

防災技術に関する最近の研究開発

防災技術研究部
部長 木谷日出男

1. はじめに

日本は南北に長い島国であり、急峻な地形や活動性の高い地質環境、地域ごとに異なる気象条件など、多様な自然環境条件で特徴づけられる。これらの自然環境条件は、様々な外力として自然災害の直接的な原因や誘因となり、あるいは自然由来の環境に関わる素因として多様な形態の被害や問題の発生をもたらす。このため、防災技術には種々の外力に対する総合的な対策を図ることや、素因となる自然条件の適切な把握が求められる。ここでは、鉄道総研における防災技術に関する最近の研究開発の概要を、主な対象とする外力や素因ごとに整理して紹介する。

2. 最近の研究開発

防災技術の分野で対象とする主な外力としては、降雨（地下水）、地震、風、雪氷のほか、風化（暴露による経年劣化を含む）が挙げられる。以下では、これに土木工事の際に問題となる各種地質環境の調査・評価方法に関する話題を加えて解説する。

2.1 降雨（地下水）災害への対応

(1) 斜面の崩壊危険性の時間的・場所的評価手法（今回発表）

斜面に達した降雨が地盤に浸透し、傾斜方向に流下してやがて地下水を上昇させる機構を解析するための解析モデルの改良と実斜面での検証など、時間的・場所的に変動する斜面の崩壊危険性を評価する手法の開発を進めている。

(2) 河川増水時の橋脚安定度評価方法（今回発表）

現地調査結果と被災・出水履歴等のデータによる統計解析に基づき、洗掘要注意橋りょうの判定手法を提案した。また、河川増水時における橋脚基礎の安定度を、的確かつ安全にリアルタイムで評価・判定する技術として、増水時における橋脚の固有振動数、さらに橋脚の天端変位量に着目した安定度の評価手法およびシステムの開発を進めている。

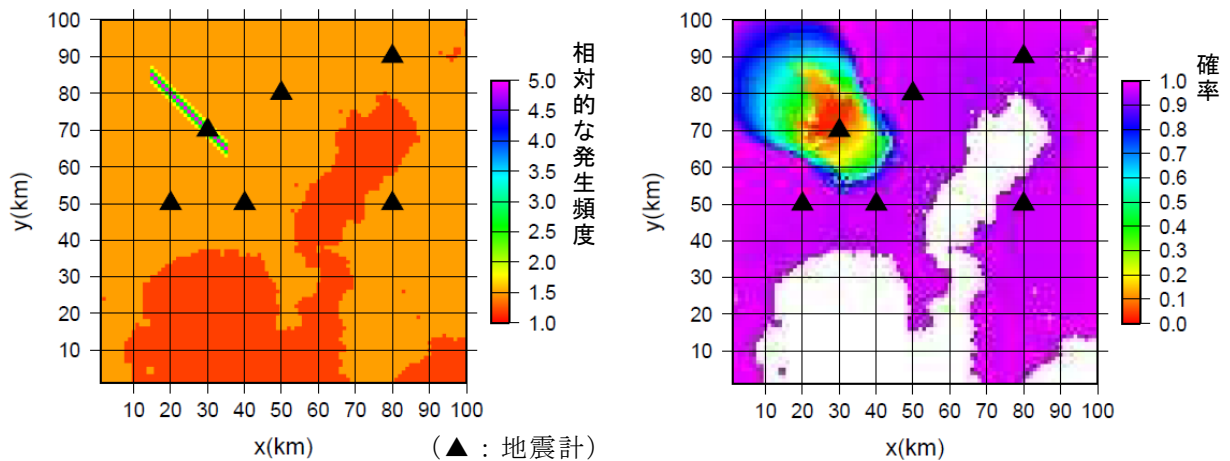
(3) 斜面災害のリスク評価手法

盛土等を対象とするリスク評価手法に関する基礎的な検討として、個別に発生する場合の崩壊の形態と規模の予測方法および降雨被害発生確率のモデル化等の手法を開発した。さらに、豪雨時に土砂災害が複数箇所が発生する場合や、落石災害に関わる斜面防災計画の意思決定に向けた研究開発を進めている。

2.2 地震災害への対応

(1) 早期地震検知・警報システムの高度化（今回発表）

新幹線や気象庁等で実用化している早期地震検知システムのさらなる精度向上策として、直下型地震時の対応方法、巨大地震の即時震源域推定方法、および地震発生直後の安全確認に関する考え方を提案した。さらに、地震直後の早期運転再開を支援するシステムの開発を進めている。



(a) 仮想の地震発生頻度分布と地震計配置 (b) 40gal以上の地震動で、警報余裕時間が0秒以上となる確率分布

図1 早期地震防災システムによる警報の余裕時間の確率分布計算例

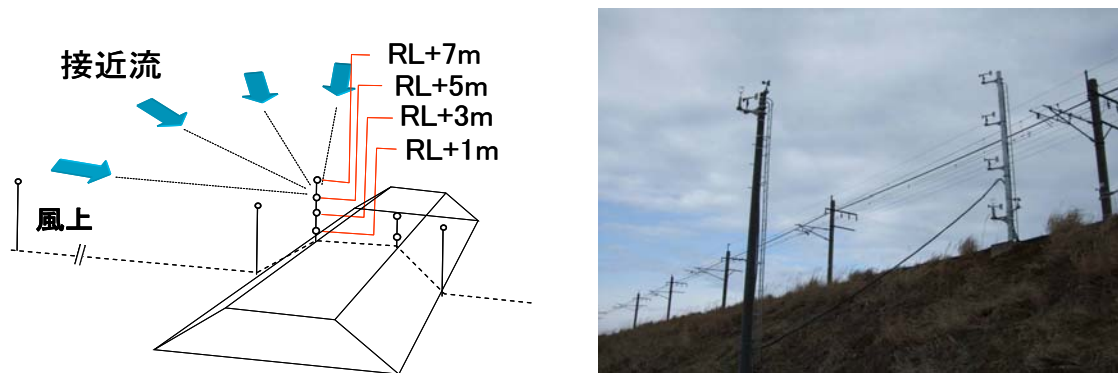


図2 風観測方法に関する現地試験（盛土上風速計配置状況）

(2) 広域的な地震災害予測手法

地震災害に関する防災投資や直後の安全確認などに資するため、公的機関の地震情報の活用による構造物被害や列車脱線の危険度予測手法の考え方を提案した。また、早期地震防災システムの防災効果を定量的に評価する手法を提案した（図1）。

2.3 強風災害への対応

(1) 強風特性による運転規制方法

自然風の長期観測データを解析し、短時間で大きな風速値になるときの風速増加特性を運転規制へと展開する際の考え方を整理した。また、強風に対する列車の安全性評価、周辺地形が変化する長い規制区間における風向別運転規制方法の適用性、沿線の構造物種別や強風頻度を考慮した運転規制区間や風速計配置の最適化、等について研究を進めている（図2）。

(2) 防風対策工の経済的・効果的な配置

安定的な輸送を目指して防風対策工を設備する場合、転覆限界風速を考慮した上で、強風頻度の大きな区間に対策する必要がある。このため、気象条件と周辺地形に基づく強風箇所を抽出する方法を開発した。また、沿線の実測結果に基づく2地点風速の相関性に関する特性を用い、仮想線区での防風柵設置と規制風速緩和の効果を確率的に示す手法を示した。さらに自然風の風速変動特性や対策効果の定量化に向けた研究開発を進めている。

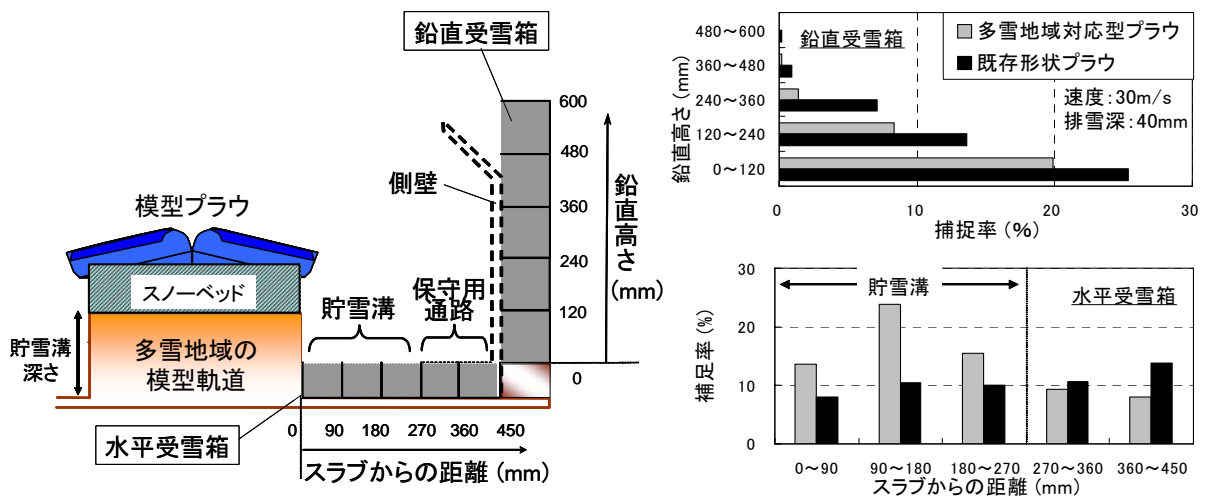


図3 多雪地域の軌道構造でのスノープラウによる飛雪分布（効果確認試験）

2.4 雪氷害への対応

(1) 着落雪被害の軽減方法

降積雪地域を走行する車両への着落雪の実態や気象条件との関係を明らかにし、その発生予測手法を開発している。また、散水区間における雪の舞い上がりやこれに関連するバラスト飛散の発生について、関連情報の整理や実験的手法により現象の解明や被害軽減に向けた研究を進めている。

(2) 多雪地域における高速走行時の排雪抵抗の評価試験

多雪地域における降積雪条件、軌道構造に対応したスノープラウを開発することを目的として、縮尺模型を用いた排雪力測定試験装置による排雪試験に加え、高速度カメラ撮影による解析、および数値解析による形状検討を実施した。それらの結果から、多雪地域に対応可能なスノープラウのプロトタイプ形状を提案した（図3）。

(3) 雪崩警備方法（今回発表）

雪崩災害の防止のためには、従来、経験的な判断で行われていた雪崩警備について対象斜面や時期を客観的に判断する方法が必要である。このため、過去の災害履歴調査、現地詳細調査、および実斜面での適用性の検討を実施し、雪崩警備時期の決定方法を提案した。

(4) 架線着霜現象の解明と発生予測（今回発表）

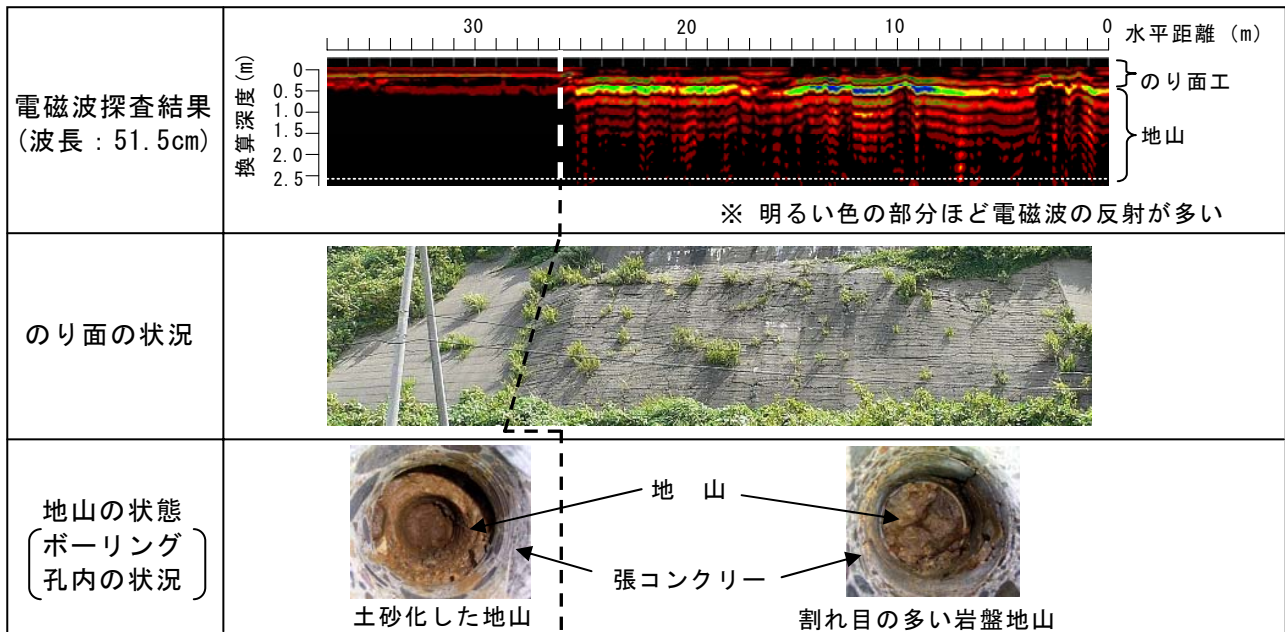
架線への着霜対策を効果的に行うためには発生予測が重要である。そこで、発生条件や架線に付着した霜の物理的性状の解明を行い、現場での実働に適応した発生予測手法を提案した。

2.5 風化（暴露による経年劣化を含む）に伴う災害等への対応

(1) 岩盤斜面の崩壊危険度評価（今回発表）

岩盤斜面を対象として、落石等の危険箇所を数値標高データや衛星画像を用いて抽出する研究を進めてきた。また、不安定な状態で斜面内に見られる岩塊の割れ目や風化状況について、弾性波速度や化学組成等との関係を明らかにした。さらに、現場詳細調査等を踏まえた崩壊形態ごとの定量的な崩壊発生危険度評価指標とその基準値、安定性解析手法の適用性などについての検討を進めている。

表1 のり面工背面地山の状態と電磁波探査結果



(2) 切土のり面工の健全度評価方法

切土のり面に施工された張コンクリートや吹付工などの対策工自体の老朽化や背面地山の風化の進行によって、のり面の健全性が低下する場合がある。そこで、古い切土のり面工の現地実態調査、モデル実験、および現地での各種物理探査などを実施して、健全性を評価する手法の開発を進めている(表1)。

2.6 特殊な地質環境の調査・評価

(1) 泥岩掘削残土等の環境評価手法

近年、土木工事に伴い問題が顕在化してきた自然由来の重金属や有害元素含有鉱物などを含む特殊な地質環境の評価技術として、泥岩掘削残土を対象とした地下水等への影響予測手法を提案した。さらに、主に都市部の地盤環境を評価するうえで新たな項目とすべき地下水流動、および堆積物からの溶出による環境影響について、その予測方法や地山分類のための評価基準に関する研究を進めている。

(2) 不均質な砂質土地盤の調査方法(今回発表)

未固結堆積物からなる層状で不均質な地盤条件下における地下構造物の建設や維持管理には、その特徴を考慮した地盤の調査や評価方法が必要となる。このため、施工事例調査、現地調査および試料試験結果から、主に砂質土優勢地盤における不均質性を考慮した地質調査・評価方法を提案した。

3. おわりに

以上、防災技術に関する最近の研究開発の現状を紹介した。防災技術の今後の展開については、多岐にわたる技術課題の解決とともに、災害種別ごとの技術レベルの差を埋める努力が必要である。このため、現状の技術に基づく課題の解決と、その集積による総合的な防災体制に至る段階的な検討を図り、鉄道の安全・安定輸送に資する研究開発を今後とも推進する計画である。