

傾斜センサーと土壤水分センサーを用いた鉄道切土斜面の 管理システムについて

(株)アサノ大成基礎エンジニアリング ○片山 輝彦, 藤森 研治
京王電鉄(株) 大石 健太郎, 松尾 裕一朗, 竹村 尚樹

1. はじめに

近年の異常気象に伴い豪雨災害が激甚化しており、各地で土砂崩れによる被害が報告されている。一般的に、切土斜面で想定される斜面崩壊の形態には、表面水の集中的な流入に起因する斜面浸食（ガリー浸食）や、地下水位の上昇に伴う斜面の不安定化により発生する斜面すべりによるものがある。京王電鉄株式会社（以下、京王と呼ぶ）においても、過去において切土斜面の斜面浸食によって輸送障害が発生した。京王では沿線の土構造物にフリーフレーム工法等による法面保護工の対策を順次講じているが、保護工の対策を講じていない斜面に対しても、安定性を定量的に把握することが望ましい。今回の取り組みは、それら斜面に対しても状態把握をして崩壊予測を事前に行うことで、被災の前に運行を中止し事故を未然に防ぐことを検証するものである。そこで、埋設された水分計と傾斜計によって斜面の状態を把握し、斜面崩壊を事前に予知するためのシステムを株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング（以下、ATK と呼ぶ）と共に構築したので報告する。



図-1 鉄道切土斜面の土砂崩壊

2. 斜面管理システムの概要

鉄道沿線の斜面管理の課題として、「激甚化する降雨に管理方法が追随できていない」「様々な環境下の数多くの斜面を管理しなければならない」等が挙げられるが、これらの課題を解決する方策として斜面管理システムの導入がある。

設置した斜面管理システムの概要を図-2に示す。本システムは ATK が開発したもので、2軸傾斜センサー・温度センサー・通信モジュールが組み込まれた測定器本体と土壤水分センサー、電源から構成されている。（図-3）

測定器本体は地中に打設した杭に固定し、斜面鉛直ならびに水平方向の地表面の変動を傾斜角として計測する。土壤水分センサーは土中に埋設し、土壤水分の変化を体積含水率として計測する。

この土壤水分の測定は、高速道路の規制基準等の高度化に向けた基礎研究で、斜面の土壤水分量の変化と斜面安定性との間に高い関連性が示されているという研究結果¹⁾を参考に導入している。また、複数路線を持つ鉄道では多数の斜面をリアルタイムでモニタリングする必要があることから、計測データは NB-IoT 通信を通じてクラウドに保存され、関係者間で多点の計測データを共有できるシステムとした。

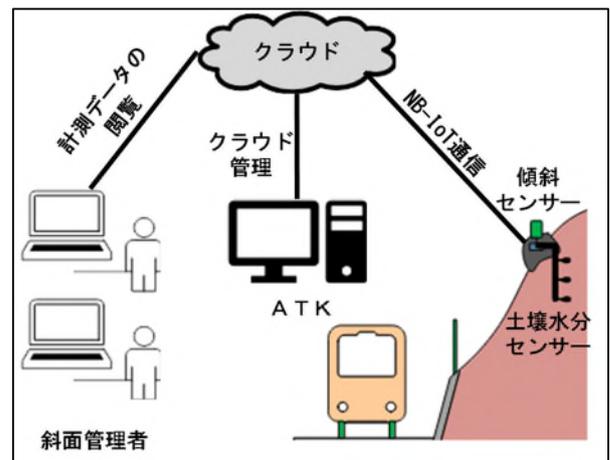


図-2 計測システム概念図



図-3 観測システムで使用する機器
(左から測定器本体・土壤水分センサー・電源)

3. システム設置箇所

図-4に設置状況を示す。設置箇所は、京王線営業線の切土斜面である。システムの設置位置は、変状発生時の営業線への影響度を勘案し、斜面末端部とした。雨水浸透の過程を詳細に把握するため、土壤水分センサーの設置深度は、深度28cm, 60cm, 78cm の3深度とした。



図-4 システム設置状況

4. 計測結果

図-5に計測結果と時間降水量を示す。時間降水量は、計測地点から最も近い八王子観測所のデータを使用した。計測期間中に4回の連続降雨が発生した。最も地表に近い深度28cmのセンサーでは、降雨による体積含水率の変化が確認され、降雨が多いほど体積含水率が大きくなるが示された。

一方で、深度60cmおよび78cmでは、降雨時に体積含水率の顕著な変化は認められなかったことから、計測期間中に発生した降雨強度では、雨水の浸透は地表面のごく浅い深度に留まっていたと想定される。

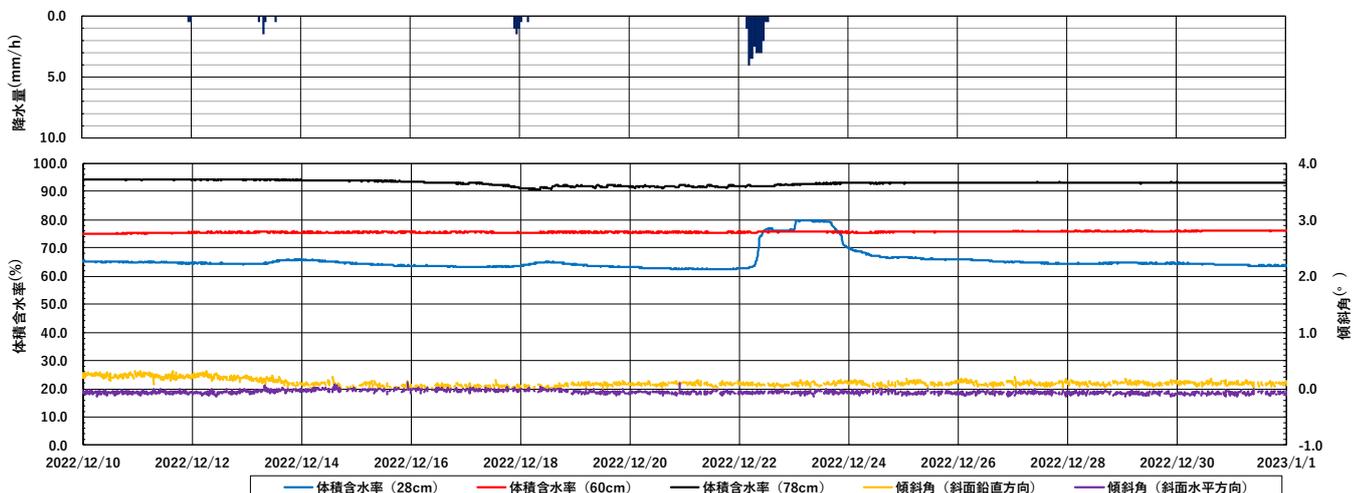


図-5 計測結果(2022/12/10~2022/12/31)

また、傾斜センサーでは、斜面鉛直方向および水平方向ともに傾斜角はほぼ一定の角度を保っていたことから、計測期間中には斜面崩壊につながるような変位は発生していなかったと想定される。

5. まとめおよび今後の課題

本文では、斜面管理モニタリングの一手法として、地上部に傾斜センサー、土中に土壌水分センサーを設置する斜面計測システムを鉄道営業線に近接する切土斜面に設置、計測し、土中の体積含水率および斜面変状の経時変化を明らかにした。計測の結果、降雨強度に応じた各深度の土中の体積含水率の変化や斜面変動の状況が明らかとなった。

今後の課題として、昨今の激甚化する降雨に追従できる規制方法の検討が挙げられる。鉄道の場合、「時間雨量」と「連続雨量」の二つの数値で運転規制を判断することが多いが、他方、斜面環境下におけるきめ細かな斜面管理により運転規制の判断を補完することも状況により必要と考えられる。

このような課題を踏まえ、引き続き実斜面での体積含水率と傾斜変状の計測を行い、データを蓄積するとともに、その関係性を分析することで、体積含水率と地表面変状の関連性を基にした新たな規制方法の検討に繋がっていきたいと考えている。

《引用・参考文献》

- 1) 小泉圭吾, 櫻谷慶治, 小田和広, 伊藤真一, 福田芳雄, Maria Q. FENG, 竹本将 (2017) : 降雨時の表層崩壊に対する高速道路通行規制基準の高度化に向けた基礎的研究, 土木学会論文集 C (地圏工学) Vol. 73, No. 1, pp. 93-105.