

2-6 道路のり面斜面对策におけるアセットマネジメント技術に関する研究（2）

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：地質・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。本研究では平成 20～23 年度の直轄国道斜面災害、平成 20 年岩手・宮城内陸地震、平成 21 年中国・九州北部豪雨、平成 22 年奄美豪雨、平成 23 年東北地方太平洋沖地震、平成 23 年紀伊半島豪雨における県管理道路における斜面災害を収集し、災害の特徴、防災上の留意点、災害発生状況と道路防災点検結果との関係などについて分析を行った。その結果、様々な防災上の留意点、課題が明らかになった。これらの留意点を防災点検やカルテ点検等に活かしたり、課題の改善を図ることにより、高い精度で要注意箇所を抽出することができる。

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（素案）」¹⁾（平成 19 年 11 月）においても、全国の幹線道路のうち落石や土砂崩れ、地すべり、雪崩等のおそれのある約 17,000 区間、約 50,000km のうち、公共施設や病院などを相互に結ぶ生活幹線道路で通行止めにより生活に大きな影響を与える約 6,000 区間、約 18,000km に対して集中的に防災・防雪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事前通行規制区間等も含まれるが、これらの膨大な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。

本研究においては、平成 20～23 年度の直轄国道斜面災害、平成 20 年岩手・宮城内陸地震、平成 21 年中国・九州北部豪雨、平成 22 年奄美豪雨、平成 23 年東北地方太

平洋沖地震、平成 23 年紀伊半島豪雨における県管理道路における斜面災害を収集し、災害の特徴、防災上の留意点、災害発生状況と道路防災点検結果との関係などについて分析を行い、とりまとめた。

2. 研究方法

災害事例は平成 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」において検討した様式²⁾により収集した。収集できた事例は以下のとおりである。

・直轄国道斜面災害：115 事例（内訳：平成 20 年度 16 事例、平成 21 年度 16 事例、平成 22 年度 41 事例、平成 23 年度 42 事例）

県管理道路

・平成 20 年岩手・宮城内陸地震：47 事例（岩手県・宮城県）

・平成 21 年中国・九州北部豪雨：86 事例（福岡県・山口県・広島県）

・平成 22 年奄美豪雨：54 事例（鹿児島県）

・平成 23 年東北地方太平洋沖地震：167 事例（岩手県・宮城県・福島県・茨城県、本震のほか 4 月にいわきで発生した誘発地震（福島県浜通りの地震）によるものを含む）

・平成 23 年紀伊半島豪雨：148 事例（和歌山県）

これらの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。

また、岩手・宮城内陸地震の事例では、吹付のり面の被災箇所に着目し、被災前の変状・老朽化の程度と被災の関係性を分析した。

さらに、平成20～23年度の直轄国道斜面災害のうち、過去に道路防災点検³⁾が実施された際の安定度調査表を収集できた事例について、安定度調査における評点および総合評価結果の関係について整理し、災害発生状況との比較を行った。

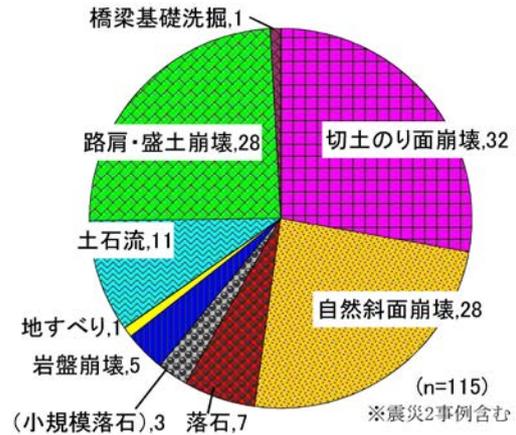


図-1 平成20～23年度直轄国道災害事例の災害形態別件数内訳⁴⁾

3. 研究結果

3.1 直轄国道斜面災害の分析結果

3.1.1 概要

収集した直轄国道斜面災害事例の災害種別内訳を図-1に示す。ここで橋梁基礎洗掘1事例を斜面災害事例に含めているのは、アーチ橋のアーチ部基礎の下方斜面が河岸の浸食により崩壊したケースである。なお、これらは概ね災害報告がなされる程度以上の災害を対象として収集しているため、災害報告の対象とならない程度の小規模な崩壊や、長期的に動く地すべりで通行止めに至る以前の段階で変状が生じているケースなどは含まれていない。

これらの中では切土のり面崩壊、自然斜面崩壊および路肩・盛土崩壊が多く、これら3つの形態で4分の3を占める。また、切土のり面崩壊と自然斜面崩壊の両者でも過半数を占めており、これは佐々木ほか⁵⁾および矢島ほか⁶⁾で示された平成2年4月～平成16年12月の災害の内訳（これらでは切土のり面崩壊および自然斜面崩壊の区別はなく一括して「表層崩壊」に含まれている）と割合は異なるが類似した傾向といえる。

事前通行規制区間内外別の災害数を図-2に示す。規制区間内での災害は4分の1程度であり、佐々木ほか⁵⁾で示された平成2年4月～平成16年12月の災害よりも減少しており、規制区間外での災害の割合が増加している。事前通行規制区間内の防災対策が重点的に進められた結果と解釈することが可能であり、その一方で規制区間外での災害への対応が課題であるといえる。

これら平成20～23年度の直轄国道斜面災害の発生時の雨量について、連続雨量と最大時間雨量の関係を整理したものを図-3に示す（東北地方太平洋沖地震による2件を除く）。これらの災害の降雨量の領域は、中間的なものもあるが概ね次のグループに便宜的に分けられる。

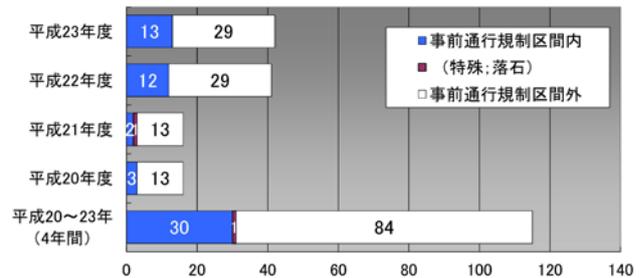


図-2 平成20～23年度直轄国道災害事例の通行規制区間内外別件数内訳⁴⁾

- ①豪雨（連続雨量が250mm程度以上で、最大時間雨量も30～100mm以上と比較的多い。）
- ②多雨（①ほどではないが連続雨量が100～250mm程度と比較的多く、最大時間雨量も20～50mm程度と比較的多い。）
- ③短時間の集中豪雨（連続雨量は100mm程度以下であるが、最大時間雨量も50～100mm程度と多く、降雨が短時間（1～2時間程度）に集中している。）
- ④少雨（連続雨量50mm程度以下で、最大時間雨量も20mm程度以下と比較的少ない。融雪期の少雨・無降雨のものも含まれる。）

3.1.2 特徴的な事例および防災上の教訓

収集した直轄国道斜面災害事例の特徴的な個別事例としては、以下のものが挙げられる（複数に該当する箇所もあるので合計数は115に一致しない）。

- ①災害前に変状や災害の履歴があった（または想定される）箇所の崩壊・変状（切土のり面崩壊14件、自然斜面崩壊7件、土石流3件、岩盤崩壊2件、路肩・盛土崩壊2件、計28件）
- ②崩壊跡地の隣接斜面の崩壊（自然斜面崩壊3件）
- ③建設時代の古い急勾配の切土のり面の崩壊・変状（2件）
- ④完成後数年～10年の比較的新しい切土のり面の崩

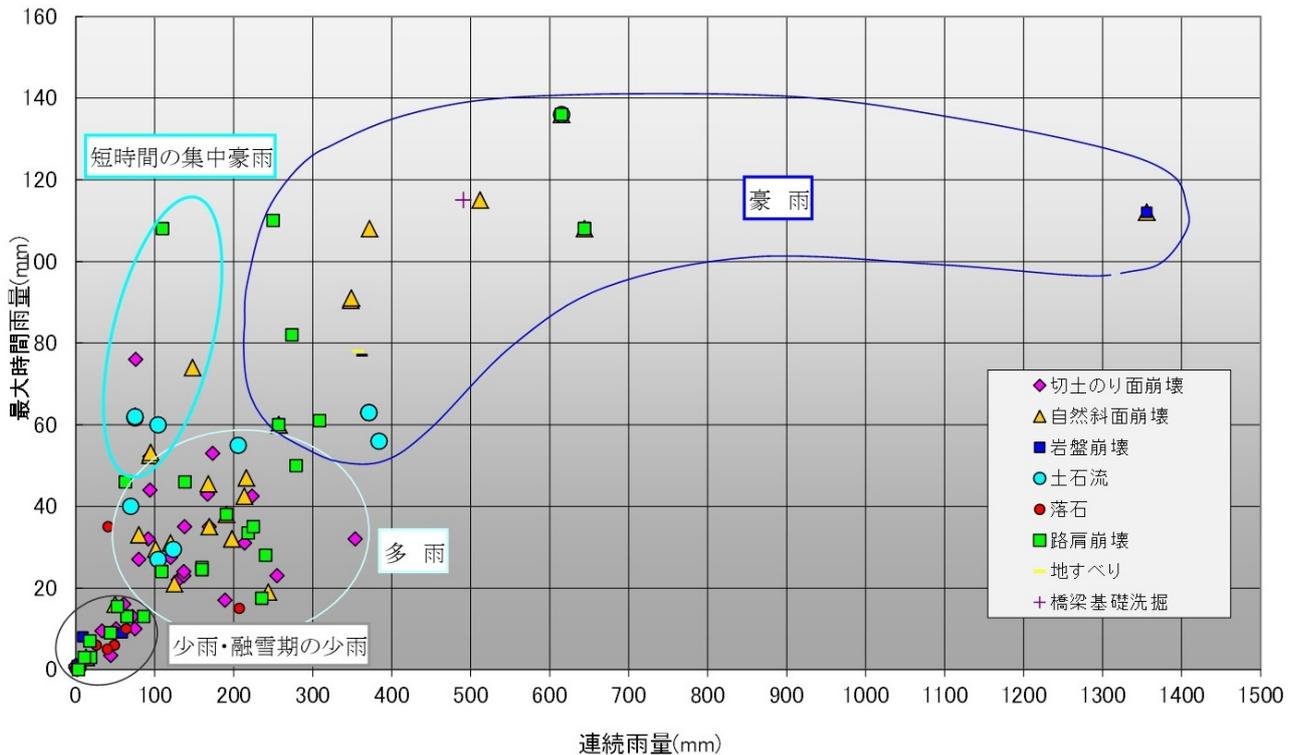


図-3 平成20～23年度直轄国道斜面災害（115事例）における連続雨量と最大時間雨量の関係

豪雨：連続雨量250mm程度以上

多雨：連続雨量100～250mm程度

短時間の集中豪雨：時間雨量50～100mm程度で連続雨量100mm程度以下

少雨：連続雨量50mm程度以下

壊・変状（10件）

- ⑤軟質な地山からなる切土のり面の崩壊・変状（19件）
- ⑥無降雨あるいは少雨での崩壊・変状（切土のり面崩壊11件、自然斜面崩壊2件、岩盤崩壊3件、落石8件、路肩・盛土崩壊5件、計29件）
- ⑦集水地形による崩壊・土砂流出（切土のり面崩壊5件、自然斜面崩壊16件、土石流8件、計29件）
- ⑧背後に集水地形を持つ盛土の崩壊（4件）
- ⑨段差地形が見られる斜面における地すべり・変状（2件）
- ⑩砂防堰堤が満砂となったことによる土砂流出（土石流2件）
- ⑪暗渠の閉塞・漏水等による崩壊（路肩崩壊5件）
- ⑫道路等の集水による崩壊（路肩崩壊16件、自然斜面崩壊3件、計19件）
- ⑬河川の増水による下方斜面の浸食で崩壊（路肩・盛土崩壊3件、橋梁基礎洗掘1件、計4件）
- ⑭落石防護網の隙間からの落石（1件）
- ⑮強風による倒木に伴う崩壊（自然斜面崩壊1件）
- ⑯地震による緩んだ凸型斜面の大規模な崩壊（1件、東北地方太平洋沖地震による）

⑰地震による谷埋め盛土の大規模な崩壊（1件、東北地方太平洋沖地震による）

上記のうち一部の代表的事例と防災上の留意点を以下に示す。

(1)集水地形による崩壊・土砂流出の事例

写真-1はトンネル坑口上方の谷型斜面の崩壊事例である（発生土量2000m³、道路への到達土量800m³）。崩壊時の連続雨量は512mm、最大時間雨量は115mmで、事前通行規制実施中（基準雨量は連続250mm）であった。当該箇所はカルテ点検箇所、落石を対象とした対策工（ロックネット等）があり、カルテ点検箇所であったが、前年の点検でロックネット背後に堆積した崩壊土砂の増加とネットの破損、ガリー浸食の増大が見られており、斜面がゆるんでいた可能性も考えられる。

写真-2は斜面上方の谷地形の箇所（事前通行規制区間外）が連続雨量384mm、最大時間雨量56mmの集中豪雨で崩壊し、土石流化して道路に流出した事例である。本箇所は小規模な谷のため道路防災点検における土石流の点検対象（流域面積0.01km²以上）として抽出されず、また既存の航測地形図でも谷地形が不明瞭であることから、落石・崩壊を対象とした道路沿いのみの点検が行わ



写真-1 トンネル坑口上方の谷型斜面の崩壊事例 (管轄事務所提供)



(a) 谷の出口



写真-2 斜面上方の小規模な谷地形からの土石流の事例 (管轄事務所提供)



(b) 道路に流出した土砂および倒木

写真-3 小規模な谷地形の崩壊事例 (管轄事務所提供)

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。

(2) 切土のり面の土砂崩壊の事例

写真-4は海岸段丘堆積物からなる切土のり面(事前通行規制区間外)が連続雨量214mm、最大時間雨量31mmの降雨によって崩壊した事例である。本箇所の地質はN値3以下の粘性土の上に崖錐堆積物が載る軟質な地山であり、かつ豪雨時に地下水が崖錐堆積物内に蓄積しやすい地質構造であることが災害後の地質調査で判明している。また、災害前にはふとんかごが施工されていたことが写真で判明しており、何らかの被災または変状の履歴

れ、上方斜面は点検されていなかったが、災害後の航空レーザー測量ではこのような小規模な谷地形が上方斜面内に複数見られた。

したがって、今後はこれらのような小規模な谷地形を適切に抽出し点検や必要な対策を実施していく必要がある。また、そのような小規模な谷地形の抽出には航空レーザー測量が有効である。

写真-3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



写真-4 海成段丘堆積物からなる切土のり面の崩壊事例（管轄事務所提供）



写真-5 供用開始後後約1年の切土のり面の崩壊事例（管轄事務所提供）



写真-6 上記のり面の施工中の写真
（管轄事務所提供）
赤枠付近が崩壊箇所



写真-7 災害発生直前における表流水の状況
（管轄事務所提供）

があったことが推定される。

写真-5は拡幅工事で施工され、供用開始後約1年で

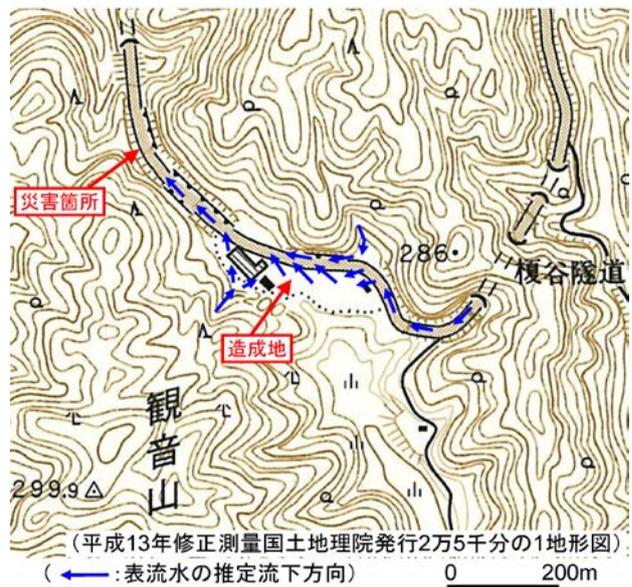
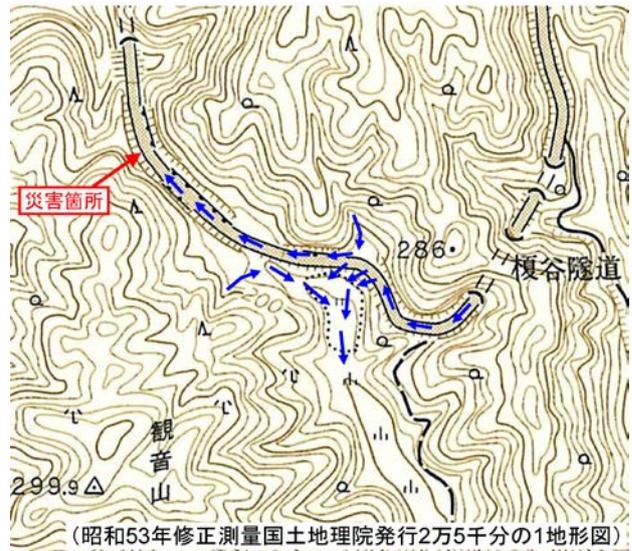


図-4 災害発生箇所周辺の地形図

崩壊した切土のり面の事例である（発生土量 5400m³、道路への到達土量 5m³）。崩壊時の連続雨量は44.5mm、最大時間雨量は 3.5mm と少雨で発生しており、しかも上方からの表流水の集中のない切土上端付近の尾根部が崩壊した。崩壊前の切土勾配は1:1.0で対策は植生のみであった。当該のり面の施工中の写真（写真-6）では上部の崩壊箇所付近の風化が進んでいることがわかる。このような風化が進んだ地山で切土勾配が1:1.0であったことが影響していると想定される。道路土工一切土工・斜面安定工指針 7 の標準のり面勾配では砂質土等では下限値に相当し、強風化斜面などでは適用できない場合がある（必要に応じてのり面勾配の変更等）とされている。このような建設時代の新しい切土のり面の崩壊では強風化部などが残存している部分が崩壊している場合が多く、工事記録等による地山状況の確認とのり面勾配



写真-8 集中豪雨による自然斜面の崩壊事例（管轄事務所提供）



写真-9 斜面上方の旧道からの表流水の流入（管轄事務所提供）

の変更など適切な対策の検討が必要である。

(3) 道路上の表流水が流入し崩壊した事例

写真-7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へ流入していた。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により相当量の水が当該箇所へ集中したことが推測される。当該箇所周辺の地形図を図-4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-8は自然斜面が連続雨量373mm、最大時間雨量



写真-10 路肩崩壊の事例（管轄事務所提供）



写真-11 私道からの表流水の痕跡（矢印）（管轄事務所提供）

108mmの集中豪雨で崩壊した事例である。本箇所は事前通行規制実施中であつた。崩壊土砂の大部分は擁壁および落石防護柵の背後に堆積したが、一部の土砂と倒木が道路に到達した。崩壊斜面の上方には未舗装の旧道があり、旧道上のわだち掘れや側溝を流れ集水された表流水が側溝の詰まりによって溢れ当該斜面へ流入していたことが災害直後の調査で確認されており（写真-9）、崩壊発生に影響したと考えられる。

写真-10は路肩崩壊の事例である。本災害の発生時の雨量は連続雨量65mm、最大時間雨量13mmと比較的少雨であつたが、道路反対側へ接続する私道からの表流水が崩壊箇所へ流れてきていた痕跡が災害後の写真で認められた（写真-11）。また、道路のカーブと横断勾配の関係から流れてきた水が崩壊箇所付近へ集中し流入しやすい勾配であつたことから、私道からの表流水が道路下の斜面へ流入し崩壊発生に影響したと考えられる。

集中豪雨時などにはこのような予期せぬ表流水が影響する可能性があることから、点検時においても多量の表流水の流入の原因となりうる旧道・私道・林道・市町村道などの存在に留意し、表流水の流下に関わる路面のわだち掘れや側溝の詰まり、排水対策や流末処理の状況、表流水が斜面に流れ込んだと思われる痕跡、また実際に降雨時に表流水の流入が生じている箇所などを調査する

必要がある。

(4)河岸浸食による橋梁基礎洗掘（基礎下方斜面の浸食・崩壊）の事例

写真-12 はアーチ橋のアーチ部基礎の下方斜面が河岸浸食により基礎の近くまで崩壊・後退した事例で、道路下方斜面の災害ということで道路斜面災害事例として挙げられたものである（発生（浸食）土量 8000m³）。発生時の連続雨量は 491mm、最大時間雨量は 115mm で、事前通行規制区間の一部であったため事前通行規制実施中（基準雨量は連続 250mm）であった。もとの河岸から基礎側に 15～20m程度（基礎まであと 5 m程度まで）浸食された。当該斜面の地質は上位は火山礫凝灰岩であるが下位の 5 m程度が未固結の砂礫層であった。河岸に護岸はあったものの、当該斜面が河川の攻撃斜面であったことと連続雨量 500mm に近い豪雨のため、護岸を超える増水で被災したと想定される。このような箇所では水位の想定と護岸等の対策が適切であるかどうか検討が必要である。

(5)地震による谷埋め盛土の崩壊事例

写真-13 は東北地方太平洋沖地震（本震）により国道に面した住宅地の谷埋め盛土が崩壊し国道を閉塞した事例である（発生土量 45000m³、到達土量 11000m³）。近傍の震度は 5 強であった。先行降雨は 1 週間で 5mm とわずかであった。崩壊した盛土は約 40 年前に民間により造成された。崩壊地の背後に残存する盛土の N 値は 2～5 であった。なお、東北地方太平洋沖地震（本震）における谷埋め盛土の崩壊・変状は、直轄国道に関しては重大な被害に至ったものは本事例の他になかったが、自治体管理道路の事例では道路自体の盛土の崩壊事例が多数見られたり、道路以外（宅地等）でも発生し問題になったほか、過去の地震でも発生しており、道路自体の盛土が隣接地の盛土かを問わず、道路に影響が及ぶ可能性のあるものは要注意箇所として抽出する必要がある。

3. 2 県管理道路の斜面災害の分析結果

県管理道路の斜面災害の分析結果のうち、平成 20 年岩手・宮城内陸地震および平成 23 年東北地方太平洋沖地震の例を以下に述べる。

3.2.1 平成 20 年岩手・宮城内陸地震道路斜面災害

(1)概要

平成 20 年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震における道路斜面災害事例 47 事例は、岩手・宮城両県が管理する 5 路線（国道 3 路線、県道 2 路線）で発生した斜面災害である。なお、これらは両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



写真-12 河岸浸食による橋梁基礎の下方斜面の崩壊事例（管轄事務所提供）
黒点線：もとの河岸（推定）
青矢印線：災害時の河川の流れ（推定）



写真-13 東北地方太平洋沖地震による谷埋め盛土の崩壊事例（管轄事務所提供）

とに収集したものであり、上記地震において発生した道路斜面災害の全数ではなく、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管理道路における災害などは含まれていない。また、上記地震においては直轄国道の斜面災害は発生しなかった。

47 事例の内訳は、切土のり面の土砂崩壊 2、自然斜面の土砂崩壊 10、岩盤崩壊 18、地すべり 3、路肩・盛土崩壊 14 である。

(2)対策工の被災率

今回の被災箇所における既往対策工の中で最も多かったモルタル吹付について、5 路線ののり面の現地調査を行った結果、47 事例以外にもモルタル吹付に変状が生じている箇所が多く認められた。それらの変状箇所を含めた吹付のり面の被災率は、全 5 路線の吹付のり面 108 箇所のうち 33 箇所・31%であった（図-5）。一方、モルタル吹付に比べて表層崩壊に対する抑止効果を有していると考えられるのり枠工の被災率は、現地調査で確認した全 5 路線ののり枠工 80 箇所のうち 6 箇所・7.5%と吹付のり面に比べて明らかに低かった（図-6）。のり枠工の被災箇所 6 箇所はいずれも深さ 3～15m 程度の比較的

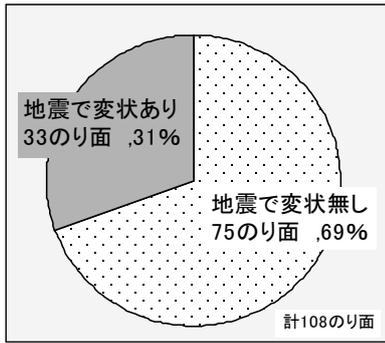


図-5 吹付のり面の被災率 (今回の事例収集対象全5路線)

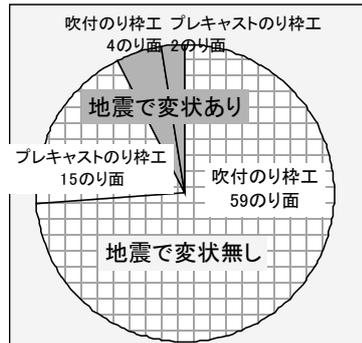


図-6 のり砕工の被災率 (今回の事例収集対象全5路線)

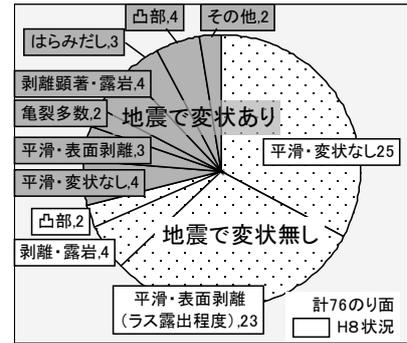


図-7 国道397号における吹付のり面の被災率と平成8年度道路防災点検時の変状等の状況

深い崩壊箇所であり、のり砕工は表層1~2m程度の崩壊を概ね抑止できていたと想定される。

(3)被災と道路防災点検との比較

吹付のり面の被災と被災前の状況との関係について、5路線のうち1路線(国道397号)をモデルケースとして、平成8年度道路防災点検における安定度調査票や写真等の資料と比較し、整理した。国道397号におけるモルタル吹付の被災率は、吹付のり面76箇所のうち21箇所・27%であり(図-7)、全5路線における被災率と類似している。道路防災点検資料との比較の結果、「はらみだしが見られる」「亀裂が多数発達(写真-14)」「剝離が顕著で露岩している」等の変状が被災前に顕著であった箇所および「のり面の凸部(写真-15)」の箇所での被災率が高い。一方、「平滑で変状がない」「表面剝離しているがラスが露出する程度」の箇所では被災率が低い。はらみだしが見られた箇所や亀裂が多数発達していた箇所、剝離が顕著で露岩していた箇所は、被災後の現地調査においても地山の風化が進んでいる箇所が多かった。また、のり面の凸部は、主に岩盤の柱状節理による凸部や風化に取り残された岩塊であり、強い地震動によって地山から分離し崩壊したと推定される。

以上の調査結果から防災上の留意点をまとめると以下のとおりとなる。

- ・吹付のり面の変状については地山のゆるみを反映したものか表面のみの現象かを見極める必要がある。
- ・吹付のり面の中で特にはらみだしが見られる箇所、亀裂の発達が著しい箇所、剝離が顕著で露岩している箇所は地山のゆるみを反映している可能性が高いと考えられ、詳細な調査や対策の検討が必要である。
- ・切土のり面の施工時においては、凸部を極力残さないようにする。

3.2.2 平成23年東北地方太平洋沖地震道路斜面災害

(1)概要



(平成8年度点検時)

(地震後)

写真-14 亀裂が多数発達していた吹付のり面の崩壊事例(管轄事務所提供)



(地震により亀裂発生)

(約1ヶ月後に崩壊)

写真-15 吹付のり面凸部の崩壊事例(管轄事務所提供)

収集した災害事例の内訳を図-8~11に示す。路肩・盛土崩壊は4県とも多く、特に岩手県では60%に達する。また、宮城県では数は少ないものの道路以外の盛土(宅地等)の崩壊により道路が被災した事例がある。

宮城県および福島県では岩盤崩壊も比較的多い。このうち福島県では3月の本震時に比べ、誘発地震とされる4月の福島県浜通りの地震時の方が岩盤崩壊の割合が高く、5割強を占める。これは被災箇所がいわき市西部に比較集中し、古生代の結晶片岩地域を通る県道での岩盤崩壊が多かったことによる。

このほか、茨城県では他県と異なる特徴として急勾配のブロック積みまたは石積みの擁壁の変状が多い。これらの多くは台地縁辺部の切土のり面の事例である。

4県分の被災箇所近傍の観測点の震度および加速度をそれぞれ図-12および図-13に示す。ほとんどが震度5強以上で発生しており、特に震度6弱での発生事例が多い。加速度については、400gal以上になると発生事例が多くなる。被災箇所の崩壊深さ、発生土量、崩壊勾配(崩

2-6 道路のり面斜面对策におけるアセット
マネジメント技術に関する研究

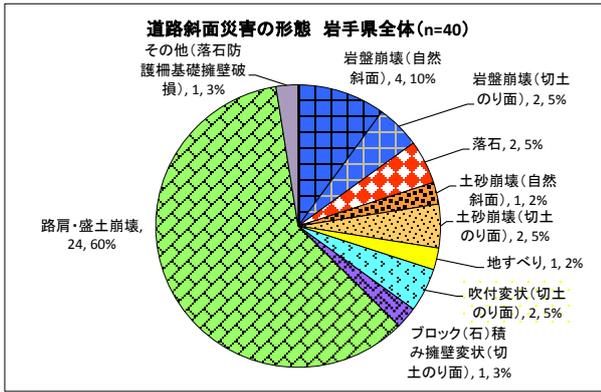


図-8 岩手県の道路斜面災害事例の災害形態内訳

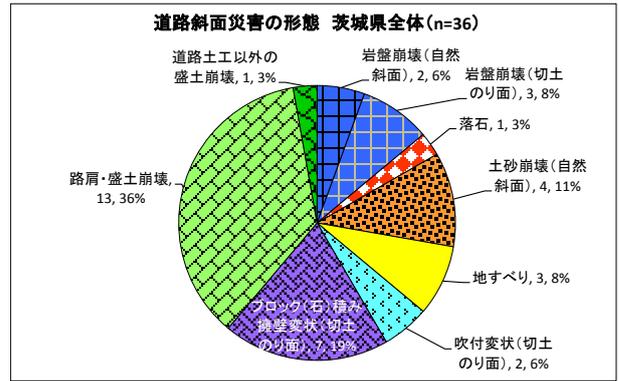


図-11 茨城県の道路斜面災害事例の災害形態内訳

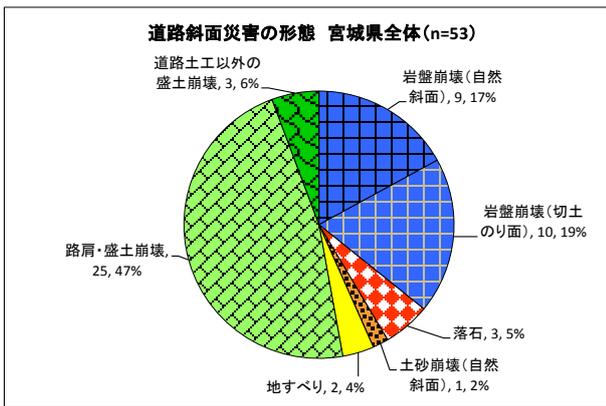


図-9 宮城県の道路斜面災害事例の災害形態内訳

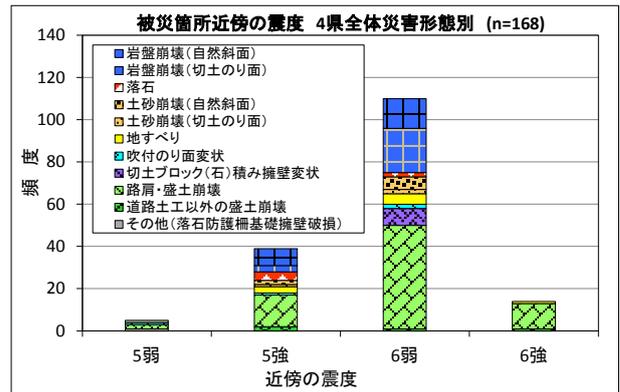


図-12 被災箇所近傍の観測点の震度 (4県分)

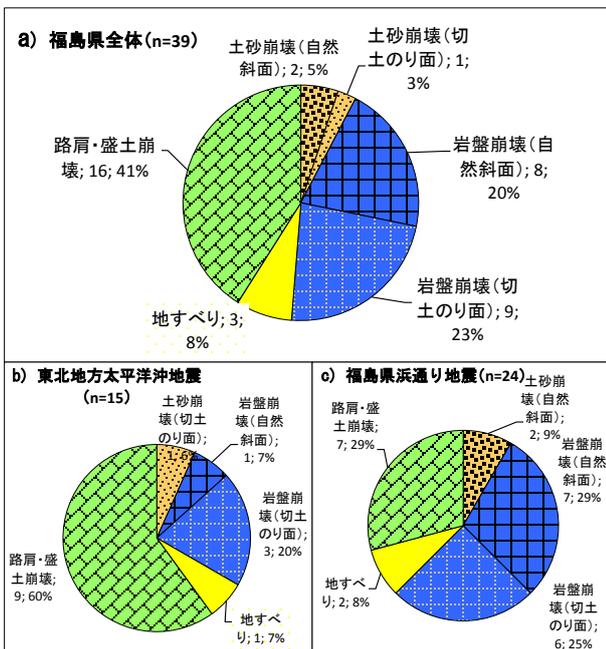


図-10 福島県の道路斜面災害事例の災害形態内訳

壊頭部と末端を結ぶ勾配)を図14~16に示す。岩盤崩壊は比較的小規模な事例が多いが大規模な事例もあり、また急勾配で発生している事例が多い。地すべりは数は少ないものの、大規模な事例があり、また緩勾配でも発生している。路肩・盛土崩壊は様々な規模や勾配で発生しており、緩勾配での発生事例も見られる。被災箇所の基

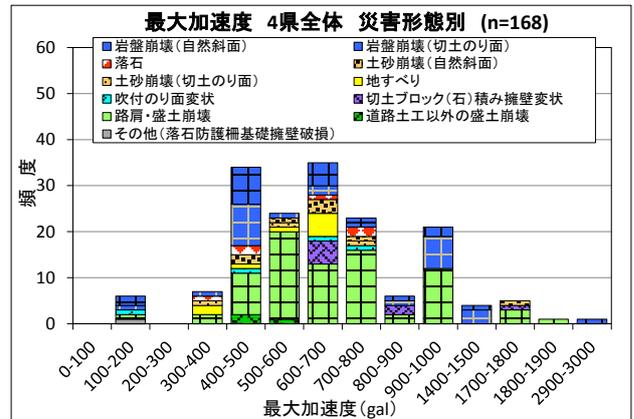


図-13 被災箇所近傍の観測点の加速度 (4県分)

盤地質を図-17に示す。岩盤崩壊の箇所で作成岩類が多いのは、福島県浜通りの地震における結晶片岩地域での岩盤崩壊が多かったことによる。同じく岩盤崩壊で古生代・中生代の堆積岩類が多いのは、宮城県東部でのこれらの地質の地域での岩盤崩壊が多かったことによるもので、数は少ないが岩手県の岩盤崩壊の一部(主に県東部)もこれに含まれる。

(2) 特徴的な事例および防災上の教訓

(2-1) 尾根状斜面の岩盤崩壊の事例

写真-16は4月の福島県浜通りの地震で発生した結晶片岩地域での尾根状斜面の岩盤崩壊の事例である(発生土量 600m³、到達土量 100m³)。近傍の観測点の震度は

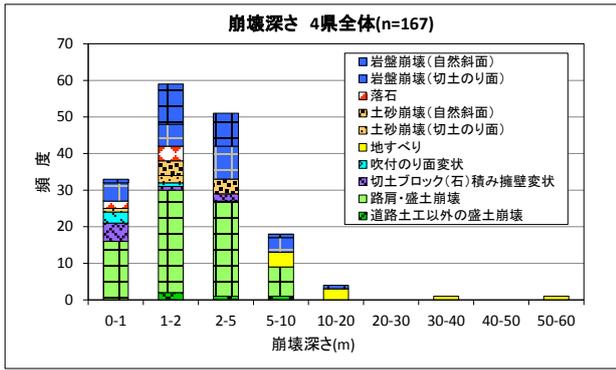


図-14 被災箇所の崩壊深さ (4県分)

6弱であった。当該箇所は道路防災点検の対象外であった。既往対策として落石を対象とした対策工（ロックネット等）があったが被災した。当該箇所の岩盤は受け盤方向の開口節理が発達しており、これと流れ盤方向の片理面が分離面となってトップリング状に崩壊したと考えられる。岩盤崩壊ではこのような尾根状地形での崩壊事例が多く、当該事例のような開口亀裂が発達してゆるんでいる箇所での崩壊のほか、流れ盤での崩壊や、硬い岩盤が相対的に軟らかい地層の上に位置する構造での崩壊の事例が見られた。

(2-2) 災害履歴のある箇所での岩盤崩壊の事例

写真-17 は節理の発達した溶結凝灰岩の岩盤崩壊の事例である（発生土量 40m³、到達土量 2m³）。当該斜面の近傍の観測点の震度は5強であった。当該斜面は軟質な凝灰岩の上に柱状節理の発達した硬質な溶結凝灰岩（新第三紀）が載る構造となっている。当該箇所は平成 20 年の岩手・宮城内陸地震の際にも崩壊しており（写真-17 の新しい吹付の部分）、今回は隣接部分が前回と同じ災害形態で崩壊したものである。

写真-18 は別の箇所での岩盤崩壊の事例（発生土量 22400m³、到達土量 360m³）で、写真-17 の箇所と同様、軟質な凝灰岩の上に塊状であるが亀裂の発達した硬質な溶結凝灰岩（新第三紀）が載る構造である。この溶結凝灰岩の急崖部分で岩盤崩壊が発生し、径 2m の岩塊が道路に到達した。当該斜面の近傍の観測点の震度は5強であった。当該箇所は平成 6 年に落石が発生していたほか、平成 17 年の宮城県沖地震の際に近傍で今回と同様の岩

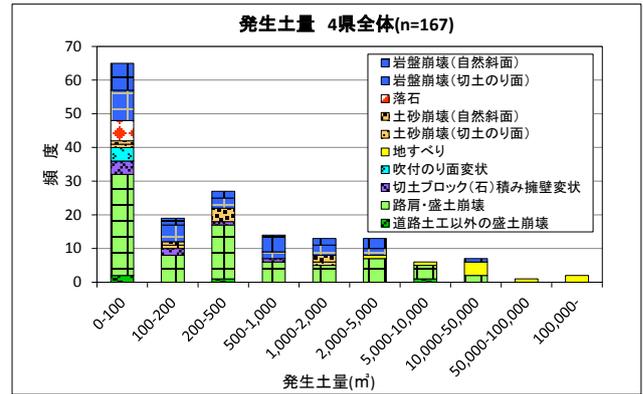


図-15 被災箇所の発生土量 (4県分)

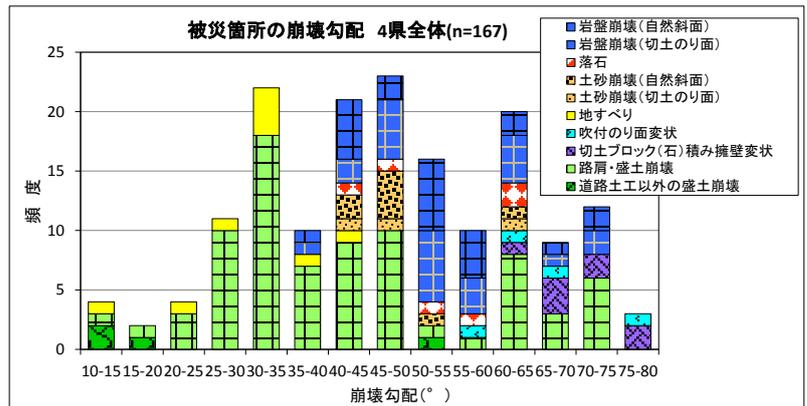


図-16 被災箇所の崩壊勾配 (4県分)
(崩壊頭部と末端を結ぶ勾配)

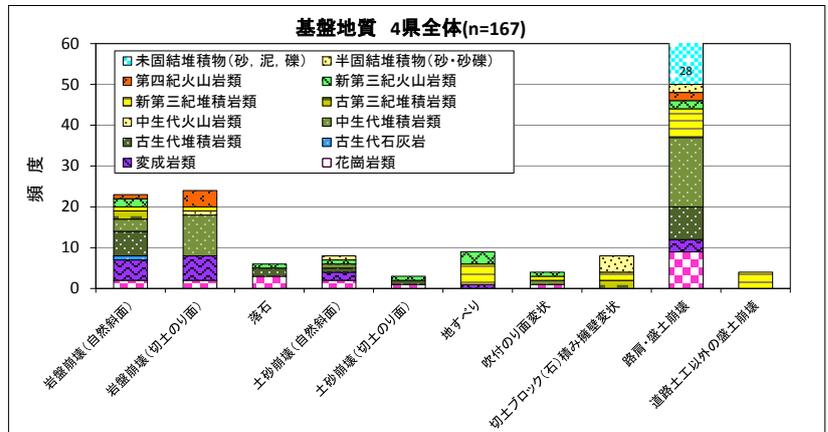


図-17 被災箇所の基盤地質 (4県分)

盤崩壊が発生していた。また、当該箇所は過去の道路防災点検でカルテ対応箇所となっており、落石防護柵背後の斜面内に落石が点在していた（写真-19）。

(2-3) 緩傾斜の流れ盤の地すべり事例

写真-20 は4月の福島県浜通りの地震により発生した長さ約 200m、幅約 250m、深さ約 30m の規模の岩盤地すべりの事例である（発生土量 775000m³、到達土量 2500m³）。すべり面の傾斜は約 10 度であった。地質は新第三紀中新世の堆積岩（凝灰質砂岩、砂岩、シルト岩等）であり、層理面の傾斜とすべり面の傾斜がともに約 10 度と調和



(a) 道路への堆積状況



(b) 受け盤状の開口節理（白点線）

写真-16 尾根状斜面の岩盤崩壊の事例

的であった。また、ボーリング調査および現地踏査により、すべり面の上方延長部に厚さ 10~20cm の破砕部が認められた。当該箇所は尾根状の丘陵地であり、過去の報告書では末端部および近隣に地すべり地形が判読されていたが、当該地区を包括する地すべり地形は見られず、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図でも当該地区に地すべり地形は記されていない。このような緩傾斜の流れ盤地すべりの箇所では必ずしも地すべり地形を呈していないことから、地質構造の把握が重要である。

写真-21 は長さ約 33m、幅約 30m、深さ約 7m の規模の岩盤地すべりの事例である（発生土量 17300m³、到達土量 350m³）。当該斜面の近傍の観測点の震度は 5 強であった。当該箇所は傾斜約 30 度のやや凸状の斜面で、地質は新第三紀中新世の砂岩およびシルト岩である。層理面の傾斜は約 20 度の流れ盤で、すべり面の傾斜と調和的であった。当該箇所には地すべり地形は認められておらず、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図でも当該地区に地すべり地形は記されていないが、周辺地区の同様の走向・傾斜の斜面で地すべり地形が記されている箇所がある。したがって、当該箇所のような地すべり地形を呈していない箇所については周辺地域も含めた地形および



写真-17 柱状節理の発達した溶結凝灰岩の岩盤崩壊の事例（管轄事務所提供）



写真-18 溶結凝灰岩の岩盤崩壊の事例 (Google earth より引用)



写真-19 写真-18 の現場における被災前の斜面内の転石の状況（平成 8 年度道路防災点検時、管轄事務所提供）

地質構造の把握が危険箇所として認識するために重要である。

(2-4) 山岳地道路の谷埋め盛土の崩壊事例

写真-22 は 4 月の福島県浜通りの地震で発生した山岳地道路の谷埋め盛土の崩壊事例である（発生土量 900m³）。近傍の震度は 5 強であった。崩壊前の盛土高さは 20m、のり勾配は 1 : 1.6 であった。また、復旧工事



写真-20 緩傾斜の流れ盤の地すべり事例



写真-21 緩傾斜の流れ盤の地すべりの事例（管轄事務所提供の調査報告書より）

中に現地調査を行った時点でも若干の湧水が見られた。このような谷埋め盛土は含水状態が高くなりやすい条件にあり、過去の地震でも谷埋め盛土の崩壊が多く発生していることは周知のとおりである⁸⁹⁾。

(2-5) 道路に隣接する谷埋め盛土の崩壊事例

写真-23 は3月の本震により道路に面した斜面上の谷埋め盛土が崩壊し道路を閉塞した事例である（発生土量 9800m³、到達土量 9200m³）。当該箇所では崩壊箇所の約 100m北側でも崩壊には至らなかったものの変状が発生した。近傍の震度は5強であった。当該箇所は道路防災点検の対象外であった。当該斜面は勾配11度と緩傾斜の放牧地であったが、過去の空中写真では崩壊箇所および北側の変状箇所に谷地形が見られ、これらを埋積して放牧地としたことが判明した。また、崩壊箇所では現地調査時点でも多量の湧水が見られたことから、含水状態が高くなりやすい条件であったと想定される。当該箇所のような場合は道路盛土などと違って現状の地形を調査しただけでは谷埋め盛土の存在を把握することはできず、過去の空中写真等によって地形改変の履歴を調査することが必要である。

(2-6) 急勾配の石積み擁壁の変状事例

写真-24 は台地縁辺部の切土のり面の練り石積み擁



(a) 被災状況



(b) 被災箇所の空中写真

写真-22 山岳地道路の谷埋め盛土の崩壊事例
壁の変状事例である。当該斜面の近傍の観測点の震度は6弱であった。のり面の高さは3.8mとそれほど高くないが、勾配が1:0.2と道路土工一擁壁工指針¹⁰⁾で示されている標準勾配(1:0.4)より急であった。復旧では勾配1:0.5と被災前より緩い勾配のブロック積み擁壁が施工されていた(写真-25)。本事例と同様の石積みまたはブロック積み擁壁の変状事例についてのり面高さや勾配の関係を整理した結果、ほとんどの事例で本事例と同様に道路土工一擁壁工指針で示されている標準勾配より急であった(図-18)。このような台地縁辺部を通る道路に面した古くからある切土のり面では急勾配の石積みあるいはブロック積み擁壁が残存していることも多いと想定されることから、その存在を把握し危険箇所として認識する必要がある。

(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であり、災害弱点箇所としての確かな抽出が必要である。

- ・地震時の岩盤崩壊は尾根地形で開口亀裂が発達してゆるんでいる箇所、流れ盤構造の箇所、硬い岩盤が相対

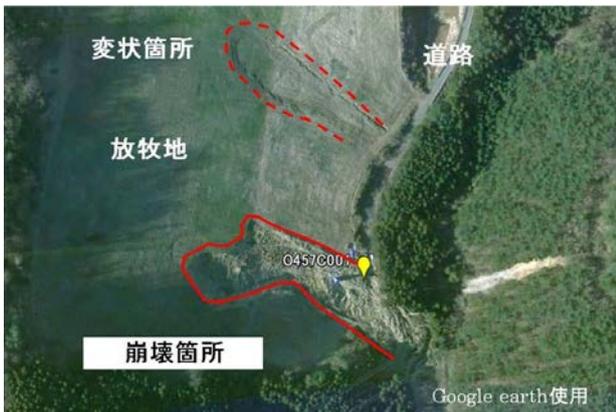
2-6 道路のり面斜面对策におけるアセット
マネジメント技術に関する研究



(a) 崩壊頭部



(b) 道路への堆積状況



(c) 被災後の空中写真 (Google earth)



(d) 地形変更前の空中写真 (国土地理院)
写真-23 道路に隣接する谷埋め盛土の崩壊事例



写真-24 急勾配の石積み擁壁の変状事例
(管轄事務所提供)



写真-25 写真-8の現場の復旧後の
ブロック積み擁壁

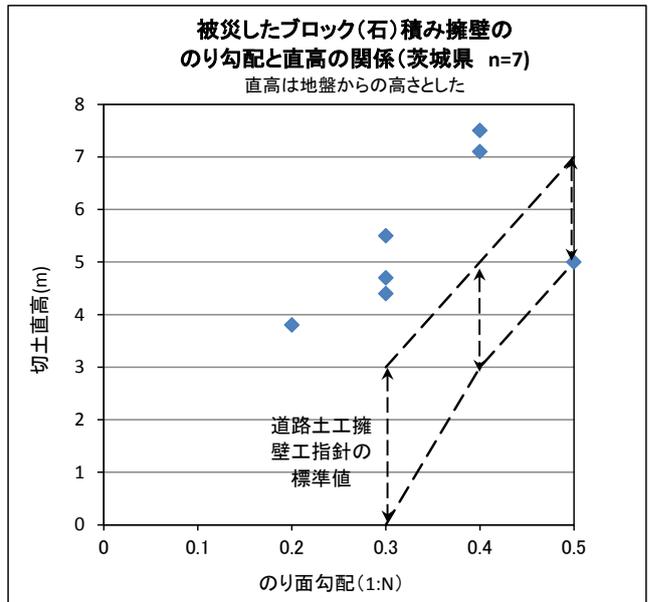


図-18 石積みあるいはブロック積み擁壁の被災事例におけるのり面高さとのり面勾配の関係

的に軟らかい地層の上に位置する構造（いわゆる「キャップロック構造」）で発生しやすい。

- ・谷埋め盛土の崩壊や変状は過去の地震でも今回の地震でも発生しており、災害弱点箇所として注意が必要である。
- ・道路に隣接する土地の谷埋め盛土は現状の地形を調査しただけでは存在を把握することができない場合もあり、過去の空中写真等によって地形改変の履歴を調査することにより道路に影響が及ぶ可能性のあるものを抽出する必要がある。
- ・災害履歴がある箇所の場合、過去の災害の時と同様の災害要因が現在でも見られる箇所は再被災しやすい。
- ・地震時の地すべりの場合、特に緩傾斜の流れ盤の箇所などで地すべり地形を呈していない箇所については、周辺地域も含めた地形および地質構造の把握が危険箇所として認識するために重要である。
- ・古くからある切土のり面では急勾配の石積みあるいはブロック積み擁壁が残存していることも多いと想定されることから、その存在を把握し危険箇所として認識する必要がある。

3. 3 災害発生状況と道路防災点検結果との関係

平成20～23年度の直轄国道斜面災害115事例のうち、過去に道路防災点検が実施された際の安定度調査表を収集できたのは44事例である。これら44事例について、

安定度調査における評点および総合評価結果の関係について整理し、災害発生状況との比較を行った。これらの事例の災害形態の内訳をそれぞれ図-19に示す。安定度調査表が収集できた事例の災害形態の内訳は全115事例の災害形態（図-1）の内訳と必ずしも一致している訳ではなく、安定度調査表が収集できた事例では自然斜面崩壊、落石、土石流の割合が相対的に高い一方で、路肩・盛土崩壊や切土のり面崩壊の割合は低くなっている。

安定度調査表は主として平成8年度の点検時のものお

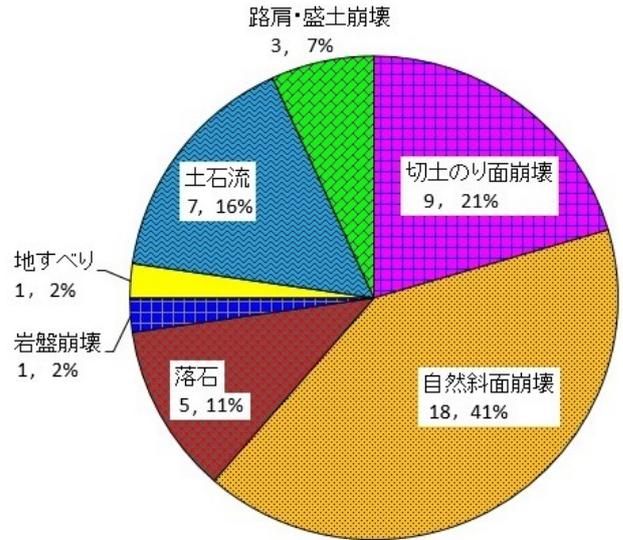


図-19 平成20～23年度直轄国道斜面災害の災害形態 (安定度調査表のある44事例)

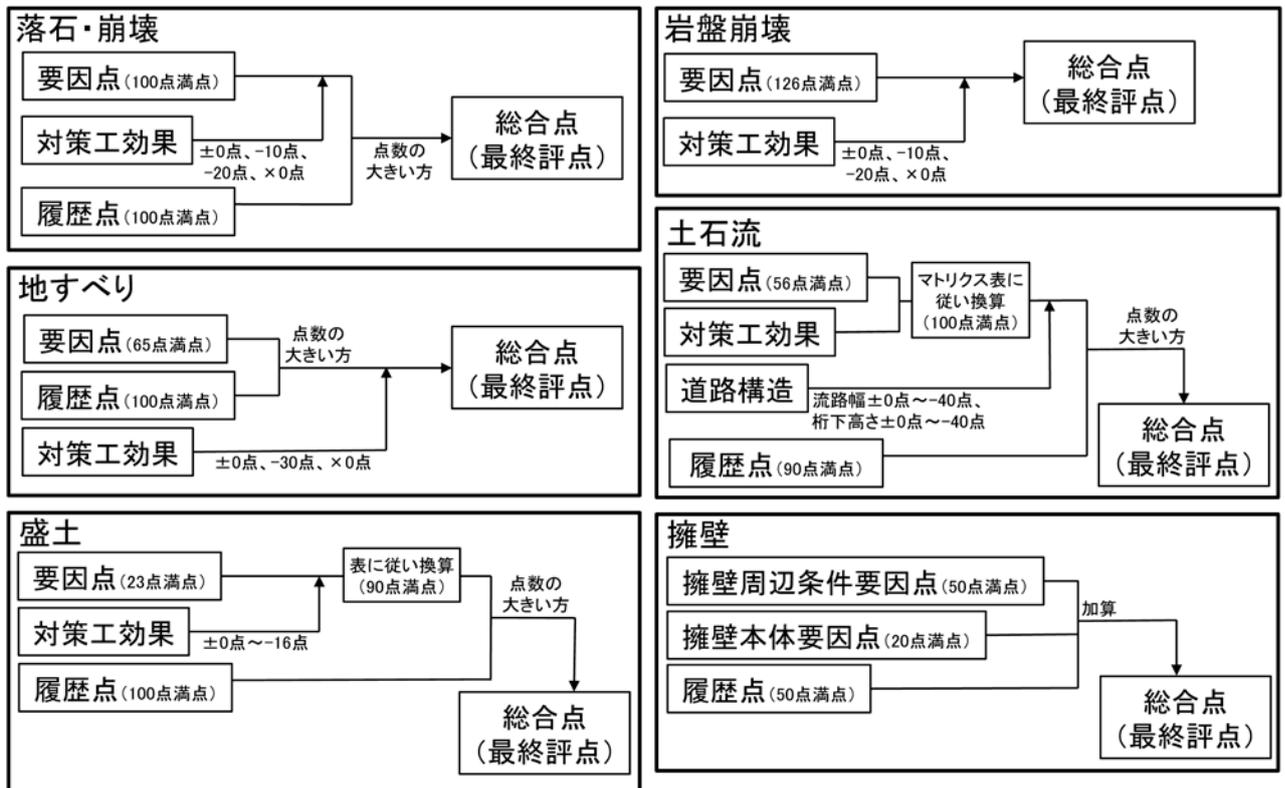


図-20 安定度調査の評点のつけ方 (文献3) をもとに作成

表-1 災害形態と安定度調査表の対象種別の比較

災害形態	安定度調査表の種別	
切土のり面崩壊	9事例	落石・崩壊 8事例 地すべり 1事例
	自然斜面崩壊	18事例
落石		5事例
	岩盤崩壊	1事例
地すべり	1事例	落石・崩壊 1事例
土石流	7事例	土石流 4事例 落石・崩壊 3事例
	路肩・盛土崩壊	3事例

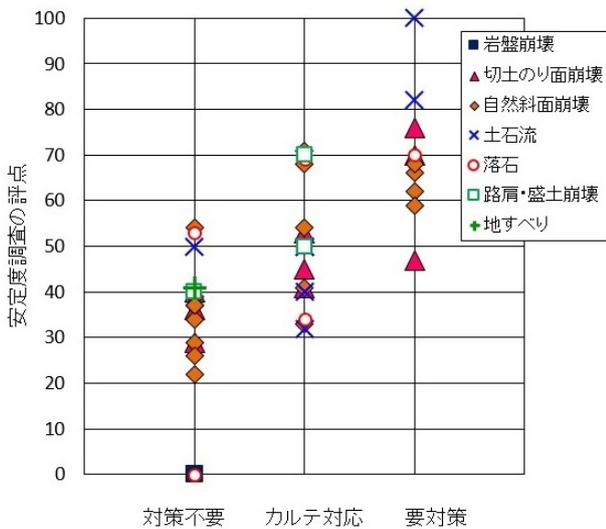


図-21 平成 20～23 年度直轄国道斜面災害における安定度調査総合点と評価結果の関係 (44 事例)

および平成 18～19 年度の点検時のものがあり、一部にはそれ以外の年度に臨時に作成されたものがあるが、点検対象項目 (落石・崩壊, 岩盤崩壊, 地すべり, 雪崩, 土石流, 盛土, 擁壁, 橋梁基礎の洗掘に区分) が同じであればどの年度のものも同じ表が用いられている。安定度調査表の中では、当該箇所災害要因、対策工の効果、履歴などを点数化した評点がつけられるとともに、その評点を参考としながら点検技術者が判断する総合評価 (「要対策」「カルテ対応」「対策不要」の判断) の結果が記録される。

評点の整理にあたっては各事例の箇所での最新のものを基本とした。これらの安定度調査表の点検対象項目と実際に発生した災害形態を比較して表-1 に示すが、両者は必ずしも一致していない。また、安定度調査表の評点のつけ方は点検対象項目によって異なる (図-20)。したがって、同じ評点の箇所が必ずしも危険性が全く同じであるとは限らないことから、評点は危険性に対する大まかな目安の程度として認識しておく必要がある。

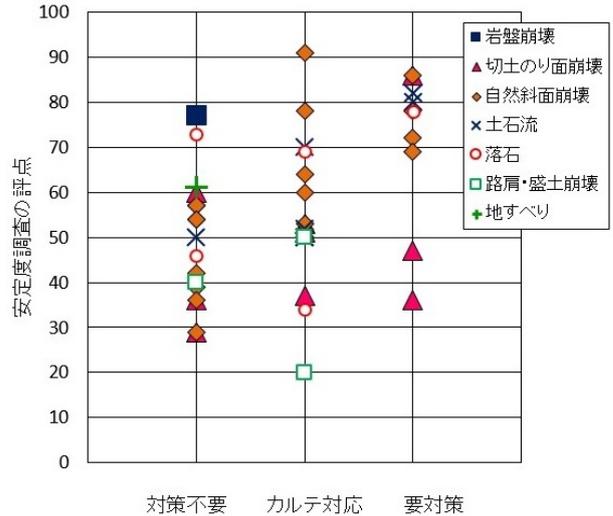


図-22 平成 20～23 年度直轄国道斜面災害における安定度調査要因点と評価結果の関係 (44 事例)
土石流および盛土については対策工効果を考慮後に換算した点数を表示、擁壁については擁壁周辺条件要因点と擁壁本体要因点を加算した点数を表示

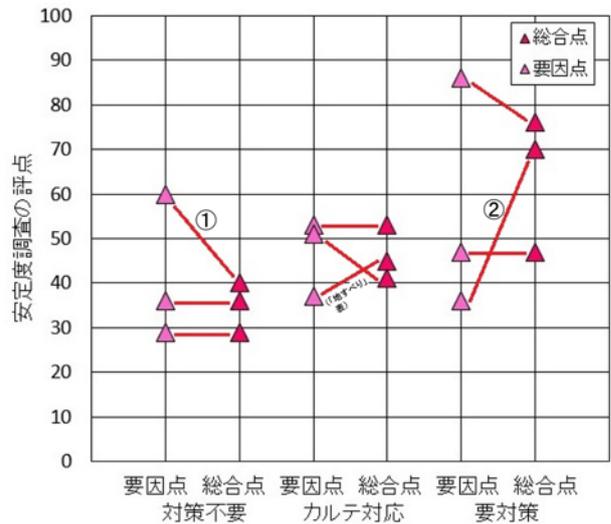


図-23 切土のり面崩壊における安定度調査評点と評価結果の関係 (9 事例)

3.3.1 安定度調査表の評点の全体的傾向

44 事例の安定度調査表における総合評価と総合点 (最終評点) の関係を図-21 に示す。これらの事例の総合評価結果は約 2 割が要対策、約 4 割がカルテ対応、残りの約 4 割が対策不要とされている。それぞれの総合点は要対策が 47～100 点、カルテ対応が 32～71 点、対策不要が 0～54 点であり、ばらつきは大きいがおおむね要対策が高く対策不要が低く、カルテ対応は両者の中間となっている。

しかしながら、評点のうち、災害発生に関係が深いと考えられる要因点を見ると、図-22 に示したように、要対策が 36～86 点、カルテ対応が 20～91 点、対策不要が



写真-26 切土のり面崩壊事例 (図-23 ①の事例)



写真-27 切土のり面崩壊事例 (図-23 ②の事例)

29～77点となっている。すなわち、カルテ対応ないし対策不要とされた事例であっても必ずしも要因点は低くなく、カルテ対応で約8割、対策不要で約5割の箇所が50点を超える要因点を示している。このことは、対策不要とされていても災害要因自体は存在し要因点に反映されている箇所が多いことを示しているといえる。

3.3.2 災害形態別の安定度調査表の評定の傾向

(1) 切土のり面崩壊

切土のり面崩壊9事例の安定度調査表における評点を図-23に示す。これらのうち8事例は「落石・崩壊」の安定度調査表が用いられているが、残り1事例は「地すべり」の安定度調査表が用いられている。

これらの要因点と総合点を比較すると、9事例のうち4事例は両者が同一であるが、3事例は要因点に対して総合点が低く、2事例は要因点に対して総合点が高くなっている。要因点に対して総合点が低いものは対策工の効果を見込んだものであり、要因点と総合点が同一のものは対策工の効果が高い(対策がないまたはあまり期待できない)と評価されたものである。一方、要因点に対して総合点が高くなっているものは履歴が評価されたものである。

図-23 ①の事例(「落石・崩壊」の安定度調査表を使用)では、調査表の様式に従って切土のり面の部分と隣接する自然斜面の部分それぞれ評価しており、切土のり面部分では要因点57点に対し対策工効果を×0点(十分に予防または防護している)として総合点0点、自然

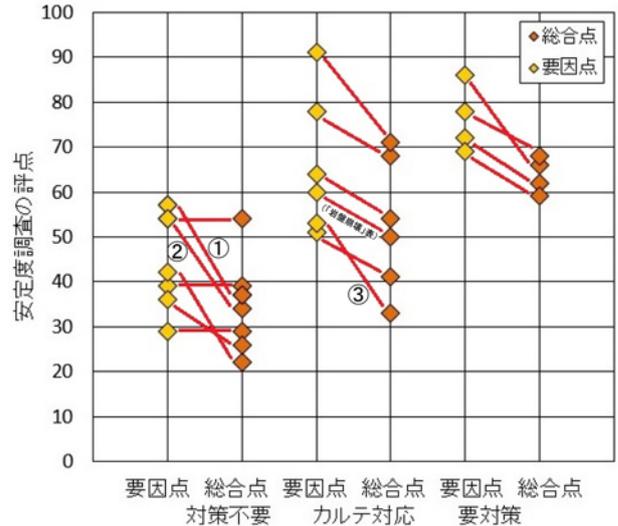


図-24 自然斜面崩壊における安定度調査評点と評価結果の関係 (18事例)

斜面の部分では要因点60点に対して対策工効果を-20点(かなり予防または防護している)として総合点40点としており、結果的に対策不要とされた。既往対策工はのり枠であり、のり枠部分の崩壊に対しては予防効果を有するが、実際の災害形態はのり枠から外れた上方の切土部と自然斜面の境界付近で発生して道路に流出している(写真-26)ことから、対策工効果の評価に課題が残る。

図-23 ②の事例(「落石・崩壊」の安定度調査表を使用)では、要因点が36点、対策工効果が±0点(対策がなされていないまたは効果があまり期待できない)であるのに対して、既往の複数の変状履歴による履歴点70点を総合点(要因点と比較して大きい方)とし、結果的に要対策とされた。実際の災害(写真-27)も既往の変状履歴と同様の形態で発生しており、履歴による評価の妥当性が示されたといえる。

(2) 自然斜面崩壊

自然斜面崩壊18事例の安定度調査表における評点を図-24に示す。これらのうち17事例は「落石・崩壊」の安定度調査表が用いられているが、残り1事例は「岩盤崩壊」の安定度調査表が用いられている。

これらの要因点と総合点を比較すると、18事例のうち3事例は両者が同一であるが、残り15事例は要因点に対して総合点が低くなっている。切土のり面崩壊の事例と同様に、要因点に対して総合点が低いものは対策工の効果を見込んだものであり、要因点と総合点が同一のものは対策工の効果が高い(対策がないまたはあまり期待できない)と評価されたものである。

図-24 ①の事例(「落石・崩壊」の安定度調査表を使



写真-28 自然斜面崩壊事例
(図-24 ①の事例 1回目の崩壊)



写真-29 自然斜面崩壊事例
(図-24 ①の事例 2回目の崩壊)



写真-30 自然斜面崩壊事例(図-24 ②の事例)

用)では、要因点 57 点に対し対策工効果を-20 点(かなり予防または防護している)として総合点 37 点としており、結果的に対策不要とされた。既往対策工は待ち受け擁壁及び落石防護柵である。崩壊は隣接して 2 回発生



写真-31 自然斜面崩壊事例(図-24 ③の事例)

しており、最初の崩壊では対策工が崩壊土砂を捕捉して道路への流出を防止した(写真-28)が、約1年後に発生した2回目の崩壊では落石防護柵が倒壊して崩壊土砂が道路に到達した(写真-29)ことから、対策工効果の評価に課題が残る。

図-24 ②の事例(「落石・崩壊」の安定度調査表を使用)では、要因点 54 点に対し対策工効果を-20 点(かなり予防または防護している)として総合点 34 点としており、結果的に対策不要とされた。当該事例の箇所はトンネル坑口上方に位置し、切土部分にのみ柵が施工され、その上部の自然斜面からの崩壊に対してポケット式落石防護網が設置されている。当該事例では対策工が崩壊土砂および倒木を捕捉して道路への流出を防止しており(写真-30)、結果的に対策工効果の評価が妥当であった事例である。

図-24 ③の事例(「落石・崩壊」の安定度調査表を使用)では、調査表の様式に従って切土のり面の部分と隣接する自然斜面の部分それぞれ評価しており、切土のり面部分では要因点 53 点に対し対策工効果を-20 点(かなり予防または防護している)として総合点 33 点、自然斜面の部分では要因点 51 点に対して対策工効果を-20 点(かなり予防または防護している)として総合点 31 点としており、結果的にカルテ対応とされた。また、その後のカルテ点検では小崩壊・土砂堆積といった変状の進行が記録されている。既往対策工は落石防護柵と覆式落石防護網である。これらの既往対策工はカルテ点検で記録された上記の変状に対しては効果があると評価されたが、実際の災害形態は豪雨により既往対策工が想定していると考えられる規模を大きく越える崩壊であった(写真-31)ことから、対策工効果の評価に係る崩壊規模の想定に課題が残る。

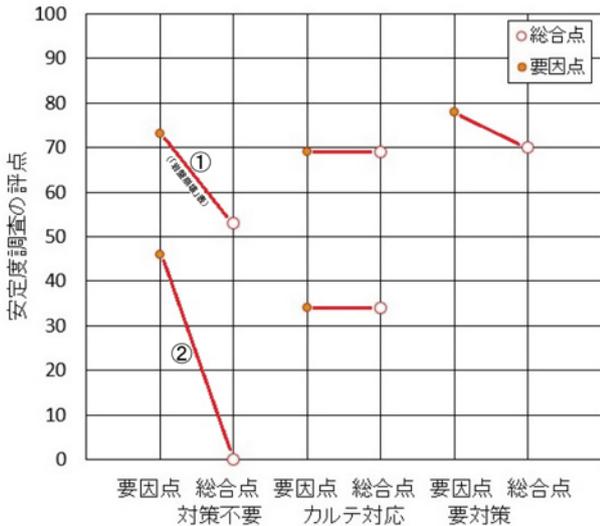


図-25 落石における安定度調査評点と
評価結果の関係 (5 事例)



写真-32 落石事例 (図-25 ①の事例)



写真-33 落石事例 (図-25 ②の事例)

これらの事例に見られるように、対策工が道路の被災を防止できた事例と防止できなかった事例があり、対策工効果の評価、とりわけ崩壊規模の想定が課題であるこ

とが示されたといえる。

(3) 落石

落石5事例の安定度調査表における評点を図-25に示す。これらのうち4事例は「落石・崩壊」の安定度調査表が用いられているが、残り1事例は「岩盤崩壊」の安定度調査表が用いられている。

これらの要因点と総合点を比較すると、5事例のうち2事例は両者が同一であるが、残り3事例は要因点に対して総合点が低くなっている。要因点と総合点が同一のもの（いずれもカルテ対応）は対策工の効果が低い（対策がないまたはあまり期待できない）と評価されたものである。要因点に対して総合点が低いもののうち対策不要の2事例は対策工の効果を見込んだものである。残り1事例（要対策）は対策工の効果を見込んだ上で履歴点との比較により、より大きかった履歴点を総合点としたものである。

図-25 ①の事例（「岩盤崩壊」の安定度調査表を使用）では、要因点73点に対し対策工効果を-20点（かなり予防または防護している）として総合点53点としており、結果的に対策不要とされた。既往対策工は覆式落石防護網である。落石は落石防護網で覆われた部分が発生源であるが、防護網の下部から道路に散乱した（写真-32）ことから、対策工効果の評価に課題が残る。

図-25 ②の事例（「落石・崩壊」の安定度調査表を使用）では、要因点46点に対し対策工効果を×0点（十分に予防または防護している）として総合点0点としており、結果的に対策不要とされた。既往対策工は覆式落石防護網であり、のり面内の浮石の落下を予防するためにのり面の上端まで覆うように設置されていた。落石（1個）はのり面端部の落石防護網の範囲外で発生したが、この部分はのり面が低いため発生源の高さも1.2mと低く、路側の余裕幅も2.6mあり、落石も路側の余裕幅内（のり尻から1.5mの位置）にとどまっている（写真-33）ことから、結果的に対策工効果の評価が妥当であった事例である。

これらの事例に見られるように、対策工効果の評価が妥当であった事例とそうでない事例があり、対策工効果の評価が課題であることが示されたといえる

(4) 岩盤崩壊

岩盤崩壊の事例の安定度調査表における評点を図-26に示す。1事例のみであり、「岩盤崩壊」の安定度調査表が用いられている。

当該事例では、要因点77点に対し対策工効果を×0点（十分に予防または防護している）として総合点0点と

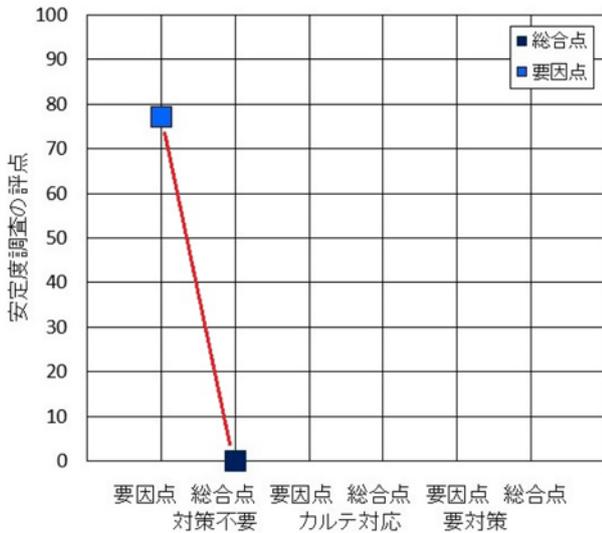


図-26 岩盤崩壊における安定度調査評点と評価結果の関係 (1 事例)



写真-34 岩盤崩壊事例 (図-26 の事例)

しており、結果的に対策不要とされた。既往対策工はロックシェッドおよび覆式落石防護網である。当該事例ではこれらの対策工の設置区間の端部の岩盤が崩壊し、ロックシェッドを外れて明かり部の道路に落下した(写真-34)ことから、対策工効果の評価に係る区間端部の岩盤の安定性評価に課題が残る。

(5) 地すべり

地すべりの事例の安定度調査表における評点を図-27に示す。1 事例のみであるが、安定度調査の対象は地すべりではなく、「落石・崩壊」の安定度調査表が用いられている。

当該事例では、要因点 61 点に対し対策工効果を-20 点 (かなり予防または防護している) として総合点 41 点としており、結果的に対策不要とされた。既往対策工は待ち受け擁壁及び落石防護柵である。これらの既往対策工は小規模な落石・崩壊に対してはある程度の防護効

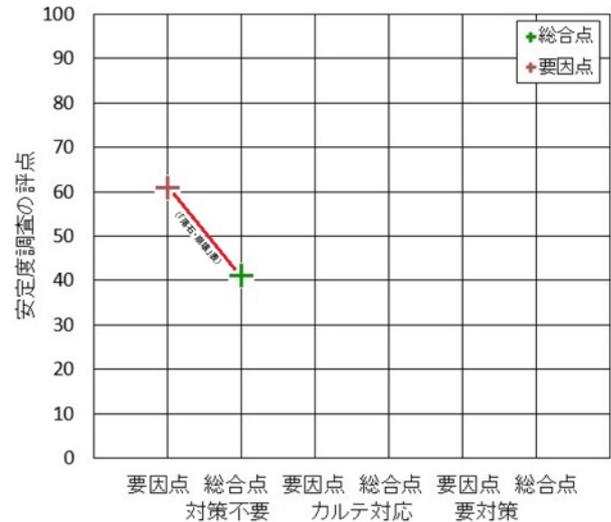


図-27 地すべりにおける安定度調査評点と評価結果の関係 (1 事例)



写真-35 地すべり事例 (図-27 の事例)

果を有すると考えられるが、今回発生した地すべり(写真-35)に対する抑止効果は有していないと考えられることから、対象とする災害種別と安定度調査表の選定に課題が残る。

(6) 土石流

土石流7事例の安定度調査表における評点を図-28に示す。これらのうち4事例は「土石流」の安定度調査表が用いられているが、残り3事例は「落石・崩壊」の安定度調査表が用いられている。「土石流」と「落石・崩壊」では評点のつけ方にかなりの相違がある。「落石・崩壊」では100点満点の要因点を算出後、対策工効果による減点を行い、これを履歴点と比較して大きい方を総合点とするのに対し、「土石流」の場合は要因点を56点満点で算出後、対策工効果とのマトリクス表により100点満点に換算し、その後に道路構造(溪流横断部の流路幅および桁下高さ)の評価による減点を行い、これを履歴点

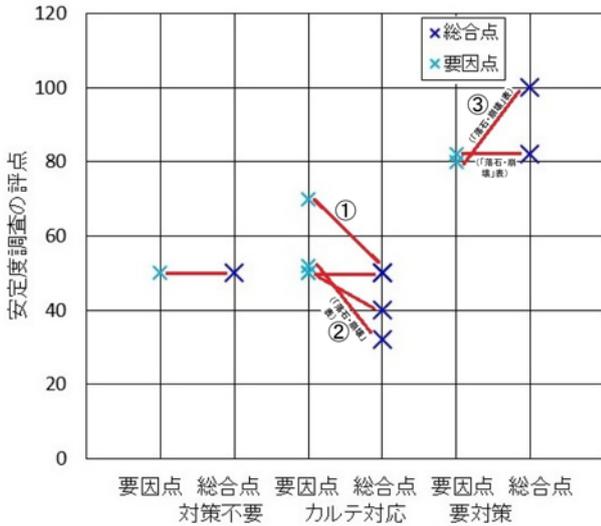


図-28 土石流における安定度調査評点と評価結果の関係 (7 事例)



写真-36 土石流事例 (図-28 ①の事例)

と比較して大きい方を総合点とする。したがって、図-28の要因点のうち「土石流」の表によるものは対策工効果も含んでいる。

これらのうち「土石流」の表による4事例の要因点(対策工効果とのマトリックス表により100点満点に換算後の点)と総合点を比較すると、4事例のうち2事例は両者が同一であるが、残り2事例は要因点に対して総合点が低くなっている。要因点に対して総合点が低いものは道路構造による評価を見込んだものである。

図-28 ①の事例(写真-36)では、換算前の要因点を26点、対策工効果を「普通」としてマトリックス表による換算で70点とし、道路構造の評価を-20点として総合点40点としており、結果的にカルテ対応とされた。既往対策工は溪流出口に設置された重力式擁壁およびストーンガードであり、ある程度の土砂流出防止の効果を有



写真-37 土石流事例 (図-28 ②の事例)

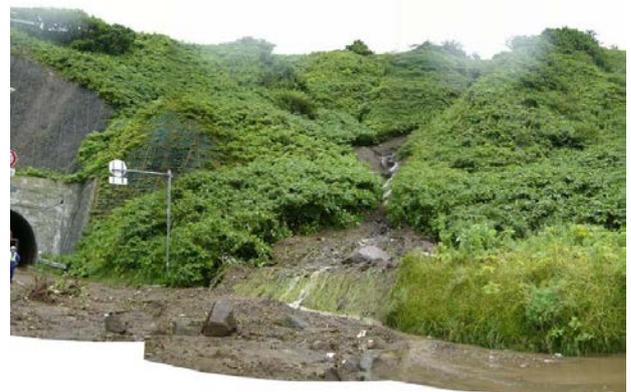


写真-38 土石流事例 (図-28 ③の事例)

する。道路構造の評価による減点は流路幅(3~5m)によるものであるが、道路下の横断部の流下幅によるべきところを誤って上流の溪流そのものの幅を用いて減点しているもので、当該箇所は渡河構造ではないため本来は-0点であるべきである。総合評価でカルテ対応とされたのは溪流内に上流から下流まで堆積物が存在することが理由とされている。ただしこのような溪流内の堆積物の存在は、総合評価の段階では考慮できるが要因点の項目にはなく、点数には反映されない。このような溪流内の堆積物の状況の評価に課題が残る。

一方、「落石・崩壊」の表による3事例の要因点と総合点を比較すると、両者が同一であるものが1事例、要因点に対して総合点が低くなっているもの(対策工効果を見込む)が1事例、要因点に対して総合点が高くなって

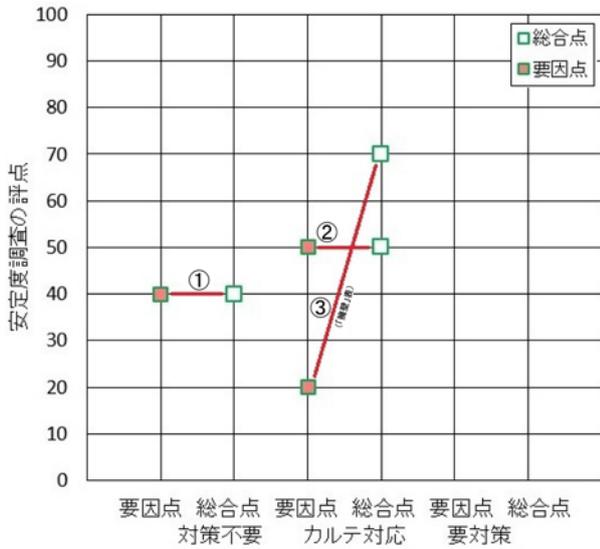


図-29 路肩・盛土崩壊における安定度調査評点と評価結果の関係 (3 事例)



写真-39 路肩・盛土崩壊事例 (図-29 ①の事例)

いるもの (履歴の存在による) が 1 事例となっている。

図-28 ②の事例では、要因点 52 点に対し対策工効果を -20 点 (かなり予防または防護している) として総合点 32 点としており、結果的にカルテ対応とされた。既往対策工は落石防護柵である。これは道路に面したのり面および自然斜面について主に落石を対象として評価を行ったものであるが、実際にはさらに上方の斜面から土石流が発生しており (写真-37)、その発生源となった谷頭斜面は点検範囲から外れていたことから、安定度調査の範囲と対象の選定に課題が残る。

図-28 ③の事例 (「落石・崩壊」の安定度調査表を使用) では、要因点が 80 点、対策工効果が ±0 点 (対策がなされていないまたは効果があまり期待できない) であるのに対して、既往の複数の変状履歴による履歴点 100



写真-40 路肩・盛土崩壊事例 (図-29 ②の事例)

点を総合点 (要因点と比較して大きい方) とし、結果的に要対策とされた。要因点は溪流および斜面内の崩壊要因地形、表土・浮石・転石の状況、変状の状況を十分反映しているほか、崩壊した場合の道路への流出の可能性がコメントで指摘されており、実際の災害の状況 (写真-38) とも合っていることから、評価は妥当であったと考えられる。このことは、「落石・崩壊」の表であっても安定度調査の対象範囲の選定が適切であれば、土石流に対しても危険性の評価が可能であることを示している。土石流の場合は安定度調査箇所のスクリーニングの基準の 1 つとして流域面積 1ha (0.01km²) 以上とされているが、より面積の小さい溪流からの土石流の発生事例もあることから、そのような溪流について「落石・崩壊」の表を用いて安定度調査を行うことは土石流に対する評価にも有効であるといえる。

(7) 路肩・盛土崩壊

路肩・盛土崩壊 3 事例の安定度調査表における評点を図-29 に示す。これらのうち 2 事例は「盛土」の安定度調査表が用いられているが、残り 1 事例は「擁壁」の安定度調査表が用いられている。「盛土」と「擁壁」では評点のつけ方かなりの相違がある。「盛土」では要因点を 23 点満点で算出後、対策工効果による減点を行い、その点数に応じて換算表により 90 点満点に換算し、これを履歴点と比較して大きい方を総合点とする。「擁壁」では擁壁周辺要因点 (上限 50 点)、擁壁本体要因点 (上限 20 点)、履歴点 (上限 50 点) を単純に加算して総合点とする。したがって、図-12 の要因点については、「土石流」の表によるものは対策工効果も含んだ換算後の点を表示し、「擁壁」の表によるものは擁壁周辺要因点と擁壁本体要因点を加算した点を表示している。



写真-41 路肩・盛土崩壊事例 (図-29 ③の事例)

「盛土」の表による2事例の要因点(90点満点に換算後の点)と総合点は2事例とも両者が同一である。いずれの事例も被災の履歴がないためである。

図-29 ①の事例(写真-39)では、横断配水管について断面が不十分であることと箇所別記録表において呑口の堆積土砂の必要性が指摘された以外は変状も履歴もないことから、結果的に対策不要とされた。点検は春の既に融雪を過ぎた時期に行われたが、当該事例の災害は融雪によって発生しており、点検時と状況が異なる。このような融雪に対する点検・評価に課題が残る。

図-29 ②の事例(写真-40)では、のり面に流水跡および補修跡が見られることが要因点に反映され、結果的にカルテ対応とされた。ただし、当該事例の崩壊は横断排水管の呑口の閉塞によって溢れた水が路肩から流下して発生したものであるが、点検時には横断配水管についての指摘はなく、その後のカルテ点検の着目すべき項目にも入っていないことから、このような排水状況の不具合に対する点検・評価に課題が残る。

「擁壁」の表による1事例(図-29 ③の事例)では、要因点に対して総合点が高くなっており、結果的にカルテ対応とされた。要因点と総合点の差は履歴点であり、当該事例では擁壁本体および路面に変状があることを反映していることから、履歴による評価が重要であるといえる。ただし、当該事例の災害形態は擁壁前面地盤が崩壊したもので(写真-41)、その部分の安定性は「擁壁」の表では評価されないため、安定度調査の対象および範囲の選定に課題が残る。

3.3.3 対策工の効果

44事例のうち既往対策工があった25事例について、対策工の効果を確認すると、崩壊土砂等が対策工で捕捉され道路への流出が防止できた事例が2事例であったのに対し、崩壊土砂等を対策工で捕捉しきれず道路へ到達

した事例は23事例であった。この23事例のうち、18事例は対策工が想定していた事例と実際の災害の形態や規模が異なっていたものであり、残りの5事例は対策高の範囲を外れた区間端部ないし直上部で発生したものである。これらのことから対策工効果の評価に課題が残ることがわかる。

3.3.4 安定度調査結果の特徴と課題のまとめ

以上のことから安定度調査結果の特徴と課題をまとめると以下のとおりである。

- ・「対策不要」「カルテ対応」と評価された箇所でも要因点の高い箇所が多く存在する。実際に災害が発生している箇所を対象としていることから、災害要因が存在し要因点が高くなることはある意味当然といえる。
- ・対策工効果の評価が総合点(最終の評点)と総合評価を左右することも多い。また、それらの事例の中には対策工効果を評価するときの想定と実際の災害形態・規模等が異なることも多い。
- ・したがって、対策工効果の評価に改善の余地がある。特に対策工効果の前提となる災害の形態・規模をどう想定するかが重要であり、想定方法の明確化が課題である。
- ・「対策不要」「カルテ対応」と評価された箇所の中で要因点が高い箇所については、災害の形態・規模の想定をより精緻に行って対策工効果の評価を見直すことで、見逃し災害の減少を図ることができる可能性がある。

なお、これらの分析結果は災害が発生した箇所のものであるため、今後は災害が発生していない箇所の点検結果とも比較する必要がある。

4. まとめ

平成20～23年度の直轄国道斜面災害、平成20年岩手・宮城内陸地震、平成21年中国・九州北部豪雨、平成22年奄美豪雨、平成23年東北地方太平洋沖地震、平成23年紀伊半島豪雨における県管理道路における斜面災害を収集し、災害の特徴、防災上の留意点、災害発生状況と道路防災点検結果との関係などについて分析を行った結果、第3章に述べたような防災上の留意点、課題が明らかになった。これらの留意点を防災点検やカルテ点検等に活かしたり、課題の改善を図ることにより、高い精度で要注意箇所を抽出することができる。

なお、道路防災点検結果等の資料や写真の一部は各地方整備局・県等の管轄事務所より提供いただいたものであり、感謝する次第である。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局 (2007) : 道路の中期計画 (素案)、p8、
国土交通省ホームページ、<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-douro-keikaku/02.pdf>、2013年3月現在。
- 2) 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>、2012年4月現在。
- 3) 財団法人道路保全技術センター (2009) : 道路防災点検の手
引き (豪雨・豪雪等)、179p。
- 4) 佐々木靖人・浅井健一 : 点検・災害データの蓄積と活用による道路のり面・斜面管理の高度化への取り組み、土木技
術資料、第55巻第8号、pp.30-33、2013年8月
- 5) 佐々木靖人、矢島良紀、倉橋稔幸 : 全国国道斜面災害データ
ベースの構築と過去15年間の災害分布特性、日本応用地質
学会平成18年度研究発表会講演論文集、pp.377~380、2006。
- 6) 矢島良紀、佐々木靖人、倉橋稔幸 : 国道斜面災害データベー
スを用いた災害特性分析、応用地質、Vol.48、No.6、pp.304
~311、2008。
- 7) 日本道路協会 (2009) : 道路土工一切土工・斜面安定工指針、
pp.134-138。
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人土木研
究所 (2006) : 平成16年 (2004年) 新潟中越地震土木施設
災害調査報告、国土技術政策総合研究所報告第27号・土木
研究所報告第203号、pp.184-203。
- 9) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人土木研
究所・独立行政法人建築研究所 (2008) : 平成19年 (2007
年) 能登半島地震被害調査報告、国土技術政策総合研究所
資料第438号・土木研究所資料第4087号・建築研究所資料
第111号、pp.102-153。
- 10) 日本道路協会 (2012) : 道路土工一擁壁工指針、p.168。

RESEARCH ON THE ASSET MANAGEMENT FOR THE ROAD SLOPE DISASTER PREVENTION MEASURES (2)

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Geology 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. We analyzed following disaster cases to reveal the features of disasters, notice points for disaster prevention and the relationship between the inspection results (scores and judgment results) and the occurrence of disasters: slope disasters occurred between 2008FY and 2011FY on national roads under the direct control of The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, road slope disasters occurred by the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, road slope disasters occurred by the heavy rainfall in Chugoku and Northern Kyushu Area in July 2009, slope disasters on roads caused by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, etc. Various notice points and subjects for disaster prevention were obtained by the analyses. Taking advantage of the notice points to road inspection for disaster prevention and 'carte' inspection, and improvement of the subjects will enable to find hazardous points accurately.

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