

自然災害対策の課題と取り組み

太田 直之*

Problems and Approach to Natural Disaster Countermeasures

Naoyuki OTA

Our country has three problems: “climate change”, “low birthrate and aging” and “deterioration of the infrastructure”. Therefore, it is necessary for the researcher concerned with disaster prevention technology to develop a disaster countermeasure against these problems. This paper reviews these problems and introduces some techniques that R.T.R.I. is developing as those aiming at solving these problems. For example, we are developing a flooding hazard map as a technique corresponding to the severe rain. We have already developed a hazard mapping system as a technique corresponding to low birthrate and aging. Furthermore, we have developed an evaluation method for the slope stability and an effective reinforcement method as the techniques corresponding to the infrastructure deterioration. We are going to conduct research and development based on the social situation.

キーワード：自然災害，気候変動，老朽化，ハザードマップ，斜面崩壊，浸水，竜巻，補強

1. はじめに

我が国では、その気候条件および地理的条件を背景として、豪雨、豪雪、突風、地震、火山噴火といった自然現象がもたらす災害が頻繁に発生する。なかでも毎年のように発生する豪雨による斜面や河川の災害は、時として大きな被害をもたらす。昨年7月に発生した九州北部豪雨では、福岡県および大分県の各所で災害が発生したが、関係者による復旧作業がいまなお続けられており、改めて被害の甚大さを感じることができる。また、一昨年の熊本地震もさることながら、2011年の東北地方太平洋沖地震についても復旧・復興への取り組みが続けられている。

本報告では、これらの災害に対応する技術開発を考える上での課題と、その課題を踏まえた鉄道総研の技術開発の現状と方向性について概説する。

2. 防災を取り巻く課題

2.1 気候変動の影響

昨年10月に発行された気候変動監視レポート¹⁾では、2016年の世界の年平均気温は1891年以降で最も高い値となったことが、また、日本の年平均気温も1898年以降で最も高い値になったことが示された。これにより、100年あたりの年平均気温の上昇割合は、世界で0.72℃、日本では1.19℃であることが示された。このように、気温の上昇傾向の影響は、降雨の様態の変化という形で表れていると推測される。図1は前掲のレポートに掲載さ

れた1時間降水量80mm以上の雨の年間発生回数の年変化を示している。これはアメダスの観測値を基にして、1000地点あたりの発生回数に換算した値である。同図には、該当する降雨の発生回数は増減を繰り返しながら増加傾向にあり、その増加率は10年あたり2.3回であることが示されている。

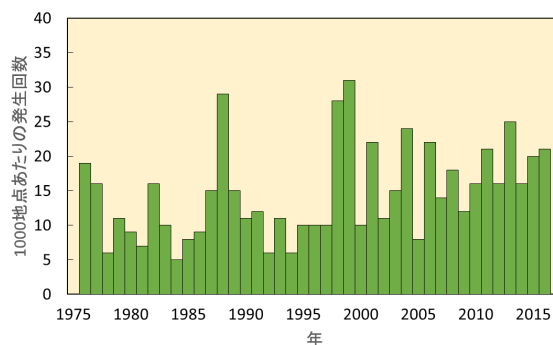


図1 時間雨量80mm以上の雨の発生回数

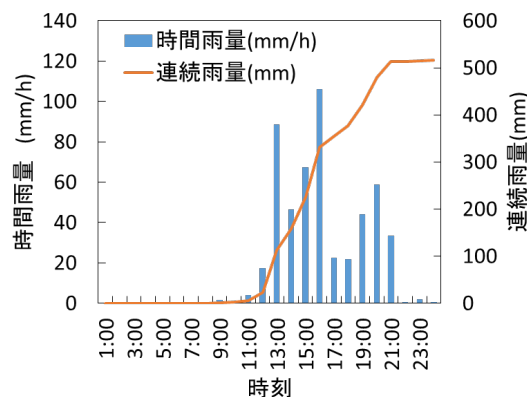


図2 平成29年7月九州北部豪雨の雨量

* 防災技術研究部長

特集：防災技術

図2は、平成29年7月九州北部豪雨の際に朝倉市に設置されているアメダスでの観測値を用いて作成した降雨の時刻歴である。13時および16時までの各1時間に、それぞれ88.5mm/hおよび106mm/hの雨が記録されており、まさに図1に示した短時間の強雨に分類される雨であることがわかる。すなわち、短時間強雨の増加傾向が継続することによって、橋梁の被害や大規模な土石流による被害などの災害が増加することが想定され、このような課題に対応した技術開発に取り組む必要がある。

2.2 高齢化社会の影響

高齢社会白書²⁾によれば、2016年10月時点において、日本の65歳以上の高齢者人口の総人口に占める割合は27.3%に達している。また、生産年齢人口（15歳～64歳の人口）は1995年をピークに減少に転じ、徐々に減少する傾向が継続している。このような高齢化の傾向に加えて少子化も進むことが予想されている。約1億3000万人といわれる現在の総人口は、2065年には8808万人にまで減少し、このうち生産年齢人口は4529万人になることが推計されている（図3）。

このように、遠くない将来に就労者数が日本全体で減少すること、あるいは主な就労者層が高齢化することが予想できる。このような来たるべき社会状況においても、災害に対する安全性を現在と同等レベルに維持するための技術が必要になると考えられる。そのためには、少ない人数で効果的な維持管理を可能にすること、また、熟練技術者のノウハウを遺漏なく活用できるようにすることが重要になり、これらを実現する技術開発に取り組む必要がある。

2.3 インフラストックの老朽化

国土交通白書³⁾によれば、今後20年で建設後50年以上の経年となる施設の割合が加速度的に高くなることが見込まれている。ただし、この見込みは、道路橋や道路トンネル、あるいは港湾岸壁など国土交通省が現在管理している構造物を対象とした見通しである。図4は鉄道施設の例として橋梁の建設後年数を示したものである³⁾。

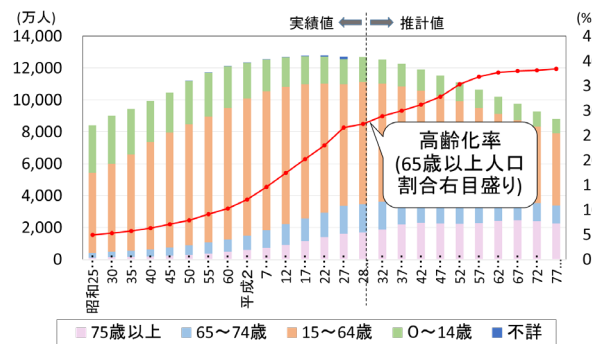


図3 高齢化の推移と将来推計
(参考文献²⁾を基に作成)

1920年以前に施工された橋梁は14000橋を超えていることがわかる。また、建設後80年を超えている橋梁の割合は全体（当該資料で調査対象とした橋梁の全数：102293橋）の30%を超えている。鉄道橋梁については、定期的な検査とメンテナンスが実施されているため、この数量をもって直接老朽化の問題を語ることはできないが、鉄道施設の年齢分布の概要を理解する助けにはなる。すなわち、鉄道施設としてののり面工などの設備や、部外用地に施工されている土石流堰堤などの鉄道に影響を及ぼす防災設備なども同様に建設後の経過年数が増大していると捉えることができ、中には老朽化している設備がある可能性が考えられる。

3. 課題への対応を念頭においた取り組み

上述のように、鉄道防災を取り巻く課題は大きく3つに分けられると考え、それぞれの課題へ対応する技術の開発を進めている。ここでは主な取り組みについて概要を述べる。

3.1 効果的な検査技術

短時間強雨の例として挙げた平成29年7月九州北部豪雨では、JR九州の日田彦山線沿線で多くの土石流が発生して、線路が崩土に覆われた箇所が多くみられた。このように、土石流は短時間強雨の典型的な被災形態のひとつとして挙げられる。気候変動の影響により短時間強雨が増加すると、土石流や土砂流入といったタイプの災害も増加することが予想される。これらの災害の大きな特徴は、線路から離れた箇所でも斜面崩壊が発生し、その崩土が沢伝いに流下して線路へ到達するという点にある。したがって、このような災害形態の増加に対応するためには、鉄道沿線の広い範囲を対象とした斜面検査を実施することが重要になってくる。広範囲の斜面検査には相応の要員数と工期および工費が必要となる。また、課題のひとつとして挙げたように、将来的な要因の不足やノウハウの低下も懸念される。

これらの問題に対処する技術のひとつとして、気象災害ハザードマッピングシステムを開発してきた。このシ

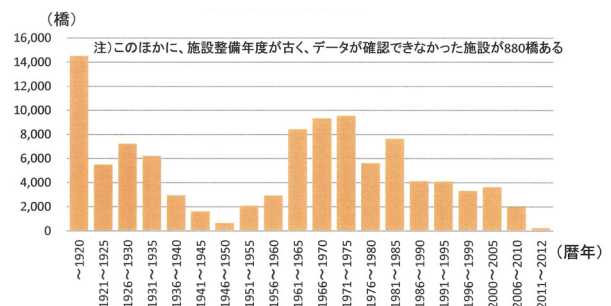


図4 鉄道橋梁の建設暦年別施設数³⁾

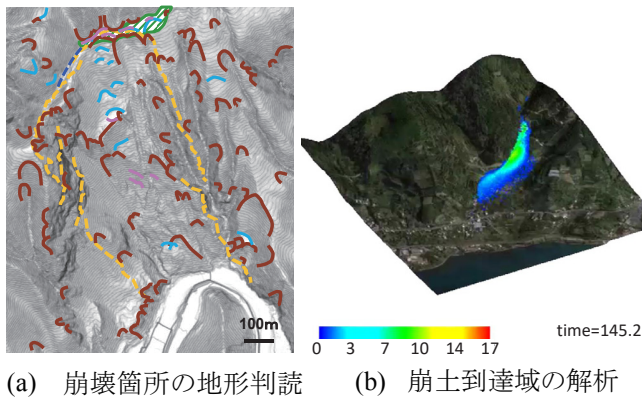


図5 大規模土砂崩壊ハザードの評価

システムでは、降雨による土砂災害、強風災害、雪崩災害のほか、落石災害について各災害の発生危険度を示すことができる。このうち、降雨による土砂災害については、国土地理院が公開している5mメッシュの数値標高モデルを用い、任意パターンの降雨を入力することで沿線斜面の崩壊危険度を知ることができる。このシステムを利用することで、専門的な斜面防災の知識がなくても降雨に対して崩壊の危険性がある斜面を抽出ことができ、詳細調査のための一時スクリーニングが可能となる。このシステムの利用により、作業の効率化、低コスト化に繋がることが期待される。

また、累積雨量の増大による被災形態として、斜面崩壊の大規模化も予想される。大規模斜面崩壊については、崩壊箇所を選定や影響範囲、崩壊が発生する雨量などについての研究を現在進めている。大規模な斜面崩壊が発生した履歴を有する箇所について、周辺の特徴的な地形と崩壊範囲箇所との関係づけを行い、地形条件に着目した大規模斜面崩壊箇所の抽出手法の作成を進めている(図5(a))。また、抽出した箇所が崩壊した場合に崩土が鉄道施設まで到達するか否かを評価する解析ツールの作成も進めている(図5(b))。また、過去の事例分析結果を基にして、大規模崩壊が発生する可能性が高まる降雨量の解明にも取り組んでいる。

これらのハザードの抽出と危険度の評価技術は、上述のような検査の効率化に貢献でき、特に広範囲にわたる評価を限られた人員や予算で実施する際に有効と考えており、対象とするハザードを今後も増加させていくことを考えている。

3.2 急激な気象の変化へ対応したハザード評価技術

3.2.1 突然の強雨への対応技術

図2に示したように、平成29年7月九州北部豪雨の事例では、降り始めから数時間で80mm/hを超える時間雨量を記録した。気候変動がもたらす降雨パターンのひとつとして、このような強雨の突然の発生が挙げられる。

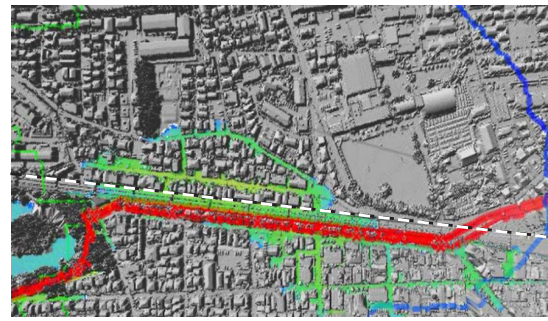


図6 短時間強雨による氾濫ハザードの評価
(色の違いは水深を表している)

いわゆるゲリラ豪雨と呼ばれる降雨がこれに該当し、その名称が表す通り、いつどこで発生するか予測が難しい上にその急激さから重篤な被害をもたらす場合がある。このような突然の強雨に対しては、従来の雨量観測値を用いた運転規制で対応できないケースが生じる可能性が否定できない。例えば、列車が待避している場所が強雨によって突然冠水して列車が移動できなくなるケースや、浸水量がさらに多くなる場合は乗客の避難が必要となるケースなどが考えられる。これらの突然の強雨もたらす浸水や氾濫のハザードを降雨の予測情報を用いて評価し、列車の待避や避難誘導が必要となる際の参考としてその評価結果を利用できるようなシステムの開発を進めている。図6は開発中のシステムの氾濫解析手法による評価結果の例を示している。同手法では降雨情報に基づいた浸水域と浸水深さを逐次表示することができる。詳細については、本号掲載の関連報告を参照されたい。

3.2.2 突風への対応技術

竜巻やダウンバースト、ガストフロントといった突風は、これらが列車を直撃した場合、車両の転覆や飛来物による窓の損壊などの重篤な被害の発生を引き起こす可能性があるハザードと捉えられる。その一方で、突風は台風に伴う強風などと異なり、その発生を時間的な余裕をもって予想することが困難な事象である。また、一般的な強風と比べて強い風の吹く領域が狭いことから、地上に設置された風速計でその発生や移動を確実に捉えることが困難な事象でもある。このような突風の発生と気候変動との関係は明らかにされていないが、竜巻に限っていても国内で年回数十回の発生が確認されており⁴⁾中には鉄道を横断したと推定されるものもある。

このように、強風対策として用いられている従来の手法では検知が困難な突風に対応する技術として、レーダーデータを用いた検知技術の開発に取り組んでいる。

開発中の技術では、突風が発生する時にその上空に生じる突風領域をレーダーで捉える手法と、上空で検知された突風領域から地上で発生する突風の領域を求める手法の作成を目指している(図7)。竜巻の検知例を図

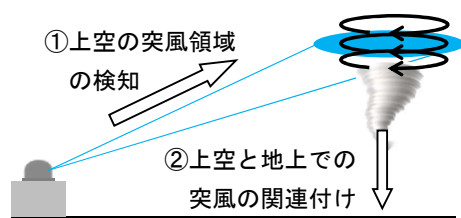


図7 レーダーによる突風の検知

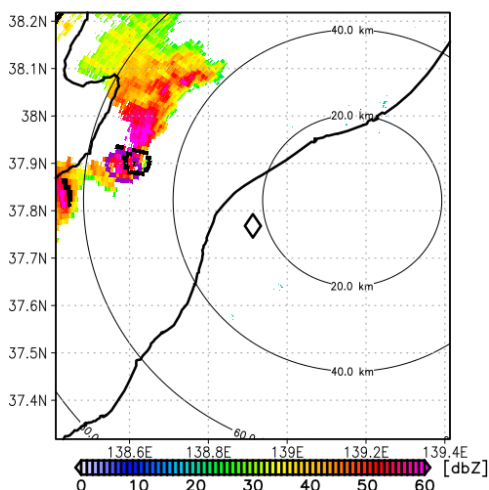


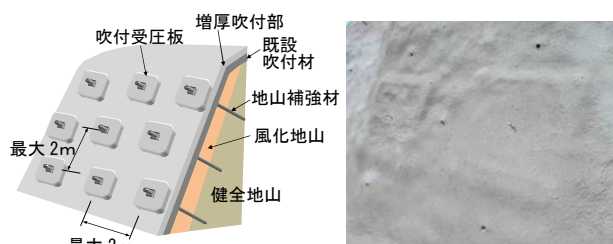
図8 試作システムによる突風検知の表示例

8に示したが、レーダーで観測された風速の分布状況から丸で囲んだ範囲を突風領域として特定している。レーダーのデータを逐次解析することで突風領域の移動方向と速度を把握することができ、そのデータから移動方向を予測する。このような突風領域の検知について、竜巻のほかにダウンバーストやガストフロントなどについても検知する手法を作成している。また、上空の突風と地上の突風との関連付けについては、突風事例を基に気象シミュレーションで風速の3次元分布を明らかにし、その結果から作成した上空と地上の風速の関係式を用いている。

3.3 効果的な補強技術

線路近傍にあり、老朽化への対応が必要な防災設備のひとつとしてのり面工がある。なかでも張コンクリートは鉄道建設の早い時期から施工されており、80年を経過したものも存在している。張コンクリートは、安定した地山の表面を保護する目的で施工されており、土圧を受けることは本来想定されていない。一方、張コンクリート背面の地山は経年の劣化により徐々に脆弱になり、中には張コンクリートに土圧を作用させるまでに至っているものがある。このようなメカニズムで張コンクリートに亀裂などの変状が生じている場合には、直ちにこれを補強する必要がある。

補強が必要と判断された場合の効果的な補強対策工として、吹付け受圧板工法を開発した(図9)。この工法は、



(a) 工法の概念図 (b) 施工後の状況

図9 老朽化のり面工補強技術
(吹付け受圧板工法)

老朽化した吹付のり面工を繊維補強モルタル吹付で被覆すると同時に地山補強土工を施工する工法であり、地山補強に用いる補強材頭部に設置する受圧板と繊維補強モルタルを一体的に施工することを特徴としている。従来工法に比べて、吹付け受圧板により補強材1本あたりの地山補強効果を向上できるという利点を有している。また、老朽のり面工を撤去せずに利用することにより工期が短縮されて、経済的な補強が可能となるほか、老朽のり面工の撤去に伴う事故防止に繋がるため安全性に優れた工法ともいえる。

補強対策を必要とするのり面工を選定するための評価手法も作成している。評価に用いるツールとしてノモグラムを用意しているため、調査現場で対策の必要性を判断することが可能である。また、調査のさらなる効率化を目的としたのり面の新しい調査・診断手法についても現在取り組んでいる。

4. おわりに

本報告では、防災に関する課題を整理した上で、各課題に対応すべく鉄道総研がこれまで取り組んできた研究開発の成果と、現在取り組み中の研究開発について概要を述べた。ニーズと様々な情勢とを捉えた研究開発を今後も継続していきたいと考えている。

文献

- 1) 気象庁：気候変動監視レポート2016, 2017.7
- 2) 内閣府：平成29年版高齢社会白書, <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/index.html> (参照日：2018年4月3日)
- 3) 国土交通省：国土交通白書2017, <http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h28/hakusho/h29/index.html> (参照日：2018年4月3日)
- 4) 気象庁：竜巻等の突風データベース, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/stats/annually.html> (参照日：2018年4月3日)