

テンシオメータ、ADR を用いたサクションと含水量の測定について

鹿児島大学工学部 学生会員 ○下川大介

鹿児島大学大学院 学生会員 竹原晋平

鹿児島大学工学部 正会員 北村良介

1. はじめに

降雨等に伴う自然・切土斜面、道路・鉄道盛土、河川堤防の安定性をリアルタイムで評価するためには、不飽和土への雨水の浸透、無降雨時の不飽和土からの間隙水の蒸発による土中の含水状態の時系列変化を定量的に把握する必要がある。不飽和地盤で含水状態を把握するためにはテンシオメータや土壌水分計が用いられる。

本報告では、テンシオメータと誘電タイプの土壌水分計（ADR 法）を締固めモールドにセットし、水分特性曲線を求めた。そして、事前に保水性試験によって得られた水分特性曲線と比較し、現地計測で得られたデータの信頼性をチェックする手法について考察を加えている。

2. 試験試料及び物理試験

試料は喜界島から採取した島尻マージを用いた。島尻マージは主に喜界島、沖永良部島に分布し、琉球石灰岩を母材とする暗赤色の風化残積土である。表-1 に物理試験結果を示す。島尻マージは岩石の風化により酸化し、酸化鉄を多く含む。そのため、土粒子密度が高くなったと考えられる。図-2 に塑性図を示す。液性限界、塑性指数は高い値を示している。液性塑性限界試験の結果より、島尻マージは高液性限界シルトに分類される。図-1 に示す粒径加積曲線を見ると、島尻マージの粒度分布は粒度配分がよいと言える。また、0.075mm 以下の細粒分（粘土・シルト分）を多く含んでいることがわかる¹⁾。

表-1 物理試験結果

試料名	島尻マージ
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.72
塑性限界 (%)	31.7
液性限界 (%)	62.8
塑性指数 (%)	31.1

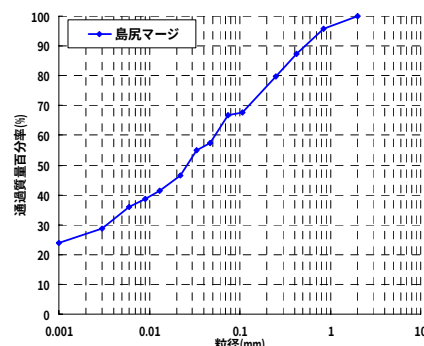


図-1 粒度試験結果

3. 締固め試験

島尻マージの締固め試験の結果を図-3 に示す。島尻マージは細粒分を多く含むため、締固め曲線はなだらかな形状となっている。図より最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$ は 1.49g/cm^3 となり、最適含水比 W_{opt} は 27.5% となった。

4. ADR とテンシオメータ

ADR のキャリブレーションを行った。図-4 は ADR による土壌水分測定装置を示している。締固めモールドを用いて供試体を作製した。そして、ADR を挿入し、測定を行う。測定が終了したら、供試体の一部を採取した後、体積含水率を測定する。体積含水率と出力電圧の関係式から校正係数を求める。島尻マージの校正係数は $a_0=1.5$ 、 $a_1=7.7$ となった。図-5 は体積含水率と出力電圧の関係を示している。図中の実線は製造会社が提案している校正曲線（3次曲線、式（1））を示している。プロットは含水比を測定し、関係式を用いて求めた実際の値である。図よ

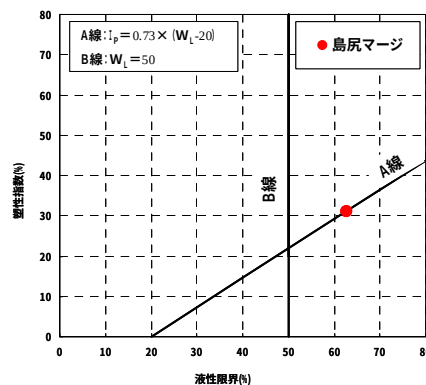


図-2 塑性図

り校正曲線はおおむね妥当と考えられる。テンシオメータの先端のポラスカップはセラミック製であり、不飽和土中の負の間隙水圧を測定することができる。対象とする地盤の含水量の時系列変化をリアルタイムで計測し、得られたデータの信頼性をチェックするためには地盤に ADR とテンシオメータを挿入し、得られた含水量と負の間隙水圧の関係をプロットすると水分特性曲線が得られる。この曲線を室内での保水性試験より事前に得られた水分特性曲線と比較し、計測結果が妥当であるかどうかを判断することになる。

$$\theta = \frac{(1.07 + 6.4V - 6.4V^2 + 4.7V^3) - a_0}{a_1} \quad (1)$$

5. 締固めモールドでの測定

現地計測に使用するテンシオメータと ADR が正常に稼働することを室内で事前にチェックする必要がある。図-6 はテンシオメータ、ADR を用いた試験図を示している。直

径 10cm、高さ 12.7cm の締固め

モールドに含水量を調整した試料を入れ、締固めを行い、供試体を作製し、ADR とテンシオメータをセットし、体積含水率と負の間隙水圧を測定した。図-7 はその結果を示しており、縦軸にサクション(kPa)、横軸に体積含水率(%)をとっている。図中の△印と□印は保水性試験によって得られた島尻マージの水分特性曲線である。△印が加圧板法、□印が水頭法の結果を示している。○印は ADR、テンシオメータを用いて求めた水分特性曲線である。図より現地計測に使用しようとしている ADR とテンシオメータは正常に稼働していることがわかる。

6. おわりに

不飽和土中のサクション、含水量の変化を測定する手法と、それらのキャリブレーションの方法を示した。今後はテンシオメータ、ADR を不飽和土地盤にセットし、遠隔操作によってリアルタイムでデータを取得するシステムを開発していきたい。

本研究は科研費(基盤(A)、代表:北村)の援助を受けた。ここに謝意を表します。

【参考文献】

1) 深見健一、北村良介: 奄美諸島に分布する風化残積土(赤土等)の土質特性に関する実験的研究 2006

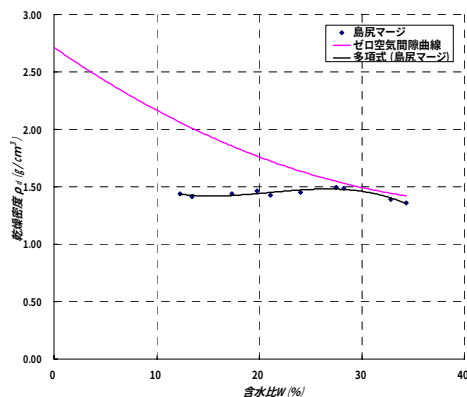


図-3 締固め試験結果

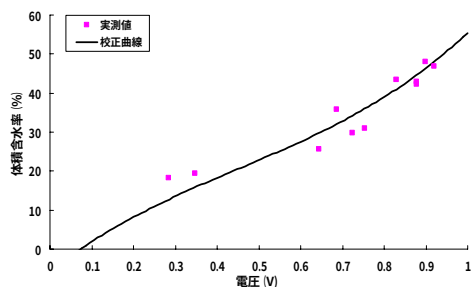


図-5 ADR センサーのキャリブレーション

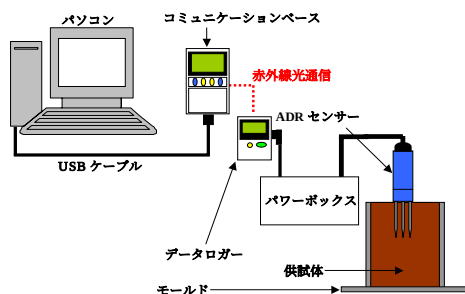


図-4 土壌水分測定装置

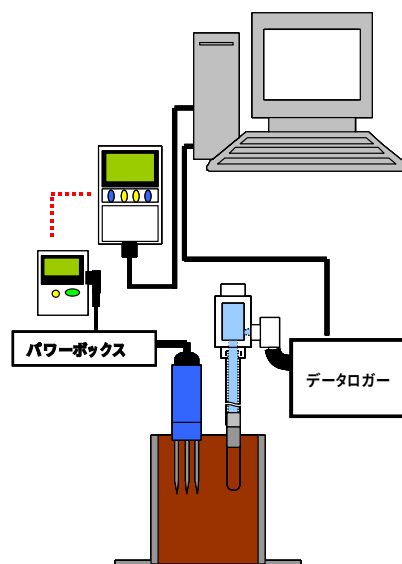


図-6 テンシオメータ、ADR を用いた試験

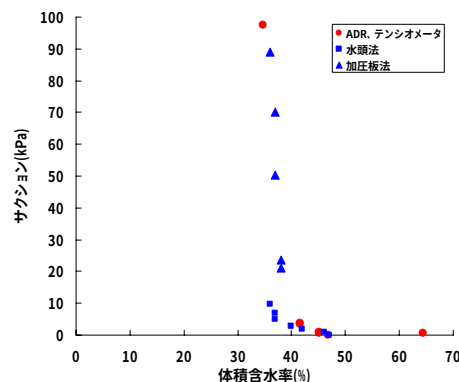


図-7 水分特性曲線