

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（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（日特建設株）（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		場所	分類	形態	主たる地質	被災状況	崩壊及び落石の規模											
	第1回	第2回						平均長(m)	平均幅(m)	崩壊深(m)	平均高(m)	平均幅(m)	平均厚(m)	長さ(3方向、m)	体積(m <sup>3</sup> )	面積(ha)	崩壊土砂量(m <sup>3</sup> )	落石重量(t)	延長(m)
S 1	○		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				15	10		5				750	
S 2	○		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	○		輪島市萱々木	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	火砕岩	洞門被災(国道)											500	
S 4	○		輪島市大川	切土斜面	表層崩壊	シルト岩	道路埋没(国道)	10	20	3							0.02	600	
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)	10	15	1							0.02	150	
S 6	○		輪島市三ツ子浜	切土斜面	表層崩壊	シルト岩	道路埋没(国道)	10	10	1							0.01	100	
S 7	○		輪島市里町	切土斜面	表層崩壊	シルト岩	吹付工崩落・道路埋没(国)	20	20	1							0.04	400	
S 8	○		輪島市打越	盛土斜面	盛土崩壊	—	吹付工崩落・道路埋没(国)	10	20	2							0.02	400	
S 9	○		輪島市袖ヶ浜	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	砂岩	擁壁(L型)崩落(国道)												30
S 10	○		輪島市下山	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	
S 11	○		輪島市上山	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	砂岩	道路埋没				30	10		3				900	
S 12	○		輪島市門前町深見	切土斜面	表層崩壊	—	道路埋没	10	10	1							0.01	100	
S 13	○		輪島市門前町深見	盛土斜面	盛土変状	—	道路陥没、擁壁(石積)変位	10	10										10
S 14	○		輪島市門前町深見	切土斜面	表層崩壊	凝灰岩	法面変状	15	15	1							0.02	230	
S 15	○	○	輪島市門前町深見	自然斜面	落石	礫岩	道路上落下	10	10					5	5	4		0.01	260
S 16	○	○	輪島市門前町深見	自然斜面	深層崩壊	礫岩、凝灰角礫岩	道路埋没	150	40	3							0.60	18000	
S 17	○		輪島市門前町深見	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	礫岩	道路埋没	20	20	1.5							0.04	600	
S 18	○		輪島市門前町深見	自然斜面	落石	礫岩	道路上落下・防潮護岸破壊							6	6	6			560
S 19	○		輪島市門前町深見	自然斜面	岩盤崩壊(崩落)	凝灰岩	道路上落下				15	10		2	4	1.5		300	
S 20	○		輪島市門前町深見	自然斜面	落石	凝灰岩	道路上落下										100	100	
S 21	○		輪島市門前町上長谷崎	自然斜面	岩盤崩壊(くさび)	凝灰岩	道路埋没				10	10		2	2	1		200	
S 22	○		輪島市門前町上長谷崎	自然斜面	落石	礫岩	道路上落下							3	2.5	1.5			29
S 23	○		輪島市門前町上長谷崎	自然斜面	岩盤崩壊(平面すべり)	凝灰岩	道路埋没	20	20	1							0.04	400	
縦 9	○		七尾市上川	切土斜面	落石	凝灰岩	道路陥没・コンテナ破壊											50	
縦 10	○		七尾市横田	盛土斜面	盛土崩壊	—	道路陥没(能登有料道路・下オンランプ)												150
縦 21	○		七尾市小牧	盛土斜面	盛土崩壊	—	道路陥没(能登有料道路・上オンランプ)												90
縦 14	○		七尾市谷内	盛土斜面	盛土崩壊	—	道路陥没(能登有料道路・上オンランプ)												55
S 24	○	○	輪島市門前町中野屋	自然斜面	深層崩壊	凝灰岩、凝灰角礫岩、礫岩、段丘堆積物	崩壊土砂流動、土石流化(治山ダムで停止)	100	50	3							0.50	15000	
S 25	○		富来町大徳寺	切土斜面	表層崩壊	安山岩	道路埋没(国道)	15	50	1							0.08	750	
S 26	○		富来町大徳寺	盛土斜面	盛土崩壊	—	道路陥没(国道)												30
S 27	○		富来町大徳寺	盛土斜面	盛土崩壊	—	道路陥没(国道)												40
S 28	○	○	輪島市熊野	自然斜面	深層崩壊	礫岩、砂岩	河原田川河道閉塞、堰止湖	100	80								0.80		
S 29	○	○	輪島市門前町鹿磯	施工地	斜面変状	砂岩・礫岩	法柁工、擁壁被災	20	20								0.04		
S 30	○	○	輪島市門前町鹿磯	施工地	斜面変状	砂岩・礫岩	アンカー工被災	20	30								0.06		
S 31	○	○	輪島市門前町深見	自然斜面	斜面変状	砂岩・礫岩	斜面直下に人家有	25	50								0.13		
S 32	○	○	輪島市門前町深見	自然斜面	斜面変状	砂岩・礫岩	斜面直下に人家有	35	70								0.25		
S 33	○	○	輪島市門前町深見	自然斜面	斜面変状	砂岩・礫岩	斜面直下に寺	35	40								0.14		
S 34	○	○	輪島市門前町深見	自然斜面	表層崩壊	礫岩	歩道埋没	20	15	1							0.03	300	
S 35	○	○	輪島市門前町六郎木	自然斜面	表層崩壊(滑落崖崩壊)	砂岩・礫岩	道路埋没	25	20	1.5							0.05	750	
S 36	○	○	輪島市門前町中野屋	自然斜面	表層崩壊	凝灰角礫岩、段丘堆積	特になし	70	50	1							0.35	3500	
S 37	○	○	輪島市門前町尺ヶ池	施工地	深層崩壊(滑落崖崩壊)	泥岩、礫岩	法柁工被災	50	40	1.5							0.20	3000	
S 38	○	○	輪島市門前町尺ヶ池	自然斜面	表層崩壊	砂岩・礫岩	特になし	30	50	1							0.15	1500	
S 39	○	○	輪島市門前町尺ヶ池	自然斜面	表層崩壊	砂岩・礫岩	特になし	30	20	1							0.06	600	
S 40	○	○	輪島市門前町尺ヶ池	自然斜面	深層崩壊(崩土)	凝灰角礫岩	道路埋没	40	50	2							0.20	4000	
S 41	○	○	輪島市門前町椎木	自然斜面	表層崩壊(滑落崖崩壊)	泥岩等	家屋被災	50	40	1							0.20	2000	
S 42	○	○	輪島市門前町椎木	施工地	斜面変状(地すべり崩土)	泥岩等	地すべりアンカー工(15本)被災												90

### 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](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つけており、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」

(追加報告)

## 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 35~40° 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、そこ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<sup>3</sup> 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、数箇所ですり落ちが発生しており、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箇所ですり落ちが見られた。

### (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。両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。これらの土石流は兩岸に高さ 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 程度上に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か見受けられる。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きているようだ。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 樹木について土石流の流下痕跡：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。



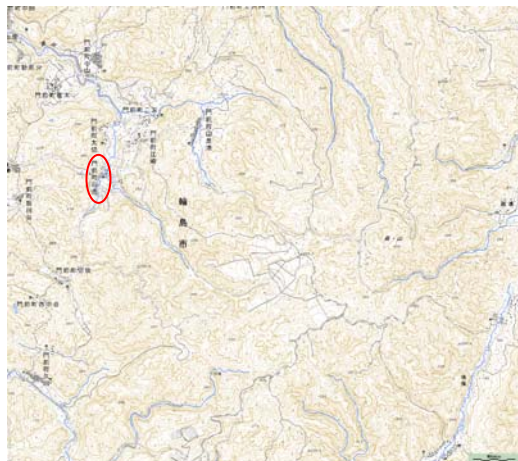
吹付法枠工は斜面最上部から推測するに斜面勾配が緩やかになる所まで施工していたはずである。大きさは200\*200であり、鉄筋挿入工は施工していない。吹付法枠工の滑落状態は、地震により肩部が揺動しその揺動により、吹付法枠工が地盤と離れ、吹付枠工の重量が下方に伝達する。その重みが段々大きくなり、遂には耐えきれなくなり法枠工全体が滑動した。滑動後の吹付法枠工は施工後そのままという形態である。尚、当該箇所の吹付法枠工はモルタル吹付である。滑動した法枠工は枠交点に亀裂が発達しており、地震発生後、吹付法枠工が落下するまでは時間経過があったことが伺える。

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。



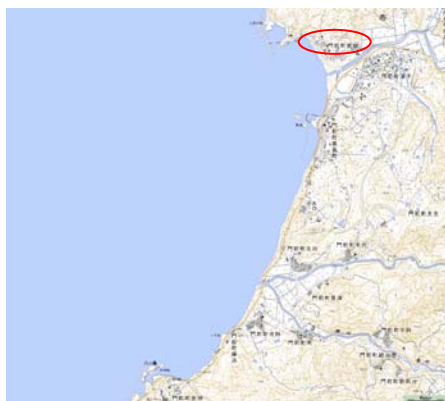
地すべり抑止工のアンカー工はゲビンデスターブφ23 mmである。定着長、自由長は不明。施工時も不明であるが、アンカー工の仕様を考えると二重防錆がしていなく、20年程度は経ていると推測される。地震後の損傷を見ると、①アンカー頭部キャップコンクリートが損傷、②アンカー頭部キャップコンクリートが飛んでいる（アンカー緊張力は維持しているものと考えられる。）③アンカー緊張力が開放しているものと三形態が認められた。

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、理論も追隨して来、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。まず、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に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、吹付法枠工、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枠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。上部のり面の法枠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、法枠工が動き始め、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、法枠

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、血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。