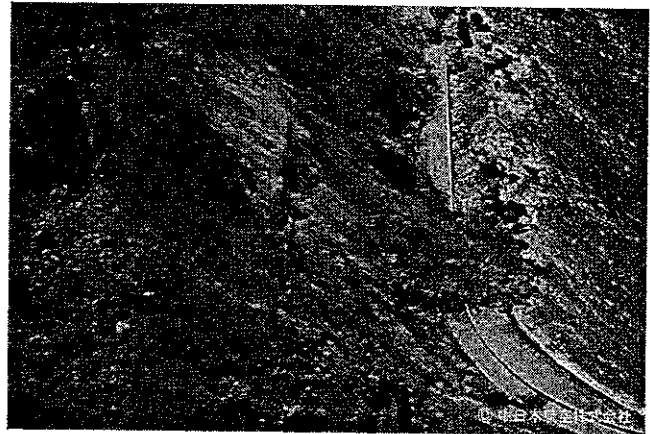


写真 5.1.5 最大規模の崩壊(S-13 地点)と上は S-14 地点 (中日本航空株式会社撮影)

(4) 輪島港西側の袖が浜 (写真 5.1.6、5.1.7)

岬状に突出した比高 30m 程度の岩盤斜面 (海食崖) であり、隣接した斜面 2 箇所が崩壊している。地質は塊状の砂岩で、径数 m の多数の崩壊岩塊で道路が埋積され、軽自動車 1 台が被災 (運転者は無事) した。

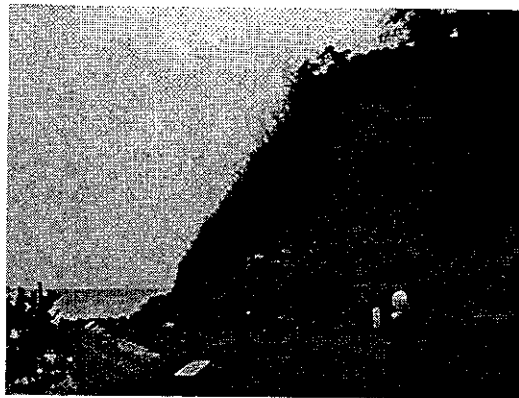


写真 5.1.6 海食崖の崩壊(S-9 地点)

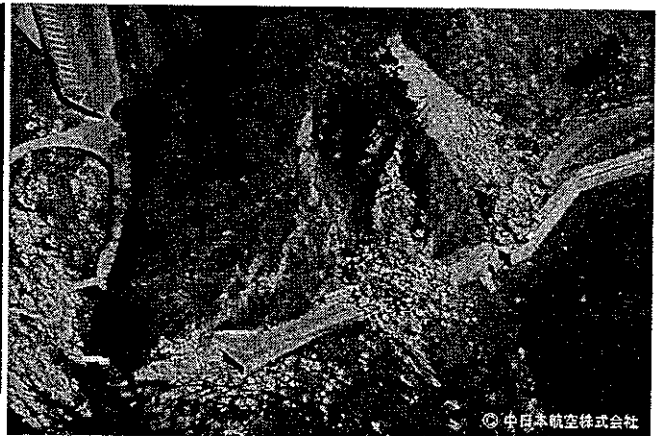


写真 5.1.7 隣接した 2 箇所の斜面崩壊(S-9 地点) (中日本航空株式会社撮影)

(5) 輪島市曾々木海岸 (写真 5.1.8、5.1.9)

国道 249 号が海食崖沿いを通過する風光明媚な海岸であるが、比高約 100m に及ぶ崖部で岩盤崩壊が発生した。地質は割れ目の少ない凝灰角礫岩を主体としており、オーバーハングした急斜面には接着工やロックボルトが施工されていた。本震での崩壊はわずかであったが、26日～27日の余震によって約 500m³の崩壊があり、一部の崩落岩塊により国道の八世乃 (はせの) 洞門が被災して通行止めとなっている。

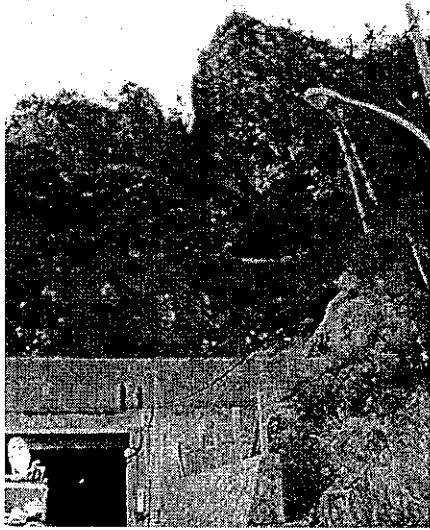


写真 5.1.8 洞門の右上の露岩部が崩壊発生位置

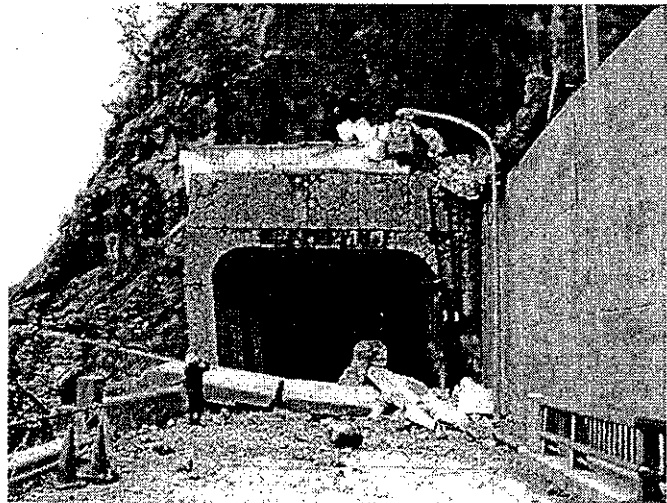


写真 5.1.9 崩落岩塊の一部による洞門の被災状況

(6) 輪島市門前町中野屋 (写真 5.1.10)

標高約 250m の尾根部から、人工林 (アスナロ) で覆われていた風化層が崩落した深層崩壊である。崩落した風化層は、主として凝灰角礫岩からなり、崩壊地側方の人工林内に崩落しなかった風化層が張り付いている。崩壊地下部は不透水層となる凝灰岩が露出しており、隣接斜面の湧水からの表流水が崩壊地直下を流れて溪流を形成している。崩土は大径の転石を含んでいるが、溪流に到達したために、崩土の一部が流動化して溪流を流下した。この土石流の流下状況等については後で述べる。



写真 5.1.10 山頂部、遷急線付近からの崩壊状況

5.2 盛土崩壊

能登半島地震においても道路盛土の被害が多発した。特に大規模崩落が発生した能登有料道路の被害は甚大であり、本復旧には相当な時間を要するとされる。今回の調査において明らかになった国道 249 号線ならびに能登有料道路を中心とした被害状況について以下に報告する。

(1) 被災路線の地震動および降雨の状況

地震動については、前述したように、能登半島沖を震央とし、深さ 11km、マグニチュード 6.9、最大震度 6 強であった。国道 249 号や能登有料道路の被災区間は少なくとも震度 6 弱の地震動を受けたものと考えられる。降雨については、図-1 に門前および輪島の日降雨量記録（データは気象庁ホームページより引用）を示している。両地点とも地震当日の日降雨量は 10 mm 以下であり、当日までの 7 日間累積雨量も多くはない。中越地震における先行降雨の影響は、周辺の水が集まる地形効果を考慮しなければ、今回の地震では小さいと考えられる。

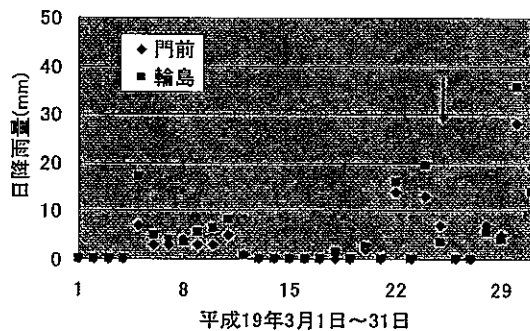


図-1 門前および輪島における 3 月中の日降雨量記録（データ出典：気象庁ホームページ）

(2) 国道 249 号沿いにおける盛土崩壊

写真 5-2-1 は、国道 249 号輪島市打腰地区の崩壊箇所である。崩壊面はブルーシートで覆われ確認できなかったが、周囲の状況より、盛土部に築造された L 型擁壁の基礎部から崩壊し、路肩全体が崩壊したものと推定される。

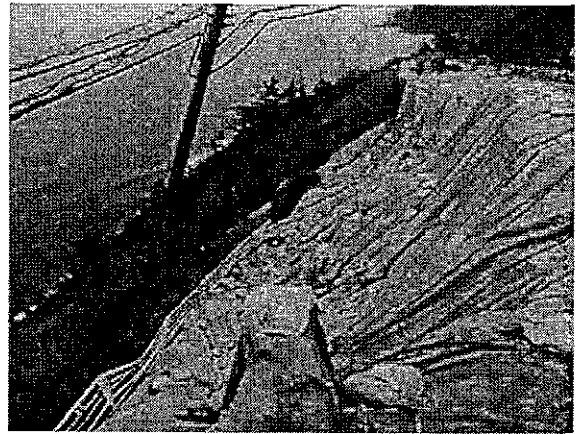


写真 5-2-1 道路腹付け盛土部の崩壊 (S-8)



写真 5-2-2 は、国道 249 号輪島市下山町（十畳敷）付近の道路のり肩の沈下によって、路面にひび割れが生じている箇所である。亀裂内部には応急処置としてセメントミルクを注入したような痕跡が見られるが、セメントミルクが亀裂壁面から剥離しており、亀裂が進行している可能性がある。



写真 5-2-4 道路決壊箇所 (S-25)

写真 5-2-3 より、本箇所は旧道の拡幅と直線化のために、腹付け盛土を行って設置された路線であることが想定され、この腹付け盛土箇所が崩壊したものである。

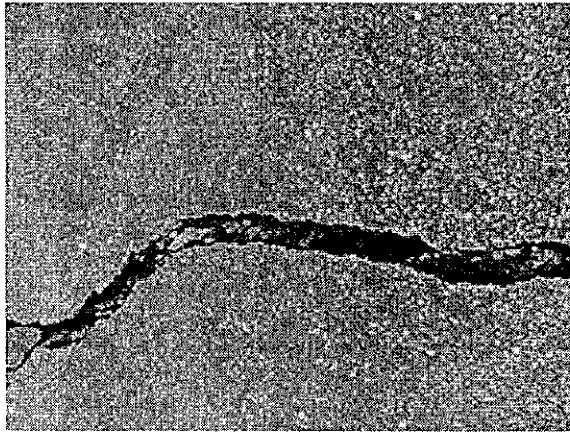


写真 5-2-2 道路のり肩の陥没と亀裂の状況 (S-10)

写真 5-2-3 および写真 5-2-4 は、志賀町から門前町に向かう国道 249 号富来町大徳寺地区の崩壊箇所である。

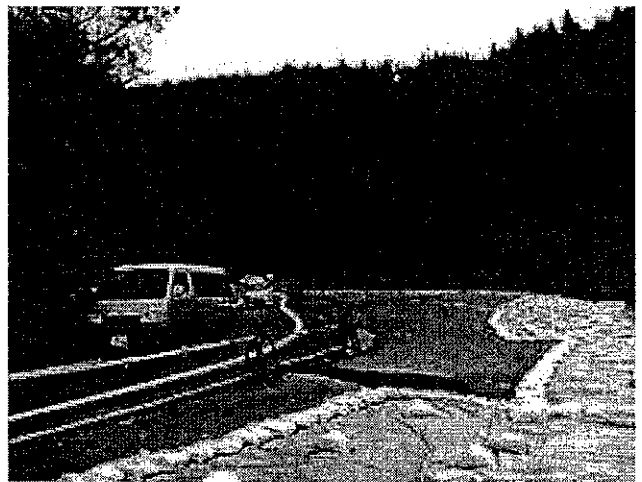


写真 5-2-3 道路決壊箇所 (S-25)
(中日本航空殿提供)



写真 5-2-5 道路決壊箇所 (S-26)

写真 5-2-5 は、写真 5-2-3 の箇所よりやや志賀町寄りのヘアピンカーブの箇所で発生した崩壊である。前述した箇所と同様に腹付け盛土によって、旧道の拡幅を図った箇所が深さ約 3 m、幅約 10 m で崩壊したものであるが、盛土のり面と思われる箇所の勾配が 40° 程度であった。なお、本斜面は北向きである。

(3) 能登有料道路における盛土崩壊

能登有料道路は昭和 57 年全線開通した金沢市から穴水町までの延長 82.9 km の日本最長の一般有料道路である。本道路は能登海浜道路（金沢市～徳田大津 IC）と能登半島有料縦貫道路（徳田大津～穴水町）からなり、「日本の道 100 選」に選ばれるほど景観に配慮されている。石川県道路公社によると、地震による被害箇所は大規模な崩落箇所 11 箇所を含めて 53 箇所であり、平成 19 年 4 月 1 日時点、徳田大津 IC～横田 IC 間が通行止めであった。写真 5-2-7～写真 5-2-10 は、能登有料道路下り車線 6.3 km ポスト付近（七尾市上川地区 or 中島町土川？）で、延長約 150 m、法長約 50 m にわたって崩壊した箇所である。



写真 5-2-7 道路決壊箇所（縦-9）
（中日本航空殿提供）

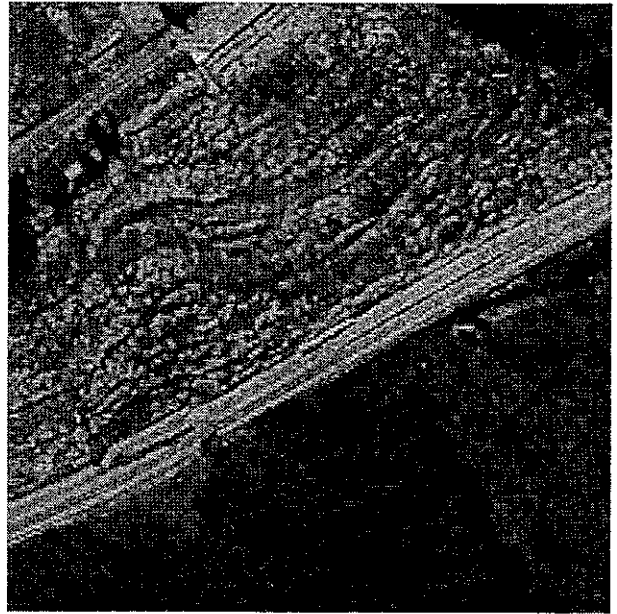


写真 5-2-8 道路決壊箇所平面（縦-9）
（中日本航空殿提供）

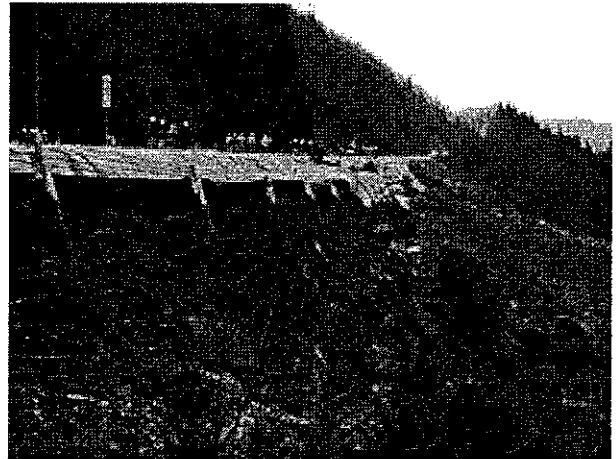


写真 5-2-9 崩壊頭部の状況（縦-9）



写真 5-2-10 崩壊土塊末端部の状況（縦-9）

写真 5-2-7、写真 5-2-8 より、本盛土施工箇所は谷部に盛土を施していると思われる、また写真 5-2-8 より崩壊土塊が波型をしており、波の峯の箇所が前

述した谷地形箇所に見受けられる。また、縦排水工の延長にある山側には谷地形が認められる。さらに写真 5-2-7, 写真 5-2-10 より盛土のり尻部に井桁擁壁やふとんカゴが設置されていたことから、水が集中しやすい箇所であったことが想定される。なお、地震後の土の状態は乾燥しており、地震前の降水状況から、盛土内が飽和するほどの降水量ではなかったとの見方があった。

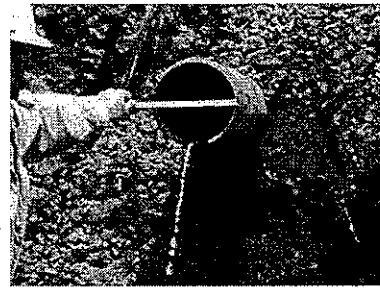


写真 5-2-13 崩壊面, 排水管 (縦-10)

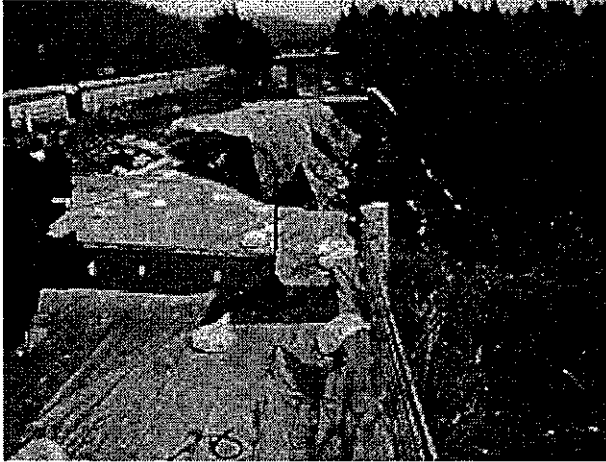


写真 5-2-11 横田 IC 付近の崩壊 (縦-10)



写真 5-2-12 横田 IC 付近の崩壊土塊 (縦-10)



写真 5-2-11～写真 5-2-13 は、横田 IC 料金所入口付近の取付け道路で延長約 90 m, 法長約 10 m にわたって崩壊した箇所の状況である。土砂の到達距離は全体的に約 45 m, 一部に林間を抜けて約 70 m と推定される。このように土砂の到達距離が長いことから、土砂は含水比が高く流動性があったことが推察される。写真 5-2-13 に示すように排水管からは水が排水されており、写真 5-2-12 の水溜まりは崩壊直後から貯まり始めた水とのことである。

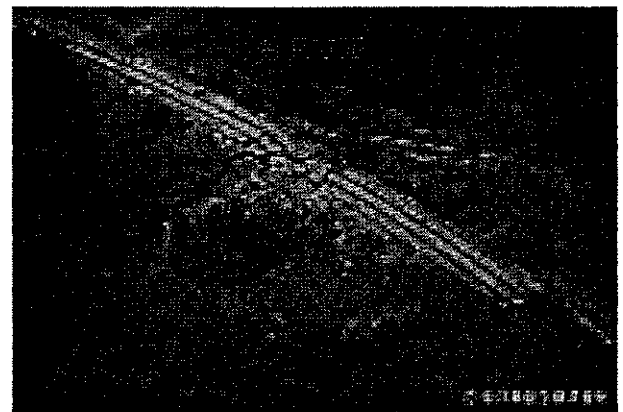


写真 5-2-14 14.7 km ポスト付近の崩壊 (縦-21)
(中日本航空殿提供)



写真 5-2-15 14.7 km ポスト付近の崩壊 (縦-21)
(中日本航空殿提供)

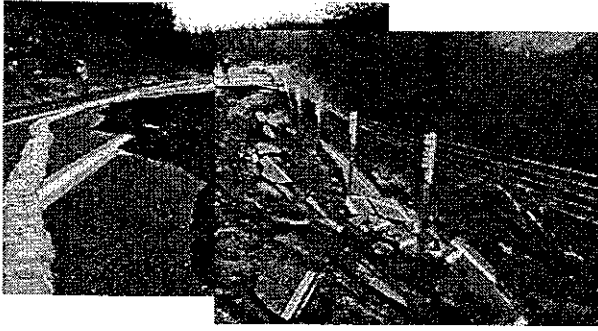


写真 5-2-16 14.7 km ポスト付近の崩壊 (縦-21)



写真 5-2-17 崩壊頭部の林道 (縦-21)
仮復旧としての迂回道路

写真 5-2-14～写真 5-2-17 は、14.7 km ポスト付近で発生した延長約 55 m、法長約 80 m の崩壊状況である。この場合も崩壊土砂の到達距離が長いことから、土砂は高含水状態であったことが推測される。写真 5-2-14 および写真 5-2-15 から、地形的には谷部のところに盛土を施したように見受けられる。また、谷側のり面には湿地に生育する葦が見受けられ、山側には松が見受けられる (写真 5-2-17 参照)。道路の山側には集水地形が認められたが、盛土にはどのような排水工がなされていたか外見からは把握できなかった。地震前の降雨量は比較的少ない状況であったので、これは谷地形による集水効果によってもたらされたものと考えられる。なお、採取した土試料は主な物理特性として液性限界 74.1%，塑性指数 25.4，土粒子密度 2.679-g/cm^3 が得られており、粘土質であった。

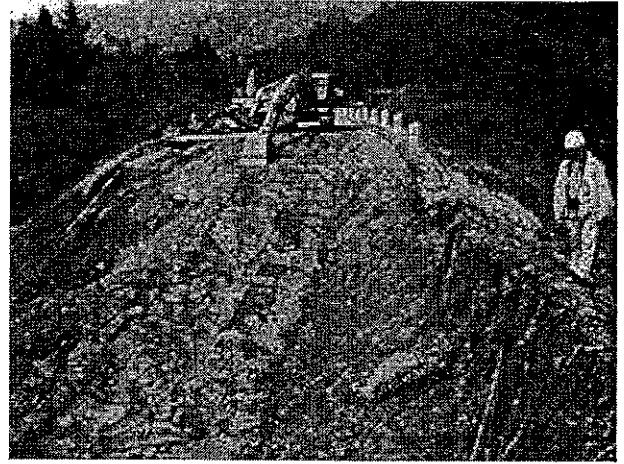


写真 5-2-18 11.7 km ポスト付近の崩壊 (縦-14)
金沢方面



写真 5-2-19 11.7 km ポスト付近の崩壊 (縦-14)

写真 5-2-18 および写真 5-2-19 は、11.7 km ポスト付近で発生した延長約 40 m の崩壊状況である。盛土法面 (長さ約 25 m) が完全に崩落した。崩壊土砂は法先から 30 m ほど延びているようである。既に復旧工事が始まっている状況であるが、盛土区間が崩壊している。崩壊部の南側には盛土を横断する排水工が設置されている。崩壊部の北側には、写真 5-2-18 の左側に集水柵の残骸があったが、それにつながる排水管を見つけることができなかった。

(3) その他

能登空港は震度 6 弱を受けた。能登空港は高含水粘性土からなる高盛土 (高さ約 55 m) であるが、滑走路にクラックが入った程度の軽微な損傷ですんだことが既に報告されている。空港周辺では外見上の異状は特に見当たらなかった。

写真 5-2-20～写真 5-2-23 は、輪島市門前町谷内和田地区付近の谷部に盛土して新設された道路の路面に生じた亀裂状況である。写真 5-2-20 において向

かって手前から奥に向かって傾斜しており、その間には亀裂などは生じていない。

写真 5-2-21 および写真 5-2-22 は、写真 5-2-20 向かって手前（山側）に生じた引張り亀裂の状況を示している。一方、写真 5-2-23 は、向かって奥に生じた亀裂であり圧縮状況にある。

また、図 5-2-1 はこの盛土付近を google-Map で、示したものであり、図中の赤丸がこの盛土であり、南北方向にほぼ平行に道路が設置されていることがわかる。

一方、今回の一連の調査で南北方向に向いている斜面の崩壊が顕著に見られる傾向にあったことから、今回の地震では、南北方向に最も強く加振されたものと推定される。

したがって、この盛土は南北方向に強く加振された結果、山側から谷側に変形したため、前述した特徴をもつ亀裂が生じたのではないかと考えられる。

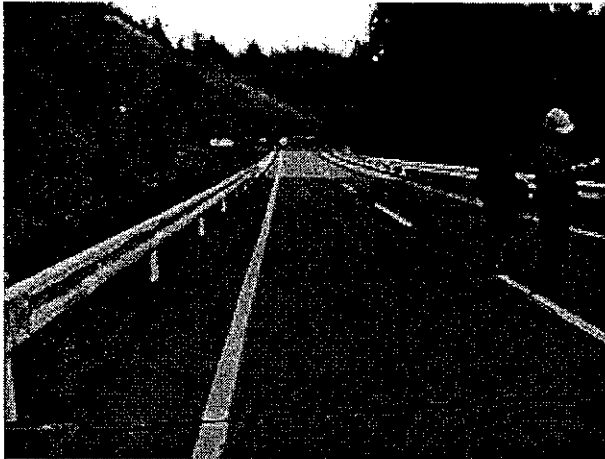


写真 5-2-20 着目した縦断勾配を有する盛土
手前：山側



写真 5-2-21 着目した盛土の山側の亀裂

参考文献

気象庁：気象統計情報，過去の気象データ検索，
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>（平成 19 年 4 月 11 日閲覧）。

国生剛治：能登半島地震第 2 回調査報告－能登有料道路の崩壊盛土試料採取と崩壊エリアの調査－，
<http://www.jiban.or.jp/organi/bu/somubu/notes/kokusyo2.pdf>。

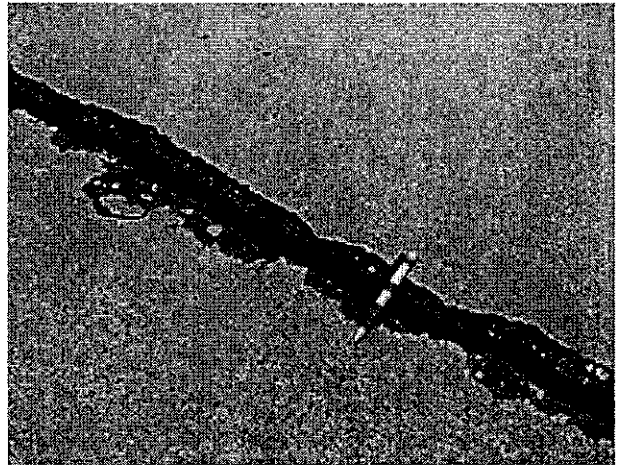


写真 5-2-22 着目した盛土の山側の亀裂



写真 5-2-23 着目した盛土の谷側の亀裂

図 5-2-1 着目した盛土の位置 (google-Map)

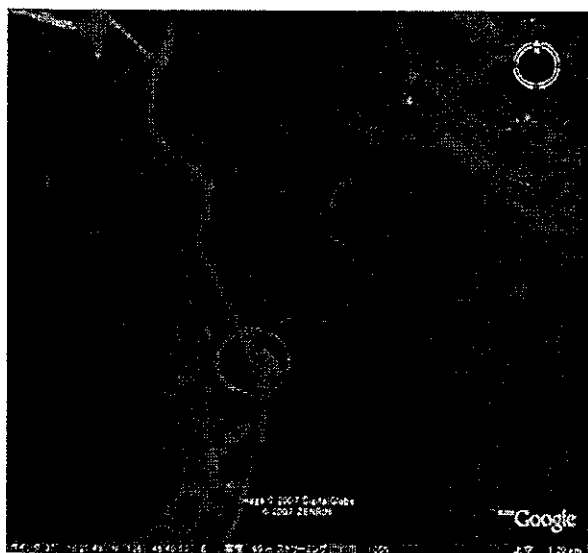


图 5-2-1 盛土付近

5. 3 土石流

地震による斜面崩壊を起因とする土石流が、輪島市門前町中野屋で発生した。崩壊は斜面最上部の標高 230m 付近から、目測で長さ 100m、幅 50m、平均深さ 3m 程度の規模で発生し、その後崩落した土砂は、溪流に堆積していた土砂を巻き込みながら比較的ゆっくりとした速度で土石流化し、谷に設置された治山ダム 2 基に捕獲され停止した。この治山ダムは昭和 48 年に復旧治山事業として設置されたものであり、人家の寸前で土石流を停止させ、被害を最小限に食い止めることに寄与した。崩壊地直下には、崩落してきた 1~数m の巨大な岩塊が分布し、溪流にも 1m 超の岩塊が散在する。

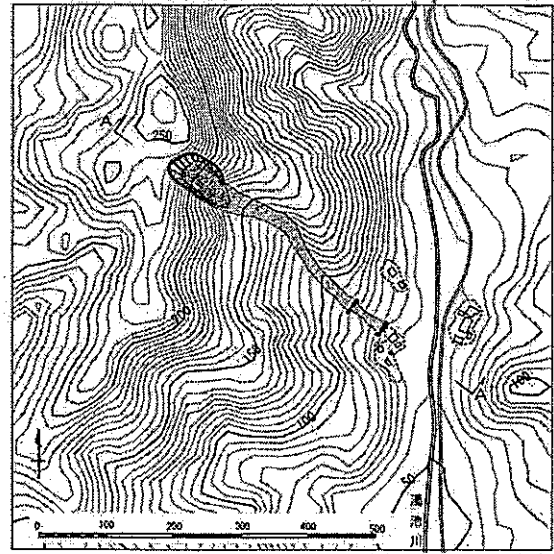


図 5.3.1 中野屋地区土石流発生地点の平面図

崩壊の滑落崖の上部 20m には、塊状で比較的硬質な凝灰岩が分布し、その下位はやや粗粒な風化した凝灰岩層で構成されている。崩壊面の傾斜角は約 35° であり、崩壊地直下は約 20° の傾斜となっている。その下流側はほぼ 15° 程度の河床勾配となっている。

谷の右岸は竹林が広がり、地表水が崩積土砂に供給され伏流水化している。標高 150m 前後の緩斜面部は、耕作地として利用された形跡がある。左岸は、アスナロなどの針葉樹林となっている。

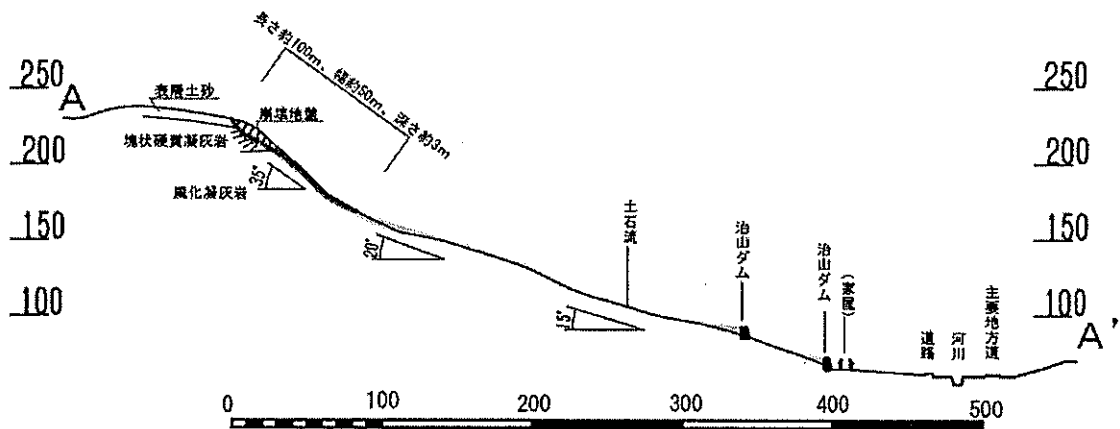


図 5.3.2 断面図

土石流が家の裏まで迫った A さんからの聞き取り調査から、この土石流は徐々に移動速度を減じながら約 3 日間にわたり動き続け、その後の降雨の際にも再び移動をしたと推定される。聞き取りの内容は以下の通りである。

【Aさんからの聞き取り内容】

その角（家の前）まで歩いて上がってきたときに地震が起きた。その瞬間（揺れた直後くらい）にもものすごい音がした。僕自身は、この近辺の部落のどこかの家がつぶれたかと思った。向かいの人（川向かいの家）が、こちらが崩れるのが見えたのか「危ないからこっちに来て」と声を掛けてくれた。そこで、うちを出たらバリバリと長い間ずーっと音がした。土砂がゆっくり動いてきたのか1日中（3月25日）音がしていた（おそらく土砂が流動してきて立木を折る音）。音は夜になってもしていた。それに怖くなって親戚のうちに行った。翌朝（3月26日）朝ご飯を食べて来たけれど、今度は連続的ではなく時々バッキッという音がする程度になった。3日目（3月27日）になったら、たまに音がする程度になった。昨日（3月31日）の雨でも音がしていた。竹や木の割れたり折れたりする音だった。火花が散ったり特別な臭いがあったということはなかった。沢水は地震後濁っている。

（2007年4月1日13:30頃に実施）

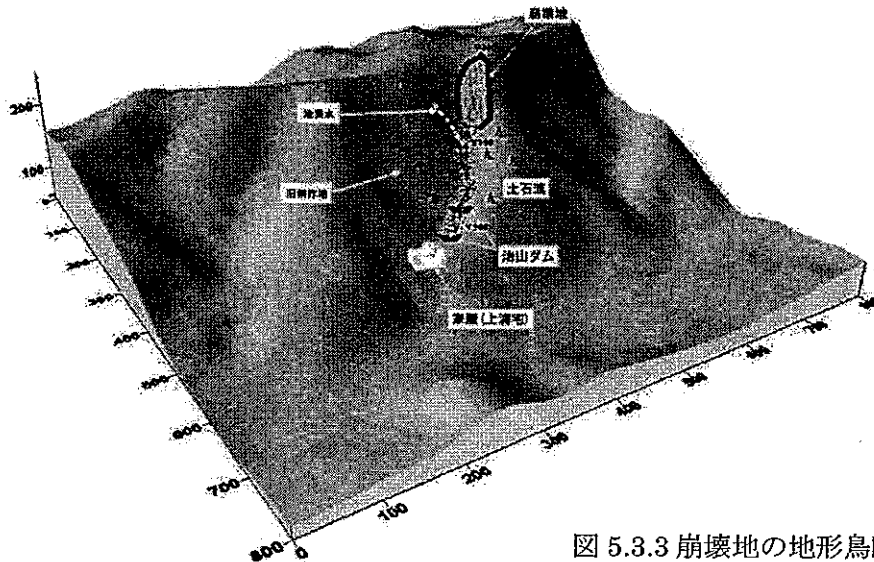


図 5.3.3 崩壊地の地形鳥瞰図

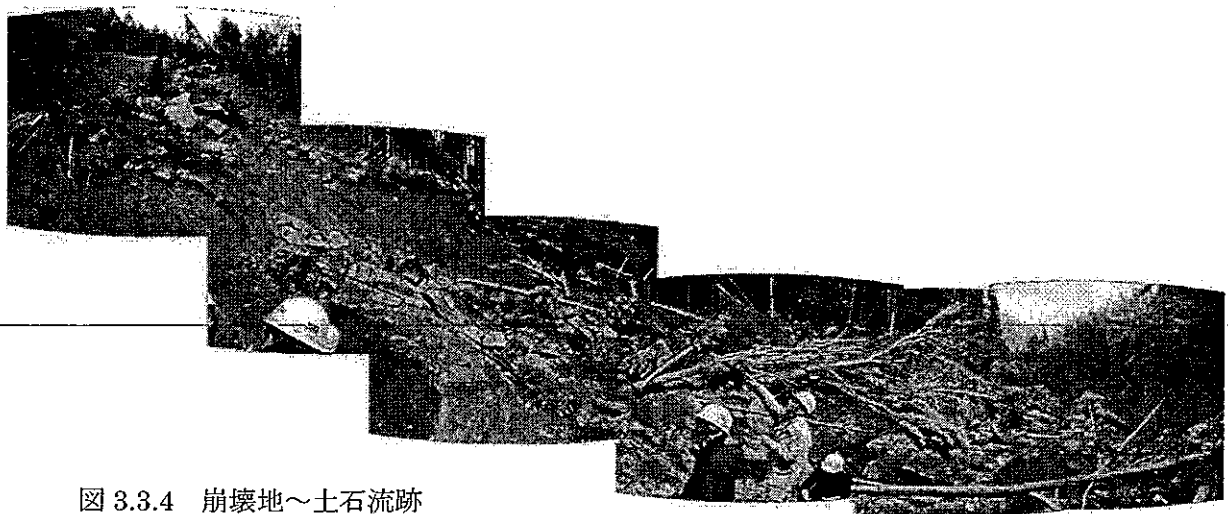


図 3.3.4 崩壊地～土石流跡



図 5.3.5 崩壊地を望む
右岸が竹林、左岸が針葉樹林となっている



図 5.3.6 土石流の状況(1)



図 5.3.7 土石流の状況(2)
土石流の先に人家がある



図 5.3.8 土石流を捕獲した治山ダム

今回の地震で発生した土石流箇所は当該箇所1箇所のみである。土石流は比較的緩速に移動し、治山ダムで捕獲されているため当面の危険性は回避されている。しかし、溪流には土石流化する危険性がある土砂が残存しており、今後降雨の影響で再移動する可能性があるため注意が必要である。

応急的には、この崩積土砂に地下水を供給している右岸竹林部からの地表水を、簡易的な水路工により地中に浸透させず排出させることが必要と考えられる。その後、崩壊部の拡大防止対策や、溪流に堆積した土砂の安定化などを含めた恒久的な対策工を検討し、実施する必要がある。

5.4 地すべり

今回の地震で被害が集中した能登半島北部には、図 5.4.1 に示したとおり多くの地すべり地形が認められる。これらの地すべりは、第三紀層地すべりと呼ばれる地すべりで、泥岩や凝灰岩などの地質的な弱層を形成しやすい地層をすべり面とした層理面沿いの流れ盤地すべりが多く、安山岩類が広く分布する調査地南側では、地すべり地形は少ない傾向がある。

堆積岩分布地域に多く認められるこれらの地すべりは、今回の地震では、地すべり地形に対応した部分での明瞭な変動は発生しなかった。写真 5.4.1 に示した輪島市白米町の有名な千枚田は地すべり地でもあるが、集水井などの地下水排除工が施工されていたこともあり、全く被害を受けていなかった。

震源に近い輪島市門前町広岡地区では、写真 5.4.2 に示したとおり、地すべり地形頭部の道路盛土や水田・畑などにクラックが入った程度で地すべり全体が動いた様子はなかった。中越地震時の旧山古志村で発生した多くの地すべりと比較し、これらの既往の地すべりが今回の地震で活動しなかった理由は、地震直前に降雨などが少なく地下水が地盤中にあまり貯留されていなかったこと、地すべり移動層の地質条件の違い（旧山古志村の地すべり移動層は砂岩層主体、当地域は泥岩層主体）などによるのではないかと考えられるが、地震波の特性のちがいなどを含め今後の課題といえる。

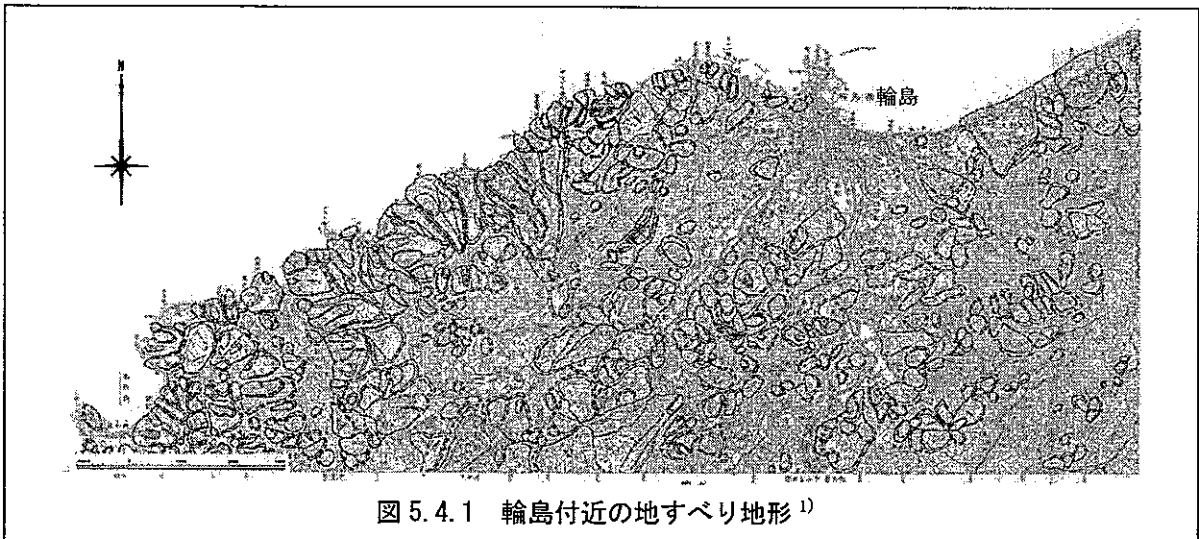


図 5.4.1 輪島付近の地すべり地形¹⁾



写真 5.4.1 輪島市白米町千枚田は全く地すべり被害がなかった。

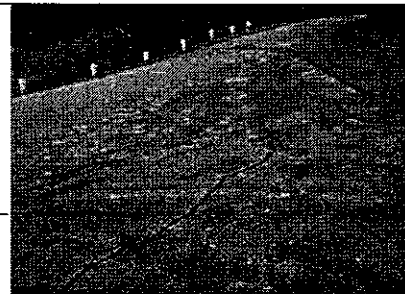


写真 5.4.2 震源近くの輪島市門前町広岡地区の地すべり内の道路盛土クラック。

1) 清水文健・宮城豊彦・井口隆・大八木規夫：地すべり地形分布図第 12 集「金沢・七尾・輪島」2001

6. まとめ

本報告は、平成19年3月30日（金）～4月1日（日）に実施した現地調査を通して、現地で得られた知見を基にまとめた速報である。よって、その後の詳細な調査によって、報告内容が異なる可能性もある。

最後になりますが、能登半島地震で犠牲になられた方のご冥福を心よりお祈り申し上げます。被災された方々が、一刻も早く元の生活に戻られることを祈願いたします。

平成 19 年（2007 年）能登半島地震
「斜面災害総合調査サブワーキンググループ」による
能登半島地震調査 速報版

第 2 回調査

平成 19 年 6 月

1. はじめに

平成19年3月25日午前9時42分頃、能登半島沖を震源とするマグネチュード6.9と推定される震度6強の強い地震が発生した。人命、資産およびライフライン等の社会基盤に対する被害が報告され、多数の住民の方が避難されている。また、液状化や斜面崩壊等の地盤災害も多発した。

土木学会および地盤工学会では合同で災害調査団（団長 宮島昌克・金沢大学教授）を現地に派遣し、現地調査および支援を開始した。土木学会・地盤工学委員会・斜面工学研究小委員会では、「斜面災害総合調査サブワーキンググループ」による第2回能登半島地震調査を以下のとおり実施したので、ここに速報として報告する。

目的：能登半島地震で発生した斜面災害（盛土法面，自然斜面，落石等）の現地調査メンバー（5名）

代表 後藤聡（斜面工学研究小委員会委員長，山梨大学大学院）

小川紀一郎将（アジア航測）

櫻井正明（林業土木コンサルタンツ）

中村洋介（立正大学）

平田文（日特建設㈱）（以上，斜面工学研究小委員会 委員）

調査期間：平成19年6月2日（土）～6月3日（日）

2. 調査の概要

第1回及び第2回の現地調査における調査ルート及び調査地点については、次図のとおりである。また、調査地点の斜面災害の規模等について、次表に取りまとめた。

第1回現地調査 平成19年3月30日—4月1日 (調査ルートは次図の赤色)

第2回現地調査 平成19年6月2—3日 (調査ルートは次図の青色)

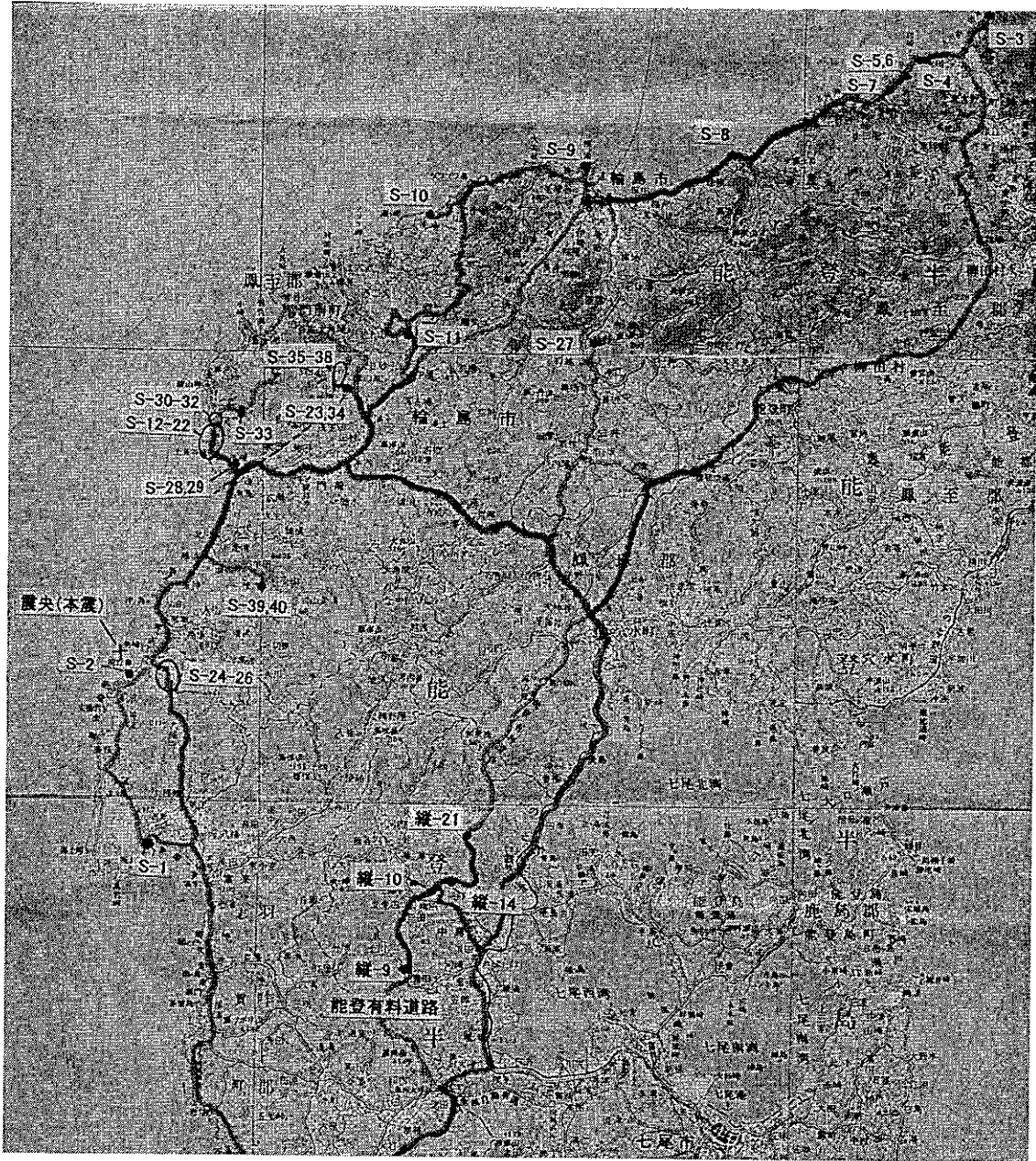


図 1.1 現地調査のルート及び調査地点

本図は、国土地理院発行の20万分の1地勢図「輪島」「七尾」「富山」を使用した。

表 1.1 現地地点の概要

整理番号	現地調査 第1回 第2回	場所	分類	形態	主たる地質	被災状況	崩壊及び落石の規模					崩壊土砂量(m ³)	落石重量(t)	延長(m)
							平均長(m)	平均幅(m)	崩壊深(m)	平均高(m)	平均幅(m)			
S 1	○	富栄町酒見	自然斜面	岩盤崩壊(トツアング)	安山岩	道路埋没	15	10	5	750	7			
S 2	○	富栄町酒見	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	安山岩	程米名所被災								
S 3	○	富栄町酒見	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	火砕岩	洞門被災(国道)	10	20	3	500	500			
S 4	○	輪島市豊々木	切土斜面	表層崩壊	シルト岩	道路埋没(国道)	10	15	1	150	0.02			
S 5	○	輪島市三ツ子浜	切土斜面	表層崩壊(平面すべり)	シルト岩	道路埋没(国道)	20	20	1	100	0.01			
S 6	○	輪島市三ツ子浜	切土斜面	表層崩壊	シルト岩	吹付工崩落・道路埋没(国道)	20	20	1	400	0.04			
S 7	○	輪島市里町	切土斜面	表層崩壊	シルト岩	崩壊(大型)崩落(国道)	10	20	2	400	0.02			
S 8	○	輪島市打越	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	砂岩	道路埋没(軽自動車被災)	30	20	2	1200			30	
S 9	○	輪島市打越	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	砂岩	道路埋没	30	10	3	900				
S 10	○	輪島市下山	切土斜面	表層崩壊	シルト岩	道路埋没	10	10	1	100	0.01			
S 11	○	輪島市上山	切土斜面	表層崩壊	凝灰岩	道路陥没、崩壊(石積)変位	15	15	1	230	0.02			
S 12	○	輪島市市前町深見	切土斜面	落石	凝灰岩	法面変状	10	10	1	230	0.01			
S 13	○	輪島市市前町深見	自然斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	150	40	3	5	0.01			
S 14	○	輪島市市前町深見	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	凝灰岩	道路埋没	20	20	1.5	18000	0.80			
S 15	○	輪島市市前町深見	自然斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1.5	600	0.04			
S 16	○	輪島市市前町深見	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	凝灰岩	道路陥没	15	10	2	300				
S 17	○	輪島市市前町深見	自然斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	10	10	2	100				
S 18	○	輪島市市前町深見	自然斜面	岩盤崩壊(くさび)	凝灰岩	落石多数、丘場上落下	2	4	2	1.5				
S 19	○	輪島市市前町深見	自然斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	2	2	2	1				
S 20	○	輪島市市前町上長谷崎	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1	400	0.04			
S 21	○	輪島市市前町上長谷崎	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1	400				
S 22	○	輪島市市前町上長谷崎	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1	50				
S 23	○	輪島市市前町上長谷崎	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1	50				
縦 9	○	七尾市上川	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1	29				
縦 10	○	七尾市横田	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1	29				
縦 21	○	七尾市小牧	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1	29				
縦 14	○	七尾市谷内	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没	20	20	1	29				
S 24	○	輪島市市前町中野屋	自然斜面	深層崩壊	凝灰岩、凝灰角礫岩、礫	崩壊土砂流動、土石流化(治山ダムで停止)	100	50	3	15000	0.50			
S 25	○	富栄町大徳寺	切土斜面	表層崩壊	安山岩	道路埋没(国道)	15	80	1	750	0.08			
S 26	○	富栄町大徳寺	切土斜面	表層崩壊	安山岩	道路埋没(国道)	15	80	1	750	0.08			
S 27	○	輪島市飛野	切土斜面	表層崩壊	凝灰岩	河原田川河床崩壊、堰止崩形	100	80			0.80			
S 28	○	輪島市市前町深見	施工地	斜面変状	砂岩・凝灰岩	法施工、崩壊被災	20	20			0.04			
S 29	○	輪島市市前町深見	施工地	斜面変状	砂岩・凝灰岩	アンカー工被災	20	30			0.05			
S 30	○	輪島市市前町深見	自然斜面	斜面変状	砂岩・凝灰岩	斜面直下に入家あり	25	50			0.13			
S 31	○	輪島市市前町深見	自然斜面	斜面変状	砂岩・凝灰岩	斜面直下に入家あり	35	70			0.23			
S 32	○	輪島市市前町深見	自然斜面	表層崩壊	凝灰岩	斜面直下に寺	35	40			0.14			
S 33	○	輪島市市前町六郎木	自然斜面	表層崩壊	凝灰岩	歩道埋没	20	15	1	300	0.03			
S 34	○	輪島市市前町中野屋	自然斜面	表層崩壊	凝灰岩・凝灰岩	道路埋没	25	20	1.5	750	0.05			
S 35	○	輪島市市前町Rヶ池	施工地	深層崩壊(清漆塗層崩壊)	凝灰岩、礫	特になし	70	50	1	3500	0.35			
S 36	○	輪島市市前町Rヶ池	施工地	深層崩壊(清漆塗層崩壊)	凝灰岩、礫	法施工被災	50	40	1.5	3000	0.20			
S 37	○	輪島市市前町Rヶ池	自然斜面	表層崩壊	砂岩・凝灰岩	特になし	30	50	1	1500	0.15			
S 38	○	輪島市市前町Rヶ池	自然斜面	表層崩壊	砂岩・凝灰岩	特になし	30	20	1	600	0.06			
S 39	○	輪島市市前町樺木	自然斜面	深層崩壊(清漆塗層崩壊)	凝灰岩角礫岩	道路埋没	40	50	2	4000	0.20			
S 40	○	輪島市市前町樺木	施工地	斜面変状(地すべり崩土)	凝灰岩	道路埋没	50	40	1	2000	0.20			

3. 災害地の地形的特徴

旧門前町の水路の被害について

輪島市門前町道下地区を流れる護摩堂川の河床や護岸には圧縮性の変状が卓越し、これらの変状は河床と護岸の変状は地下浅部にまで達した断層のずれを反映している可能性があることが、応用地質(2007)や産業技術総合研究所(2007)によって報告されている。

土木学会斜面工学研究委小委員会調査団では、報告されている亀裂の確認ならびにその亀裂が地表地震断層であるのかどうかの検証を行うために、2007年6月2日に現地調査を実施した。以下に、その概要を述べる。

まず、国道249号線沿いから護摩堂川の上流(東側)方面を眺めると、河床や護岸の亀裂を確認することができた。さらに護摩堂川の右岸を上流に向かって歩いて行くと、写真のような明瞭な亀裂を間近で観察することができた。

これらの亀裂は一見すると先端の地表付近では西側が隆起していることから、逆断層成分が卓越した地表地震断層のように捉えることができる。しかしながら、本報告では以下の3点のような理由から、道下地区で発見された亀裂は地表地震断層ではないと考える。

- (1) 亀裂の先端部(地表付近)を除くと、全体的には上盤側が沈降している
- (2) 亀裂の傾斜の向きが想定されている断層の向きと異なる
- (3) 地震前後の地殻変動状況から求められた断層モデル(例えば、国土地理院, 2007等)の地表付近における断層の位置よりも数km東方に位置する

よって、本報告では門前町道下地区に現れた亀裂は地表地震断層ではなく地震に伴って発生した重力性の地すべりであると結論付ける。

引用文献

国土地理院(2007):平成19年(2007年)能登半島地震を起こした震源断層の姿

http://cais.gsi.go.jp/Research/crust/notohanto/fault_model.html

応用地質(2007):「平成19年(2007年)能登半島地震」の調査速報(第1報)

<http://www.oyo.co.jp/saigai/noto/1.html>

産業技術総合研究所(2007):2007年能登半島地震の緊急調査(地形・地質)

<http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/notohanto/report/070403.html>

4. 斜面崩壊の状況

今回の調査は、比較的規模の大きな斜面崩壊が発生した輪島市門前町周辺を詳細に調査した。

輪島市門前町は、新第三紀に堆積した堆積岩類の分布地であり、地すべり地形及び海成・河成段丘が発達している。斜面崩壊の多くは、海食崖、地すべり地形の旧滑落崖に発生している。形態は、崩落物が岩塊である岩盤崩壊・落石から、表面の土層が崩落した表層崩壊まで、多様な形態が見られる。特に、門前町では、崩落物として岩塊とともに土砂化した風化層を多く含んでいる深層崩壊が散見された。

主要な斜面崩壊箇所の概要は次のとおりである。

4. 1 熊野地区

穿入蛇行している河原田川の攻撃斜面に発生した深層崩壊で、崩壊地直下の本流河道を閉塞して、小規模な堰止め湖を形成している (S-27)。深層崩壊は、下部が礫岩、上部が砂岩であり、上部は、岩盤が節理面を堺としてくさび状に崩落したものである。

地震直後に、天然ダム形成の報道がされた箇所で、国土交通省の調べによると、本箇所を含めて 3 箇所の河道閉塞箇所が見られたが、いずれも小規模である。なお、河道閉塞の詳細については、別項を参照されたい。

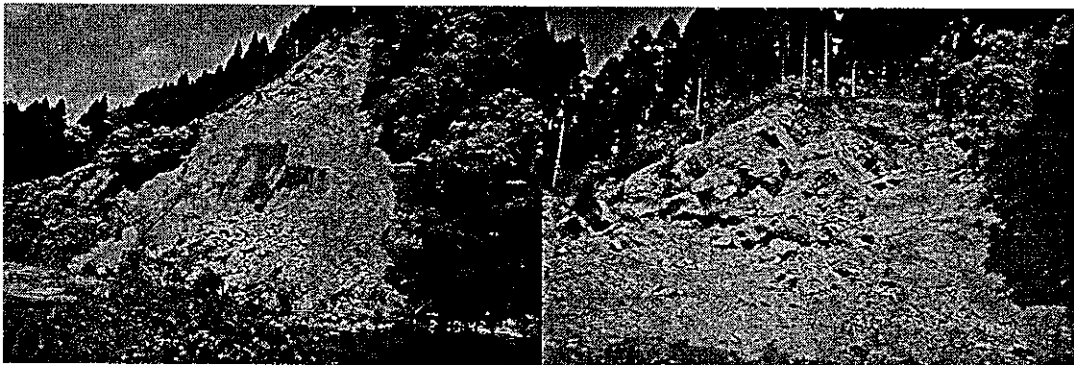


写真 4.1 河岸に発生した深層崩壊 (S-27)

写真 4.2 くさび状に岩盤が崩落した上部

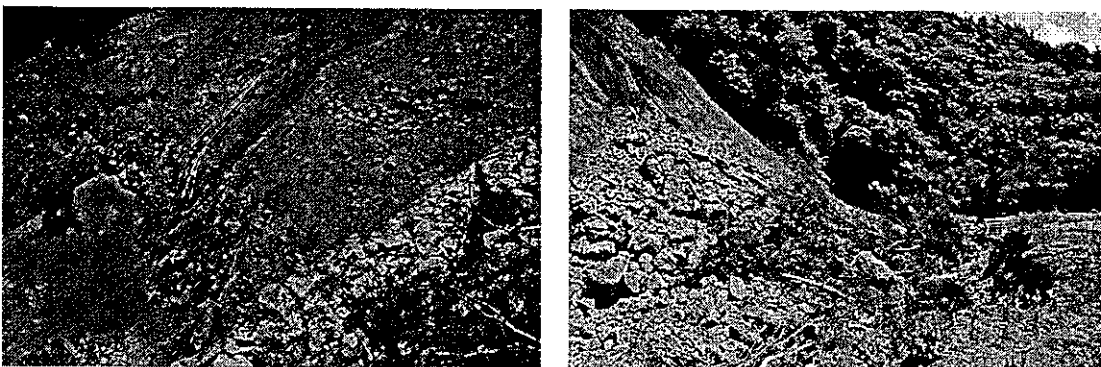


写真 4.3 崩壊地下部の礫岩の露頭

写真 4.4 崩壊地直下の河道閉塞

引用文献

国土交通省砂防部：能登半島地震による土砂災害発生状況、平成 19 年 4 月 12 日

4. 2 深見地区

地震直後に一時孤立した深見集落周辺では、数多くの斜面崩壊が発生している。

(1) 市道沿いの落石・岩盤崩壊

道下集落から海岸沿いに深見集落に至る市道（道下深見線）沿いでは、地震時に海食崖が岩盤崩壊・落石を引起し、各所で寸断した。特に、深見集落手間の斜面は、岩盤崩壊・落石が多発している（S-12～17）。市道に面する海食崖は、硬質であるが節理の発達した凝灰岩の上に礫岩層がのっており、大規模な深層崩壊（S-13, 後述）をのぞいて、凝灰岩の岩盤崩壊または塊状の礫岩が崩落（落石）したものである。海食台上には、礫岩の岩塊が見られることから、

なお、調査時点では、応急的に崩土が除去されていたが、深層崩壊箇所付近は通行止めとなっている（許可車のみ時間制限で通行）。

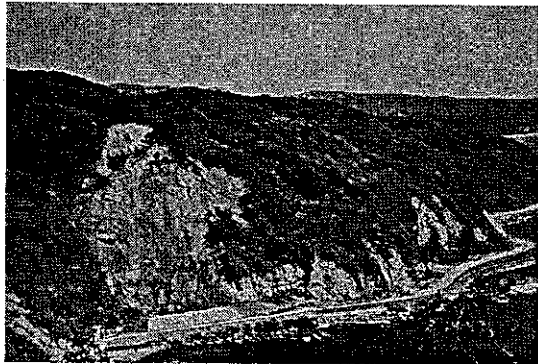


写真 4.5 市道沿いの斜面崩壊

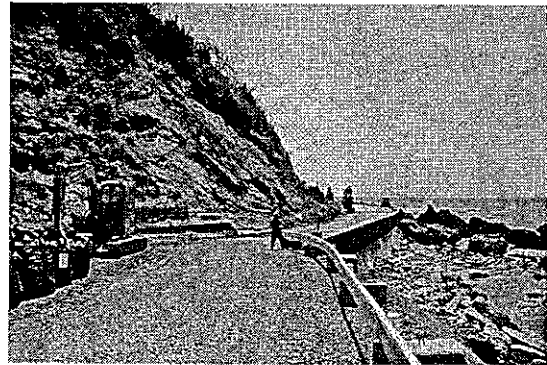


写真 4.6 崩土が取り除かれた市道

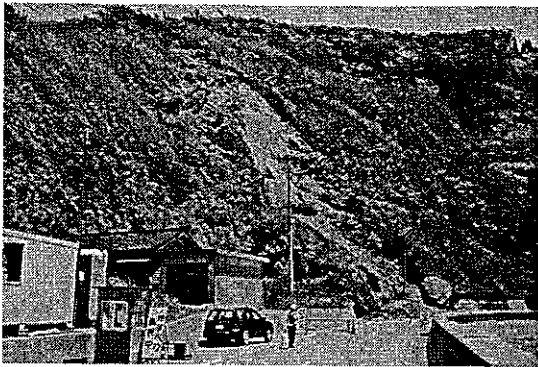


写真 4.7 通行止め箇所

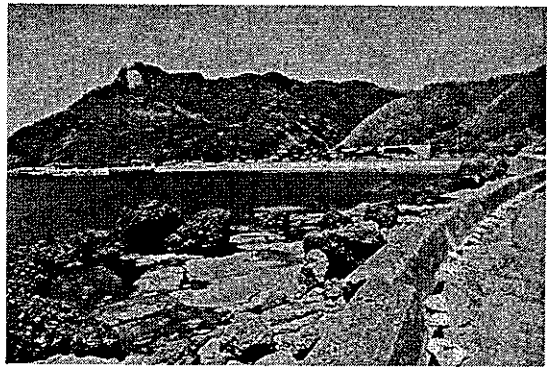


写真 4.7 市道と深見集落

海食台上に礫岩の岩塊が見られる。道路の護岸の損傷は、500 tクラスの落石によるものである。

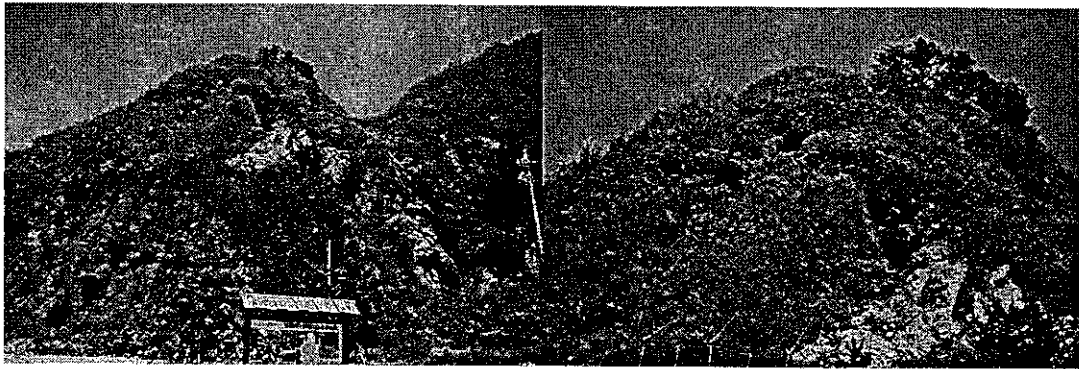


写真 4.8 海食崖の状況 凝灰岩の露頭の上に塊状に張り付いた礫岩層が見られる。

(2) 市道沿いの深層崩壊

市道（道下深見線）沿いには、大規模な深層崩壊が発生している（S-13）。この深層崩壊は、海食崖上の凝灰角礫岩層（安山岩質）が崩落したもので、滑落崖の規模は 5-20m程度におよび、大半の崩土は斜面上部に残留している。崩壊下部は、崩土により海食崖が削られて礫岩等が露出し急斜面を形成している。

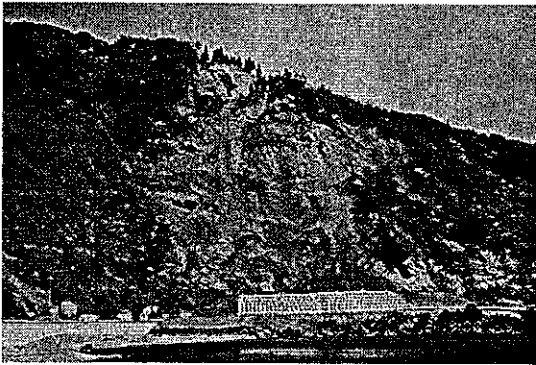


写真 4.9 市道沿いの深層崩壊（S-13）



写真 4.10 深層崩壊の滑落崖

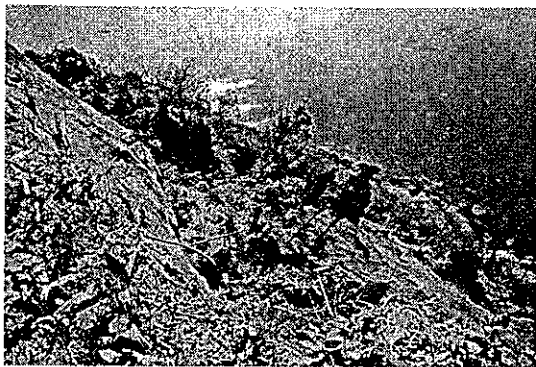


写真 4.11 深層崩壊の上部 崩土が残留。



写真 4.12 滑落崖の状況

滑落崖には、強風化を受けた安山岩質凝灰角礫岩が露出している。最上部には、円礫（最大径 20 c m程度）を含む未固結層が見られる。

(3) 深見集落の背後斜面

深見集落（37世帯87人）は、海に流れ込む深見川河口付近の両岸に発達しているが、背後斜面は、いずれも急斜な海食崖からなっている。地震後、市道が被災したために、近くの六郎木集落（8世帯16名）とともに一時孤立したが、船舶等により住民の避難が行なわれた。その後、石川県の調査により、深見集落の背後斜面（S-30,31）に亀裂が生じていることが判明したために、対策工事が終了するまで関係住民の非難は継続中である。

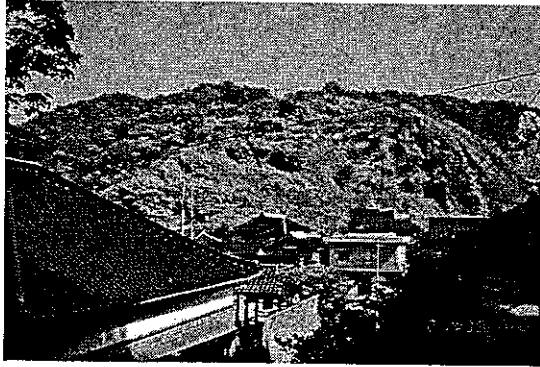


写真 4.13 背後斜面（左岸側 S-30）の状況

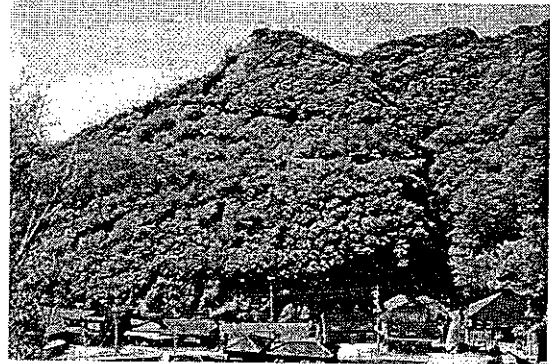


写真 4.14 背後斜面（右岸側 S-31）の状況

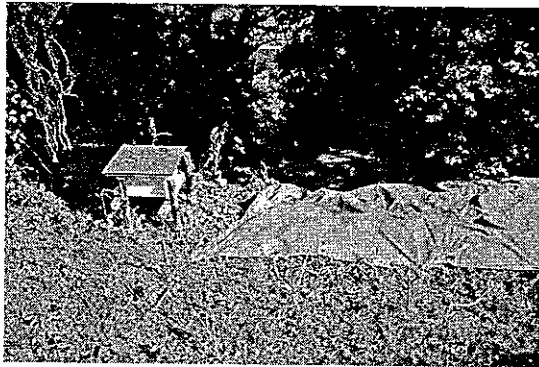


写真 4.15 応急対策が行なわれた背後斜面
（S-31, 亀裂をシートで保護）

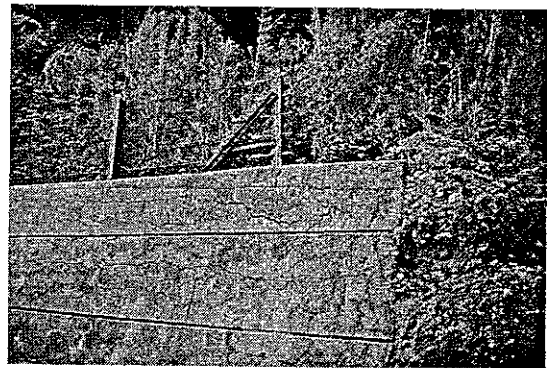


写真 4.16 一部が損傷した背後斜面の擁壁
（S-31, コンクリート擁壁にクラック発生）

(4) 斜面上部の表層崩壊

深見集落北側の急斜面には、尾根付近から崩落した表層崩壊が1箇所見られる。広葉樹林の表土が崩落したもので、基岩は風化を受けた礫岩である。

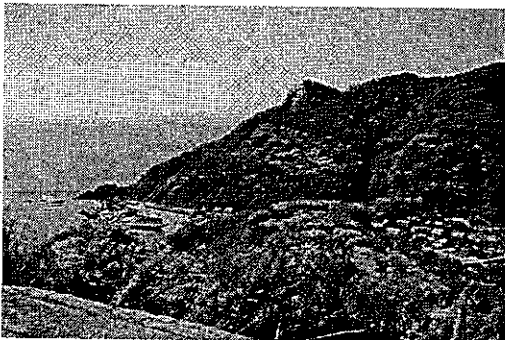


写真 4.17 尾根直下の表層崩壊（S-32）

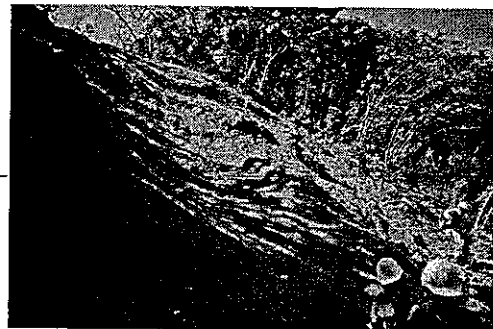


写真 4.18 表層崩壊の状況

4. 3 中野屋地区

(1) 深層崩壊

濁池川左岸の急斜面には、規模の大きな深層崩壊が発生している。崩壊地下部は、難透水性の凝灰岩であり、崩壊地上部は、主として凝灰角礫岩であり、硬質な部位は、節理面から岩塊が崩落しているが、一部は土砂化している。また、頭部には、固結度の低い礫層が見られ、最上部は円礫が含まれていることから段丘堆積物と考えられる。

崩土の一部は、斜面中段（凝灰岩の上）に堆積しており、4月初めから2ヶ月の間に、その一部が崩落している。

斜面中段から右側の人工林（アスナロ、スギ）内には、滑落崖及び古い側方崖が確認されており、過去にも崩壊が発生していたと見られる。

崩土の堆積している崩壊地末端は、水田跡であり、現在、竹林及び人工林となっている。崩土は、崩壊地上部から崩落した転石（凝灰角礫岩）が多く含まれているが、長いものは10m近くに及び容易に移動しない。

崩土の堆積箇所は、周辺から流水が集まる箇所であることから、流動化した崩土は、傾斜7～24度の溪床を土石流として260 m流下して、人家近くの治山ダム堆砂敷で停止した。この土石流は、立木や土砂を両側に押しのけており、現地での聞き取り結果（前回調査）からみても、豪雨時に発生する土石流に比べて含水量が少なく、ゆっくりと断続的に流下したとみられる。崩壊地頭部から崩土末端までの垂直距離を水平距離で除した等価摩擦係数は、0.44 であり、崩土の到達距離は比較的短い。ちなみに、地震直前は、前日午後から当日朝にかけて総雨量20mm程度の降水が見られる。土石流の詳細については、別項を参照されたい。

表 4.1 地震前後の降水量（アメダス、門前、平成19年3月）

月日	3/18	3/19	3/20	3/21	3/22	3/23	3/24	3/25	3/26	3/27	3/28	3/29	3/30	3/31
降水量(mm)	0	0	2	0	14	0	13	7	0	0	7	5	28	19

注) 地震発生：平成19年3月25日9:42頃



写真 4.19 崩壊地の状況 (S-23) 左：4月1日後藤撮影 右：6月3日撮影

前回調査(4月)以降、中段に堆積した崩土（転石を含む）の一部が崩落した。

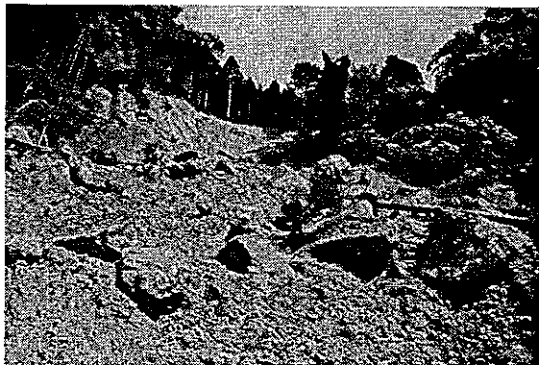


写真 4.20 中段の崩土の状況
凝灰角礫岩の岩塊が見られる

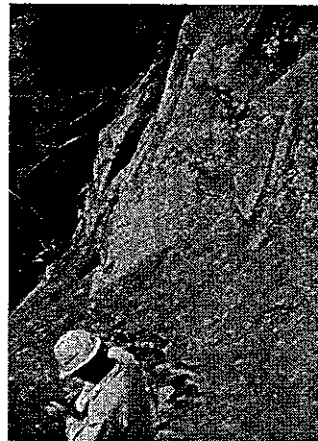


写真 4.21 崩壊地上部の凝灰角礫岩の露頭
節理を境にさび状に岩塊が崩落。
露頭に岩塊が移動した痕跡が残っている。



写真 4.22 凝灰岩の層理面
水平に近い受盤の斜面である。

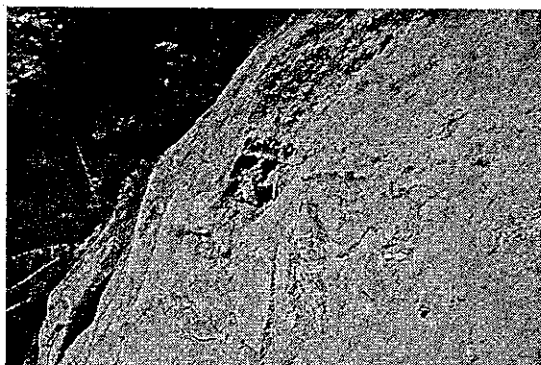


写真 4.23 凝灰角礫岩の露頭上部
風化した礫岩で、小崩落が見られる。

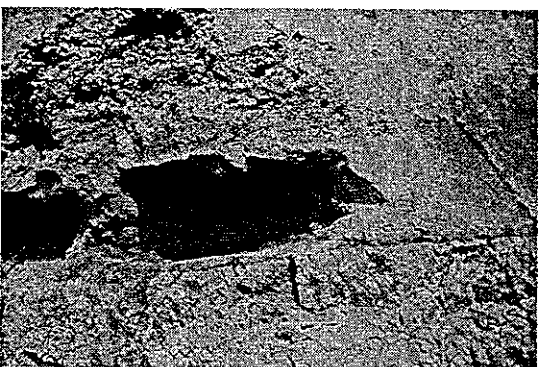


写真 4.24 凝灰角礫岩と礫層(最上部)の境界
礫層の境界付近は鉄分が沈着した砂層
(掘り取った層が砂層である、受盤)



写真 4.25 崩壊地上部から下方の状況



写真 4.26 林内にある旧滑落崖



写真 4.27 古い側方崖の状況



写真 4.28 流動化した崩土の末端
治山ダムの堆砂敷で停止

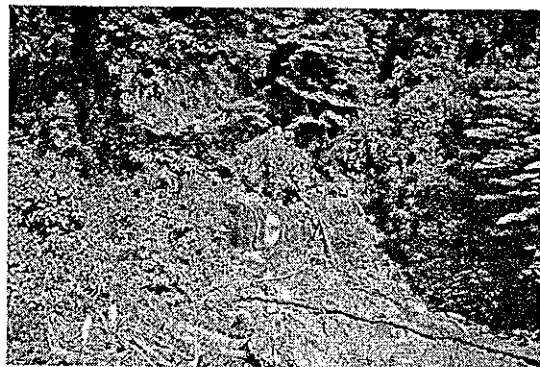


写真 4.29 流動化した崩土と治山ダム

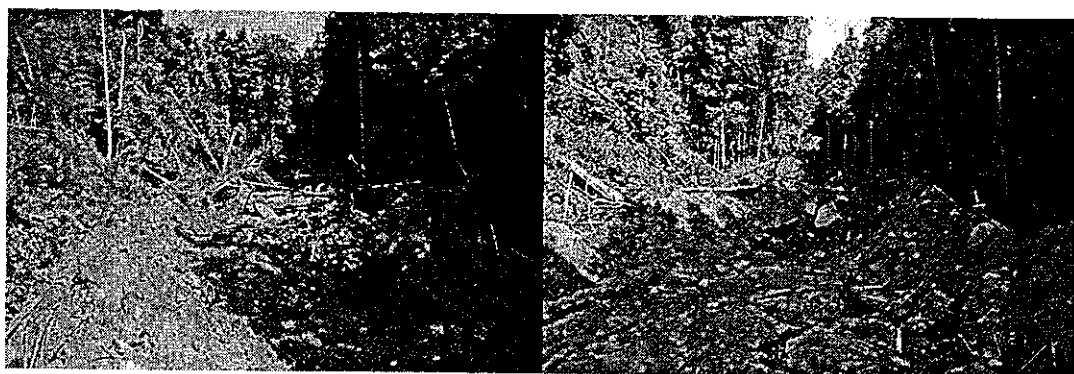


写真 4.30 崩土が流動化した流路の状況

崩土及び立木が両側に押しつけられているが、流路から大きく広がっていない（幅 20m 程度）。現況等からみて、比較的含水量の少ない土石流が、ゆっくり流下したものとみられる。



写真 4.31 流動化した崩土による侵食

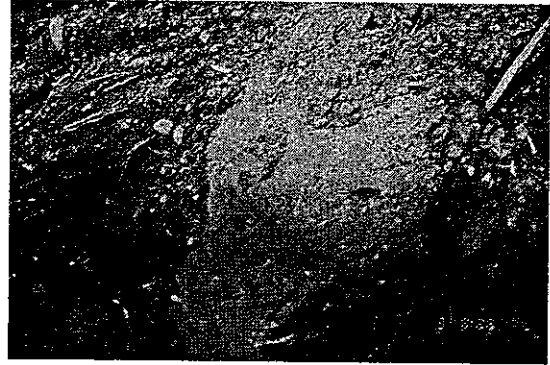


写真 4.32 凝灰角礫岩からなる転石
転石及び土層表面に土石流の痕跡がある。

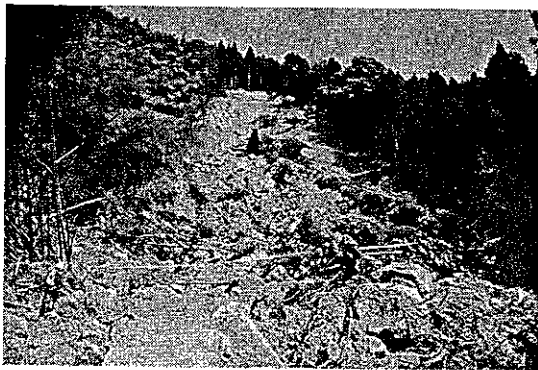


写真 4.33 崩壊地と転石の多い崩土



写真 4.34 崩土中の転石（凝灰角礫岩）
転石の最大長 10m, 重量約 900 t

(2) 隣接斜面の表層崩壊

中野屋地区の深層崩壊の隣接斜面には、急斜地の頭部から沢に向かって表層崩壊が発生している (S-34)。頭部には礫層の露頭が見られ、下部は滝となっている（凝灰岩ないし凝灰角礫岩と見られる）。



写真 4.35 表層崩壊の遠景 (S-34)



写真 4.36 表層崩壊の頭部

4. 4 地すべり地形内の崩壊

災害地周辺は、新第三系の堆積岩であるために、地すべり地形が数多く見られるが、地すべり地形の滑落崖、崩土の崩落が見うけられた。

(1) 六郎木の表層崩壊

六郎木集落と深見集落を結ぶ市道（五十洲深見線）沿いに、小規模な表層崩壊が見られる（S-33）。なお、表層崩壊の発生箇所は、地すべり地形の滑落崖にあたる急斜面である。



写真 4. 37 市道沿いの表層崩壊（地すべり地形の滑落崖, S-33）

(2) 濁池の表層崩壊

濁池川上流には、濁池集落を中心として大規模な地すべり地形が見られるが、滑落崖にあたる斜面に表層崩壊が見られる（S-36, 37）。



写真 4. 38 地すべり地形内の崩壊地（旧滑落崖頭部が崩落, S-36）

農村振興局所管・地すべり防止区域「清土」

(3) 尺ヶ池

尺ヶ池集落に隣接した地すべり地で深層崩壊が発生した（S-35）。この周辺は泥岩の分布地であり、林野庁により地すべり工事が実施されているが、固結度の低い礫層からなる滑落崖が、法枠工とともに崩落し、施工地が被災した。

また、尺ヶ池から安代原に向かう道路沿いでも、凝灰角礫岩の岩塊を含んだ崩土が崩落して、道路が埋没した（S-38）。



写真 4.39 滑落崖の崩落 (S-35)
林野庁所管地すべり防止区域「尺ヶ池」
施工されていた法枠工も崩落



写真 4.40 地すべり崩土が崩落 (S-38)

(3) 椎木地区

椎木集落は、林野庁所管の地すべり指定地内にあるが、地すべり地の滑落崖の一部が崩落して、直下の家屋が被災した(S-39)。また、地すべり地内のアンカー工も被災を受けている (S-40)。



写真 4.41 旧滑落崖の崩壊 (S-39)
林野庁所管地すべり指定地「椎木」

(以下取りまとめ中)

河道閉塞

(1) はじめに

新潟県中越地震により寺野と東竹沢をはじめとして芋川流域だけでも50箇所以上の河道閉塞が発生し、地震時の大規模土砂災害に対する危機管理の重要性が再認識されたところであるが、今回の能登半島地震でも3箇所の河道閉塞が見られた。このうち、最も土砂量が多く、まわりに与える影響の大きかったのが輪島市熊野地区の河道閉塞である。

(2) 河道閉塞の実態

輪島市熊野地区の河道閉塞は川原田川の中流右岸で発生した表層崩壊による生産土砂により形成された。地形図判読によれば本斜面は傾斜 $35\sim 40^\circ$ 程度の急崖斜面で、斜面の最高標高130m、最低標高60mで、比高差は70mあり、その斜面全体が地震により崩壊した。この区域の地質は凝灰岩質で、斜面頂部には高さ15m程度のスギ、ヒノキを中心とした人工林が残っているが、崩壊した斜面は同様の高さ程度の広葉樹で覆われていたようである。

この付近の河床勾配は約0.1%(1/1,000)、河床幅は20m程度である。左岸側は事務所の駐車場兼広場になっていて、その河床からの比高は2m程度である。崩壊した斜面はちょうど河川の屈曲部の外湾側にあたり、このため日頃から流水が直接斜面にあたっていて、場合によっては斜面風化土層が不安定な状態になっていた可能性もある。

崩壊地は概ね三角形を呈しており、長さ100m、幅80m、深さ2mとすれば、崩壊土砂量は 800m^3 になる。このうち斜面脚部に高さ25m、幅20m、深さ5m程度の崖錐が形成され、



写真-1 熊野地区における河道閉塞を引き起こした斜面崩壊 (4月28日：小野田敏撮影)



写真-2 斜面中腹からの湧水とリル形成

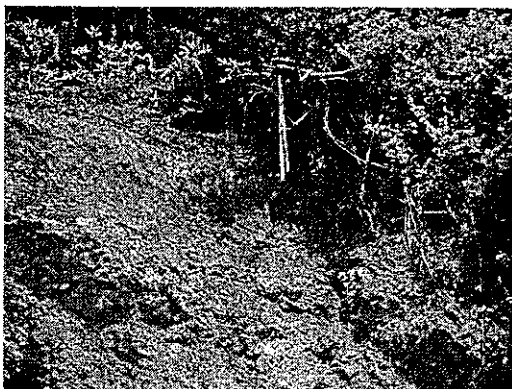


写真-3 崩壊頂部の状況；パイピングは見られない

それが河道を閉塞させていた。崩壊が発生した直後は天然ダムの高さは数 m はあったようだが、発生直後の土砂除去により現在は高さ 0.5m 程度の天然ダムが形成されているだけである。川の通水断面は河道掘削により現在では確保されているとのことである。

ただし、現在でも上流側には若干の湛水池があり、早急な対応が求められている。

(3) 今後の対応

本来ならば早急に土砂の撤去を行うべきである。

そして、崩壊を起こした斜面では崩壊面の手当てを行う必要がある。基本的には周囲の斜面と同レベルの植生状況になるように山腹工を行い、植樹を行うべきであろう。安易な法枠工は謹んでほしい。

ただし、現在でも斜面上の土砂は不安定であるため、工事施工中の安全対策には十分に留意しなければならない。



写真-3 崩壊上部の岩盤崩壊部分



写真-4 崩壊土砂による河原田川の河道閉塞

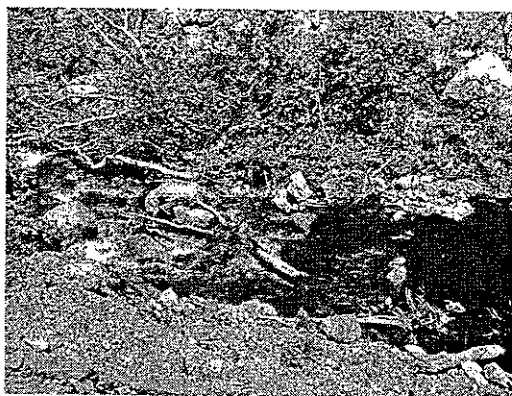


写真-5 河道閉塞の越流状況



写真-5 河道閉塞上流の湛水状況

中野屋土石流

(1) はじめに

新潟県中越地震により小栗山や桂谷三石川等、数箇所では土石流が発生しており、地震時での土石流発生メカニズム等の把握が重要な課題となっている。今回の能登半島地震では中野屋地区1箇所では土石流が見られた。

(2) 土石流の実態

輪島市門前町中野屋地区の土石流は八ヶ川水系浦上川支流濁池川の中流右岸で発生した深層崩壊により引き起こされた。地形図判読によれば本斜面は傾斜 40° 程度の急崖斜面で、斜面の最高標高 230m、最低標高 150m で、比高差は 80m 程度あり、その頂部平坦部より地震により崩壊した。この区域の地質は凝灰岩質で、斜面には高さ 15m 程度の人工林で覆われていた。なお、中流域から下流域にかけては竹の密林となっている。

本溪流の崩壊地より下流の平均河床勾配は約 5.3° ($1/3.25$)、河床幅は 5m 程度である。中流域の両岸は旧耕作地で現在ではスギ、ヒノキ林あるいは竹林になっていて、河床からの比高は 1m である。本流域の上流域にはいくつか崩壊跡地があり急崖斜面になっている。上流域からの湧水が多いのが特徴的で、もともと恒常的に土砂流出が見られたようであり、下流の谷出口には 2 基の治山堰堤が設置されていた。今回の土石流に対してはこの治山堰堤が極めて有効に機能した。

さて、土石流は治山堰堤を落ちた所で停止していた。治山堰堤付近では $30 \times 10 = 300\text{m}^3$ 程度の堆積土砂量である。治山堰堤の 20m 上流で土石流の停止した跡がある。そこは、その後再侵食を受けている。兩岸の竹やスギが倒れ、その影響でその先を押ししている。倒木は多いがせん断木がないので、土石流はそれ



写真-1 治山堰堤に捕捉された土石流



写真-2 土石流が一旦堆積しその後再侵食された様子



写真-3 土石流により倒壊した周辺の樹木



写真-4 巨礫による土石流のダムアップ状況（流下域）



写真-5 土石流堆積物の状況：泥流の侵食跡あり

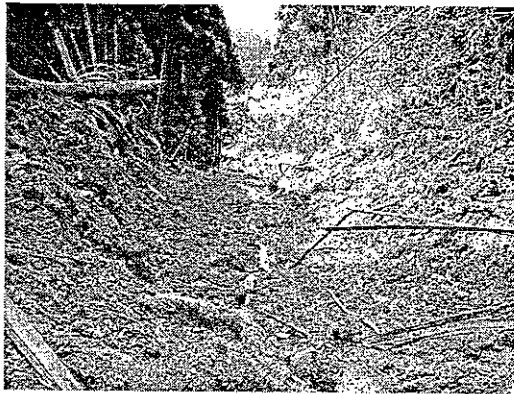


写真-6 土石流の流下状況：幅一杯に泥流も流下した



写真-7 カーブでも左右岸の高さの違いはない

ほど早かったわけではないようだ。溪流出口にお住まいの方が聞いたバキバキ音の正体はこれだろう。直径3m程度の巨礫が天然ダムのように土砂を止めている。ここまでこのような巨礫を押してきた流体力はすごい。右岸側に直径20cmくらいの立木が流木ダムを作っている。その下流はやはり侵食されており、高さ5m、幅5mの河床堆積物は非常に多くの水を含んでいてぬかるんでいた。これは3月26日段階で流れていた泥流である。

左岸側の側岸土砂には削痕のように泥流による侵食跡がある。また、これらの堆積物は2次クリープした跡があり、堆積時に相当多量の水を含んでいたことが想定される。粘性も高そうだ。これらの土石流は両岸に高さ2m程度の土手を残しながら流下した。これは土石流がかなり粘性を帯びて、速度が遅かったことを物語っている。カーブでも外湾側が内湾側に比較して高くなっておらず、速度が遅かったことを証明している。また、立木には泥飛沫がまったく見られなかった。このことからこの土石流はかなり粘性が高く流動性が低いものだったと考えられる。現在の高さより1m程度上りまで樹幹にすれた跡が見られることから土石流の波高は2m程度だったと考えられる。

深層崩壊の脚部で土石流が流下する頂部には直径7m程度もある巨礫がいくつも堆積していた。ここでダムアップされていたようにも考えられる。右岸側の鞍部から土石流が流れ出たように見える。すなわち本土石流は崩壊土砂によるダムアップ（天然ダム決壊）型の

土石流とも考えられる。ここから一気に流下したものと思われる。樹木も縦断方向に倒れている様子からもここには十分に水があったことが伺える。場合によっては小さな天然ダムを多数作ることにより水を貯留していたのかもしれない。その証拠に現在でも地表の凹凸の激しい崩壊脚部には水溜りがいくつも見受けられる。このような窪地が多数あったことにより水が貯留されてそれが合わさって土砂を流動化させたとも考えられる。脚部上には斜面途中から流れ出た湧水によるプラグフローの跡もあった。本崩壊地からは多くの地下水がでていたようだ。なお、本崩壊にはパイピングの跡は見られなかった。したがって、山体が揺すられて地下の間隙水圧が高まって発生した崩壊とは違うようである。なお、今回の中野屋地区の土石流は高濃度で粘性の高い低速の先端部分と、水深が低くて流動性の高い泥水のような後続流としての泥流から、構成されていたと考えられる。

(3) 今後の対応

現在の計画では土石流の流下区間に数基の治山堰堤を設置する計画になっているようである。現在河床に不安定に堆積している土砂の再移動を抑制することこそ最も優先しなければならないことからこの計画は極めて妥当と考えられる。崩壊地を対象にした山腹工計画については現在立案中のようだが、できる限り地域の樹木を植栽して、地域の景観と融合できるような工法での対応を期待したい。

ただし、現在でも溪流内ならびに斜面上の土砂は不安定であるため、工事施工中の安全対策には十分に留意しなければならない。



写真-8 樹木に付いた土石流の流下痕跡：樹幹への傷



写真-9 土石流を発生させた崩壊状況



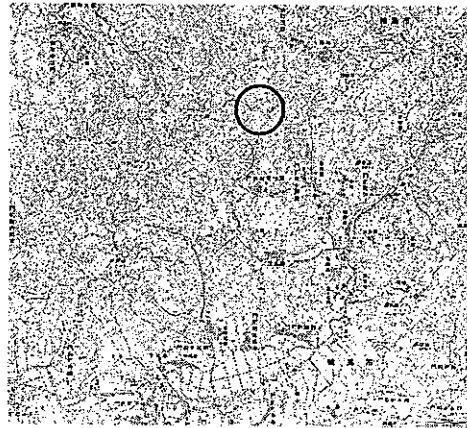
写真-10 巨礫によるダムアップとその決壊（右岸側）



写真-11 ダムアップの位置に見られる多数の水溜り

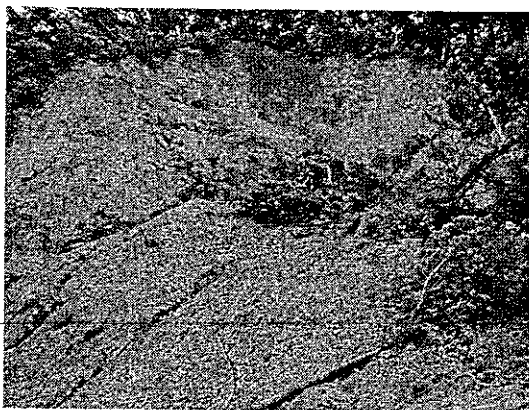
尺が池の斜面崩壊（法枠工の滑落）

尺が池の地形はなだらかな丘陵状の高所が随所に見られ、その低地部で畑、田があり低高地、低地と明確に区分されている。大きな河川は存在しない。地質はこの箇所一体であるが、ルーズな礫層、泥岩層、砂岩層の互層である。地下水については高いと推定され、法枠工崩壊後の斜面には水が浸みでている。ルーズな礫層は礫径はそんなに大きくなく、礫種は多様であるが、安山岩質系が多い。泥岩、砂岩についてもルーズであり、斜面の安定性に乏しいと推測される。



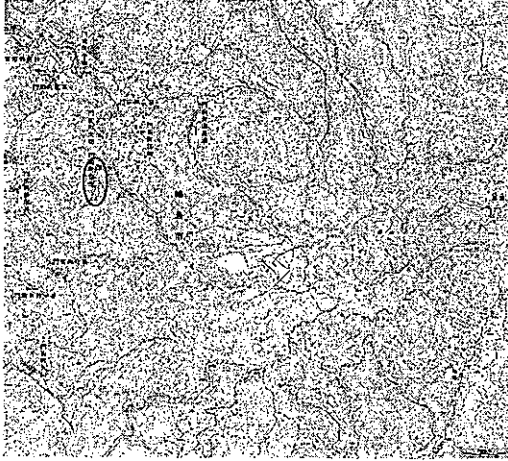
吹付法枠工は斜面最上部から推測するに斜面勾配が緩やかになる所まで施工していたはずである。大きさは200*200であり、鉄筋挿入工は施工していない。吹付法枠工の滑落状態は、地震によりのり肩部が揺動しその揺動により、吹付法枠工が地盤と離れ、吹付枠工の重量が下方に伝達する。その重みが段々大きくなり、遂には耐えきれなくなり法枠工全体が滑動した。滑動後の吹付法枠工は施工後そのままという形態である。尚、当該箇所の吹付法枠工はモルタル吹付である。滑落した法枠工は枠交点に亀裂が発達しており、地震発生後、吹付法枠工が落下するまでは時間経過があったことが伺える。

ルーズな地盤におけるのり面保護工は平常時ではあまり考えられることではないが、地震発生後ののり面保護工の動向にはこのような崩壊例があると云う事を考えさせられる。



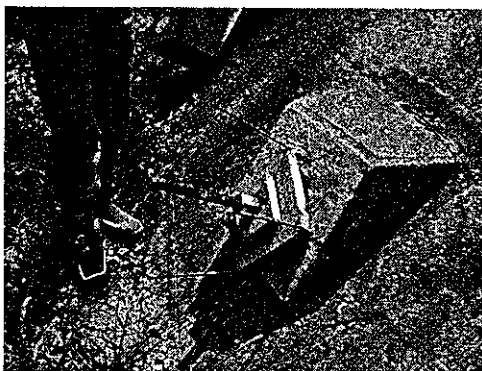
椎の林地すべり対策工のアンカー頭部の損傷

地すべり地形特有の緩斜面が長く続き、その地滑り地形末端部に地すべり抑止工としてアンカー工が施工されている。



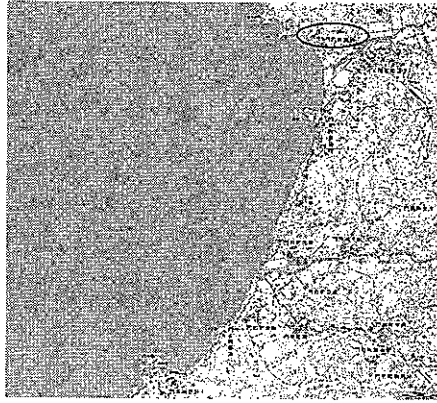
地すべり抑止工のアンカー工はゲビンデスターブ $\phi 23$ mmである。定着長、自由長は不明。施工時も不明であるが、アンカー工の仕様を考えると二重防錆がしていなく、20年程度は経ていると推測される。地震後の損傷を見ると、①アンカー頭部キャップコンクリートが損傷、②アンカー頭部キャップコンクリートが飛んでいる（アンカー緊張力は維持しているものと考えられる。）③アンカー緊張力が開放しているものと三形態が認められた。

この三形態はアンカー工に対する地震振動が影響し、損傷の度合いが相違するものと考えられる。①は比較的影響の少ないもの、②はかなり一時的に影響を受けたもの、③は地震時直後に大きな影響を受けたものと考えられる。アンカー工の歴史は機械の改良の歴史とも言われ、永久構造物として重要度は増してきたが、それに従い、材料、施工方法、理論も追随して来、施工量も多くなっている。しかし、今回のような未だ進んでいない当時のアンカー工が数多くあるのも事実であり、その維持管理にエネルギーを費やしている。今回はその問題があきらかになっただけである。先ず、二重防錆でないこと、頭はキャップコンクリートを打設していることである。今後このような現象は多く露呈することであろう。



鹿磯神社のり面

鹿磯神社の側面のり面の地形は小高い丘陵地形に似た地形を示す場所に平面を作成神社を構築している。この神社を頂点として西南側と東側のり面が構築されており、対策工が施されている。ここでは西南側と東側とを区分して考えることにする。



25,000分1地形図

1) 西南側

上部が緩傾斜のり面であり、吹付法砕工、鉄筋挿入工が対策工として施工しているが、尚、動きが止まらなかったのか法砕工枠内にアンカー工を施工していた。下部斜面は急崖であり、表層はすでに崩壊している状態である。上部のり面と下部斜面境界は傾斜変換線が存在する。上部のり面の法砕工と鉄筋挿入工は下部斜面にのし架かるような状態である。

地質は露頭があまりなくよく解らないが、非常にルーズな段丘堆積物、砂岩、泥岩と考えられる。

施工順序の最後であると考えられるアンカー工の頭部が抜けており、アンカー工は機能しない状態が、地震発生後から続いている。



この原因は次のように考えられる。

①地震発生時に斜面下部の表層崩壊が起りオーバーハング状になり、のり面上部が鉛直方向に力が掛かりアンカー工の軸力がずれ、頭部のクサビがずれ、鋼線が下方に引っ張られたのでアンカー鋼線が引っ込んでしまった。

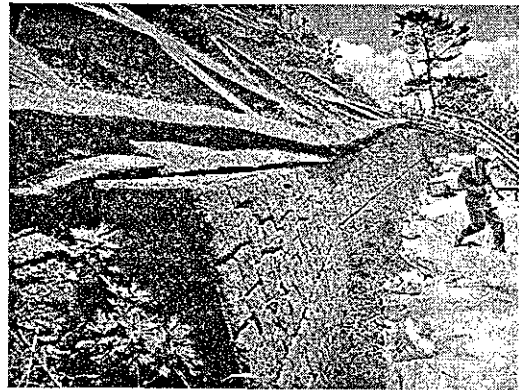
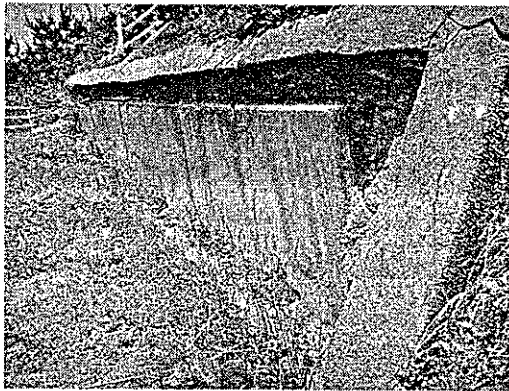
②地震発生時に上部のり面がのり肩部からグラグラ揺動し始め、法砕工が動き始め、それに追従するようにアンカー受圧板が動き軸力方向がずれアンカー工のクサビが緩み鋼線が外れ、法砕

工が下方にずれ、その重みで斜面下部が崩壊する。中越地震、能登半島地震でも斜面崩壊は上部から始まると思われる。

二通りの機構を説明したが、今回の場合はアンカー工でのり肩部の揺れはある程度抑制されていたと考えられるので①の方が説明し易いであろう。

2) 東部側

東部側のり面は3段から4段のり面であり、おおまかに説明すると上段部は吹付法砕工で主に浸食防止を目的としており、最下段はコンクリート擁壁工でのり面の安定を維持している。しかし、細かく言うと各のり面でその組合せをしている部分がある。これはのり面に歩道を構築しているためであろう。その吹付法砕工が勾配の変曲点（のり面ブロック）で間隔が広がったり、吹付法砕工とコンクリート擁壁工の境界に間隔が広がったり、あるいはコンクリート擁壁工の上縁辺部に吹付法砕工が載った状態になっている。地質は西部側でも記述したようにルーズな段丘堆積物、砂岩、泥岩である。



これら現象の原因は次のように考えられる。

①地震発生時にルーズな地盤が揺動し、のり面の安定性が維持できなくなり、重いものが鉛直方向に力が働き吹付法砕工が切土のり面勾配なりに滑り、下部のコンクリート壁、擁壁の上に押し被さる形態となった。

②地震発生時にルーズな地盤が揺動し、その地盤の中でも著しく脆弱部に負担が生じ、その部分から地盤が崩壊し、地盤が座屈したようになり、その上部の吹付法砕工がのり面勾配なりに滑り落ちた。

上記から考えると①の斜面崩壊の形が説明し易い。なぜなら地盤の状態がバックリングを惹起するような環境ではないからである。

尚、この地点での特質すべきことは地震により斜面頂部平坦面に亀裂が多く産出したが、斜面での現象はその頂部平坦部を頂点として二方向に斜面が変状したことである。この斜面の変状の仕様は地震での影響しか考えられない。

後述したのり面の最下部にはコンクリート擁壁が高さ 5～6m程度で施工されている。この擁壁にも亀裂が生じた。これの原因はよく解らないが一部分だけである。亀裂を生じた所に集中し

て力が作用したのかもしれないが、斜面の変状の割りには擁壁の亀裂の規模が小さいのが不思議である。



この擁壁について他の箇所にも損傷がないか調べたが、特段の損傷箇所は存在しなかった。ここ一箇所だけであった。支柱との関係があるのかもしれないが、現時点では詳細は不明である。