

戦-13 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

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 21 年度は、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を分析した。その結果、以下のような防災上の留意点が得られた。①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。②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地質観察結果を現場に反映するプロセスが必要である。③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。④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・市町村道などの状況についても点検時に調査する必要がある。⑤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。⑥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、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、詳細な調査や対策の検討が必要である。⑦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。

キーワード：道路、斜面、災害、点検、吹付のり面

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 21 年度は、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を分析した。

2. 研究方法

2.1 災害事例の収集・分析

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 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事例を収集した。収集できた事例は直轄国道が 16 事例、岩手・宮城内陸地震が 47 事例である²⁾³⁾。

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。

2.2 吹付のり面における変状・老朽化の程度と被災の 関係の分析

収集・分析した災害事例の中で、特に岩手・宮城内陸地震における事例で目立った吹付のり面の被災箇所に着目し、国道397号をモデルケースとして、被災箇所と周辺の被災しなかった箇所を含め、道路防災点検記録との比較および現地調査により、被災前の吹付のり面の変状・老朽化の程度と被災の関係を分析した。

3. 研究結果

3.1 平成20年度の直轄国道斜面災害

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や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、事前通行規制区内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(15000m³)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たが、近年は集中豪雨が増加する傾向にあり⁴⁾、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

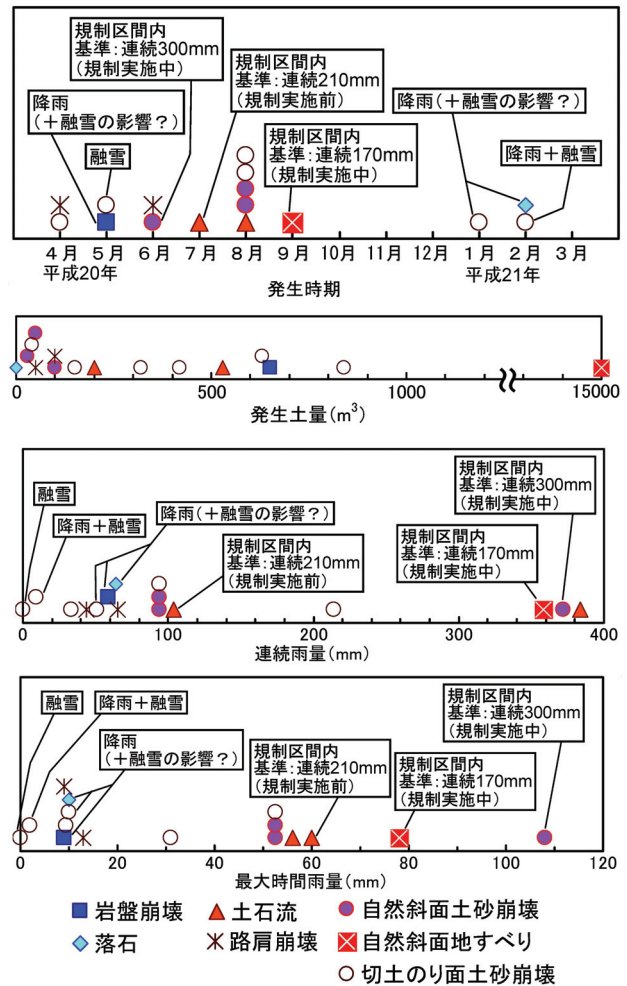


図-1 平成20年度直轄国道災害事例の発生時期、発生土量および発生時の雨量(誘因は特記しているものを除き降雨)



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)

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

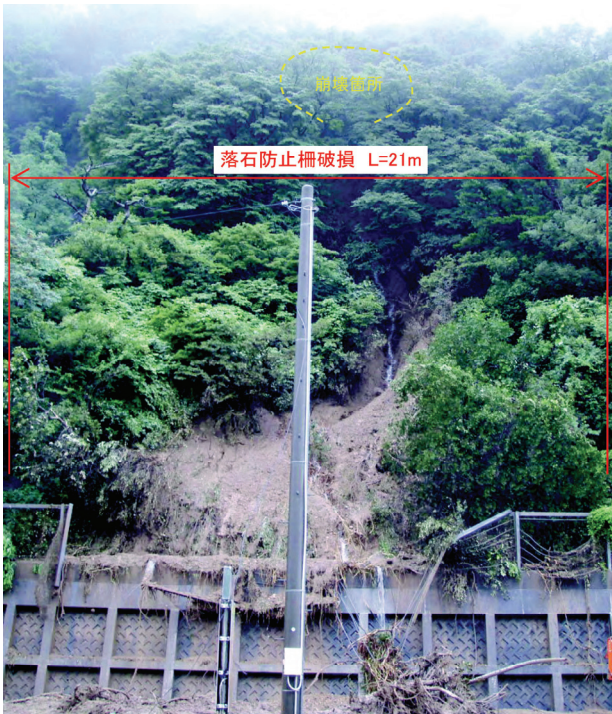


写真-2 斜面上方の小規模な谷地形からの土石流の事例（管轄事務所提供）



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）

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、災害後のレーザー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ー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



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）

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も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箇所でも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。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



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）

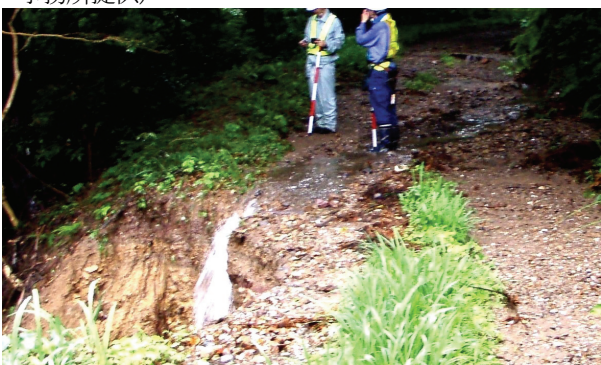


写真-6 斜面上方の旧道からの表流水の流入（管轄事務所提供）

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、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-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



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）

必要がある。

(4) 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・点検に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地質観察結果を現場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・市町村道などの状況についても点検時に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も

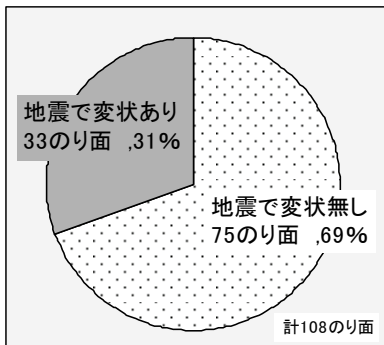


図-2 吹付のり面の被災率 (今回の事例収集対象全5路線)

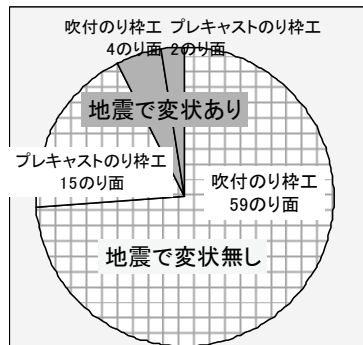


図-3 のり枠工の被災率 (今回の事例収集対象全5路線)

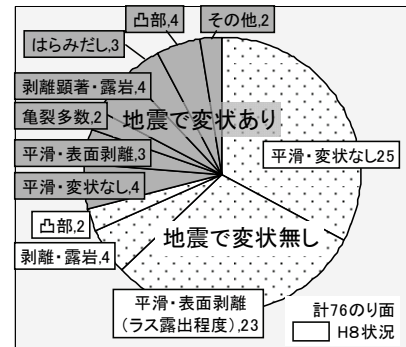


図-4 国道397号における吹付のり面の被災率と平成8年度道路防災点検時の変状等の状況

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。

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-2)。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-3)。のり枠工の被災箇所6箇所はいずれも深さ3~15m程度の比較的深い崩壊箇所であり、のり枠工は表層1~2m程度の崩壊を概ね抑止できていたと想定される。

3.2.3 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-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



(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-10 吹付のり面凸部の崩壊事例(管轄事務所提供)

率が高い。一方、「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。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。

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、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、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。

以上の結果を踏まえ、今後、吹付のり面については亀裂など変状・老朽化のパターンと地山のゆるみや被災との関係の整理を進め、対策緊急度判定の目安の試案作成をめざす必要がある。

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を分析した。

その結果、以下のような防災上の留意点が得られた。

- ①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。
- ②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地質観察結果を現場に反映するプロセスが必要である。
- ③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。
- ④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・市町村道などの状況についても点検時に調査する必要がある。
- ⑤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。

⑥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、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、詳細な調査や対策の検討が必要である。

⑦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。

今後、特に吹付のり面については亀裂など変状・老朽化のパターンと地山のゆるみや被災との関係の整理を進め、対策緊急度判定の目安の試案作成をめざす予定である。

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>、2010 年 4 月現在
- 2) 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 年 10 月
- 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 年 10 月
- 4) 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、第 63 巻第 4 号、pp. 33-39、2008 年 4 月

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 2009FY, 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 47 examples of road slope disasters occurred by the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, to reveal the notice points for disaster prevention. And concerning shotcreted slopes damaged by the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, especially, we analyzed relationship between the damage by the earthquake and deterioration of slope before the earthquake. The notice points for disaster prevention obtained by the analysis are as follows: 1) It needs to find and to inspect small valleys properly, and also it needs to examine necessary countermeasures. For finding such small valleys, aerial laser surveying is effective. 2) Geological observation just after the slope cutting, and the process to feed back the observation results are needed, for example, to examine additional countermeasures in case of problem such that soft earth remains on the slope. 3) Disasters which occurred during the construction are also need to be recorded and to be hand over to the inspection and management. 4) It needs to investigate old roads, private roads, forest roads, etc. above the slope when the inspection, because such small roads tend to gather a large amount of surface water running into the slope in case of heavy rainfall which has been increased in recent years. 5) Deformation of shotcreted slope is needed to be ascertained that it is influenced by loosening of earth or rock mass in the slope or it is a phenomenon only on the surface of mortar. 6) Especially, it is highly probable that the parts which swelling of the slope is observed, the parts which many cracks of mortar exist, and the parts which internal rock crops out by intense abrasion of mortar are influenced by loosening of earth or rock mass in the slope. In these cases, detailed investigation of these parts and examination of countermeasures are needed. 7) When the slope cutting, projecting parts should be removed as much as possible.

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