

土壌水分計を用いた降雨時盛土健全度判定手法の開発

東海旅客鉄道 正会員 阪本 泰士

1. はじめに

降雨により盛土の飽和度が上昇し、せん断抵抗が低下していくと、安全率が下がり、変状が発生しやすい状態となる。変状発生前に、飽和度の上昇を察知することができれば、事故や災害を未然に防ぐことが可能となる。本稿では、土壌水分計により飽和度の把握が可能であることを実験で確認し、さらに、それを用いた現地での降雨時盛土健全度判定手法を開発したので、報告する。

2. 盛土の飽和度の把握の必要性

鉄道土構造物設計標準¹⁾によると、安全性の照査に用いる粘着力の値として、盛土の飽和度が80%未満であれば一定の値、80%以上であればその半分の値としている。図-1は砂質地盤上の砂質盛土において400mmの降雨を受けた場合の飽和度コンタ図であるが、表層の部分が飽和度80%以上の領域であり、この部分の粘着力が半分となる。盛土の粘着力の低下は、せん断抵抗力の低下、さらに安全率の低下をもたらす。その後、変状が発生する可能性が雨の経過時間とともに徐々に大きくなる。この飽和度80%を健全度評価のひとつの閾値とし、この値以上となれば、変状の発生に備えるなどの対応を取ることで、従来よりも安全性の向上が期待できる。

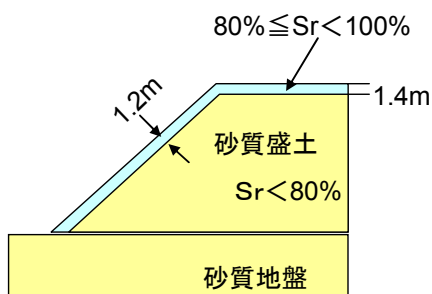


図-1 400mm降雨後の飽和度コンタ図

ここで、盛土の飽和度を把握するものとして、誘電率から水分を求めるタイプの土壌水分計に着目した^{2),3)}。土壌を構成する土粒子、空気、水の中で、水の誘電率が他と比べ1オーダー高いことから、水分の大小で土壌の誘電率が変わってくることを利用し

たものである。計測値は電圧で表示され、水分が多いと計測電圧が高くなる。計測電圧と飽和度の関係（キャリブレーション）を知るために、以下のような室内実験を行った。

3. キャリブレーション実験

実験に用いた試料は、(1)実盛土より採取した砂質土盛土、(2)実盛土より採取した粘性土盛土、(3)購入した珪砂6号で、事前に土粒子の密度試験および締固め試験を行っている。いずれも締固め度は90%程度である。

写真-1のとおり、供試体を水中で養生させてから乾燥機に入れ乾燥させ、一定時間毎に計測電圧と質量を計測し、質量から飽和度を計算で求めた。

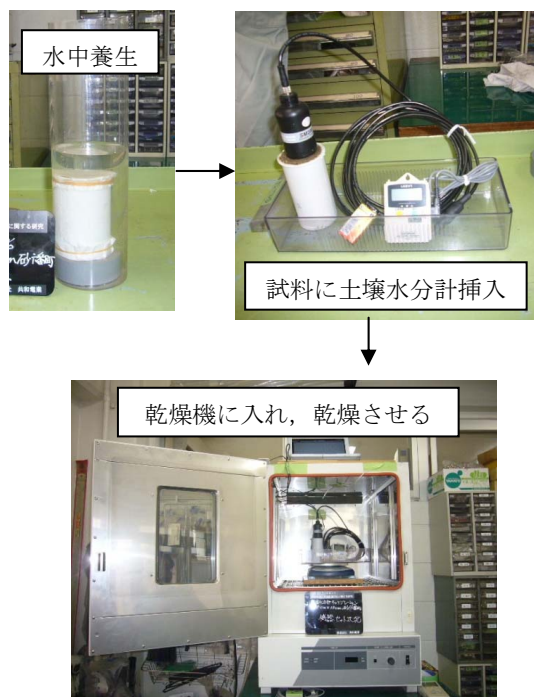


写真-1 キャリブレーション実験

実験結果を図-2に示す。試料により、キャリブレーションカーブが異なることが分かる。特に、砂質土と粘性土で形状が大きく異なる。計測電圧の増加に伴い、砂質土は放物線を、粘性土は逆S字を描きながら増加していく。また、飽和度80%における計測電圧は砂質土で0.5V、粘性土で0.75V程度であり、粘性土の方が計測電圧が大きい。

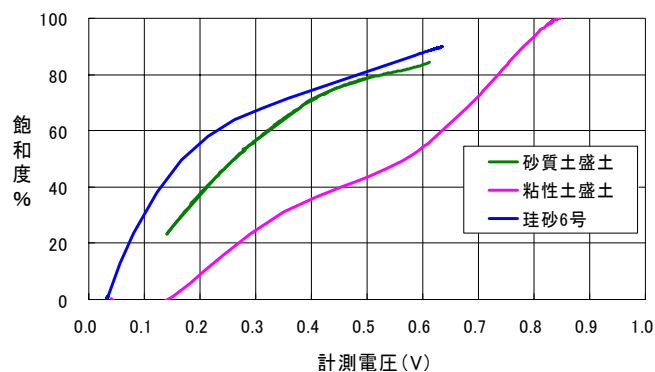


図-2 飽和度と計測電圧の関係

この結果から、現地の土でキャリブレーション実験を行わなければ、土壤水分計の計測電圧から正確な飽和度を求めることができないといえる。しかしながら、現地の土を一つ一つ採取し、キャリブレーション実験を行うことは、現実的ではない。そこで、現地の計測位置の土を、キャリブレーション実験で計測電圧と飽和度の関係が既知となった珪砂 6 号に置き換えることとした。これにより、どこでも同一の判断基準で、飽和度を正確に把握することが可能となる。

4. 土壤水分計を用いた降雨時盛土健全度判定手法

盛土の天端およびのり面に降雨を受けると、表面から徐々に雨水が内部に浸透していく。受ける降雨量が多いほど、より内部まで浸透していき、安全率が小さくなり、変状が発生しやすくなるとともに、変状の大きさが大きくなる。図-1 のコンタ図より、表層から 1m 程度下の内部の位置で飽和しているかどうか健全度の一つの閾値となる。

そこで、土壤水分計を用いた現地における標準的な降雨時盛土健全度判定手法を以下のとおり考えた(図-3)。

・事前準備

- (1)表層から 1.5m の単管パイプを打ち込み 1.3m 孔を開け、塩ビ管 1m を挿入する。
- (2)2ℓ ペットボトル容器に詰めた珪砂 6 号を、塩ビ管の上端から落下させ、塩ビ管下 30cm の空洞部分に入れる。(締固め度 90%に相当)
- (3)1m の土壤水分計用治具を塩ビ管内に挿入し、雨水が孔に入らないようふたをする。
- (4)塩ビ管と地山の隙間に珪砂を流しこみ、上端を発生土で整形し、最後にモルタルで固め、塩ビ管や隙間からの雨水の浸入を防ぐ。

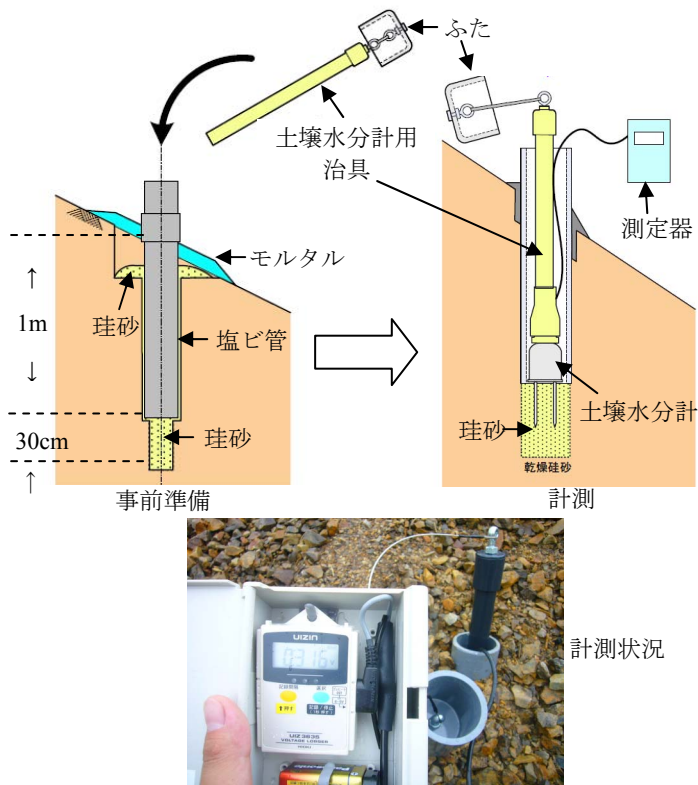


図-3 土壤水分計を用いた降雨時盛土健全度判定手法

・計測

- (5)ふたを取り、土壤水分計用治具を抜き取り、その先に土壤水分計のセンサ部をはめ込む。
- (6)土壤水分計用治具を塩ビ管に挿入し、センサを土中に突き刺し、測定器のスイッチを入れ計測する。
- (7)閾値 0.5V で健全度を判定する。

5. まとめ

土壤水分計により飽和度の把握が可能であることを実験で確認し、さらに、それを用いた現地での降雨時盛土健全度判定手法を開発した。

参考文献

- 1)鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物：国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編，2007.1.
- 2)西垣誠，小松満，大丸修二：風化残積土斜面内における降雨浸透特性の計測法に関する研究，土質工学セミナー報告会，地盤工学会中国支部，2002.7.
- 3)内村太郎，東畑郁生，Gallage Chaminda Pathma Kumara, Trinh Thi Lan Anh, 王林：小規模斜面を対象とした低コストで簡易な豪雨時の斜面監視装置の開発，降雨時の斜面モニタリング技術とリアルタイム崩壊予測に関するシンポジウム，pp.13-18, 2006.11.