

戦-14 道路のり面斜面对策におけるアセットマネジメント手法に関する調査（２）

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 21～平 24（当初）

担当チーム：材料地盤研究グループ（地質）

研究担当者：佐々木靖人、浅井健一

【要旨】

本研究は、現場予算が厳しくなる中で効率的に道路のり面斜面の防災対策を進めることができるよう、のり面斜面の点検・調査記録や災害事例などを分析することにより、対策緊急度を判定するための調査項目や判定手法を提案することを目的としている。平成 22 年度は、21 年度の直轄国道斜面災害および中国・九州北部豪雨における道路斜面災害の事例を収集・分析し、災害の特徴と防災上の留意点を整理した。個別の発生箇所 conditions は、谷地形など自然的集水条件の箇所、道路や平坦地などにより集水する人工的集水条件の箇所、尾根地形の切土など集水条件の特にない箇所に分けられる。また、以下のような防災上の留意点が得られた。1) 谷地形は小規模であっても降雨に対する災害弱点箇所であり、適切に点検し必要な対策を検討することが必要である。2) 降雨時に表流水の流入しやすい箇所は災害弱点箇所として注意が必要であり、表流水の流入を防止したり排水施設を適宜設けて分散させることにより特定の箇所への水の集中を抑制するような対策が必要である。3) 道路周辺での地形改変は表流水の状況を変化させ、災害弱点箇所が変わる可能性があるため、注意が必要である。4) 風化が著しく進んでいたり新しい時代の地質であるなど軟質な地山の箇所は、尾根地形など特に集水条件のない場合であっても豪雨時に崩壊しうるため、点検時においても地山状態を確認する必要がある。

キーワード：道路、斜面、災害、点検、対策

1. はじめに

道路ネットワークの信頼性やサービス水準を確保する上で、防災対策は重要である。国土交通省の「道路の中期計画（案）」（平成 19 年 11 月）においても、全国の幹線道路で斜面災害の恐れのある 17,000 区間のうち、公共施設や病院などを結ぶ生活幹線道路 6,000 区間に対して今後 10 年間に重点的に防災対策を実施するとされている。これらの区間には道路防災点検による要対策箇所や通行規制区間等も含まれる。しかしながら、この 6,000 区間の総延長は 18,000km と膨大である。また、これらの箇所は防災面だけでなく老朽化による維持修繕コストの問題も生じてきている。現場予算が厳しくなる中でこれらの箇所の対策を効率的に進めるためには、斜面災害対策が必要な箇所の中でも緊急度の高い箇所から優先的に対策を行う必要があり、そのための判定手法が必要である。

したがって、本研究では、のり面斜面の点検・調査記録や災害事例などを分析することにより、対策緊急度を判定するための調査項目や判定手法を提案することを目的としている。

平成 22 年度は、21 年度の直轄国道斜面災害および中

国・九州北部豪雨における道路斜面災害の事例を収集・分析し、災害の特徴と防災上の留意点を整理した。

2. 研究方法

平成 18～20 年度の研究課題「道路斜面災害等による通行止め時間の縮減手法に関する調査」において検討した災害事例の収集様式¹⁾により、平成 21 年度の直轄国道斜面災害および中国・九州北部豪雨における道路斜面災害事例を収集した。収集できた事例は直轄国道が 16 事例、中国・九州北部豪雨における県管理道路が 86 事例である²⁾。

収集した災害事例箇所については、個別に現地調査を行い状況を確認しながら分析し、災害の特徴や防災上の留意点を整理した。

3. 研究結果

3. 1 平成 21 年度の直轄国道斜面災害の分析結果

3.1.1 概要

平成 21 年度の直轄国道斜面災害 16 事例の内訳は、切土のり面の土砂崩壊・変状 4、自然斜面の土砂崩壊 4、自然斜面の地すべり 1、路肩崩壊 4、落石 3 である。

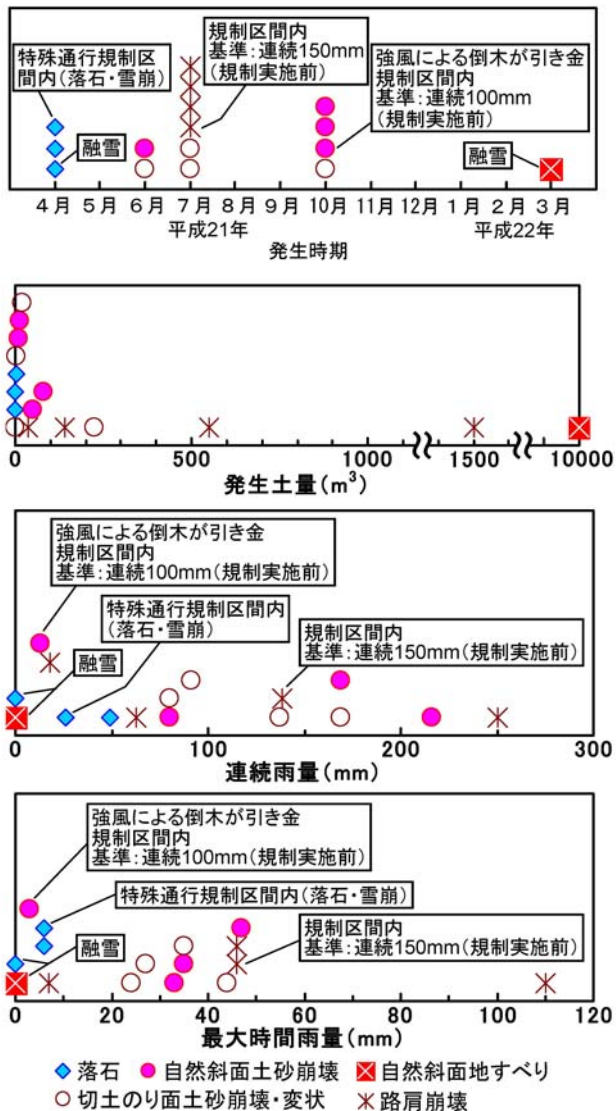


図-1 平成21年度直轄国道災害事例の発生時期、発生土量および発生時の雨量（誘因は特記しているものを除き降雨）

これらの発生時期、発生土量、発生時の雨量について図-1に示す。発生時期は4月、6月、7月、10月、3月に分かれている。7月の6件中5件（切土のり面土砂崩壊・変状2件、路肩崩壊3件）は中国・九州北部豪雨時、10月の4件はすべて台風18号来襲時である。なお、事前通行規制区間内の発生が2箇所（いずれも規制実施前）、特殊通行規制区間内の発生が1箇所（規制実施前）で、他の12箇所は事前通行規制区間外である。発生土量は自然斜面の地すべり1箇所（10,000m³）と路肩崩壊1箇所（1,500m³）を除いた他の箇所はいずれも1000m³以下である。

発生誘因は降雨によるものが多いが、融雪など他の誘因によるものも含まれている。

災害発生時の雨量は、最大時間雨量が20mm以上のものと10mm以下のものに分けられ、連続雨量ではそれぞれ

80mm以上と50mm程度以下に相当する。

災害種別ごとに見ると、連続雨量50mm程度以下・最大時間雨量10mm以下のグループには落石のすべて、地すべり、自然斜面の土砂崩壊のうち1件、路肩崩壊のうち1件が含まれる。これらのうち落石はすべて4月に北海道開発局管内で発生したものであり、無降雨または少雨の条件で発生した理由として融雪や凍結融解などの影響が推測される。地すべりは3月に北陸地方整備局管内で発生したものであり、融雪により多量の地下水が供給されたことが誘因と考えられる。路肩崩壊は水路の道路横断部の暗渠の呑み口が詰まったために道路上に溢れた水が路肩に流入して崩壊したものである。自然斜面の土砂崩壊は事前通行規制区間内（規制雨量は連続100mm）で発生したが、降雨が誘因ではなく、急斜面において台風18号に伴う強風による倒木の発生に伴い根元付近の土砂が崩壊したものである。

一方、連続雨量80mm以上・最大時間雨量20mm以上のグループには切土のり面の土砂崩壊・変状のすべて、自然斜面の土砂崩壊の残り3件、路肩崩壊の残り3件が含まれる。これらの発生誘因はすべて降雨である。

3.1.2 特徴的な事例および防災上の教訓

(1) 道路上の表流水が流入し崩壊した事例

写真-1は路肩崩壊の事例である。崩壊時の連続雨量は138.5mm、最大時間雨量は46mmで、事前通行規制実施前（基準雨量は連続150mm）であった。写真-2に示すように、多量の表流水が道路上を流下し、その一部が崩壊箇所に入っていた。当該箇所はさらに道路側溝と暗渠の水を路肩下の谷へ排出する箇所となっており、これらに道路上の表流水が加わることで相当量の水が当該箇所集中したことが推測される。当該箇所周辺の地形図を図-2に示す。過去の地形図および空中写真によれば、崩壊箇所の南東側200～300m付近の造成地は1980年頃に南側へ下る谷を埋めて造成された。もともとは南側の谷へ流入していた分の水も造成によって崩壊箇所側



写真-1 豪雨による路肩崩壊の事例（管轄事務所提供）

へ流下するようになり、水量を増加させたと推測される。

この事例のように、道路周辺での地形改変は表流水の状況を変化させ、崩壊の起こりやすい箇所が変わる可能性があることから、地形改変が生じた場合にはそれによる表流水の状況変化を確認する必要がある。



写真-2 災害発生直前における表流水の状況
(管轄事務所提供)



図-2 災害発生箇所周辺の地形図

写真-3は別の路肩崩壊の事例である。当該箇所は海岸沿いの谷埋め盛土であり、背後の海岸段丘を流下してきた小水路（常時流水あり）が道路下を暗渠で通過する地点であった。災害発生時の雨量は連続雨量18mm、最大時間雨量7mmと少雨であったが、小水路の水が何らかの理由で溢れ（暗渠の流入口が何らかの理由で閉塞されたと推測される）、道路反対側の路肩に流入し、崩壊が発生した（写真-4）。このような道路周辺の水路施設の状況にも常に留意する必要がある、日常の点検・維持管理を適切に実施していくことが重要である。

同様の表流水の流入による崩壊は他に3事例生じたほか、平成20年度の直轄国道災害や下記の中国・九州北部豪雨災害でも生じており、3.2.2で述べる「人工的集水条件の箇所」に相当する。このような表流水の流入しやすい箇所は災害に対する弱点箇所として注意が必要であるといえる。

(2) 小規模な谷地形が崩壊した事例



写真-3 谷埋め盛土の路肩崩壊の事例
(管轄事務所提供)



写真-4 道路周辺に溢れた表流水
(管轄事務所提供)

写真－５は切土のり面に挟まれた小規模な谷地形の箇所（事前通行規制区間外）が連続雨量 216mm、最大時間雨量 47mm の集中豪雨で崩壊し、15m³ の崩壊土砂が道路に流出し通行止めとなった事例である。当該箇所は谷の途中を道路が両切土で横断して建設されたため、谷の断面が道路に面している部分であり、道路を挟んで反対側にも谷の続きの部分が見られる。元の谷底は道路面より高い位置にあったが、道路建設後の浸食により谷の出口付近は道路とほぼ同じ高さとなっている。地山は鮮新世の砂岩・シルト岩からなる固結度の低い地山である。当該箇所の被災記録は残っていないが、災害前の写真では谷の出口に土のうで応急対策がされていたことから、同様の土砂流出は以前にも繰り返されていたと推測される。

同様の小規模な谷地形の崩壊・土砂流出による災害は同日に当該箇所の約 20km 南でも生じたほか、平成 20 年度の直轄国道災害でも生じており、3.2.2 で述べる「自然的集水条件の箇所」に相当する。これらの箇所も災害弱点箇所として適切な点検・対策が今後必要である。



(a) 谷の出口



(b) 道路に流出した土砂および倒木
写真－５ 小規模な谷地形の崩壊事例
(管轄事務所提供)

(3) 軟質な地山からなる切土のり面の土砂崩壊の事例

写真－６は第四紀の火山噴出物からなる切土のり面（事前通行規制区間外）が連続雨量 137mm、最大時間雨量 24mm の降雨によって崩壊した事例である。本箇所の地質は礫混じり火山灰を主体とし、N値の大きい部分と小さい部分が混在し、低い部分ではN値 10 程度と軟質な部分が存在する。また、当該のり面はプレキャストのり枠工が施工されていたが、崩壊前の写真ではのり枠工の浮き上がりが顕著に見られており（写真－７）、対策工の効果の低下と表層部分のゆるみが進行していたことが推定される。

なお、他の切土のり面の崩壊箇所 3 事例も、風化が進んでいたり新しい時代の地質であったりするなど軟質な地山であった。これらの切土のり面崩壊 4 箇所のうち 3 箇所は 3.2.2 で述べる「集水条件の特でない箇所」に相当する。同様の軟質な地山の切土のり面崩壊は平成 20 年度の直轄国道災害や下記の中国・九州北部豪雨災害でも生じており、このような軟質な地山の箇所は災害に対する弱点箇所として注意が必要であるといえる。

(4) 対策工の効果により軽微な被災にとどまった事例

写真－８は融雪により道路直下の斜面で地すべりが発生した事例である。地質は中新世の凝灰角礫岩ないし凝灰質泥岩・砂岩である。発生時期は 3 月、発生土量は 10,000m³ で、地すべり頭部は 7～8m 程度沈下した。地



写真－６ 第四紀火山噴出物からなる切土のり面の崩壊事例（管轄事務所提供）



写真－７ プレキャストのり枠工の浮き上がり
(管轄事務所提供)

すべり冠頂部に道路が位置したが、路肩部の擁壁下に深礎杭が連続して施工されていたため、路面の亀裂と擁壁のごくわずかな変状が発生する程度の被災にとどまった。当該現場の地すべりでは現地調査時（10月）においても常時湧水が見られたことから、融雪の進んでいた発生時には多量の融雪水が地下水として供給されていたと推測される。

3. 2 平成 21 年中国・九州北部豪雨道路斜面災害の分析結果

3.2.1 概要

平成 21 年 7 月 19～26 日に発生した中国・九州北部豪雨における県管理道路の斜面災害事例 86 事例は、広島（16 事例）・山口（53 事例）・福岡（17 事例）3 県が管理する道路において発生した斜面災害である。なお、これらは本豪雨において災害報告の件数の多かった上記 3 県の各事務所が作成した災害査定資料や対策検討のための調査報告書などをもとに収集したものであり、本豪雨において発生した道路斜面災害の全数ではない。また、災害査定の対象とならないような小規模なものや市町村



写真-8 道路直下で発生した地すべりの事例
(管轄事務所提供)

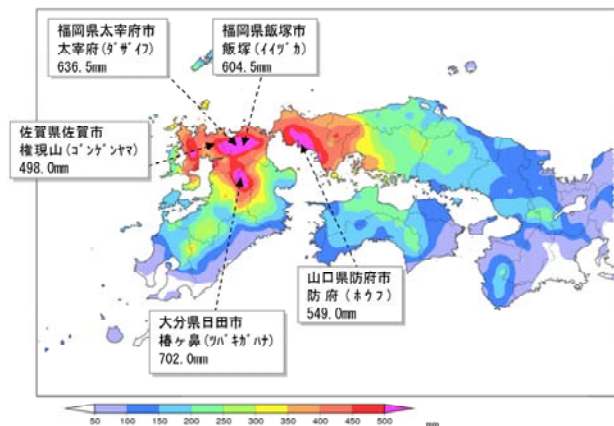


図-3 中国・九州北部豪雨における総雨量分布
(気象庁による)³⁾

管理道路や高速自動車国道における災害などは含まれていない。このほか、本豪雨において直轄国道の斜面災害が5件発生した。

本豪雨の概要は気象庁によってまとめられている³⁾が、特に集中して降った複数の時期および地区が認められる。主なものとして、7月21日をピークとする山口県を中心とする豪雨、7月24～26日にかけての福岡県など九州北部を中心とする豪雨がある。図-1に気象庁発表による7月19～26日の降水量分布図を示す。災害発生日時も上記の降雨状況を反映し、山口県内の災害は県東部の2件を除くすべてが7月21日に発生している。また、福岡県内の災害は、降雨が7月24日と7月25～26日に分かれることを反映し、7月24日発生のもので7月25～26日発生のものに分けられる。なお、今回の収集事例には含まれていないが九州自動車道での斜面崩壊も7月26日に発生している。広島県内の災害および山口県東部2件の発生日時は7月20～28日に分散し、7月24～25日が比較的多い。これらも各災害の発生箇所の降雨に対応している傾向が伺える。なお、7月28日に山口県東部で発生した1件の災害は24～26日の降雨から約1日半遅れて発生したものである。

直轄国道分5件も含めた災害形態の内訳を図-4に示す。切土のり面の表層崩壊・変状が48件と半分強を占め、

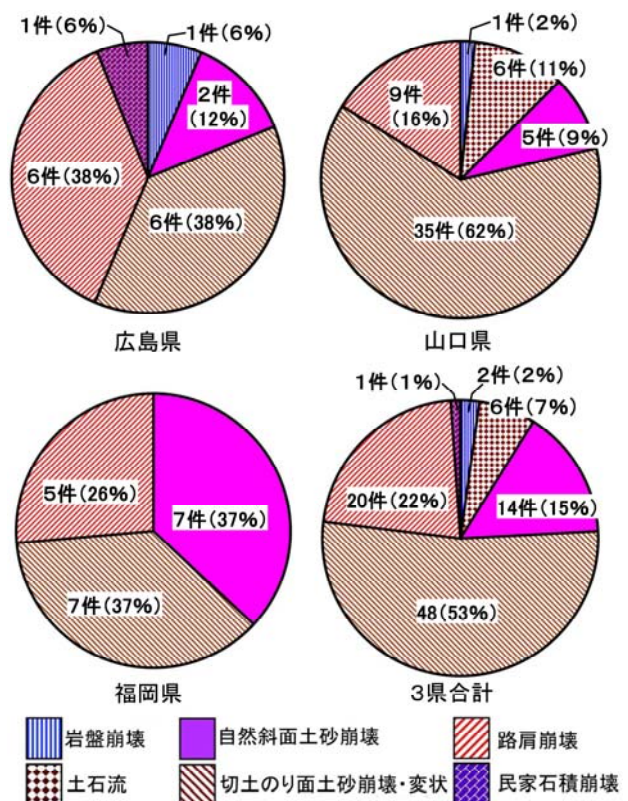


図-4 中国・九州北部豪雨における
災害種別発生件数・割合

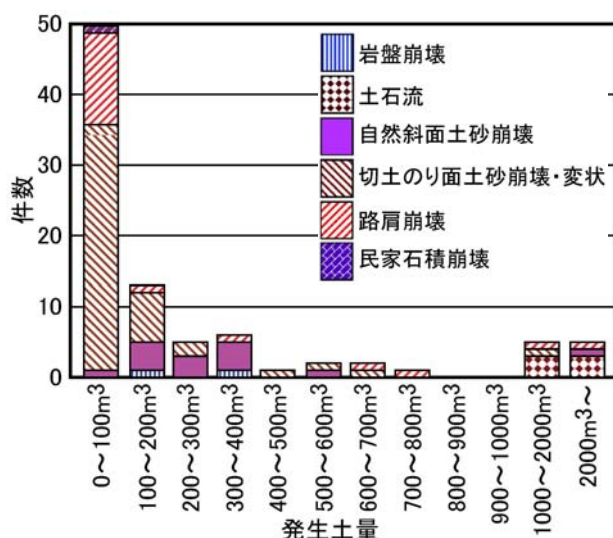
次いで路肩崩壊 20 件、自然斜面土砂崩壊 14 件と続く。これらは 3 県のいずれにおいても発生している。反対に、土石流 6 件は山口県に限られ、そのうち 5 件が防府市および山口市に集中している。これらの発生土量別件数を図－5 に示す。100m³ 以下のものが半数以上、200m³ 以下まで含めて 3 分の 2 以上、1,000m³ 以下までで 9 割近くを占める。一方、土石流はいずれも 1000m³ 以上である。路肩崩壊のうち発生土量が 1,000m³ を越える 2 箇所は、急峻な斜面の谷側であったり、谷埋めの高盛土である等の理由により、いずれも崩壊高さ 30m を越える規模となったものである。

3.2.2 降雨と集水条件との関係

発生箇所の自然的・人工的な地形等条件を個別に調査し、集水条件に着目して以下の 3 つに分類した。

- 1) 谷型斜面などの集水地形、常時湧水があるなど地下水が集まりやすい箇所、谷埋め盛土の地下に存在する元の谷地形により地下水が集まりやすい箇所など、自然に形成された地形・地質によって水が集まりやすい箇所。本報告これを「自然的集水条件の箇所」とした。
- 2) 上方に水田、民地などの平坦面や道路、水路が存在する箇所、小段、路面、水路、暗渠等の水が集まりやすい箇所など、人工改変物によって水が集まりやすい箇所。本報告ではこれを「人工的集水条件の箇所」とした。
- 3) 尾根地形や直線型斜面の切土などで、上記 1) 2) の条件も存在しないなど、特に水が集まりやすい条件を有しない箇所。本報告ではこれを「集水条件の特にない箇所」とした。

これらの集水条件別の災害発生時雨量を図－6 に示す。



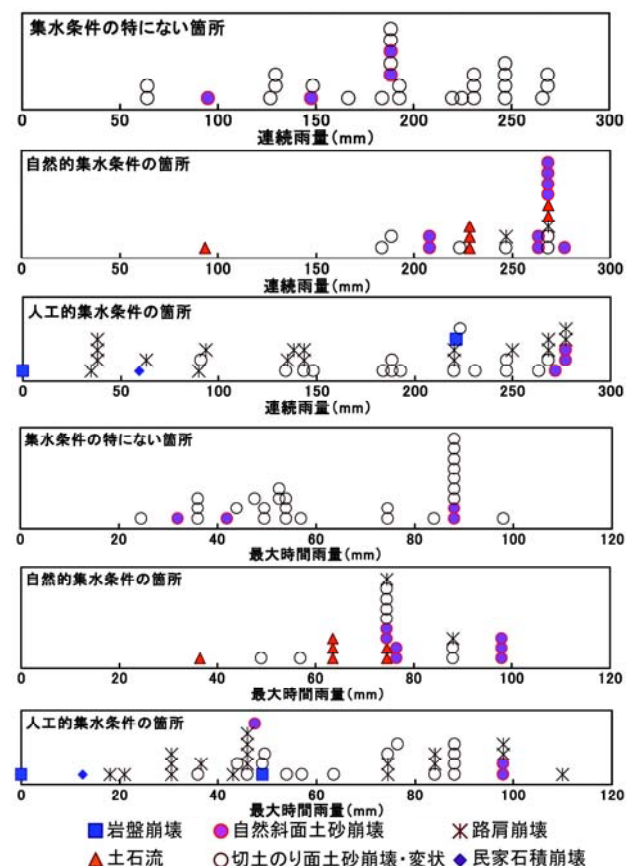
図－5 中国・九州北部豪雨における発生土量別件数

人工的集水条件の箇所では、特に路肩崩壊などで連続雨量 50mm 以下のような少雨で発生する事例も見られる。このような箇所は、例えばカーブ箇所の路面傾斜により表流水が集中して流入しやすいなど、個別箇所毎に固有の条件を持ち、それらの条件を考慮しながら対応策を検討していく必要がある。また、今回の災害では特に尾根地形の切土のり面など集水条件の特にない箇所においても多く発生しており、中には少雨で発生している事例も見られる。今回の災害発生箇所の地質は花崗岩、古生代の変成岩（泥質片岩など）、堆積岩などが主であるが、下記事例に示すように、いずれも風化が著しく、土砂状になっている場合も多い。このような脆弱な地山条件が集水条件の特にない箇所での崩壊の素因となっていると考えられ、切土のり面の安定性を考える上で注意が必要である。

3.1.3 特徴的な事例および防災上の教訓

(1) 自然的集水条件の箇所の崩壊事例

写真－9 は連続雨量 268.5mm、最大時間雨量 74.5mm の



図－6 集水条件別の災害発生時連続雨量および最大時間雨量

岩盤崩壊のうち 1 件が連続雨量、最大時間雨量とも 0 mm となっているのは降雨から遅れて発生したためで、約 1 日前（降雨終了時）までに連続雨量 78mm（災害 4 日前まで含めた総雨量 200mm）最大時間雨量 22mm の降雨があった。

降雨で発生した切土のり面の崩壊事例である。発生箇所の地質は風化の著しい花崗岩である。崩壊箇所の直上に小規模な谷地形があり、これによって雨水が集水されたことが誘因と推測される。3.1.2 でも述べたように、小規模な谷地形は災害弱点箇所として適切な点検・対策が必要であるが、ここでは谷地形自体ではなく直下の切土部が崩壊しており、地山の脆弱さが影響していると推測される。

(2) 人工的集水条件の箇所の崩壊事例

写真-10 は道路上の表流水が流入し発生した路肩崩壊の事例である。崩壊時の連続雨量は38mm、最大時間雨量は30.5mmと非常に短時間の豪雨で発生した。近傍の2箇所でも発生したが、いずれも表流水の流入の痕跡が認め



写真-9 小規模な谷地形（赤丸内）の直下の切土のり面の崩壊事例



(a) 災害後（管轄事務所提供）



(b) 対策後の状況と表流水の痕跡

写真-10 表流水の流入による路肩崩壊の事例

られた。また、路線沿いに同様の表流水の流入の痕跡や過去の対策工（擁壁工）が複数箇所存在しており、同様の災害が繰り返し発生していたと推測される。このような箇所においては災害の誘因である表流水の流入を防止したり排水施設を適宜設けて分散させることにより特定の箇所への水の集中を抑制するような対策が必要である。

(3) 集水条件の特でない箇所における崩壊事例

写真-11 は連続雨量193mm、最大時間雨量49.5mmの降雨で発生した切土のり面の崩壊事例である。当該箇所は尾根の先端部の切土であり、上方に集水地形も存在しないが、発生箇所の地質は風化の著しい花崗岩であり、脆弱な地山条件が崩壊の素因と推測される。一般に豪雨時の災害危険箇所としては谷地形が注目され、収集した災害事例においても谷地形での災害は特徴的事例の一つであるが、尾根地形であってもこのような脆弱な地山の場合には豪雨時に崩壊しうることには注意が必要である。

3.3 防災上の留意点のまとめ

以上に述べたような事例から防災上の留意点をまとめると以下のとおりとなる。



(a) 災害後（管轄事務所提供）



(b) 対策後

写真-11 尾根の先端部の切土のり面の崩壊事例

- ・谷地形は小規模であっても降雨に対する災害弱点箇所であり、適切に点検し必要な対策を検討することが必要である。
- ・降雨時に表流水の流入しやすい箇所は災害弱点箇所として注意が必要であり、表流水の流入を防止したり排水施設を適宜設けて分散させることにより特定の箇所への水の集中を抑制するような対策が必要である。
- ・道路周辺での地形改変は表流水の状況を変化させ、災害弱点箇所が変わる可能性があるため、注意が必要である。
- ・風化が著しく進んでいたり新しい時代の地質であるなど軟質な地山の箇所は、尾根地形など特に集水条件のない場合であっても豪雨時に崩壊しうるため、点検時においても地山状態を確認する必要がある。

4. まとめ

平成 21 年度の直轄国道斜面災害および中国・九州北部豪雨における道路斜面災害の事例を収集・分析し、災害の特徴と防災上の留意点を整理を分析した。

個別の発生箇所の条件は、谷型斜面など自然的集水条件の箇所、平坦地や道路などにより集水する人工的集水条件の箇所、尾根地形や直線的斜面の切土など集水条件の特でない箇所に分けられる。また、以下のような防災上の留意点が得られた。

- 1) 谷地形は小規模であっても降雨に対する災害弱点箇所であり、適切に点検し必要な対策を検討することが必要である。
- 2) 降雨時に表流水の流入しやすい箇所は災害弱点箇所と

して注意が必要であり、表流水の流入を防止したり排水施設を適宜設けて分散させることにより特定の箇所への水の集中を抑制するような対策が必要である。

- 3) 道路周辺での地形改変は表流水の状況を変化させ、災害弱点箇所が変わる可能性があるため、注意が必要である。
- 4) 風化が著しく進んでいたり新しい時代の地質であるなど軟質な地山の箇所は、尾根地形など特に集水条件のない場合であっても豪雨時に崩壊しうるため、点検時においても地山状態を確認する必要がある。

本研究は平成 23 年度よりプロジェクト研究「大規模土砂災害等に対する減災技術の開発」の個別課題として平成 27 年度まで研究を行う予定である。

参考文献

- 1) 佐々木靖人・浅井健一・矢島良紀：道路斜面災害等による通行止め時間の縮減手法に関する調査（1）、平成 20 年度土木研究所成果報告書、独立行政法人土木研究所ホームページ、<http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/pdf/report-seika/2008-1-2-15.pdf>、2011 年 4 月現在
- 2) 浅井健一・林浩幸・佐々木靖人：平成 21 年中国・九州北部豪雨における道路斜面災害の特徴、平成 22 年度日本応用地質学会研究発表会講演論文集、pp. 261-262、2010 年 10 月
- 3) 気象庁（2009）：災害時気象速報 平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨、災害時自然現象報告書 2009 年第 1 号、気象庁ホームページ、http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_200901.pdf、2011 年 4 月現在

RESEARCH ON THE ASSET MANAGEMENT FOR THE ROAD SLOPE DISASTER PREVENTION MEASURES

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2009-2012

Research Team : Material and Geotechnical Engineering
Research Group(Geology)

Author : Yasuhito SASAKI

Ken-ichi ASAI

Abstract : The purpose of this research is to propose investigation method for judging urgency of countermeasures and effective countermeasures by analyzing records of inspection and investigation of slopes and disaster examples. In 2010FY, we analyzed 16 examples of slope disasters occurred in 2008FY on national roads under the direct control of The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, and 86 examples of road slope disasters occurred by the heavy rainfall in Chugoku and Northern Kyushu Area in July 2009, to reveal the features of disasters and notice points for disaster prevention. We divided the disaster sites based on the condition of water concentration as follows: the site where natural condition of water concentration exists (like valley), the site where artificial condition of water concentration exists (water gathers by roads, flat land, etc.), and the site where no condition of water concentration exists (like cut slope on the ridge). And the notice points for disaster prevention obtained by the analysis are as follows: 1) Small valleys are weak points against disaster. It needs to inspect small valleys properly, and also it needs to examine necessary countermeasures. 2) The sites where surface water runs into slope are weak points against disaster. Countermeasures are needed such as to prevent water running into slopes, to disperse surface water by drain structures for preventing water concentration on specific point. 3) It needs to pay attention to topographic change by development etc., because it may change surface water condition and weak points against disaster. 4) The site of soft earth on the slope (highly weathered earth, earth of recent geological age, etc.) may collapse even in the site where no condition of water concentration exists (like cut slope on the ridge). It needs to check condition of earth when the inspection.

Key words : road, slope, disaster, inspection, countermeasures