

JR 東日本 ○外狩麻子 島村誠
鹿児島大学 北村良介 坂元竜太

1. はじめに

降雨時における列車運行の安全性を確保するために、雨量値を基準とした運転規制を実施している。現在、この運転規制に関して、時雨量と連続雨量という 2 つの雨量値の組み合わせによる雨量指標を採用しているが、降雨は土砂災害を引き起こす主要な起因の 1 つであって、土砂災害の発生の直接的な危険性そのものを表現するものとはいえない。このため、雨量指標による降雨時の列車運転規制では、間接的な物理量によって安全性を経験的に推定し、列車運行の安全性を確保していることとなる。すなわち、より直接的な物理量を基準に組み込むことが可能となれば、より効果的(=より高い安全輸送)とより効率的(=より高い安定輸送)の実現が可能となると考えられる(図 1)。

以上を背景に、斜面・のり面の降雨時安定性の経時的変化に大いに影響を及ぼすとされる斜面内土中水の状態及び挙動を把握し、降雨量と合わせてより合理的な運転規制指標を整備することを本研究の最終ターゲットとしている。そこでまず、降雨量と斜面の安定性との関係を時間という要素を含めて把握する具体的な観測方法を検討し、土中水の挙動を把握するための観測体制を整え、研究基礎となる諸観測データを収集する。ここでは、これまでの検討及び実施事項について報告する。

2. 研究概要

2.1 斜面安定性指標

雨量指標は、この起因となる降雨量の観測値を基に算出された時間雨量(r)と連続雨量(R)の組合せにて現在設定されている。このうち、連続雨量は、ある時刻までの一連の降雨における累積雨量であり、「一連の降雨」を無降雨時間 12 時間にて区別し、それまでにどの程度の雨量が降ったかを表現する。斜面・のり面の不安定化は、どの程度の雨量がそれまでに地表面内部に浸入し、土中湿潤域及び飽和域の分布状態がどのような形態であるかに大いに依存する。この点で、現在採用している r 連続雨量では 12 時間で無条件にゼロクリアされることと、何時降ったかに関わらず、雨量の取り扱いが同等であることの 2 つの課題が挙げられた。そこで、降った雨量をその時間経過を考慮に入れることのできる実効雨量の採用について検討している⁻¹。実効雨量は時間の経過という要素を半減期として取り込み、降ってからの経過時間によってその雨水の土中残存想定量に重み付けをした雨量算定値である。

降雨時の土砂災害は、斜面・のり面にて降雨による雨水浸透により構成土層が不安定化することで発生し、その不安定化の形態は、該当斜面・のり面のローカルな土質・地質・地形条件にも大いに依存し多様となる。そこで次に課題となるのは、これら雨量指標が雨量値のみを基準としているため、例えば実効雨量でも該当斜面のローカルな水分状態を反映しきれず、斜面の不安定性を間接的な評価に留まってしまうことである。そこで、対象となる斜面・のり面のローカルな状況を包括してより直接的に安定性を評価する方法を考案する必要がある。この一案として、地表面内部の土中水分値を反映した新しい指標を考案し、最終的なターゲットである列

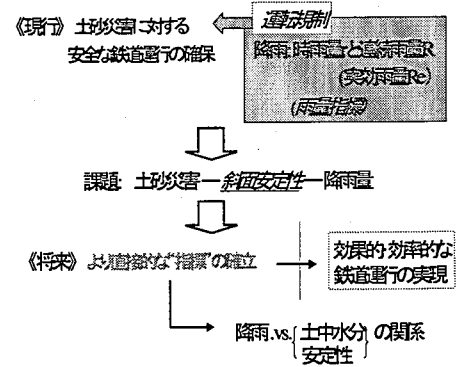


図 1 本研究のターゲット

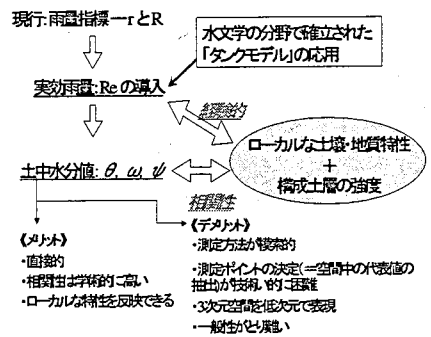


図 2 斜面安定性指標に関するコンセプト

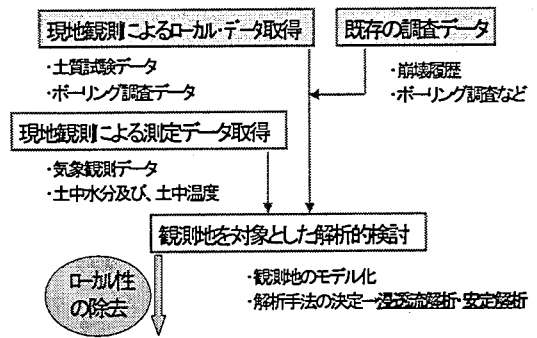


図 3 研究実施項目のフロー

車運行に適用できるか否かを検討する。この新しい指標を斜面安定性指標と称することとし、図2に示すようなコンセプトを基に検討を行う。

2. 2 研究フロー

図2に示すように、規制指標への土中水分値の反映は、斜面の安定性評価により直接的・合理的である。しかしながら、例えば、3次元的に広がる対象斜面のどの地点での観測値を指標として採用するのが最適であるか等課題は非常に多い。合わせて、現在これら課題を検証する基礎データの蓄積が根本的に行われていない事実も解決すべき点である。そこで、図3のフローのように、対象観測地での諸データを取得したのち、解析的な検討を実施して、一般性を有した指標の構築を進めることとする。

3. 観測概要

観測対象地として、旧信越本線熊の平駅周辺自然斜面を選定した。主な選定理由としては、①過去の土砂災害により、既往資料が豊富であること、②営業線沿線でないため観測・測定技術に専念できることである。

観測対象とする斜面小流域内にて、観測実施地点の位置とセンサー設置深さを決定しなければならない。そこで、過去の崩壊時調査資料を参照し、簡易貫入試験及びボーリング調査を実施した。これらから斜面断面の想定を行い、測定点及び測定項目を決定した。

観測システムの概要を図4にてイメージを示す。観測項目としては、斜面上にデータ収集装置及び送信装置を組み込んだステーションを4箇所設け、土中水にかかわる測定を、また、ボーリング孔を利用した地下水位観測も実施する。これらに合わせて必要となる諸気象データを当該観測地付近にて測定するため、旧熊の平駅構内の平地に気象観測用のステーションを設置した。その位置関係図を図5に示す。ここでの全ての観測データは、携帯電話によるリモートデータ回収が可能である。

観測土層の土壌特性・土質強度を求めるため、センサー設置時に、センサーを設置する深さポイントにて土試料を採取している。このうち、簡易飽和透水試験・密度測定・自然含水比測定・粒度試験及び、土中水分観測に欠かせない土の保水性試験を行い、測定されるサクション(不の圧力, 土粒子と水との間のポテンシャルエネルギー差)を含水量などの体積物理量への換算と今後の解析的検討に使用する。

4. 今後の進め方

引き続き、本観測地(熊の平)にて観測体制の強化とともに、各種センサーによる観測を継続する。これら観測データを反映させる解析フロー及び手法の検討を行い、斜面安定性に関する評価を検討する。

[引用文献]

- 1) 加藤ら：実効雨量を用いた運転規制に関する検討, 第54回土木学会年次学術講演会概要集, 1999
- 2) 坂元ら：火山堆積土の不飽和浸透挙動への間隙モデルの適用に関する一考察, 地盤工学会年次講演会概要集, 2001

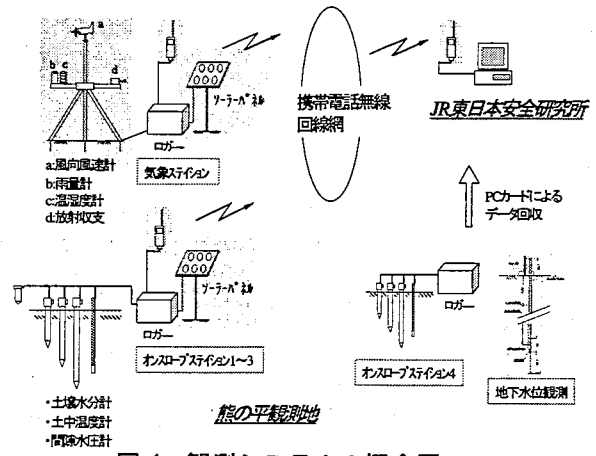


図4 観測システムの概念図

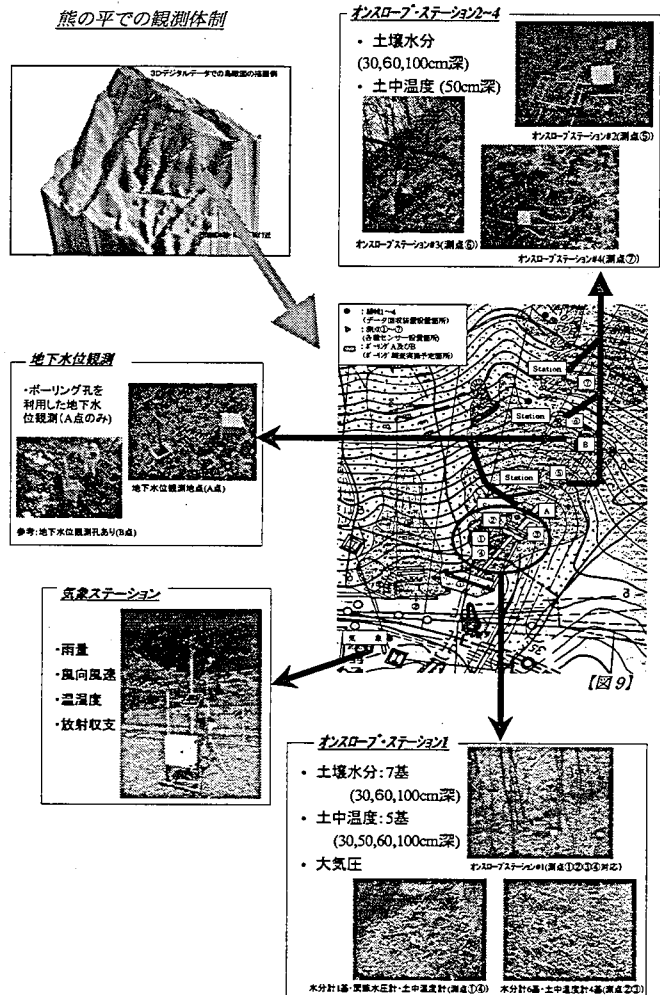


図5 熊の平観測地での観測体制