

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組み

佐々木靖人* 浅井健一**

1. はじめに

道路のり面・斜面や土工構造物はトンネル等と同様に老朽化の問題を抱えているが、特徴は、構造物だけでなく地山の風化・浸食の影響を強く受ける点である。実際、切土後長期経過した軟岩のり面では表層が厚く土砂化し、崩壊に到る例も多い。すなわちのり面・土工構造物のアセットマネジメントは地盤材料や基礎地盤などの管理が重要である。この視点を米国等では「地盤工学的アセットマネジメント」(Geotechnical Asset Management, GAM)と呼ぶ。

そこで本報文では、地盤工学的アセットマネジメントの動向について紹介するとともに、土木研究所で実施しているのり面斜面等のアセットマネジメントへ向けた取組みについて報告する。

2. 地盤工学的アセットマネジメントの動向

2.1 米国の道路斜面管理の例

米国の道路総延長は日本の約5倍であり、アセットマネジメントのニーズも高い。このため米国連邦道路庁(FHWA)や米国全州道路交通運輸行政官協会(AASHTO)では10年以上前からアセットマネジメント手法を導入している。地盤工学的アセットマネジメント(GAM)の視点が提案されたのもこの頃である(Bernhardt¹⁾など)。現在は、一部の州の道路アセットマネジメント計画にGAMの手法が導入されつつある(Vessely²⁾など)。

たとえばアラスカ州交通部では、GAMの体系の一つとして、不安定斜面マネジメントプログラム(Unstable Slope Management System, USMP)が開発されつつある³⁾。USMPでは、9つのサービス目標を設け、それぞれのサービス目標に対する実施指標と評価手法を設定する。たとえばサービス1は「落石や地すべり災害による道路規制数を限らせた数値にとどめること」であり、

そのための実施指標は「年・地域当たりの斜面对策完了個所数」、評価手法は「25年間に必要な対策個所に対する対策完了個所の年間累計」、といった具合である。これによりサービスレベルをA(優れている)からF(許容できない)までの5段階に評価し、施策に対する必要なフィードバックを行う。

将来的にはGAMには落石や地すべりだけでなく、「擁壁健全性指標」、「のり面健全性指標」、「盛土健全性指標」などを充実するとのことである。個別の健全性評価手法は日本のそれと大きな違いは無いと思われるが、サービス目標と数値指標を設けて評価、フィードバックしている点が異なっている。

2.2 日本の道路斜面管理の状況

道路のり面・斜面や土工構造物については、約5年に1回の道路防災点検をはじめとした点検体系があるが、施設の老朽化に着目した点検は必ずしも十分行われていなかった。しかし笹子トンネル事故を受けて、まずのり面・土工構造物の老朽化による落下等の危険性に関する総点検が開始された。また、道路法が平成25年5月29日に改正され、現在、のり面等についても防災点検をはじめとする諸点検の体系化、点検結果のデータベース化や分析体制を含めたPDCA体制等が検討されている。

3. 災害データの蓄積と活用の取組み

3.1 取組みの概要

GAMを進める上で基本となるのが、劣化や災害の実態を明らかにし、施策や現場にフィードバックすることである。そこで土木研究所および国土交通省道路局では、直轄国道における斜面災害事例を継続的・体系的に蓄積・分析し、現場の防災事業へ活用していく取組みについて共同で検討を行い、平成20年度から開始した⁴⁾(図-1)。平成23年度末までに収集できた事例は115事例である。

また、自治体が管理する補助国道・都道府県

Improvement of road slope management by practical use of accumulated disaster and inspection data

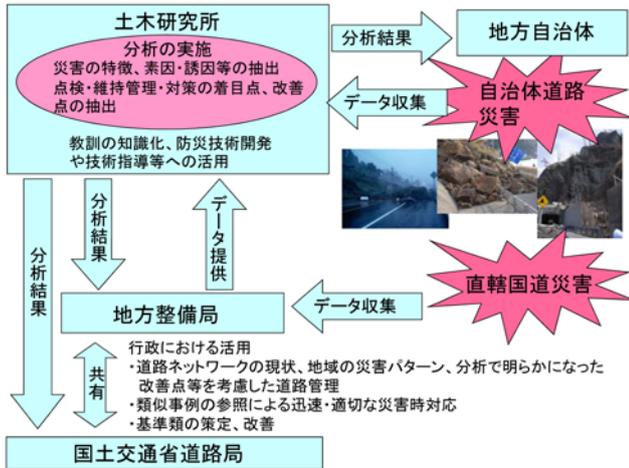


図-1 災害事例の蓄積・活用のスキーム

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年岩手・宮城内陸地震⁵⁾、平成21年中国・九州北部豪雨⁶⁾、平成22年奄美豪雨⁷⁾、平成23年東北地方太平洋沖地震（本震および誘発地震）における371事例を収集済みである。

収集できた災害については所定の様式に整理してデータベースとして蓄積するとともに、個々の災害について現地調査を行いながら事例分析を行っており、分析により明らかになった災害の特徴や防災上の留意点については報告書にとりまとめ、事例を提供していただいた機関に送付している。これらのうち直轄国道斜面災害の特徴について以下に述べる。

3.2 直轄国道斜面災害の特徴

収集した直轄国道斜面災害事例の災害種別内訳を図-2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⁸⁾および矢島ほか⁹⁾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

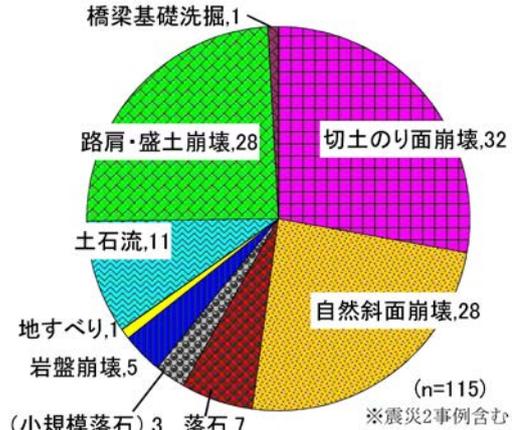


図-2 平成20～23年度直轄国道災害事例の災害形態別件数内訳

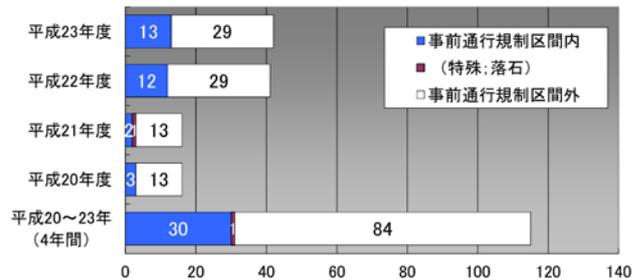


図-3 平成20～23年度直轄国道災害事例の通行規制区間内外別件数内訳

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-3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⁸⁾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。

3.3 特徴的な個別事例と防災上の留意点

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。

(2)供用後約1年の切土のり面の崩壊事例

写真-2は拡幅工事で施工され、供用開始後約1年



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）



写真-2 供用開始後約1年の切土のり面の崩壊事例（管轄事務所提供）



写真-3 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

で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-3）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。道路土工指針¹⁰⁾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の変更など適切な対策の検討が必要である。

これらを含め、これまで収集してきた災害事例から得られた防災上の留意点は例えば以下のとおりである。

- ・災害前に変状や災害履歴がある箇所での再被災、集水地形による崩壊・土砂流出、暗渠の閉塞や道路・水路等の集水による崩壊などは発生件数の多い災害形態であり、災害弱点箇所として適切に点検し被災原因の究明と対策の検討が必要である。
- ・建設時代の新しい切土のり面の崩壊は軟質な地山が残存している部分での崩壊が多く、工事記録等による地山状況の確認とのり面勾配の変更など適切な対策の検討が必要である。
- ・河川の増水による道路下方斜面の浸食・崩壊は特に攻撃斜面に相当する場合に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。
- ・谷埋め盛土の変状・崩壊は東北地方太平洋沖地震だけでなく過去の地震でも見られており、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。

4. まとめ

米国の道路等では10年ほど前から地盤工学的アセットマネジメント（GAM）が進んできており、土木研究所でもアセットマネジメントの基本となる災害事例の収集分析を進めてきた結果、災害に至りやすいのり面・斜面の状況等の知見が得られている。本データは現在も蓄積途上であるほか、災害に至らない老朽化事例の調査も開始したところである。今後これらの災害や老朽化のデータに加え、点検、施工記録などのデータを継続的・体系的に収集・蓄積・分析することにより、日本型のGAMを構築していく必要がある。

謝 辞

災害事例の収集にあたっては、国土交通本省および各地方整備局等の本局・事務所の関係者ならびに事例収集の対象となった自治体の関係者にご協力いただいている。ここに記して深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) Bernhardt, S.K.L., et.al. : Asset management framework for geotechnical infrastructure. Journal of Infrastructure Systems.9(3),pp.107-116, 2003.
- 2) Vessely, M. : Geotechnical Asset Management – Implementation Concept and Strategies, FHWA-CFL/TD-13-003, 62p, 2013.
- 3) Stanley, D.A. and Pierson, L.A. : Geotechnical asset management performance measures for an unstable slope management program, 62nd Highway Geology Symposium pp.133-152, 2011.
- 4) 浅井健一、林浩幸、佐々木靖人：道路斜面災害事例の収集・分析の取り組み、土木技術資料、平成17年度土木研究所講演会講演集、第53巻、第5号、pp.32～37、2011.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 林浩幸、浅井健一、佐々木靖人：平成22年10月奄美豪雨における道路斜面災害の特徴、平成23年度日本応用地質学会研究発表会講演論文集、pp.149～150、2011.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針、pp.134～138、2009.

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

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