

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「降雨特性に応じた道路通行規制のあり方に関する研究」

プロジェクトリーダー

- ・氏名(ふりがな):小山 倫史(こやま ともふみ)
- ・所属・役職: 関西大学社会安全学部, 准教授

研究期間:平成 25 年4月～平成28年3月

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

(株)建設技術研究所, 日本工営(株), 計測技研(株), (株)アーステック東洋, 水文技術コンサルタント(株), (株)環境総合テクノス, 日鐵住金建材(株), 関西大学社会安全学部, 京都大学大学院工学研究科, 京都大学防災研究所, 立命館大学理工学部, 立命館大学理工学研究科, 岡山大学大学院工学研究科, 鹿児島大学大学院理工学研究科, 横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院, 国土交通省近畿地方整備局道路部道路管理課, 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所, 国土交通省近畿地方整備局兵庫国道事務所 (研究協力: 防災科学技術研究所)

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)

豪雨時における国道を対象とした道路通行規制の発令には、事前通行規制区間において連続した時間雨量の累積を基準としているため、降雨特性に対応したきめ細やかな事前通行規制の発令ができないのが現状である。また、道路斜面は多種多様な地形、地質構造、土質・岩質、地下水を有しており、斜面への豪雨時の雨水浸透・崩壊メカニズムを考慮することなく、降雨量の情報のみで、斜面安定性・崩壊危険度の評価・予測は困難であり、交通規制を発令することは可能であっても、降雨終了後の交通規制の解除を行うことはできず、降雨終了後の交通規制の解除については、無降雨継続時間などから経験的に判断されてきた。そこで、本研究では、降雨特性(降雨強度・降雨波形など)や斜面の地形・地質などに応じた、豪雨時の「きめ細やかで安全かつ最小限の事前通行規制」を運用するシステム(規制発令から解除まで)を構築することを目標とする。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

本研究では、上記の目標に対して、まず、安定度調査表に基づいた道路斜面点検データの有効活用による健全性評価および危険斜面の抽出し、崩壊危険度の高い道路斜面を対象とした現場計測・モニタリング実施し、高精度な降雨外力の評価のための降雨観測情報および雨水浸透・斜面安定性評価のための数値解析と組み合わせることで、統合的な道路斜面の崩壊・危険度予測システム構築を行った。また、構築した雨量通行規制運用システムは大型降雨実験などにより実用性を検証し、国道沿いの斜面における適用・運用を試みた。具体的には、以下に挙げる項目について、詳細な検討を行った。

- ① 交通規制等に関する雨量基準の事例(道路管理者、鉄道管理者など)の整理
- ② 斜面安定度調査表に基づいた斜面点検データの分析および危険斜面の抽出
- ③ 過去の降雨特性と通行規制(斜面崩壊を含む)のデータ整理および分析
- ④ 降雨特性と斜面安定度の検討(室内実験, 大型降雨実験, 数値解析による)
- ⑤ 降雨特性(降雨強度・降雨波形)に応じた通行規制のあり方の検討
- ⑥ 雨量通行規制運用システムの構築・試行運用および改善点の検討

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

自己組織化マップ(SOM)を用いて、国道 28 号線沿いの斜面・のり面について安定度調査表(落石・崩壊)および国土交通省近畿技術事務所において検討された追加項目を用いて再度分析を行い、豪雨による崩壊の危険性が高いものを抽出した。過去に崩壊を起こしたのり面・斜面を特徴づける項目(素因)として、崖錐地形、崩壊性の構造(不透水性基盤上の土砂)、崩壊性の土質などが挙げられ、その結果として、点検時に当該・隣接する斜面・のり面に変状がみられる傾向にある(図-1)。

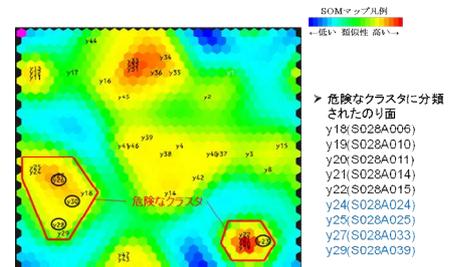


図-1. SOMによる危険斜面の抽出

SOM による分析結果および現地踏査より、計測・モニタリングを実施する地点の選定(41.6kp)を行い、ボーリング調査などの詳細な地質調査を実施した。地層概要として、上層から表層は強風化花崗岩および花崗岩からなる

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

と想定され、層構成および層厚は概ね区間内で類似していると考えられる。さらに詳細なボーリング調査および簡易貫入試験により、当該斜面の表層厚の分布を調べ、これらの結果をもとに、土壌水分計、地下水位計、間隙水圧・空気圧計を設置し、計測・モニタリングを実施した。特に、浅層部の間隙水圧、地下水位は降雨とともに鋭敏に反応し、降雨終了後は比較的短時間で元の状態に回復する傾向がみられた(図-2)。現時点で、「何をどこで」計測するのかといった点やセンサーの設置方法などを精査する必要があるため、計測結果のみを用いて雨量通行規制の発令・解除を行うことは困難であるが、今後、データの蓄積・分析により可能となると考えられる。よって、各種計測結果は斜面の雨水浸透状況などを把握するために用い、現時点で、雨量通行規制の発令・解除においては、現行の規準とあわせて評価することが望ましい。

飽和-不飽和浸透流解析およびフェレニウス法を用いた円弧すべり計算により、過去年間の降雨について斜面安定計算を実施した。その際、地質調査により得られた当該斜面の2次元地質断面図を用い、表層土について、水分保持試験および飽和度を変化させた試料を用いた一面せん断試験により、表層土の不飽和浸透特性および力学特性を詳細に調べた。その結果、飽和度の上昇とともに強度定数のうち、内部摩擦角には変化がないものの、粘着力(特に、サクションによる見かけの粘着力)が失われることがわかった。また、過去10年間で斜面の安全率が1.0を下回った降雨は3回あり、それぞれの降雨について当該斜面の安全率の経時変化を詳細に調べた。一方、過去10年間に於いて降雨時の斜面の安全率と実効雨量の相関を調べ、実効雨量算出時に重要なパラメータである半減期について、当該斜面では、半減期106時間を用いた場合に斜面の安全率と実効雨量の相関が最もよく、**半減期106時間の実効雨量290mmで雨量通行規制を発令・解除するという基準**を提案した。本基準を用いて過去10年間の降雨における、雨量通行規制の発令・解除のタイミング、通行規制の継続時間について調べ、従来の方法と比較検討を行った(図-3)。その結果、発令回数は大幅に減少し、よりきめ細やかでかつ必要最小限の規制発令が可能となった(図-4)。ただし、一度、雨量通行規制が発令されるとその継続時間は長くなる傾向にある。

解析と計測の融合という観点から、計測データを用いて解析モデル(タンクモデル)におけるパラメータをデータ同化することで、当該斜面におけるタンクモデルを構築した。構築したタンクモデルは現在気象庁が発令する土砂災害警戒情報で試用するタンクモデルと異なるものであり、各種計測結果を用いて当該斜面固有のタンクモデルが構築する手法を示した。構築したタンクモデルは用いて雨水浸透挙動のモデル化のみならず、仮想的に降雨条件を与えることで実効雨量の半減期を決定することができる。

今後、国道28号線雨量通行規制区間内の他の斜面、あるいは地質の異なる他の路線における斜面において同様の検討を行い、実効雨量を用いた発令・解除基準についての適用性を検証する必要がある。また、降雨時の斜面の雨水浸透挙動の把握は非常に重要であり、引き続き計測・モニタリングを継続しデータの蓄積を行うとともに、タンクモデルを用いたデータ同化手法により、計測と解析のマッチングを測り、土壌雨量指数の考え方に基づく雨量通行規制発令・解除基準の提案を行う必要がある。

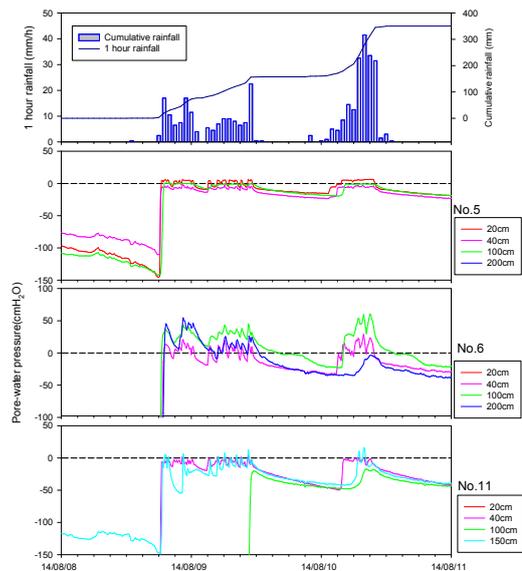


図-2. 降雨時の間隙水圧の計測結果の例

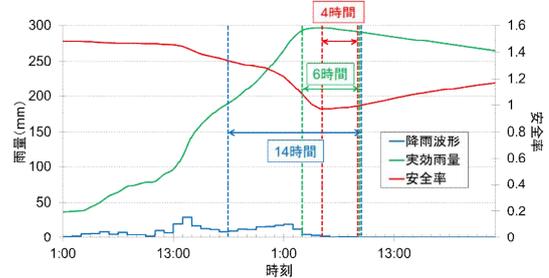


図-3. 実効雨量の運用事例

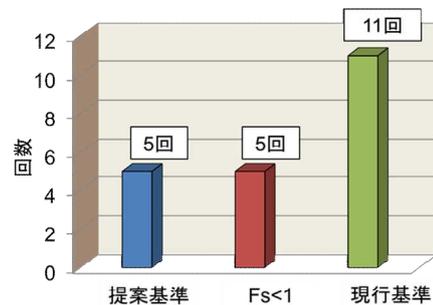


図-4. 雨量通行規制の発令回数の比較