

気候変動脆弱地域における複合地盤災害のリスク評価の検討課題

Issues for risk assessment of complex geodisasters in climate change vulnerable areas

北海道大学大学院工学研究院 ○フェロー 石川達也 (Tatsuya Ishikawa)

1. はじめに

北海道では、積雪寒冷地特有の地盤の凍上・凍結融解が誘因と考えられる地盤災害が多発している。特に、地球温暖化に起因すると考えられる融雪期の急速な気温上昇は、急激かつ多量の融雪水の流入・浸透を引き起こし、土の強度低下をもたらすとともに、内部侵食や表面侵食を促進して地盤の安定性を低下させ、斜面の表層崩壊や土砂流出・陥没などのリスクを高めている。また、近年の異常気象により、台風や集中豪雨等の被害が比較적少なかった北海道においても、北海道豪雨（平成 28 年 8 月）に代表されるような豪雨災害が発生し、その頻度も高くなっている。その一方、北海道全域には、九州地方と同様に、火山灰質土や風化残積土などの特殊土地盤が広く分布している。その結果、平成 30 年 9 月に発生した北海道胆振東部地震では、厚真町一帯に堆積する火山灰質土の多発大規模斜面崩壊が発生し、未曾有の激甚複合地盤災害を経験している。このような状況を踏まえ、災害外力の加速と大規模化に対する潜在的な災害リスク評価並びに地域性を十分に考慮した災害レジリエンスの強化が、今後の北海道の持続的な発展には不可欠である。

本稿では、北海道のような気候変動災害脆弱地域において近年発生した上述の 2 つの激甚災害の調査結果を通して見えてきた、北海道の地域性を考慮した今後の道路・鉄道・河川堤防管理や防災・減災対策とこれに関連する研究や行政に対する提言を整理するとともに、その教訓を踏まえた災害検証と適応策の実現に向けた学術研究の方向性について検討する。

2. 近年の被災事例による教訓

2.1 平成 28 年 8 月北海道豪雨災害

平成 28 年 8 月 17 日から 8 月 23 日の 1 週間に、過去に例を見ないほど複数の台風（7 号、11 号、9 号の 3 個）が続々と北海道に上陸し、北海道東部を中心に降った異常な量の雨により河川の氾濫や土砂災害が発生した。また、8 月 29 日からの前線と台風 10 号の接近による大雨で十勝川水系や石狩川水系・空知川上流で堤防の決壊や河川の氾濫、日高山脈東側での道路や橋梁の流失などが相次ぎ、甚大な災害をもたらした。（公社）地盤工学会災害連絡会議では、当災害の社会的重要性に鑑み、「平成 28 年 8 月北海道豪雨による地盤災害調査団」を編成し、短期的・中長期的視野をもって被災地域の現地調査・資料収集・復旧支援等を行い、一連の台風に伴う豪雨による地盤災害の現象・事象の原因の学術的究明と、その後の復旧対策や防災・減災対策に資する調査・検討結果を広く公表している¹⁾。その結果、今後の北海道の地域性を考慮した地盤工学研究や地盤防災行政を考

える上で重要な技術的検討項目として、①雨慣れ・気象慣れしていない地盤の扱い、②従来の想定を超える豪雨対策の検討、③従来と異なる問題土・崩壊形態の顕在化の可能性、④豪雨時に地盤内に浸透しない表面流の扱い、⑤河道の蛇行・流路変動による土構造物の被害、の 5 点を挙げている。また、このような豪雨災害の教訓を踏まえ、その災害検証とともに気候変動適応策の実現に向け、今後検討すべき課題として、①従来の想定を超える豪雨に対する潜在的な地盤災害リスクへの対処、②豪雨時に地盤内に浸透しない表流水の対処法の構築、③河川の蛇行・流路変動を想定した土構造物の防災・減災対策の検討、④災害の地域性（特殊土地盤、雨慣れしていない地盤）を考慮した防災評価指標の提案、を提起している。

2.2 平成 30 年北海道胆振東部地震災害

平成 30 年 9 月 6 日午前 3 時 7 分に北海道胆振地方中東部を震源として発生した、「平成 30 年北海道胆振東部地震」は、道内では過去例を見ないほどの強震動であり、最大震度は、震度階級で最も高い震度 7 を北海道で初めて観測した。この強震動により、火山灰質土を用いて切土・盛土により宅地造成された札幌市清田区の谷埋め盛土の液状化被害や厚真町で観測されたせん断帯での連鎖的な粒子破碎により生じる長距離土砂流動を伴う火山灰質土斜面の広範囲・大規模斜面崩壊など、甚大な被害がもたらされた。（公社）地盤工学会災害連絡会議では、当災害の社会的重要性に鑑み、「平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団」を編成し、短期的・中長期的視野をもって被災地域の現地調査・資料収集・復旧支援等を行い、平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害の現象・事象の原因の学術的究明と、その後の復旧対策や防災・減災対策に資する調査・検討結果を広く公表している²⁾。その結果、今後の北海道の地域性を考慮した地盤工学研究や地盤防災行政を考える上で重要な技術的検討項目として、液状化被害については①地盤の震動特性の影響、②谷埋め盛土の液状化危険度の検討、③宅地造成地の地形要因の影響、④宅地造成・住宅建設方法の検討、⑤複合的要因の影響度の検討の 5 点を、斜面被害については①想定外の地震動への対応方法の検討、②火山灰質土の破碎性・風化劣化の影響、③被害状況のバラツキの要因究明、④異形態斜面崩壊の近接発生の原因究明の 4 点を挙げている。また、このような震災の教訓を踏まえ、その災害検証とともに防災・減災対策の実現に向け、今後検討すべき課題として、①「過去の経験」で対応不能な潜在的な地盤災害リスクへの対処、②火山灰質土の特殊性を考慮した防災・減災対策の構築、③ライフサイクルを考慮した土構造物

の設計・維持管理の提案、④想定外の広域・大規模災害の復旧・復興対策の検討、を提起している。

3. 被災教訓を踏まえた研究事例

本章では上述の課題解決に向けた研究事例を紹介する。

一般に、土砂災害の発生を予測するために、土壌雨量指数・凍結指数等のマクロ指標が広域災害リスクを簡易に判定する拠り所として現在広く用いられているが、異常気象や気候変動により融雪期の豪雨・急激な地温上昇などの外力が過去の観測範囲を超えて増大し、湿潤や融雪など複数の要因がもたらす複合的な地盤災害リスクを広域で予測するには、観測事例が無いことから統計的手法による土砂災害発生危険度基準線（CL：Critical Line）の設定が難しく従来の経験的なリスク評価手法に頼るのみでは十分対応できないことがある。この問題の解決のために、予測される気候変動下での地盤の脆弱化や斜面崩壊等の数値シミュレーションを行い、その結果に基づき、土砂災害発生危険度基準線を設定し、融雪量・降雨量を考慮した積雪寒冷地の土砂災害発生危険度評価手法を構築することが検討されている（図-1）³⁾。

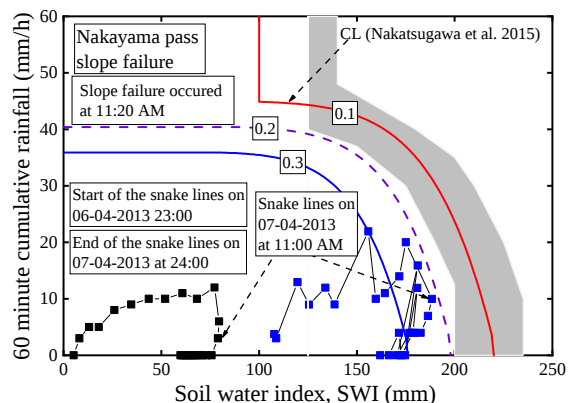


図-1 国道 230 号中山峠斜面崩壊の安定性評価例

この方法によれば、異常気象や気候変動に伴って降雨形態の変化や平均気温の上昇など外力が過去の観測範囲を超えて増大する場合でも、数値解析の観点から被災履歴の少ない潜在的な土砂災害のリスク評価や、降雨指標や凍結指標など広域的な評価指標の地域性を考慮した評価基準の設定が可能となる。今後の気候変動の影響を受け易い北海道のような高緯度地域に対して近未来の地盤防災・減災対策を考える上で有効な手法であるといえる。

また、平成 28 年 8 月北海道豪雨では、直前の 3 つの台風により高い含水状態であった地盤に浸透できなかった大量の表流水が斜面崩壊などの地盤災害を誘発した可能性が指摘されている。一般に表面流出は降雨強度が地盤の浸透能を上回る際に発生するが、発生した地表流の沢部など集水地形への集中が、地表流量を増加させ表面侵食や流路の拡大をもたらし、その結果として土石流や表面侵食型の盛土法面崩壊を引き起こすと考えられる。したがって、地盤の浸透能以上の降雨強度が想定される場合には、「降雨時の浸透流に加え地表流をどのように考慮して地盤・土構造物の広域リスク評価を行うか？」について検討する必要がある。例えば、図-2 は、地理・地形、地質・地盤、道路や鉄道の付帯構造物などの

各種情報を入力し、地表流の流路ネットワークを数値シミュレーションで推定した例である。

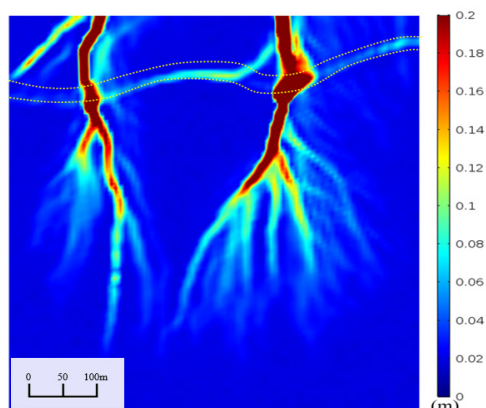


図-2 国道 274 号日勝峠斜面崩壊の安定性評価例

この方法によれば、設計降水量では対応できない確率降雨に伴う表流水の発生に対して、土砂災害危険箇所を抽出するとともに、地表流の流出経路となる交通基盤施設的设计・維持管理方法を再構築することが可能になる。

4. おわりに

（公社）土木学会北海道支部では、北海道のような気候変動災害脆弱地域において、過去の降雨や地震履歴、経年的に変化する地盤の特性を反映できる手法を検討し、災害リスクの総合的な評価手法を確立することを目的として、本年度より新たに「気候変動脆弱地域における複合地盤災害リスク評価に関する研究委員会」（委員長：石川達也北海道大学大学院教授）を立ち上げ、学際領域を超え、気象学、地盤工学ならびに水工水文学に関する最新の情報収集、それらのデータ解析を行いながら、気候変動に伴い変化する複合地盤災害の潜在的な被災危険度について検討している。今後、本委員会の研究活動の一環として、本稿で挙げた研究課題について検討するとともに、発災機構の学術的究明と災害の早期復旧並びに防災・減災技術の向上に向けて、北海道の地域的な問題として社会全体で危機感を共有し、産官学が連携して取り組む体制の構築を進める予定である。

参考文献

- 1) 地盤工学会：平成 28 年 8 月北海道豪雨による地盤災害調査報告書 https://www.jiban.or.jp/?page_id=2569（参照日 2019 年 12 月 6 日）
- 2) 地盤工学会：平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害調査報告書 https://www.jiban.or.jp/?page_id=11421（参照日 2019 年 12 月 6 日）
- 3) 石川達也, S.S.Subramanian, 所哲也：積雪寒冷地の斜面災害リスク判定法の適用性評価、気候変動に伴う積雪寒冷地の地盤災害に関するシンポジウム講演論文集、pp.13-20, 2017.
- 4) Zhu, Y., Ishikawa, T., Shimizu, Y. : Surface flow analysis of Typhoon 10 induced slope failure based on digital elevation modeling, Proceedings of the 9th Symposium on Sediment-Related Disasters, pp.121-126, 2018.