

試験孔内での注水による現場飽和状態の測定方法に関する基礎的研究

岡山大学大学院環境生命科学研究科 正会員 小松 満

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○喜多 浩志

1. はじめに

近年、土中水分量を用いた斜面災害の予知システムを構築する取り組み¹⁾がなされているが、観測値を評価する際、豪雨時の体積含水率のピーク値は封入空気の影響により間隙率の値まで到達しないことが考えられるため、飽和状態を判断することが難しい。この値は現場飽和状態(field-saturated²⁾)と呼ばれており、有効間隙率と関係する値である。本研究では、この値を現場で事前に評価できる試験法の開発を目的とし、その基礎的な検討を行った。具体的には、ボーリング孔底から水分計を挿入した後に孔内で一定水頭の注入を行うことで、ボーリング孔近傍の透水係数とともに水分計の変化量から現場飽和状態での飽和度を求める手法であり、その適用性を室内での模擬地盤を用いて検証した結果について報告する。

2. 試験装置の開発

(1) 注水試験装置による有効間隙率の測定原理 これまでに誘電率測定センサを地盤に挿入した上で、そのセンサ周辺に注水した後、水とは誘電率の異なる液体を注入することで間隙率と有効間隙率を求める方法が提案されている³⁾。本研究では、この手法をベースに地表面から最大1m程度までの浅層地盤に挿入する試験法の開発を目的とし、市販の水分センサを用いた簡便な試験装置として提案することとした。なお、自然地盤における水分状態は、時々刻々と変化するため、注入後の空気残存率が初期条件の影響を受ける可能性があることから、これらを適切に考慮するための基礎的な測定を実施した。

(2) 試験装置の開発 装置の仕様は、写真-1に示すようにサンプリング後の孔内に設置可能なように外径をφ48mmとし、孔内を一定水位に保った上で注入流量を測定するマリOTTタイプである。最下部には静電容量センサを接続し、注入開始とともに孔内水位が調整できるように、空気注入管と流入出を制御するゴム栓を一体構造とした。



写真-1 試験装置

3. 模擬地盤を用いた注水試験方法の適用性検討

(1) 試料及び供試体 試料にはまさ土(4.75mmふるい通過試料、土粒子密度 $\rho_s=2.63$ 、均等係数 $U_c=89.6$ 、曲率係数 $U_c'=4.9$ 、最適含水比 $w_{opt}=12.5\%$ 、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.90\text{g/cm}^3$)を用いた。供試体の作製条件は基本を初期飽和度 $S_{r0}=50\%$ (含水比 $w_0=12\%$)、乾燥密度 $\rho_d=1.61\text{g/cm}^3$ (締固め度 $D_c=85\%$)、透水係数 $k_{T15}=9.67\times 10^{-6}\text{m/s}$ (室内変水位)に設定した。

(2) 静電容量センサの校正 水分量が高い状態では均一な供試体の作製が困難であることから、飽和度60%程度を境に、低い状態では突き固めて作製した供試体に対する測定値、高い状態では吸引法(供試体の下部に飽和させたPTFEフィルターを設置し、センサはカラム中心高さに固定)での各段階で記録した測定値により、図-1に示す校正曲線を作成した。なお、保水性は高さ10~20cmで急激に変化し、飽和度50%では高さ70cm程度の保水性を示した。

(3) 模擬地盤及び試験方法 模擬地盤は図-2に示すように内径φ184mm、高さ250mmのアクリル製容器内に突き固めて作製した。表面の乱れを防止するプレートを取り付け、コアサンプラーで試料を採取した後、孔壁からの浸透を抑制する内径φ48mm

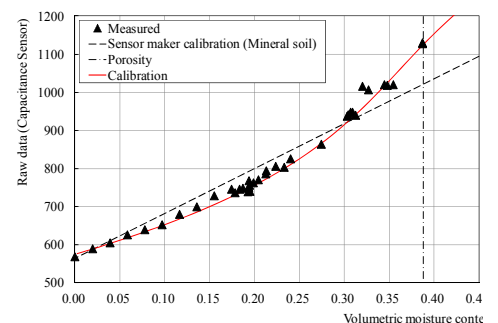


図-1 土中水分センサの校正結果

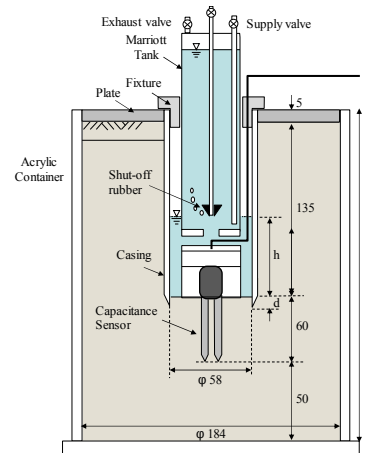


図-2 模擬地盤試験の概略図

キーワード：土中水分計、体積含水率、現場飽和状態、原位置試験、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

のケーシングを打設してから注入試験装置を設置した。試験方法は、装置設置直後の水分計から得られた体積含水率の値と採取試料から得られた含水比により間隙率を求めた上で(間隙率は供試体の乾燥密度と土粒子密度からも算出)、空気注入管を所定の水位となるように引き上げると同時にタンク内の水位変化と水分計の値を記録した。試験終了は、注入流量の時間変化が一定となる定常状態を確認した上で、容器の境界に浸透範囲が及ぶことによる流量変化が現れる時点とした。現場飽和状態の値は水分計の経時変化からピーク値を読み取り、透水係数は流量の経時変化から定常流量を読み取り、プレッシャーインフィルトロメータ法²⁾による算出式から求めた($\alpha^*=12$)。

(4) 試験方法の検討結果

孔内水位($h=1 \sim 16\text{cm}$)を変化させた場合、飽和度は90%程から徐々に増加する傾向を示した(図-3)。ボーリング孔底を基準にしたケーシング先端との貫入深度には明確な差異は認められなかった(図-4)。注入水(水道水、脱気水)と二酸化炭素の充填により飽和度は上昇し(図-5)、併せて透水係数も増加する傾向を示した(図-6)。

(5) 地盤条件の検討結果

①初期飽和度を3段階に変化させた場合、ピーク時の飽和度に変化は認められなかった(図-7)。②乾燥密度を3段階に変化させた場合、乾燥密度の上昇に伴って徐々に増加する状況を示した(図-8)。

4. まとめ

本研究では、現場飽和状態を測定する方法としてマリオリットタイプの注水装置と水分センサが一体となった装置を試作し、室内模擬地盤での適用性を検討した。具体的には、試験方法に対する検討(孔内水位、ケーシング貫入深度、注入水)と地盤条件に対する検討(初期飽和度、乾燥密度)を行い、試験結果から得られる現場飽和状態の違いを調べたところ、注入水と乾燥密度による違いで差が認められた。今後は、テンシオメーターを組み込んだ装置として改良するとともに、飽和地盤における有効間隙率の測定への適用性の検討と自然斜面現場でのデータの蓄積を行う予定である。

【謝辞】

本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度「災害状況を遠隔地から把握するセンサーネットワークのための災害に柔軟に対応する通信インフラシステムの研究開発(142304006)(H27)」の助成を受けて実施した。

【参考文献】

- 1) 西垣誠・小松満・龍満弘誠：豪雨時における斜面崩壊予測に関する基礎的研究，土と基礎，Vol.55，No.6，pp.24-26，2007。
- 2) 森井俊広・井上光弘・竹下祐二：プレッシャーインフィルトロメータ法を用いた土の原位置透水試験法，農業土木学会論文集，No.204，pp.149-158，1999。
- 3) 西垣誠，小松満，金萬鑑：誘電率計測法を用いた地盤の有効間隙率の測定方法に関する基礎的研究，第38回地盤工学研究発表会(秋田)，D-04-586，pp.1171-1172，2003。

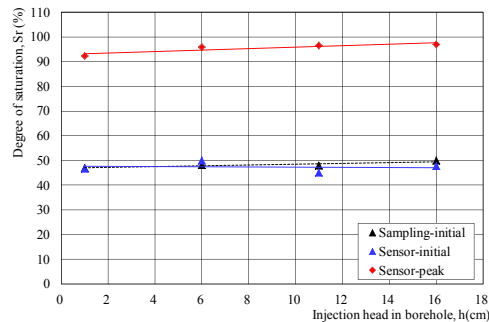


図-3 孔内水位と飽和度の関係

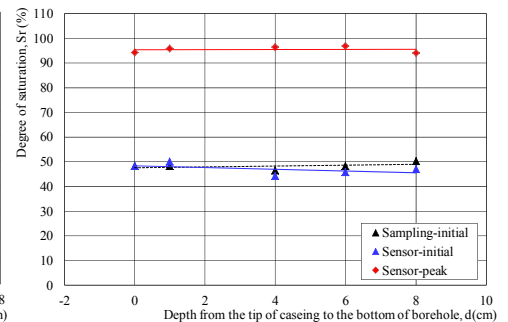


図-4 ケーシング貫入深度と飽和度の関係

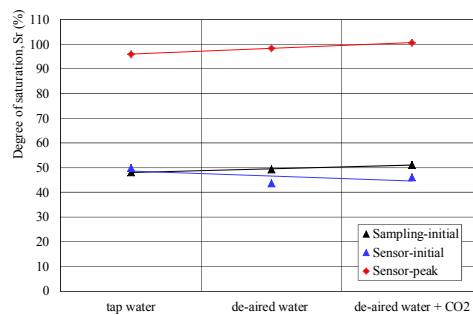


図-5 注入水と飽和度の関係

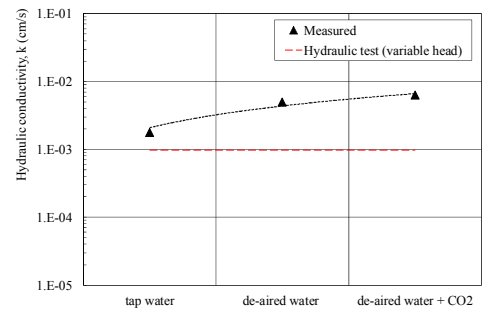


図-6 注入水と透水係数の関係

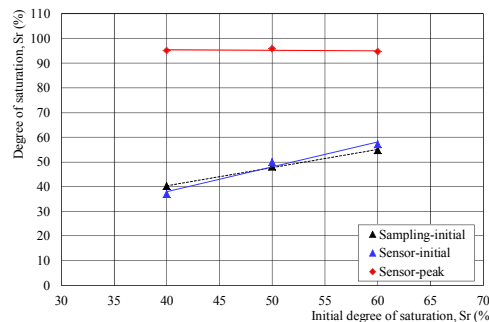


図-7 初期飽和度と飽和度の関係

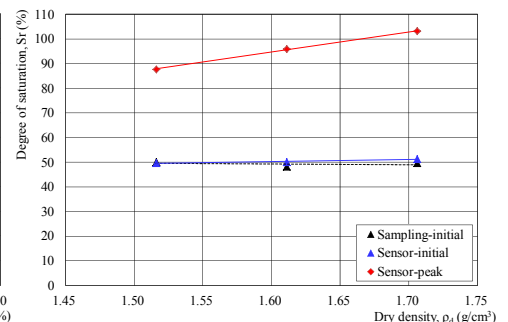


図-8 乾燥密度と飽和度の関係