

粘性土斜面における擬似飽和体積含水率の推定結果に基づく現場計測データの検証

岡山大学 正会員 ○小松 満
大阪大学 正会員 小泉 圭吾

1. はじめに

近年，土中水分量の現場観測データを用いて豪雨時における斜面毎の健全性を診断するための種々の研究が進められている。例えば，浅層斜面を対象に，降雨強度一定条件において土中の体積含水率が一時的に平衡する時点の値である初期擬似飽和体積含水率（IQS）を指標とする方法¹⁾が提案されているが，IQSの設定方法が課題となっている。そこで本研究では，粘性土の崩積土から成る自然斜面を対象に，IQSを室内および現場実験から求めた上で，現場計測データの検証を行うことでその適用性を検討した。

2. 現場概要および評価方法

現場状況を写真-1に示す。平成30年7月豪雨で斜面の表層崩壊が2箇所発生した岡山市北区に位置する半田山の東側の自然斜面を研究対象とした。図-1にIQSの推定方法およびこの値を用いた評価方法のフロー図を示す。簡易貫入試験から基盤深度（約60cm）を確認し，土中水分センサの設置深度（20cm，40cm，60cmの3点）を決定した。次に，試料の基礎物性試験を実施した上で，飽和透水試験，加圧型透水試験²⁾，保水性試験を実施して不飽和透水係数のモデルをフィッティングさせた。ここで，保水性試験により得られる水分量の異なる供試体を用いて水分センサの校正を行い，現場注水試験と現地計測データの整理に用いた。さらに，現場注水試験を実施し，体積含水率と降雨強度の関数に相当するIQS曲線を求めた上で，現場データの評価を実施した。なお，現場でブロックサンプリングの採取を試みたものの，小石の影響で成形が困難であったことから，それぞれの深度に相当する攪乱試料を採取した。ここで，試料の粒径加積曲線を図-2に示す。

3. IQSの推定結果

保水性試験（土柱法，サイクロメータ法）により得られた水分特性曲線に対してVGモデル³⁾をフィッティングさせた結果を図-3に示す。次に，飽和透水試験結果に基づいて推定した不飽和透水係数と加圧型透水試験の結果を比較すると，飽和付近で急激に低下する傾向との乖離が見られたことから，図-4に示すように再度フィッティングすることで不飽和透水係数を補正した。さらに，現場飽和状態の体積含水率と透水係数を測定するために現場注水試験⁴⁾を実施した。現場注水試験結果と不飽和透水試験結果との比較を行うと，最大2オーダー程度の乖離が見られたことから，修正を試



写真-1 現場状況

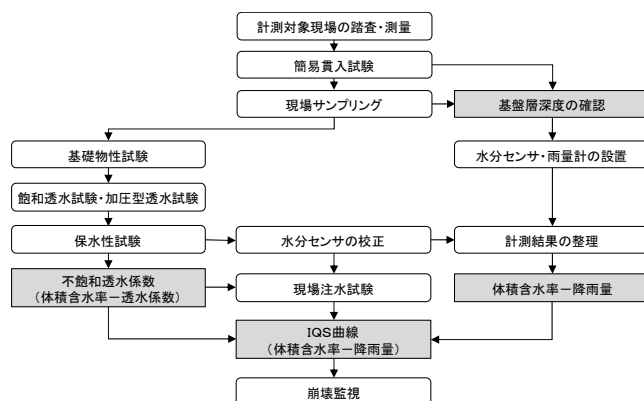


図-1 IQSの推定および評価方法のフロー図

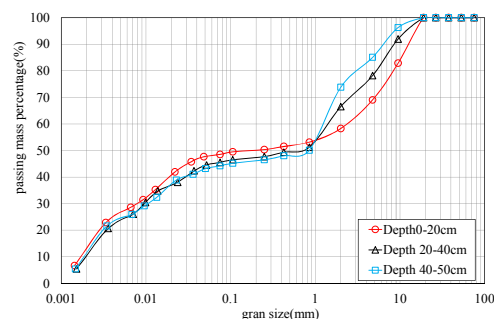


図-2 粒径加積曲線

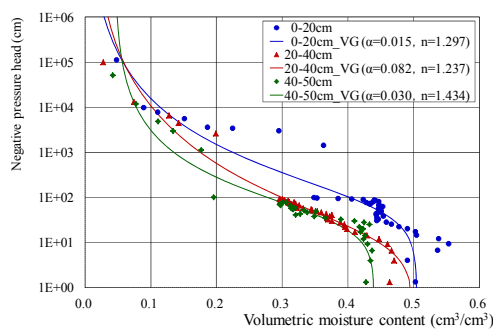


図-3 保水性試験結果

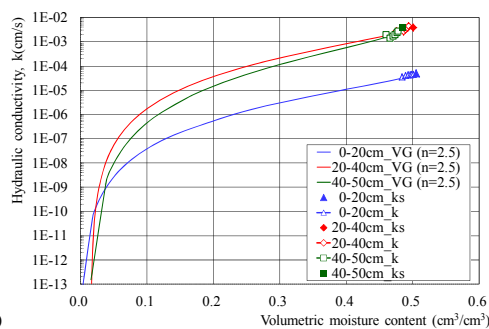


図-4 不飽和透水係数

キーワード：浅層斜面，土中水分量，擬似飽和体積含水率，現場飽和体積含水率，不飽和透水係数
連絡先：〒700-8530 岡山市北区津島中3-1-1 Tel・FAX:086-251-8160

みた結果を図-5に示す。また、この不飽和透水係数を基に降雨強度と体積含水率の関係に整理した関係(IQS曲線)を図-6に示す。ここで、推定したIQS曲線の妥当性を検証するため現場散水試験(地表面から直径φ10cmのSUS製リングを深度5cm打設し、リング内にスプレーを用いて一定間隔で散水)を行った結果、20cmの1回目で差異が認められるものの、概ねIQS曲線付近にプロットされていることが示唆された。

4. 現場計測データの評価

約5か月間の計測結果を図-7に示す。時間雨量10mmを越える降雨が2回観測されたものの、傾斜計の値の変化はわずかであった。ここで、7月～9月にかけて観測された時間雨量の大きな4回の降雨イベントに対して、最大降雨強度と体積含水率の上昇後のピーク値を用いて評価した。図-8および図-9に計測された体積含水率の値をIQSおよびFS(現場飽和体積含水率)で割った値で表示した結果を示す。これらの結果から、IQS指数が1を超える点が40cmで確認されたものの、FS指数はいずれも1を下回っており、この期間における危険性は低いものと判定された。

5. まとめ

粘性土の斜面現場を対象にIQSを用いた評価を実施した結果、実際に実験から求めた値を適用する際には不飽和透水係数の精度が重要であること、また、現場の不均質性を把握した上で各深度毎の計測データを評価する必要があることが示唆された。今後の課題としては、IQS曲線の精度の検証が必要となる。つまり、計測される体積含水率の経時変化に対して閾値を設定する際の誤差を少なくすることで、より実用的な方法となるものと考えられる。

【謝辞】

本研究の一部は科研費(17K0061および19K04599)の助成を受けて実施した。また、研究の遂行にあたって山本理沙氏(岡山大学卒、現:日本工営)にご尽力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 小泉圭吾, 堤浩志, 小田和広, 伊藤真一, 小松満: 擬似飽和体積含水率に着目した現場計測データに基づく豪雨時のり面監視手法に関する研究, 地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集, pp.287-291, 2019.
- 2) 小松満, 西村美紀, 小泉圭吾, 喜多浩志: 現場サンプリング試料を用いた室内試験による擬似飽和体積含水率の推定手法, 第53回地盤工学研究発表会, No.1028, pp.2053-2054, 2018.
- 3) van Genuchten, M.Th.: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil Science Society of America Journal, vol. 44, No.5, pp.892-898, 1980.
- 4) 小松満, 喜多浩志, 小泉圭吾: 試験孔内での注水による現場飽和状態および有効間隙率の測定方法に関する研究, 地盤と建設, Vol.35, No.1, pp.225-232, 2017.

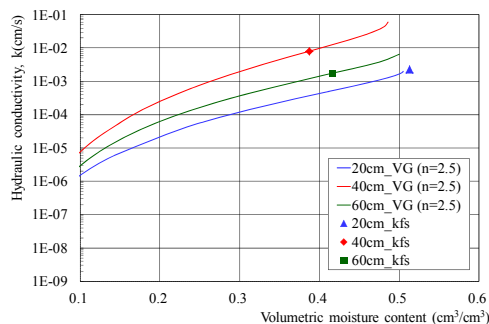


図-5 現場注水試験結果による補正

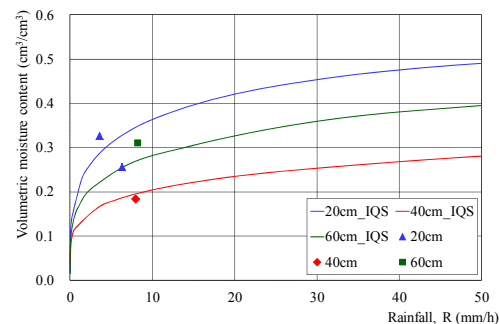
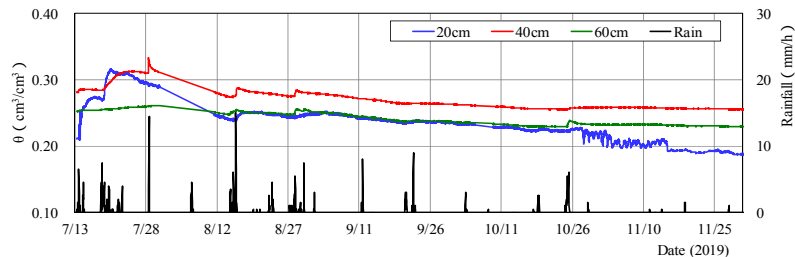
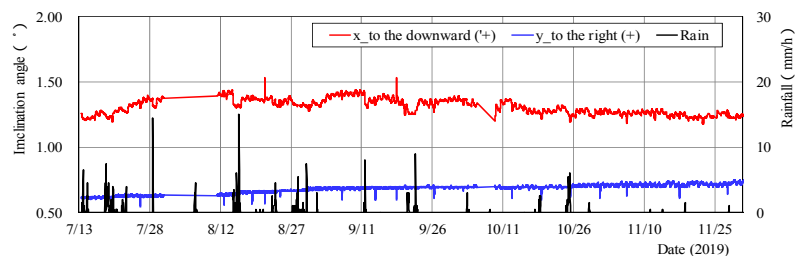


図-6 IQS 曲線と散水試験結果の比較



(a) 水分計による体積含水率の経時変化



(b) 傾斜計による傾斜角の経時変化

図-7 現場計測結果

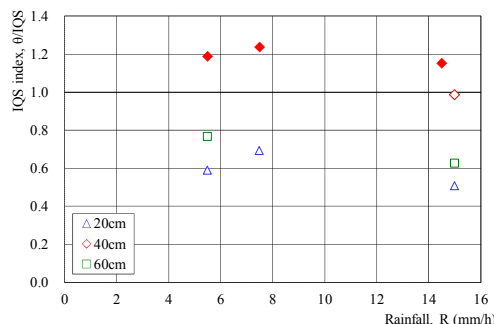


図-8 IQS 指数による評価

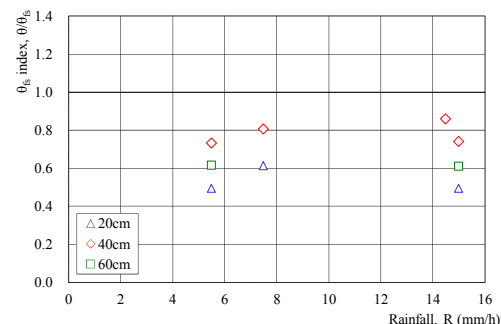


図-9 FS 指数による評価