

道路斜面の災害事例の収集・分析の取組み

浅井健一* 林 浩幸** 佐々木靖人***

1. はじめに

道路ネットワークの信頼性向上のためには、道路災害を防止することが基本である。そのためには発生しうる災害現象を科学的に予測し、ハザードマップ等¹⁾の形式で明示した上で戦略的に対応する必要がある。その際に基本となるのは過去の災害の蓄積と災害原因や教訓等の分析である。

本報告はその取組みの一環として、道路斜面災害事例の収集・分析について報告する。

2. 道路斜面災害事例の収集

道路斜面災害の分野においては、災害事例はこれまで必ずしも体系的に収集・蓄積・分析されていなかった。そこで、土木研究所と国土交通省道路局が共同で検討を行い、直轄国道における斜面災害事例を体系的・継続的に蓄積・分析し、現場の防災事業へ活用していく取組みを平成20年度から開始した。現在までに収集できた事例は平成20年度が16事例、平成21年度が15事例とまだ少ないが、今後充実していく予定である。

また、自治体が管理する補助国道・都道府県道等については災害が顕著に発生した現場の管理者に土木研究所から個別に依頼して災害事例の収集に努めている。これまでに、平成20年6月の岩手・宮城内陸地震における47事例、平成21年7月の中国・九州北部豪雨における86事例を収集したほか、平成22年10月の奄美大島での豪雨における道路斜面災害事例を収集中である。

これらのうち、平成20年度直轄災害事例および平成20年6月岩手・宮城内陸地震の災害事例の特徴について分析した結果について述べる。

3. 収集した災害事例の特徴

3.1 平成20年度直轄国道斜面災害

3.1.1 概要

平成20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6、自然斜面の土砂崩壊3、自然斜面の地すべり1、土石流2、路肩崩壊2、岩盤崩壊1、落石1である。なお、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。発生時期は多雨期が多いものの、冬季や春など多雨期以外でも発生している。なお、事前通行規制区間で規制実施中の発生が2箇所、規制実施前の発生が1箇所、他の13箇所

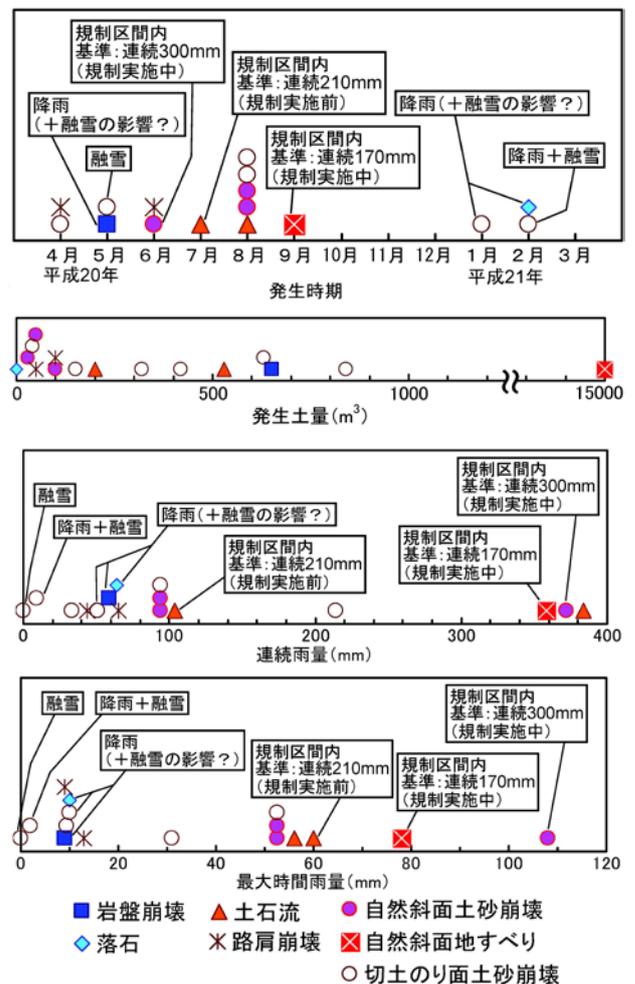


図-1 平成20年度直轄国道災害事例の発生時期、発生土量および発生時の雨量（誘因は特記しているものを除き降雨）

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（15,000m³）を除いた他の箇所はいずれも1,000m³以下である。

発生誘因は降雨によるものが多いが、融雪によるもの、あるいは降雨によるものであっても融雪の影響があると考えられるものも含まれている。

自然斜面の地すべり・土砂崩壊・土石流は連続雨量90mm以上・最大時間雨量50mm以上の豪雨で発生している。一方、切土のり面の土砂崩壊は豪雨時だけでなく無降雨時・少雨時にも発生している。それらのうち連続雨量10mm以下の2事例はいずれも融雪が影響している。

3.1.2 特徴的な事例および防災上の教訓

(1)小規模な谷地形が崩壊した事例

写真-1は切土のり面上方の自然斜面の小規模な谷地形の箇所（事前通行規制区間外）が連続雨量94mm、最大時間雨量52.5mmの集中豪雨で崩壊し、崩壊土砂が道路に流出した事例である。本箇所は露岩が見られたこと等により特に対策が必要とされていなかったが、近年は集中豪雨が増加する傾向にある⁵⁾。そのような豪雨時には本事例のような小規模な谷地形であっても崩壊や土砂流出が発生しやすいと考えられ、今後はそれらを適切に点検し必要な対策を行っていくことが必要である。

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れ、上方斜面は点検されていなかったが、災害後のレーザプロファイラ計測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レーザプロファイラ計測が有効である。

(2)切土のり面の土砂崩壊の事例

写真-3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



写真-1 切土のり面上方の小規模な谷地形（自然斜面）の崩壊事例（管轄事務所提供）



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）



写真-3 海岸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）

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



写真-4 開通約1年後の切土のり面の崩壊事例
(管轄事務所提供)



写真-5 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-6 斜面上方の旧道からの表流水の流入
(管轄事務所提供)

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（崩壊、はらみだし等）の履歴があったことが推定される。

写真-4は開通約1年後の切土のり面（事前通行規制区間外）の崩壊で、連続雨量33.5mm、最大時間雨量9.5mmと少雨で崩壊した事例である。

工事報告書における施工時の写真では、本箇所の切土のり面の地山はかなり風化が進み軟質な土砂となっていたと推定される。また、同じく工事報告書の写真から施工中に隣接箇所で崩壊が発生したことが判明した。

なお、切土のり面の崩壊箇所のうち他の4事例も、風化が進んでいたり段丘堆積物であったりするなど軟質な地山であったことから、このような軟質な地山の箇所は災害に対する弱点箇所であるといえる。このような地山の状態や地質構造を把握する機会として施工時の地山観察が重要であり、その結果を施工時の追加対策などへ反映していくプロセスを今後検討する必要がある。また、6箇所中4箇所まで被災履歴があったことから、被災履歴をきちんと残しておくこと、また施工中の被災履歴についても記録に残し点検・管理へ引き継いでいくことが必要である。

(3) 予期せぬ表流水が流入し崩壊した事例

写真-5は自然斜面（事前通行規制実施中）が連続雨量373mm、最大時間雨量108mmの集中豪雨で崩壊した事例である。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に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-6）、崩壊発生に影響したと考えられる。

写真-7は路肩崩壊（事前通行規制区間外）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と比較的少雨であったが、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-8）。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ったことから、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・建設中の道路・造成地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



写真-7 路肩崩壊の事例 (管轄事務所提供)



写真-8 私道からの表流水の痕跡 (矢印)
(管轄事務所提供)

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。

3.1.3 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。

- ・谷型斜面は小規模であっても適切に抽出・点検し必要な対策を検討することが必要である。このような小規模な谷型斜面の抽出にはレーザプロファイラ計測が有効である。
- ・施工時に地質観察を行い、軟質な地山が残存するなど問題がある場合には追加対策の検討を行うなど施工時の地質観察結果を現場に着実に反映するプロセスが必要である。
- ・被災履歴については施工中のものも記録を残し、点検・管理に引き継ぐ必要がある。
- ・近年増加傾向にある集中豪雨時などに予期せぬ表流水が発生しうる斜面上方の旧道・私道・林道・市町村道・建設中の道路・造成地などの状況についても点検時に注意して調査する必要がある。

3.2 平成20年岩手・宮城内陸地震道路斜面災害

3.2.1 概要

平成20年6月14日の岩手・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もとに収集したものであり、上記地震における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。

このうち岩盤崩壊については、やせ尾根（凸地形）での崩壊が8事例、局所的凸部の崩壊が4事例、谷頭斜面での崩壊が6事例である。また、路肩・盛土崩壊については、谷頭斜面での崩壊が10事例、尾根の鞍部での崩壊が3事例である。これらは防災上留意すべき地形的特徴と考えられる。

3.2.2 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工（47事例中11事例）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工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モルタル吹付工の被災率は、全5路線のモルタル吹付工108箇所のうち33箇所・31%であった（図-2）。

一方、モルタル吹付工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砕工の被災率は、現地調査で確認した全5路線ののり砕工80箇所のうち6箇所・7.5%とモルタル吹付工に比べて明らかに低かった（図-3）。のり砕工の被災箇所6箇所はいずれも深さ3～15m程度の比較的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。ただし、のり砕工背面の地山の劣化状況は今回の調査では不明であり、今後はそれらを加味した検討が必要である。

3.2.3 被災と道路防災点検との比較

モルタル吹付工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

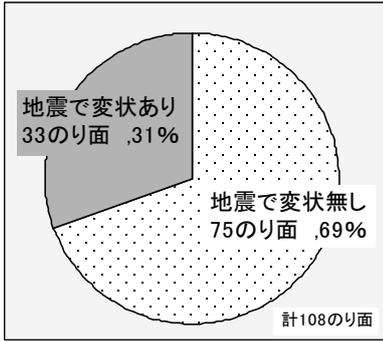


図-2 モルタル吹付工の被災率（今回の事例収集対象全5路線）

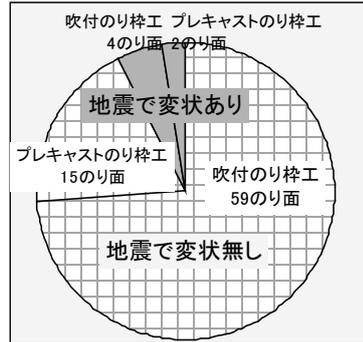


図-3 のり枠工の被災率（今回の事例収集対象全5路線）

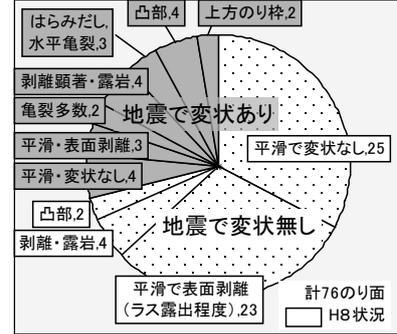


図-4 国道397号におけるモルタル吹付工の被災率と平成8年度道路防災点検時の変状等の状況

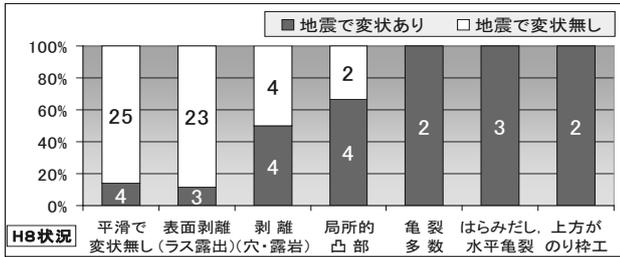


図-5 国道397号における平成8年度道路防災点検時の状況別のモルタル吹付工の被災率（図-4と同じ箇所・データ）



（平成8年度点検時） （地震後）

写真-9 亀裂が多数発達していたモルタル吹付工の崩壊事例（管轄事務所提供）



（今回の地震で亀裂発生） （約1ヶ月後に崩壊）

写真-10 吹付のり面凸部の崩壊事例（管轄事務所提供）



（平成8年度点検時） （地震後）

写真-11 のり枠工の下のモルタル吹付工の変状事例（管轄事務所提供）

した。国道397号におけるモルタル吹付工の被災

率は、モルタル吹付工76箇所のうち21箇所・27%であり（図-4）、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-9）」「剥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-10）」の箇所での被災率が高く、「平滑で変状がない」「表面剥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（図-5）。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、剥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。

また、斜面の上部のがり枠工、下部がモルタル吹付工となっているのり面で、のり枠工に変状はなかったが吹付工が被災した箇所が2箇所あった。いずれも上からの圧縮を思わせるような変状が認められており（写真-11）、のり枠工からの応力の影響の可能性が考えられる。

これらの調査結果から、モルタル吹付工の変状と被災の関係を図-6のとおりまとめた。

3.2.4 防災上の留意点のまとめ

以上の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。

- ・モルタル吹付工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。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、剥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、重点的な調査や対策が必

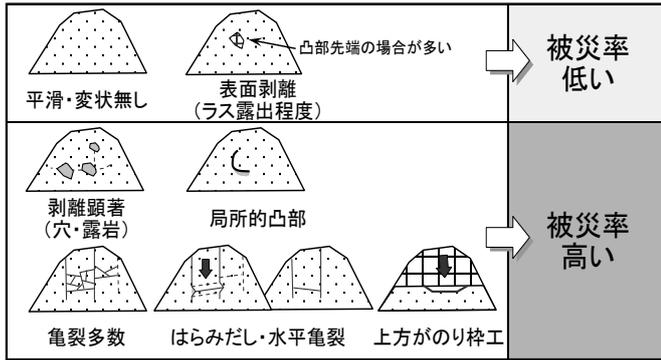


図-6 モルタル吹付工の変状と被災の関係

要である。

- ・切土のり面の施工時においては、地山観察によってゆるみの有無を確認するとともに、凸部を極力残さないように整形する必要がある。
- ・地震時の崩壊危険箇所として、やせ尾根や谷頭斜面も留意すべき地形である。これらの抽出にはレーザプロファイラ計測等による詳細地形図取得は有効である。

4. まとめ

平成20年度の直轄国道斜面災害および岩手・宮城内陸地震における道路斜面災害の事例を収集・分析し、防災上の留意点を整理するとともに、特に岩手・宮城内陸地震の事例で目立ったモルタル吹付工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进行分析した。

その結果、谷型斜面の適切な抽出・点検、施工時の地質観察と現場への反映プロセス、被災履歴の記録と確実な引き継ぎ、予期せぬ表流水に対する調査、モルタル吹付の変状の調査、切土のり面

施工時の地山のゆるみの確認など、3.1.3および3.2.4で述べたような防災上の留意点が得られた。

今後も災害事例の収集・蓄積と分析を継続して進めるとともに、過去の点検資料等との比較やのり面の老朽化の実態の解明などを行いながら、対策緊急度判定の目安の試案作成をめざす予定である。

謝 辞

収集した災害事例は管轄事務所等から提供していただいたものであり、この箇所を土木研究所で再度調査、確認した。個別の管轄事務所等および関係者について名称はここでは記さないが、深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 佐々木靖人：ハザードマップと科学的なリスク管理—道路斜面防災を例に—、平成17年度土木研究所講演会講演集、pp.101～110、2005.10.
- 2) 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、2008.2.
- 3) 浅井健一、林浩幸、佐々木靖人：平成20年度の直轄国道斜面災害の特徴、平成21年度日本応用地質学会研究発表会講演論文集、pp.127～128、2009.10.
- 4) 林浩幸、浅井健一、佐々木靖人：平成20年岩手・宮城内陸地震における道路斜面災害の特徴、平成21年度日本応用地質学会研究発表会講演論文集、pp.125～126、2009.10.
- 5) 大槻省吾、安藤伸：道路における災害危険箇所の診断、土木技術、Vol.63、No.4、pp.33～39、2008.4.

浅井健一*



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所地質・地盤研究グループ地質チーム 総括主任研究員
Ken-ichi ASAI

林 浩幸**



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所地質・地盤研究グループ地質チーム 交流研究員
Hiroyuki HAYASHI

佐々木靖人***



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所地質・地盤研究グループ地質チーム 上席研究員
Yasuhito SASAKI