

4.1 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）

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）
研究期間：平 18～平 20
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、矢島良紀

【要旨】

過去の直轄国道の災害実態に関して収集したデータの分析、道路斜面災害事例の継続的な収集・分析スキームの検討、事前通行規制区間の解除・緩和に関する課題の検討、斜面崩壊確率予測地図作成手法の検討を行った。その主な結果は以下の通りである。1)道路斜面災害事例の収集は国土交通省地方整備局が実施し、土木研究所が災害事例データの提供を受けて分析し、結果を各地方整備局等へフィードバックするスキームで実施することとなり、平成 20 年度から運用を開始した。そのための様式を作成するとともに、併せて災害事例データをサーバに保存し検索・分析するためのプログラムを作成した。2)事前通行規制区間の解除・緩和の検討を行った地区における委員会資料および議事録を分析し、事前通行規制の解除・緩和に関する課題を検討した。その結果、解除が進まない主な理由のうち特定の災害の種類に限定されないものとして、(1)対策完了後の降雨経験を待っている、(2)要対策箇所の対策が未完了である、(3)上方斜面の調査・評価・対策が残されている、の 3 点が挙げられた。これらをふまえ、特に上方斜面の調査および評価のため道路防災マップ等を活用した事前通行規制区間の調査マニュアル（案）を作成した。3)フラジリティーカーブを用いた斜面崩壊確率予測地図作成手法について、災害履歴の少ない地域への適用の検討を行った結果、解析結果では地質の違う地域で差が出たが、実際の災害履歴では大きな差がなく、フラジリティーカーブ作成に用いた崩壊数の差による精度の違いや、谷密度や起伏量といった地形の違いが崩壊傾向に影響を与えている可能性がある。また、崩壊位置の座標精度が解析結果に与える影響も大きく、フラジリティーカーブの精度向上のためには崩壊位置座標の精度よい取得が必要である。4)崩土到達確率予測システムにおいて、1mDEM を用いた解析を試行した結果、より詳細に崩土到達の範囲が求められることが確認できた。上記 3)と 4)を組合せることにより降雨による崩土到達確率予測地図の作成法を開発した。

キーワード：道路、斜面、災害、通行規制、降雨、フラジリティーカーブ

1. はじめに

道路ネットワークの信頼性向上のためには、道路ネットワークを阻害する、道路斜面災害による「通行止め」の時間を短縮することが必要であり、そのためには過去の災害を分析し実態を踏まえた上で、今後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。

したがって、本研究では、過去の道路斜面災害履歴の蓄積と分析、及び防災マップ等による災害危険箇所の面的な把握及び被害想定手法に関する研究を行っている。

本研究では、平成 18 年度に過去の直轄国道の災害の実態について収集したデータの分析を行うとともに、平成 19 年度に道路斜面災害事例の継続的な収集・分析スキームの検討、事前通行規制区間の解除・緩和に関する課題の検討、斜面崩壊確率予測地図作成手法の検討を行い、平成 20 年度には、地方整備局等からの道路

斜面災害事例収集を開始するとともに、道路防災マップ等を活用した事前通行規制区間の調査マニュアル（案）を作成した。

2. 研究方法

2.1 過去の災害の分析および災害事例の継続的な収集・分析スキームの検討

防災を高度化するためには、今後発生しうる災害現象を科学的に予測し、ハザードマップ等の形式で明示した上で戦略的に対応する必要があるが、その際に基本となるのは過去の災害の蓄積と分析である。道路斜面災害についてはこれまでこのような災害の蓄積と分析は必ずしも体系的に行われていなかったことから、今後は災害データを体系的に蓄積・分析し、道路防災事業へ活用していく必要がある。

災害データの分析のアプローチとしては、データをマクロ的な統計解析して全体の傾向を示す手法と、

個々の災害状況を詳細に分析していく手法がある。前者のアプローチについては平成 18 年度に、全国の国道指定区間（国土交通省の直轄管理区間）約 2 万 km において平成 2～16 年の 15 年間に発生した道路災害、とりわけ道路斜面災害ならびに路面異常等、合計 1,310 箇所について収集したデータを用いた統計解析を実施した²⁾。後者のアプローチについては平成 19 年度に、道路斜面災害事例の継続的な収集・分析スキームの検討とそのための様式作成を行うとともに、併せて災害事例データをサーバに保存し検索・分析するためのプログラムを作成した。平成 20 年度には地方整備局等からの災害事例収集を開始した。

2.2 事前通行規制の解除・緩和に関する課題の検討

道路斜面に関係する通行止めは災害発生によるものの他に事前通行規制区間における基準雨量に達する降雨による通行規制がある。したがって、事前通行規制区間における斜面对策を進めることによる区間解除や基準雨量緩和の推進は通行止め時間の縮減に有効であるが、直轄国道における事前通行規制区間は区間解除や基準緩和が進んでいない。そこで、事前通行規制区間の解除・緩和の検討を行った地区における委員会資料および議事録を分析し、事前通行規制の解除・緩和に関する課題を検討した。

2.3 斜面崩壊確率予測地図の作成手法に関する検討

被害想定手法として検討しているフラジリティカーブを用いた斜面崩壊確率予測地図作成手法について、災害履歴の少ない地域への適用性の検討のため、モデル地域を選定して既存のフラジリティカーブによる解析を行い、実際の災害履歴と比較した。また、フラジリティ解析と連動する崩土到達確率予測システム(SLSS)について、計算時間短縮等を目的としたシステム改良を行うとともに、1mDEMを用いた解析を試行し、10mDEMの場合との比較を行った。

3. 研究結果

3.1 過去の災害の分析

3.1.1 分析に用いたデータの概要

土木研究所では、全国の国道指定区間（国土交通省の直轄管理区間）約 2 万 km において平成 2～16

4.1 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）

年の 15 年間に発生した道路災害、とりわけ道路斜面災害ならびに路面異常等、合計 1,310 箇所についてデータを収集している²⁾。災害数を単純に収集期間（15 年間）、路線長（2 万 km）などで割ると、年間 87 件、毎年（平野部も含め）路線長約 230km に 1 箇所の割合で災害が発生していることになる。

収集した道路災害は、通行止め等の道路施設や通行者への実質的な影響を伴う災害が主体である。この種の災害は発生時に国道事務所から国土交通本省等に報告され、災害統計の基礎資料等として使用されている。このほかにごく小規模な災害や変状としては路肩のみへの土砂の堆積などがあるが、このような災害・変状は日常のパトロール等において処理されることが多く、詳細な記録が残ることは少ないため、今回分析した収集データには原則として含まれていない。なお、このようなごく小規模な災害・変状の実数は今のところ不明であるが、相当数に及ぶと考えられる。

データ化した項目を表 1 に示す。なお、これらの

表 1 分析に用いたデータの項目

地方整備局	担当事務所	災害位置	規制区間
災害発生日	発生時刻	被災による規制（規制・解放時刻）	
災害種別	点検種別	H8, H13 点検時評価	
雨量状況	気象現象	事前通行規制の実施時期	
対策工	到達土量	崩壊土量	備考

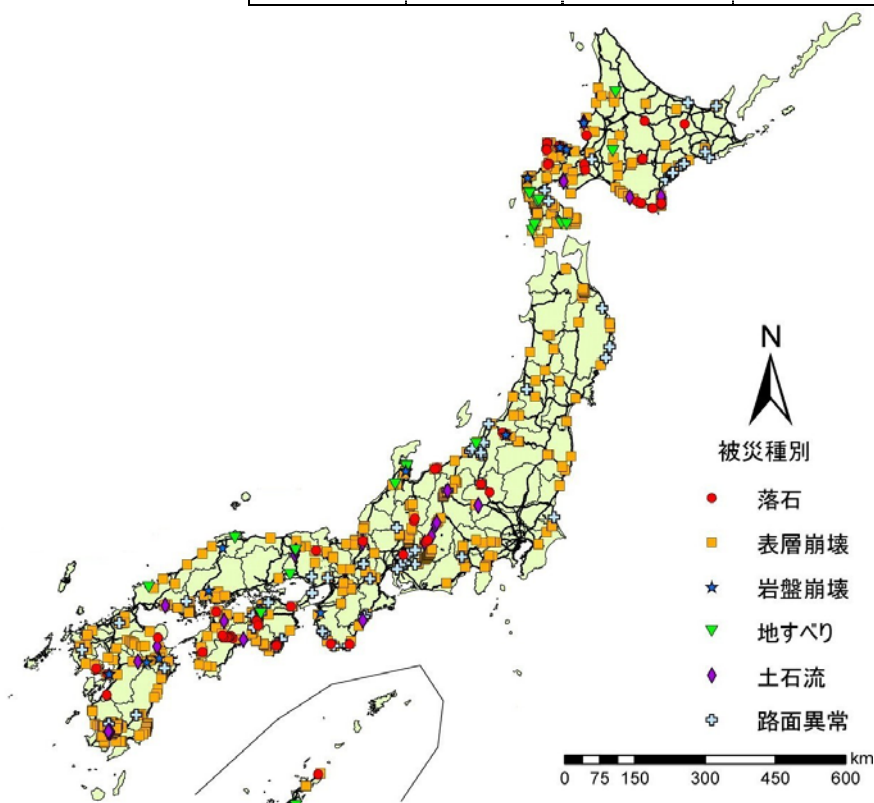


図 1 被災種別毎の災害の分布

項目のうち崩壊土量など、一部の情報については、情報不足から空欄となっている箇所もある。

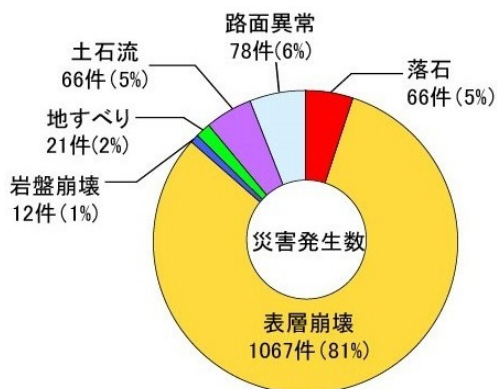


図-2 被災種別毎の災害発生数

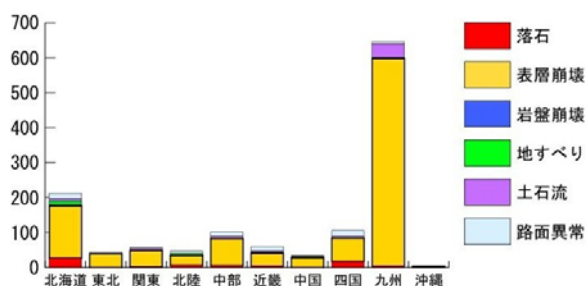


図-3 地方整備局毎の災害発生数

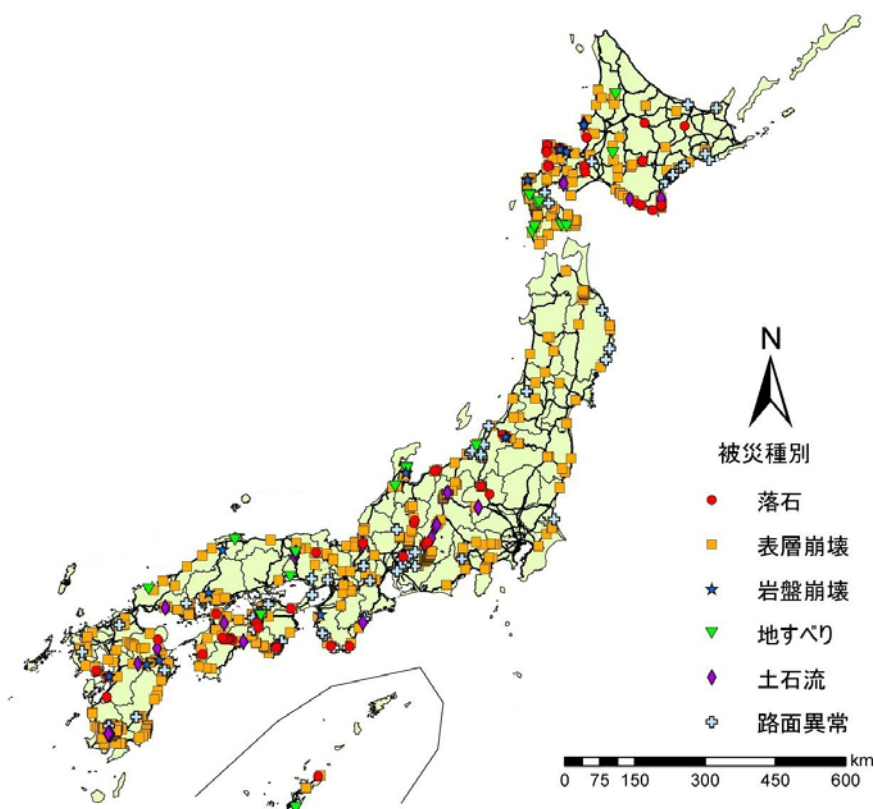


図-4 道路への到達土量

4.1 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）

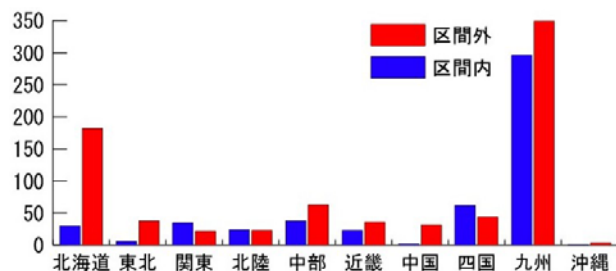


図-5 地方整備局毎の規制区間内外における被災数

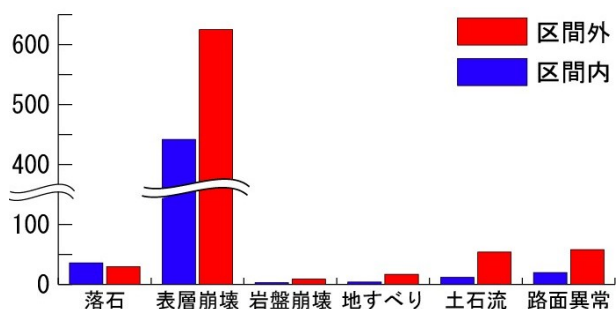


図-6 災害種別毎の規制区間内外における被災数

3.1.2 災害の特徴

3.1.2.1 全国の分布状況、災害原因及び災害種別

被災種別毎の災害の全国分布を図-1に示す。また、被災種別毎の発生数を図-2に、地方整備局毎の被災種別毎の発生数を図-3に示す。

災害発生箇所としては、九州が最も多く突出しており、次いで北海道で多い。災害

の密度で考えれば四国や中部も同様に多い。九州の災害の多くは鹿児島で発生している。

災害原因は降雨によるものが多く（全体の9割）、地震によるものは2%に過ぎない。なお、降雨量0mmとされているものもあり、原因が不明なものも7%程度ある。

災害種別は、表層崩壊が多く、全体の81%を占める。次いで落石と土石流が多いが、全体に占める割合はそれぞれ6%ずつに過ぎない。落石の発生数が予想外に少ないように思えるが、収集されたデータが主として通行止めを伴うようなものであることから、落石については通行止めを伴わない小規模なものが多いのかもしれない。なお、表層崩壊は全国で発生しているのに

4.1 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）

比べ、落石は北海道や四国などで多い傾向がある。これは海岸線の道路ないし海食崖の多い地域ということを反映しているものと考えられる。

3.1.2.2 道路への到達土量

収集したデータの中には崩壊規模が記載されている例が乏しかったため、道路への到達土量を指標とし

て災害の規模を整理した（図－４）。地域毎の平均土量を比較すると、四国では明らかに土量が多い傾向がある。土量の大きい災害の形態としては、岩盤崩壊や土石流が多いが、同じ災害形態（例えば表層崩壊）でも四国では土量が多い傾向がある。理由としては地質の影響、斜面形状の影響、斜面と道路の位置関係の影響などが考えられるが、詳細は不明である。

3.1.2.3 通行規制区間との関係

一般に道路では降雨量等によって通行規制を行う区間（事前通行規制区間）が設けられている。このような区間は過去にも災害が多く、一種の要注意区間とみなされている。そこで、通行規制区間の内外での災害数を比較した。

地方整備局毎及び災害種別毎の通行規制区間内と区間外での災害数の比較を図－５および図－６に示す。区間外での災害が多いのは九州、北海道、中部などであるが、区間内災害に比べて区間外災害の比率が高いのは北海道、東北、中国である（路線長あたりではないので注意）。区間外災害の比率の多い地域での区間外での主な災害は表層崩壊（北海道では岩盤崩壊も多い）であり、例えば北海道では区間内での表層崩壊は17件（岩盤崩壊0件）であるのに対し、区間外は131件（岩盤崩壊4件）、同様に東北では区間内6件に対し区間外33件、中国では区間内1件に対し区間外27件である。北海道、東北、中国等は、全路線長に占める通行規制区間長が比較的小さい地域であるので、結果的に区間外災害が多くなっているとも考えられるが、他地域では表層崩壊に対してそれほど区間外災害の比率が高くないことから、これらの地域では表層崩壊のリスクを考慮した区間設定ないし対策が重要であると考えられる。

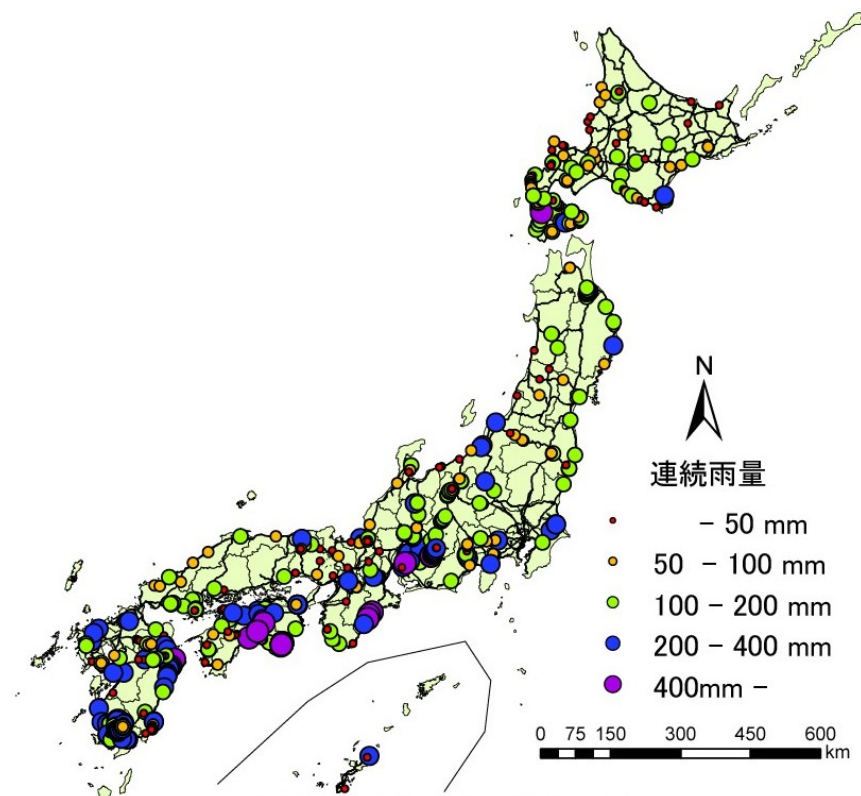
表－２は通行規制区間における

表－２ 通行規制区間における災害数上位５位

順位	地方整備局	路線名	担当事務所名	担当出張所	区間	起点	終点	延長	基準連続雨量	危険内容	災害発生数	kmあたり発生率
1	九州	220	大隅河川国道	垂水国道維持出張所	鹿児島県垂水市海潟新道～牛根麓	162.6	165.2	2.6	150	土砂崩落 落石	256	98.46
2	四国	55	土佐国道	奈半利国道出張所	高知県安芸郡東洋町野根字中の谷～室戸市佐喜浜町入木字猪崎	98.6	107.5	8.9	250	落石等	21	2.36
3	関東	19	長野国道	松本国道出張所・信州新町出張所	長野県東筑摩郡生坂村池沢～更級郡大岡村川口	217.0	236.9	17.7	130	土砂崩落 落石 洗堀	10	0.56
3	四国	32	徳島河川国道 土佐国道	池田国道維持出張所・南国国道維持出張所	徳島県三好郡山城町西宇字島の上～高知県長岡郡大豊町大字高須	74.7	101.0	26.3	250	落石等	10	0.38
5	九州	220	大隅河川国道	垂水国道維持出張所	鹿児島県垂水市牛根境～牛根境	174.5	178.3	3.8	200	土砂崩落 落石	9	2.37

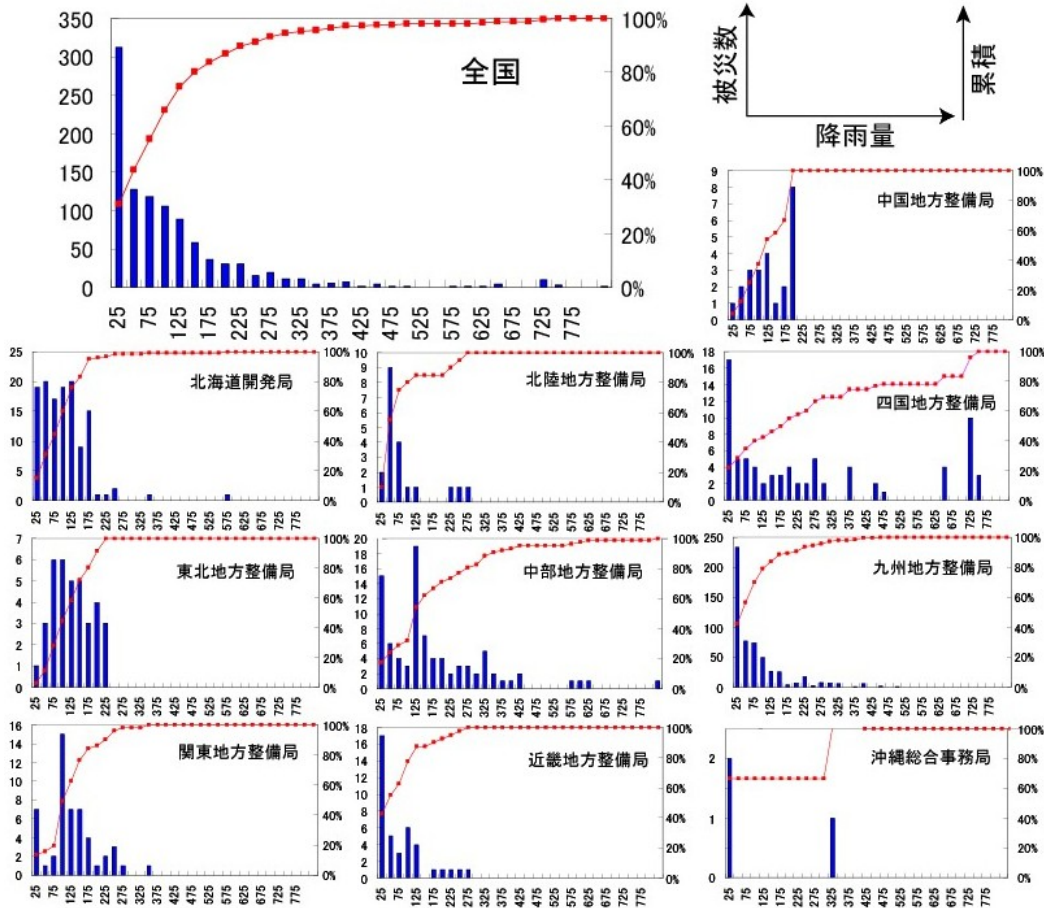
表－３ 単位区間あたりの災害密度上位５位

順位	地方整備局	路線名	担当事務所名	担当出張所	区間	起点	終点	延長	基準連続雨量	危険内容	発生数	kmあたり発生率
1	九州	220	大隅河川国道	垂水国道維持出張所	鹿児島県垂水市海潟新道～牛根麓	162.6	165.2	2.6	150	土砂崩落 落石	256	98.46
2	九州	201	北九州国道	筑豊維持出張所	福岡県飯塚市大字八木山字重原～八木山蓮台寺字巡出	23.6	26.0	2.4	200	落石	6	2.50
3	九州	220	大隅河川国道	垂水国道維持出張所	鹿児島県垂水市牛根境～牛根境	174.5	178.3	3.8	200	土砂崩落 落石	9	2.37
4	四国	55	土佐国道	奈半利国道出張所	高知県安芸郡東洋町野根字中の谷～室戸市佐喜浜町入木字猪崎	98.6	107.5	8.9	250	落石等	21	2.36
5	北陸	8	高田河川国道	糸魚川国道維持出張所	新潟県糸魚川市外波～外波	189.2	190.1	0.9	150	土砂崩落 地滑り 雪崩	2	2.22



図－７ 災害発生時の連続雨量の分布

4.1 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）



図－８ 災害発生時の雨量ヒストグラム

災害数上位５位であり、同じく表－３は単位区間（１km）あたりの災害密度上位５位である。災害数・災害密度ともに九州が多く、特に国道２２０号１６２.６～１６５.２kmの通行規制区間では９８.４６箇所/km/１５年の災害が発生している。これは１年間でみると、約１５０mに１箇所の割合で災害が発生することを意味する。ただしこの区間を除くと上位５位までの災害発生密度は２.２２～２.５０箇所/km/１５年程度である。災害数で見ても上位２～５位では１年に１回程度の災害数であり、近年の対策の進捗により通行規制区間での災害発生数は減少していると推測される。

3.1.2.4 雨量との関係

図－７は１mm以上の降雨で発生した災害を抽出し、災害発生時までの連続雨量の分布を示したものである。また、その雨量ヒストグラムを図－８に示す。なお、災害の発生時間については不明なものが大半であるので、実際には災害発見時までの連続雨量、ないし災害発見時に既に降雨が終了している場合にはその直前の降雨の連続雨量を示していることに留意が必要である。

図－８によると、連続雨量２５mm以下で発生している災害が全体の３０％程度に及ぶ。すなわち、少雨が「安

全」とは言い切れない。このように、少ない雨量でも災害が発生する詳細な機構は不明だが、斜面の劣化に伴う様々な安全率の斜面の存在（素因）や、連続雨量以外に、短期降雨などの降雨パターンの差異、融雪や凍結融解、降雨時の風の影響など（誘因）が複雑にかかわりあっていると考えられる。

なお、地方ごとのヒストグラムをみると、ヒストグラムのピークが１～２５mmではなくある程度高い雨量域にある地方も全

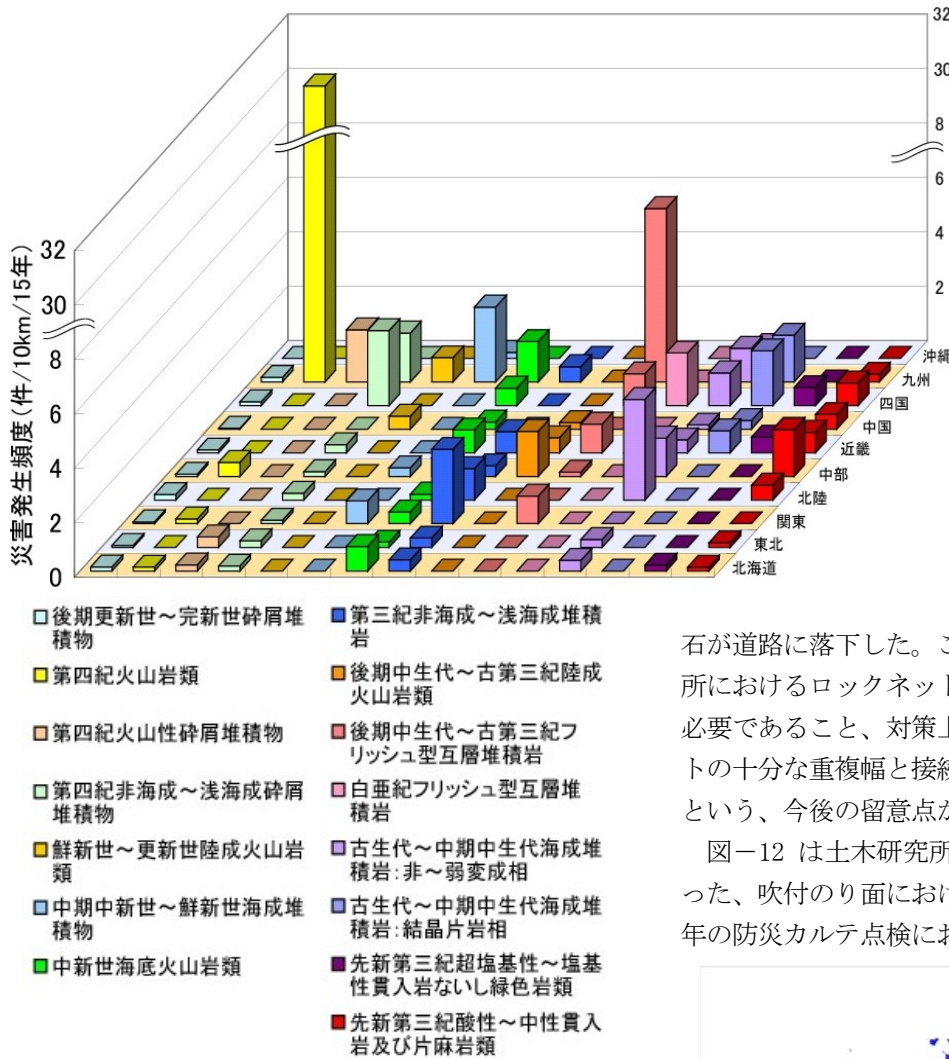
地方の半数程度で認められる。たとえば東北では７５mm前後、関東では７５～１００mm、中部では１００～１２５mm、中国では１７５～２００mm付近にあり、それ以下では災害数が減少することから、降雨に対する災害の免疫性があることが推定される。このような地域では通行規制雨量が効果を発揮しやすいと考えられる。

いずれにしてもこのように斜面災害はある意味で確率的な現象として捉えておく必要があり、雨量を指標とした通行規制基準については、今後高度化の余地があるといえよう。また、少雨で崩壊する斜面の特徴を今後詳しく分析し、この種の斜面を優先して発見・対策する技術を開発する必要がある。

3.1.2.5 地質との関係

図－９は災害発生箇所ならびに国道が通過する区間の地質を１/１００万地質図より読み取り、その発生頻度を算出したものである。これによると、第三紀堆積岩や中新世海底火山岩類（グリーンタフ）では全国的に発生頻度が高い。地方ごとにみると、西日本では中生代の堆積岩やその変成岩、花崗岩類が高くなっている。加えて、四国では四万十帯の付加体堆積岩において高く、九州では第四紀火山岩類・火山性堆積物にお

4.1 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）



図－9 地質による被災の発生頻度
(地質区分は黒田(1986)³⁾による)

いて著しく高くなっている。今回使用した地質図は1/100万のものであったが、今後発行が予定されている1/20万シームレス数値地質図を使用することにより、より詳細な比較検討が可能になると思われる。

また、このような地質と災害発生頻度との関係进行分析することにより、道路斜面災害の頻度の予測をマクロ的に分布図として示すこともできる。図－10は九州における黒田(1986)³⁾の地質区分毎の道路斜面災害発生率と斜面傾斜角毎の道路斜面災害発生率を掛け合わせることで「道路斜面災害発生頻度予測地図」を試作したもので、地域の潜在的な道路斜面災害の起こりやすさを示したものである。

3.2 災害事例の継続的な収集・分析スキームの検討

3.2.1 災害事例から得られる知見の例

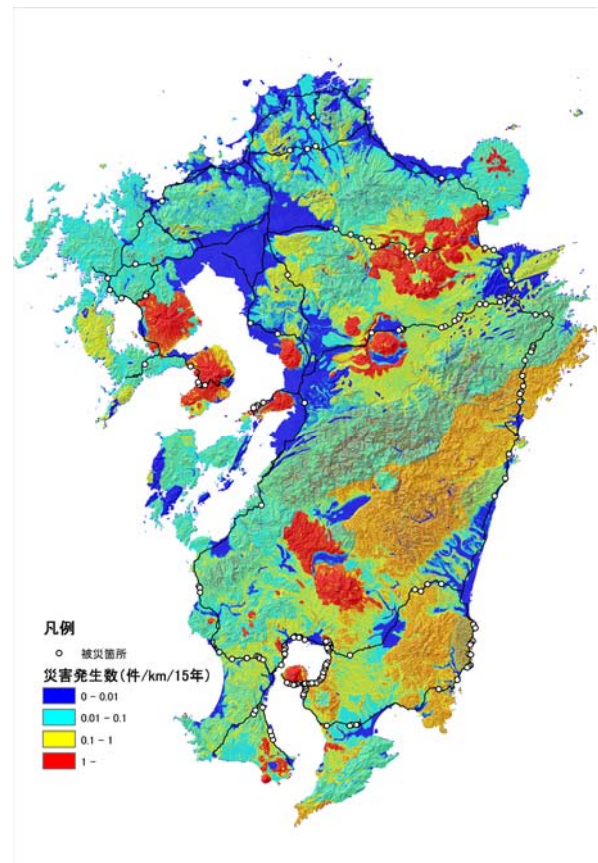
個々の災害事例に関する資料としては、まず、災害発生時に国道事務所から国土交通本省等に報告される災害報告の様式が挙げられる。次いで、対策工の設計・

施工のための詳細調査が行われた場合に業務報告書が挙げられる。そのほか、技術指導、委員会等に係る資料がある。このような災害事例に関する資料から得られる知見の例を検討した。

図－11は災害発生時に国道事務所から国土交通本省等に報告される災害報告に見られた落石の事例である。施工時期の異なるロックネット接合部においてその後の植生の繁茂によって隙間が生じ、その隙間から

石が道路に落下した。この事例からは、同様の施工箇所におけるロックネット接合部の隙間について点検が必要であること、対策上の留意点として、ロックネットの十分な重複幅と接続金具の設置が必要であることという、今後の留意点が得られる。

図－12は土木研究所地質チームが技術指導に関わった、吹付のり面における岩盤崩壊の事例である。前年の防災カルテ点検においてちょうどこの崩壊箇所で



図－10 道路斜面災害発生頻度予測地図の例⁴⁾

4.1 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）



図－11 落石の災害事例



図－12 岩盤崩壊の災害事例

吹付のり面に亀裂とはらみ出しが発見され、対策検討中であった。この事例からは、吹付のり面に亀裂が発見されたときははらみ出しの有無等を確認し、地山の変状によるものかどうかの検討が必要であること、特にこの事例のようにはらみ出しが認められる場合は崩壊の前兆として要注意であることが今後の留意点として得られる。

これらの事例のように、個々の災害事例からは個々の災害事例を調べることにより、点検、対策、発生要因などに関する様々な知見が得られることから、災害事例を収集・蓄積して分析することにより得られる知見を現場での点検、対策や指針等へ反映していくことができると考えられる。

しかしながら、国土交通省で用いられている災害報告の様式は現場の状況や対応等を迅速に

報告することが目的であり、記載がなく不明な項目も多い。一方、災害報告がなされる災害の中で詳細な調査が行われ業務報告書が作成される現場の割合は多くないと考えられ、また、それ以外の現場について詳細な情報を後日取得するのは困難である。

したがって、災害事例を収集・分析し、その知見を現場へ反映していくためには、災害要因に関わる現場の状況や留意点等を災害直後の現場で記入できるよう、災害報告よりも詳細な様式を作成して収集する必要があると考えられる。

3.2.2 災害事例の収集・分析スキームおよび様式等の検討

3.2.1 をふまえ、土木研究所地質チームでは、国土交通本省道路局と協議しながら、災害事例収集のための様式および項目の検討、および道路斜面災害事例の継続的な収集・分析スキームの検討を行った。その結果、災害事例の収集・分析スキームについては以下の通りとした。

表－４ 災害事例収集様式の項目

(1)道路斜面災害事例は道路防災事業を戦略的に実施するための科学的な基礎データであることから、国土交通省各地方整備局等が災害事例データを収集する。

(2)土木研究所は必要なデータの種類や様式を検討するとともに、各地方整備局等からの災害事例データの提供を受けて分析し、得られた知見等を各地方整備局等へフィードバックする。

(3)災害事例データの土木研究所への提供・土木研究所での分析およびフィードバックは、少なくとも年１回行う（フィードバックの方法は今後要検討とする）。

以上のスキームで、平成 20 年度から各地方整備局管内の直轄国道の斜面において発生する災害事例のデータを収集することとした。

様式については、表－４の項目を含むものとした。の中で、特に新しい点として、今後の現場へ反映すべき留意点等を得るため、崩壊機構、既往対策工の効果、残存リスク、点検時の留意点、対策工の留意点、通行規制の留意点、指針・防災点検要領等へ反映すべき点などに関する所見を専門技術者（例えば道路防災ドクター）が記入する欄を設けた。また、斜面の風化の状況、湧水の状況、専門技術者が記入する所見などは、災害発生後早期に（災害処理によりわからなくなる前に）現場で記入する必要があることから、印刷して現場で記入できる様式とした一方で、電子ファイルでの保存を念頭に、本様式は Excel にて作成した（図－13）。また、図面・写真等は同一フォルダに別ファイルで保存し Excel のハイパーリンク機能を用いて見る方式とした。

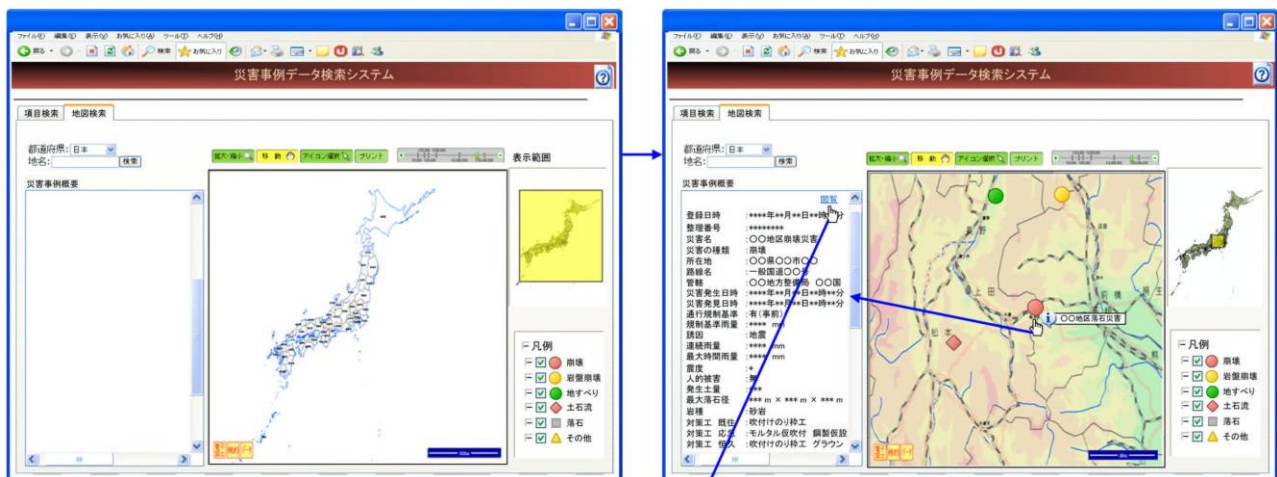
様式の作成と併せ、土木研究所での分析のため収集した災害事例

- ・災害名
- ・路線名
- ・距離標
- ・所在地
- ・緯度・経度
- ・地整・都道府県名
- ・事務所名
- ・出張所名
- ・管理機関コード
- ・災害発生日時
- ・災害発見日時
- ・位置案内図
- ・災害箇所地形平面図（被災前・被災後）
- ・災害箇所地形断面図（被災前・被災後）
- ・災害箇所地質平面図
- ・災害箇所地質断面図
- ・災害箇所地形・地質・被災状況等写真、その他関連する図面等
- ・通行規制基準の有無
- ・（事前通行規制の場合）基準雨量
- ・（特殊通行規制の場合）規制基準
- ・崩壊発生規模（最大崩壊幅、崩壊斜面長さ、崩壊高さ、最大崩壊深さ、平均勾配、発生土量）
- ・道路部分の堆積規模（最大堆積幅、堆積長さ、最大堆積土砂深さ、道路部分の堆積土量）
- ・（路肩が崩壊した場合）最大崩壊幅、崩壊長さ、最大崩壊深さ、崩壊土量
- ・（落石の場合）落下距離、落下高さ、勾配、最大落石径、その他の主要落石径
- ・誘因（降雨、地震、その他）
- ・（降雨を誘因とする場合）連続雨量および記録した時刻
- ・（降雨を誘因とする場合）最大時間雨量および記録した時刻
- ・（降雨を誘因とする場合）観測所名
- ・（降雨を誘因とする場合）雨量グラフ
- ・（地震を誘因とする場合）地震発生日時
- ・（地震を誘因とする場合）震央位置（緯度・経度）
- ・（地震を誘因とする場合）震源深さ
- ・（地震を誘因とする場合）マグニチュード
- ・（地震を誘因とする場合）震度および観測所名
- ・（地震を誘因とする場合）加速度および観測所名
- ・その他誘因に関するコメント
- ・人的被害（死者・負傷者人数）
- ・既往対策工の被害
- ・その他の物的被害
- ・間接被害
- ・斜面長さ
- ・斜面高さ
- ・斜面勾配
- ・斜面型（凸型・凹型等、水平断面型および垂直断面型による分類）（専門技術者記入）
- ・崩壊地付近の凹凸（専門技術者記入）
- ・岩種（専門技術者記入）
- ・表層地質（専門技術者記入）
- ・強度、風化・変質等の度合い（専門技術者記入）
- ・地質構造（専門技術者記入）
- ・すべり面の性状（専門技術者記入）
- ・（盛土崩壊の場合）盛土材の性状（材料の土質、締固め度等）
- ・湧水・含水状態（専門技術者記入）
- ・地下水の状況（専門技術者記入）
- ・道路管理者の対応（時系列で記入）
- ・崩壊機構に関する所見（専門技術者記入）
- ・既往対策工の効果に関する所見（専門技術者記入）
- ・残存リスクに関する所見（専門技術者記入）
- ・点検時の留意点に関する所見（専門技術者記入）
- ・対策工の留意点に関する所見（専門技術者記入）
- ・通行規制の留意点に関する所見（専門技術者記入）
- ・のり面工指針・防災点検要領等へ反映すべき所見（専門技術者記入）
- ・交通量（平日・休日）
- ・バス路線の有無
- ・迂回路（有無および迂回路経路）
- ・緊急輸送路区分（該当の有無および区分）
- ・孤立集落（有無および戸数）
- ・既往対策工（工種、施工時期、図面・写真）
- ・道路防災点検履歴（実施時期、点検結果、箇所別記録表・安定度調査票の写し）
- ・防災カルテ点検履歴（実施時期、点検結果、防災カルテの写し）
- ・道路パトロール実施状況（実施時期および方法）
- ・発生前の異常現象等の有無・状況
- ・既往災害履歴（種類、誘因、発生日時、被災内容、図面・写真）
- ・災害後の応急対策（工種、規模、施工時期、図面・写真）
- ・災害後の恒久対策（工種、規模、施工時期、図面・写真）
- ・災害後のソフト対策（モニタリング等）（種類、時期、内容、図面・写真）
- ・災害報告の写し
- （詳細調査が行われた場合の）調査報告書名称・作成時期、作成者、担当者連絡先

4.1 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）

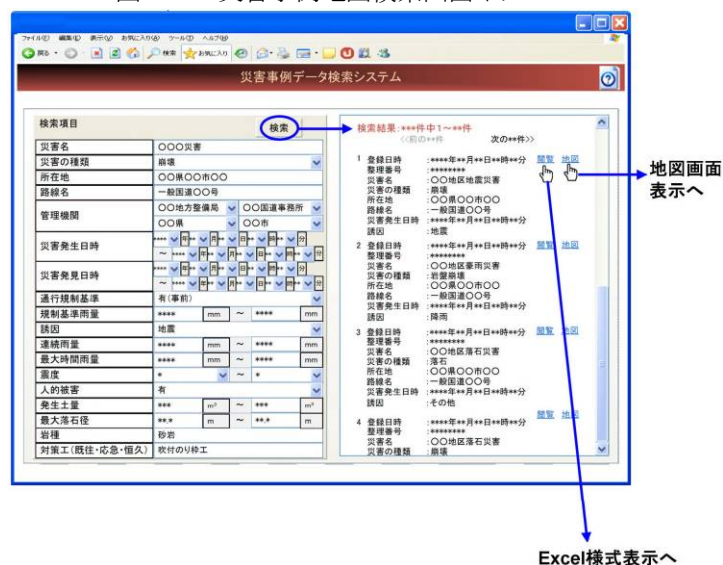
別紙		整理番号: 仮1		道路斜面災害調査表(1)(災害箇所・日時・全体状況)	
災害名: 平成〇〇年〇月〇〇日一般国道〇〇号〇〇地区法面崩落災害				地整・都道府県名: 〇〇地方整備局	
路線名: 一般国道〇〇号 現道 距離標 起点 215 km 400 m 終点 215 km 420 m 上り線・下り線				事務所名: 〇〇事務所	
所在地: 〇〇県 〇〇市 〇〇町				出張所名: 〇〇出張所	
災害発生日時: 特定できた場合: 平成 年 月 日 時 分				推定日時: 平成 年 月 日 時 分	
災害発見日時: 特定できた場合: 平成 年 月 日 時 分				推定日時: 平成 年 月 日 時 分	
位置案内図 (ハイパーリンクで貼り付け) 災害箇所位置図25000.jpg				災害箇所 地質断面図 (ハイパーリンクで貼り付け) 地質断面図.jpg 地形地質特徴説明.jpg	
災害箇所 地形断面図 (被災前) (崖土崩壊の場合は崖土施工前の 原地形と施工後の地形の両方が わかる断面をハイパーリンクで添 付) 地形断面図.jpg				災害箇所 地質断面図 (被災後) (ハイパーリンクで貼り付け)	
災害箇所 地形断面図 (被災前) (崖土崩壊の場合は崖土施工前の 原地形と施工後の地形の両方が わかる断面をハイパーリンクで添 付) (被災後断面参照)				災害箇所 地形・地質・被災状況等写真、その他関連する図面等 (被災前) (ハイパーリンクで貼り付け) H8防災点検状況写真.jpg H18カルテ点検状況写真-1.jpg	
				災害箇所 地質断面図 (被災後) (ハイパーリンクで貼り付け) 災害発生斜面全景(災害後).jpg 災害直後正面写真.jpg 災害箇所道路地積側写真起点側から.jpg 災害箇所道路地積側写真終点側から.jpg 落石防護柵被災後写真.jpg 復旧後正面写真.jpg 崩壊箇所断面写真起点側.jpg	

図-13 災害事例収集様式（部分例）



Excel様式表示へ

図-14 災害事例地図検索画面イメージ



地図画面
表示へ

Excel様式表示へ

図-15 災害事例項目検索画面イメージ

表一 5 岩手・宮城内陸地震における道路斜面災害事例の内訳

災害種別内訳	
崩壊	24箇所 51.1%
岩盤崩壊	6箇所 12.8%
地すべり	12箇所 25.5%
盛土の崩壊	3箇所 6.4%
落石	1箇所 2.1%
モルタル吹付の亀裂	1箇所 2.1%
斜面形状(平面型)内訳	
尾根型斜面	21箇所 44.7%
谷型斜面	22箇所 46.8%
直線型斜面	4箇所 8.5%
既往対策工内訳	
既往対策工なし	15箇所 31.9%
既往対策工あり	32箇所 68.1%
(既往対策工あり中)	
モルタル吹付	11箇所 34.4%
擁壁	8箇所 25.0%
ロックネット(ワイヤネット等含む)	7箇所 21.9%
のり柢	7箇所 21.9%
落石防護柵	6箇所 18.8%
ふとん籠	1箇所 3.1%
連続繊維補強土工	1箇所 3.1%

データ(Excel 様式および図面・写真等ファイル)をサーバに保存し検索・分析するためのプログラムを作成した。災害発生位置は緯度・経度を用いて地図上で表示できるようにした。表示用地図は全国表示から2万5千分の1地形図レベルまで拡大・縮小が可能な電子国土Webシステム⁵⁾を用いた(図-14)。検索は地図上の位置表示からの検索のほか、日時、災害名、災害規模等主要な情報による条件検索を行える機能を設けた(図-15)。検索された災害事例については、サーバ内に保存されているExcel 様式および図面・写真等ファイルを開覧でき、個々の災害事例の詳細を調べることが可能である。

検討した災害事例収集スキームについては、平成20年度から運用を開始した。ただし、本スキームは直轄を対象としているため、都道府県管理道路の災害については、災害毎に個別に土木研究所からお願いすることとなる。本年度は平成20年6月14日発生の岩手・宮城内陸地震における道路斜面災害47事例を収集した。対象路線は岩手県内の国道397号、主要地方道花巻衣川線、国道342号、宮城県内の主要地方道築館栗駒高原線、国道398号で、その内訳は表一5のとおりであり、主に崩壊、地すべり、岩盤崩壊が発生している。斜面形状(平面型)は尾根型斜面と谷型斜面がほぼ同数であり、地震時には尾根型斜面で崩壊等が発生しやすい傾向を反映していると考えられる。また、約

4.1 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)

3分の2の箇所では既往対策工があったが、表層の風化浸食等を防止するモルタル吹付や落石対策のための落石防護柵・ロックネット等が多く、ほとんどの箇所において対策工の想定外の形態・規模で災害が発生していた。

今後、継続的に収集される災害事例を含め、分析を行い、得られる結果を現場へ反映していくとともに、平成21年度から開始する研究課題「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」において対策緊急度判定手法の検討に用いる予定である。

3.3 事前通行規制の解除・緩和に関する課題の検討

土木研究所地質チームが委員会活動で関わる等の理由で所有している、事前通行規制区間解除・緩和に関する検討委員会の資料40地区分について、議事録および配布資料の記述を平成19年度に分析し、それらの記述から推定できる、各地区で事前通行規制区間の解除が進まない理由、併せて解除に至った地区については解除できた理由の抽出を行った。

抽出結果を表一6および7に示す。なお、表中の「規制緩和の3条件」とされているのは、事前通行規制区間の解除・基準値の緩和を行う条件として国土交通省で運用されている次の3条件のことであり、「降雨経験」とはそれらのうち条件(3)のことである。

- (1) H8 防災点検による要対策箇所の対策工事が完了していること。
- (2) 学識経験者等の診断により、対策工事の効果およびカルテ対応箇所の安全性についての見解・判断を得ること。
- (3) 対策工事の完了後、変更しようとする通行規制基準雨量以上の降雨を経験し、無災害であること。

抽出の結果、解除が進まない主な理由のうち、特定の災害の種類に限定されないものとして次の3点が挙げられた。

- (1) 対策完了後の降雨経験を待っている。
- (2) 要対策箇所の対策が未完了である。
- (3) 上方斜面の調査・評価・対策が残されている。

対応としては、(1)については、基準値相当の降雨発生確率が数十年以上という長いものもあり、「降雨経験」自体の妥当性も含めて検討が必要である(これについては「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(2)」における検討項目である)。(2)については対策を順次進めることとなる。なお、対策が進まない理由(例えば用地問題等の可能性が考え

表一 6 事前通行規制区間に係る委員会資料・議事録の分析により抽出した、事前通行規制区間解除が進まない理由

解除が進まない理由	箇所数
対策完了後の降雨経験を待っている	17
要対策箇所の対策が未完了である	11
上方斜面の調査・評価・対策が残されている	4
地すべり斜面の監視体制の検討が残されている	4
基準値以上の降雨を経験し無災害であった未対策箇所の取り扱いが残されている。	1
評価変更箇所の根拠の整理が残されている	1
調査検討自体が進んでいない	1
カルテ箇所に対する対応方針の検討が残されている	1
既設対策工の評価が残されている	1
降雨無関係災害の抽出と管理方法の整理が残されている	1

表一 7 事前通行規制区間に係る委員会資料・議事録の分析により抽出した、事前通行規制区間解除ができた理由

地区名	α地区
解除を行った理由	①未対策箇所(既往最大連続雨量(314mm)を経験しても無災害)が残っていたが、当該箇所に対する計器観測・豪雨時パトロールの強化を条件に規制解除を行った。
地区名	β地区
解除を行った理由	①対策工事完了後の経験降雨(規制値以上)を必要とするかが論点となったが、対策完了前の経験降雨(規制値以上)を評価したうえで規制解除を行った。
地区名	γ地区
解除を行った理由	①要対策箇所を迂回するバイパスが開通したこと、及び災害履歴がないことから規制解除を行った。
地区名	δ地区
解除を行った理由	①他機関からの管理移管(移管前は規制区間であった)に伴い、規制解除・緩和の検討を行い、既に規制緩和の3条件を満たすことから、移管後は規制区間としての設定は行わなかった。
地区名	ε地区
解除を行った理由	①規制緩和の3条件を満たすと共に、「相当程度の降雨経験」を経たが問題が無かったことから規制解除した。
地区名	κ地区
解除を行った理由	規制解除・緩和の3条件を満たしたため、解除を行った。

表一 8 「直轄国道事前通行規制区間における道路斜面調査マニュアル(案)(仮称)」目次

第1章	総則
第2章	調査の流れ
2.1	調査フロー
2.2	道路防災マップの作成
第3章	災害履歴および降雨状況の調査・解析
3.1	災害履歴調査
3.2	降雨状況調査
第4章	要対策箇所、防災カルテ箇所、対策工施工箇所の調査
4.1	必要な資料の収集
4.2	各箇所の現況の整理
第5章	上方斜面を含む斜面全体の調査
5.1	災害地形等の判読
5.2	災害要素の抽出
第6章	現地調査
第7章	評価

られる)については委員会資料では記述がなく抽出できなかった。(3)については、佐々木ら⁶⁾や大槻・安藤⁷⁾に述べられているように、道路斜面災害の見逃し要因の1つとして道路区域外の上方斜面からの災害があることから上方斜面の調査・評価・対策が必要であり、それを受けて平成18年度の道路防災点検において上方斜面を含む空中写真判読等によるスクリーニングが導入されたという背景がある。対応としては上方斜面の調査および評価の手法を示すことが必要である。

また、特定の災害の種類に関しては、地すべりを含

4.1 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)

む箇所について地すべりに対する監視体制の検討が挙げられており、これについては委員会資料では計器観測による監視や地すべり管理者との連絡体制の構築などが必要な対応として挙げられている。そのほか、事例は少ないものの基準値以上の降雨を経験し無災害であった未対策箇所の取り扱いが問題になった例、カルテ箇所に対する対応方針の検討が残されている例などが挙げられた。

一方、解除できた場合の理由については、上記3条件を満たした場合が主であるが、特殊な例として、残存する未対策箇所に対する計器観測・パトロール強化を条件として規制区間解除を行った事例、対策完了後の降雨経験ができていない箇所において対策完了前に経験した基準値以上の降雨を評価して規制区間解除を行った事例が挙げられた。

これらをふまえ、特に上方斜面の調査および評価のため道路防災マップ等を活用した「直轄国道事前通行規制区間における道路斜面調査マニュアル(案)(仮称)」を平成20年度に作成した(表一8)。

3.4 斜面崩壊確率予測地図の作成手法に関する検討

3.4.1 被災履歴の少ない地域への適用

フラジリティーカーブ(雨量変化に対する斜面崩壊発生確率の変化曲線)を用いた斜面崩壊確率予測手法の高度化に向けた検討のため、災害履歴の少ない地域へフラジリティーカーブを適用し、その汎用性についての確認を行った。

(1) 研究対象地域

近畿地方の国道沿線で解析を行った。同地域は、中央をほぼ南北方向に川が流れ、国道はそれに沿って敷設されている。また両岸は急傾斜の斜面となっている。地質は北側が花崗岩であり、南側が中生代の堆積岩より構成されている。花崗岩地域は平成11年広島豪雨、堆積岩地域は平成16年福井豪雨における崩壊事例から作成したフラジリティーカーブを使用してフラジリティマップを作成し、その検証を試みた。

(2) 適用結果

雨量ごとの崩壊確率を求めた結果を図-16に示す。フラジリティーカーブの違いから花崗岩地域と堆積岩地域では同じ雨量でも崩壊確率に大きな差が生じており、圧倒的に花崗岩地域の方が高い値を示している。しかし、現地における実際の災害履歴と比較してみると、両地質とも同程度発生しており、地質ごとの有意な差は確認できない。

この原因として、中生代の堆積岩地域で作成した

フラジリティーカーブは、花崗岩地域に比べ、比較的少ない崩壊源から作成しているため、精度が必ずしも高くない可能性がある。また、現在は地質ごとにフラジリティーカーブを作成しているが、地質よりも、谷密度や起伏量といった地形の違いや、雨量強度など降雨の地域性が崩壊傾向に大きな影響を与えていることも考えられる。

これを解明するためには、崩壊傾向に影響を与える要素（地質、地形、降雨特性）ごとにフラジリティーカーブを作成し、実際の崩壊事例と比較して、最も強く影響する要素（または組み合わせ）を決定する必要がある。

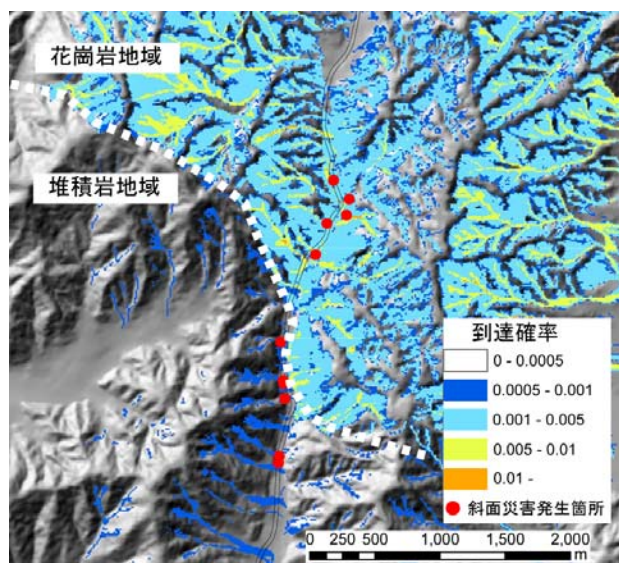


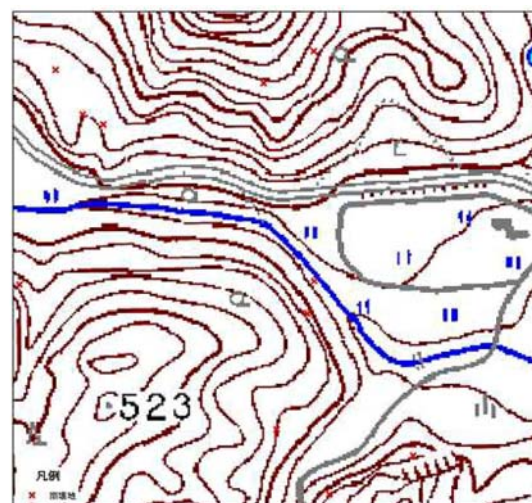
図-16 崩壊確率算出結果

(3) 崩壊データの位置精度の影響

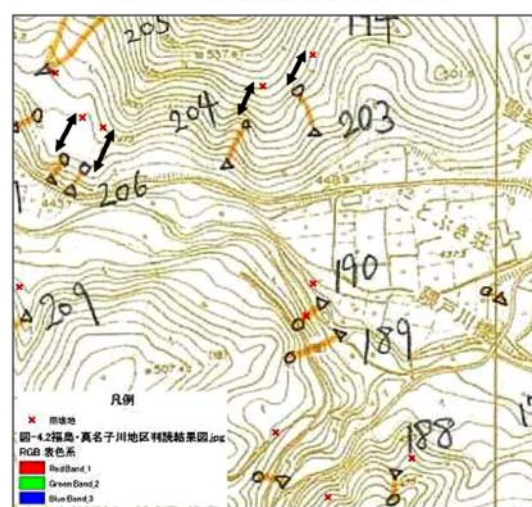
フラジリティーカーブの精度には、崩壊データの位置座標の精度も影響すると考えられる。図-17 は平成20年度に解析を行ったデータにおいて、GIS上で表示される崩壊位置が判読による実際の崩壊地の位置とずれたり、その結果として急崖地に位置しているはずの崩壊位置が尾根上の平地地に表示される例である。ずれの程度は大きいもので50m程度（2万5千分の1地形図上の2mm程度に相当）であるが、このデータによる数量化解析結果（予測式）は既往の広島地区の解析結果に比べてかなり精度が低くなった。ずれの原因としては、作業に用いた図面のゆがみなどの影響が考えられるが、フラジリティーカーブの精度向上には崩壊位置座標の取得をかなり精度よく行う必要があると考えられる。

3.4.2 崩土到達確率予測手法の高度化

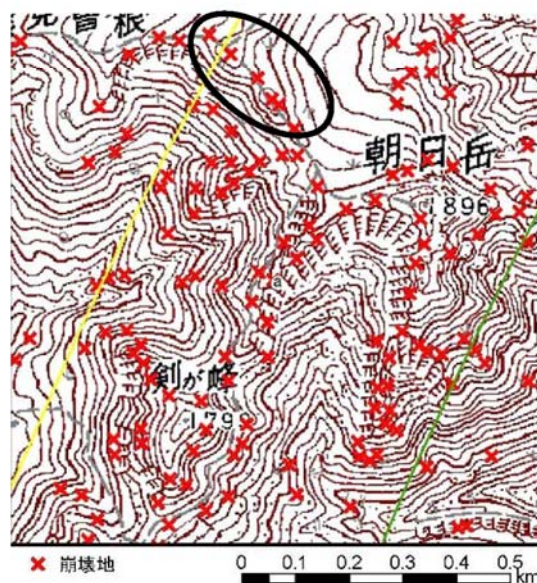
斜面崩壊が発生し、それが道路等の保全対象にまで到達した時、災害となる。そのため、崩土の到達範囲



GIS上の崩壊位置（×印）



上図範囲における判読結果とのずれ(矢印)



取得座標のずれにより急崖上の崩壊地が尾根上に表示される例(楕円内)

図-17 崩壊位置座標のすれの例

の推定もまた道路管理にとって重要である。表層崩壊による表土の到達範囲の予測手法として、土木研究所では崩土到達範囲予測システム（SLSS）の開発を行っている。予測手法の高度化のため、平成 19 年度にシステムの改良、詳細 DEM の適用性検討を行った。

（１）システムの改良

フラジリティ解析と連携し、広範囲での崩土到達確率の計算を行うため、システムの改良を行った。改良の結果、計算時間の大幅な短縮と、広範囲の同時解析が可能となった。計算時間は、地形によっても変化するが、範囲 200 万メッシュ（10mDEM で 1/25,000 地形図 2 枚）、崩壊点 10 万点程度で、およそ 40 分（0.024 秒／1 箇所）であり、これまでのシステム（約 3 秒／1 箇所）に比べ約 100 倍の高速化が図れた。

（２）詳細 DEM の適用性検討

これまで 1/25,000 地形図より作成した 10mDEM を用いて地形量を解析していたが、現在、一部の直轄国道沿線ではレーザープロファイラーを用いた 1m 程度の DEM データが取得されることもあり、またコンピュータの性能向上により大きなデータも扱えるようになりつつある現状もふまえ、1mDEM を用いての解析も行い、その適用性についての検討を行った。

10mDEM および 1mDEM による解析結果を図-17 に示す。比較すると 1mDEM の方が道路脇のクリアランスなどの細かな地形までよく表現されているため、道路への到達は少ない傾向にあり、実際の崩壊箇所ともよく対応するなど、より詳細に崩壊の範囲が求められており、災害危険箇所の抽出には有効であることがわかった。

しかし、1mDEM を用いる場合、データサイズが 10mDEM の 100 倍になることもあり、計算時間が増加してしまう。そのため、予め 10mDEM で解析をした後で、要注意区間を選定し、詳細な解析を行うことが適当である。

開発した SLSS については、プログラムを平成 21 年度に公開予定である。

4. まとめ

道路斜面災害事例の継続的な収集・分析スキームの検討、事前通行規制区間の解除・緩和に関する課題の検討、斜面崩壊確率予測地図作成手法の検討を行った。その主な結果は以下のとおりである。

1) 道路斜面災害事例の収集は国土交通省地方整備局が実施し、土木研究所が災害事例データの提供を受けて分析し、結果を各地方整備局等へフィードバックするスキームで実施することとなり、平成 20 年度

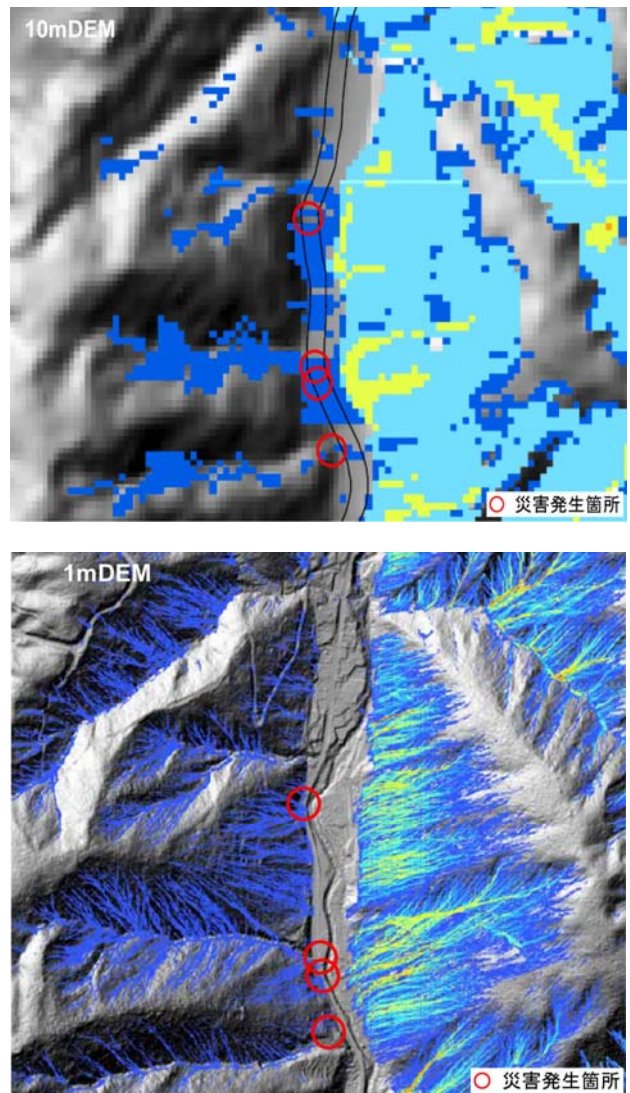


図-18 DEM サイズによる到達確率の違い
（上：10m メッシュ、下：1m メッシュ）

から運用を開始した。そのための様式を作成するとともに、併せて災害事例データをサーバに保存し検索・分析するためのプログラムを作成した。

- 2) 事前通行規制区間の解除・緩和の検討を行った地区における委員会資料および議事録を分析し、事前通行規制の解除・緩和に関する課題を検討した。その結果、解除が進まない主な理由のうち特定の災害の種類に限定されないものとして、(1) 対策完了後の降雨経験を待っている、(2) 要対策箇所の対策が未完了である、(3) 上方斜面の調査・評価・対策が残されている、の 3 点が挙げられた。これらをふまえ、特に上方斜面の調査および評価のため道路防災マップ等を活用した事前通行規制区間の調査マニュアル（案）を作成した。
- 3) フラジリティーカーブを用いた斜面崩壊確率予測地図作成手法について、災害履歴の少ない地域への適

用の検討を行った結果、解析結果では地質の違う地域で差が出たが、実際の災害履歴では大きな差がなく、フラジリティカーブ作成に用いた崩壊数の差による精度の違いや、谷密度や起伏量といった地形の違いが崩壊傾向に影響を与えている可能性がある。また、崩壊位置の座標精度が解析結果に与える影響も大きく、フラジリティカーブの精度向上のためには崩壊位置座標の精度より取得が必要である。

- 4) 崩土到達確率予測システムにおいて、1mDEM を用いた解析を試行した結果、より詳細に崩土到達の範囲が求められることが確認できた。

今後、国土交通省各地方整備局等の協力を得ながら災害事例の継続的な蓄積・分析を進めていくとともに、事前通行規制区間の調査マニュアル（案）の現場への適用について国土交通本省と調整を行う予定である。また、崩土到達確率予測システムについては、プログラムを平成 21 年度に公開予定である。

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、土木研究所資料第 3979 号、pp. 101-110、平成 17 年 10 月
- 2) 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、平成 18 年 11 月
- 3) 黒田和男：地すべり現象に関する日本列島の地質地帯区分、地質学論集、第 28 号、pp. 13-29、昭和 61 年 10 月
- 4) 国土地理院：電子国土 Web システムを提供して、産学官民における地理空間情報の受発信を支援する、国土地理院ホームページ、<http://www.gsi.go.jp/GSI/outline/p13.html>、平成 20 年 4 月現在
- 5) 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、第 48 巻第 6 号、pp. 304-311、平成 20 年 2 月
- 6) 佐々木靖人・倉橋稔幸・矢島良紀：道路のり面の災害と点検・対策、基礎工、第 35 巻第 11 号、pp. 5-8、平成 19 年 11 月
- 7) 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、平成 20 年 4 月

RESEARCH ON ROAD TRAFFIC MANAGEMENT FOR REDUCTION OF REGULATION TIME DUE TO SLOPE FAILURE (1)

Abstract : Data of disasters which occurred on the national roads were analyzed statistically. The scheme to collect and analyze examples of the slope disasters on road continuously, and problems to cancel the section of traffic regulation due to rainfall standard in advance and problems to ease the regulation standard were examined respectively. And the method of drawing fragility map were also examined. The main results are as follows: 1) The scheme to collect and analyze examples of the slope disasters on road were determined that the Regional Bureaus of Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism collects the examples of disasters, and the Public Works Research Institute analyzes the disaster examples sent from the Regional Bureaus, and feedback the results to the Regional Bureaus. This scheme started from 2008. 2) The materials of committee for the section of traffic regulation due to rainfall standard in advance were analyzed, and the problems were as follows: (1) Experience of rainfall more than regulation standard has been waited after finishing the countermeasures. (2) The countermeasures for all slopes which is necessary to be measured have not been finished. (3) Investigation, estimation and countermeasures for upper slope have not been finished. We wrote a manual (draft) for investigation and evaluation of upper slope using road slope hazard map. 3) Applicability of fragility map to the area in which there are rear disasters were examined. The results of analysis were different between the areas of different geology. However, the numbers of actual disaster were not different between these areas. The tendency of slope failure is possible to be influenced by the difference of accuracy due to the difference of numbers of slope failure for making the fragility curve, and the difference of geography such as the density of valley and undulation. And accuracy of location data of slope failure influence severely, so it needs to obtain these location data accurately. 4) Analysis by Sallow Landslide Simulation System (SLSS) using 1m mesh Digital Elevation Model (DEM) succeeded to estimate hazard area more detail than using 10m mesh DEM. The method of making fragility map was developed by the combination of 3) and 4) mentioned above.

Key words : road, slope, disaster, regulation, rainfall, fragility curve