

粘土スラリーの含水比・EC・間隙比の同時計測に対する TDT の適用

Application of TDT to the coupled measurements of water content, electrical conductivity, and void ratio in clay slurry

上村将彰*¹ Ty P. A. Ferré*² Markus Tuller*² ○宮本英揮*³

*¹ 佐賀大学大学院農学研究科 *²University of Arizona *³ 佐賀大学農学部

Abstract

粘土の含水比(w)・バルク電気伝導度(σ_{TDT})・間隙比(e)の同時計測法を確立するために、SDI-12 型 TDT センサーを用いて w の異なるカオリナイトスラリーの TDT 波形を取得・解析し、 w と見かけの誘電率(ϵ_{TDT})および σ_{TDT} との関係性を調べた。 w の増加とともに ϵ_{TDT} は曲線的に増加し、逆に σ_{TDT} は低下した。 ϵ_{TDT} と w との経験的関係に基づいて算出した e は、 ϵ_{TDT} の増加とともに増加した。波形勾配値(S_{Max})と σ_{TDT} との間にも応答関係が成立する可能性が示唆されたことから、その関係を定式化することができれば、水分飽和条件のカオリナイトスラリーの w 、 σ_{TDT} および e の同時計測法として、TDT は有望であると考えられた。

キーワード: 時間領域透過法(TDT), 粘土スラリー, 含水比, 間隙比

Key words: Time domain transmissionmetry(TDT), Clay slurry, Water content, Void ratio

1. はじめに

土中の水分量・電気伝導度(EC)の計測手法として多用される時間領域反射法(TDR)を粘土に適用すると、信号の著しい減衰が水分計測の障害になることが多い¹⁾。近年、時間領域透過法(TDT)と呼ばれる手法が検討されているが²⁾、粘土に対する同法の適用事例は認められない。本研究では、スラリー状の粘土の含水比(w)・バルク EC・間隙比(e)の計測に対する SDI-12 型 TDT センサー(Acclima 社)の有効性を明らかにするために、 w を調整したカオリナイトスラリーの TDT 波形を取得・解析することにより見かけの誘電率(ϵ_{TDT})およびバルク EC(σ_{TDT})を算出し、両者と w との関係性を調べた。

2. 実験方法

風乾のカオリナイトと蒸留水(DW)との混合比を変え、 w の異なるスラリーを作製した。 $w \leq 1.1 \text{ kg kg}^{-1}$ のスラリーをアクリル板上で直方体状に整形し、中央に TDT センサーを水平に埋設した(Fig.1 (a))。高い流動性を示した $w > 1.1 \text{ kg kg}^{-1}$ のスラリーは、円筒容器に注ぎ、水平断面中央にセンサーを固定した(Fig.1 (b))。自作インターフェイスを介して各スラリーの TDT 波形をコンピュータに取り込むとともに、体積含水率、温度、 ϵ_{TDT} 、 σ_{TDT} の 4 項目に 5 項目の波形解析情報を加えた計 9 項目を測定した。測定終了後、試料の一

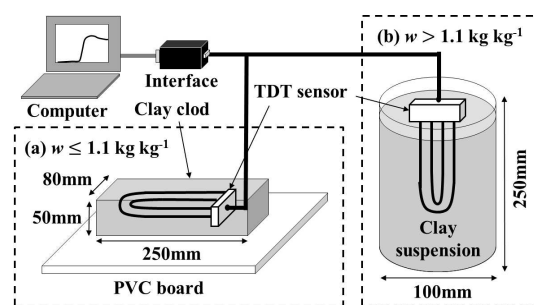


Fig.1 実験の模式図。

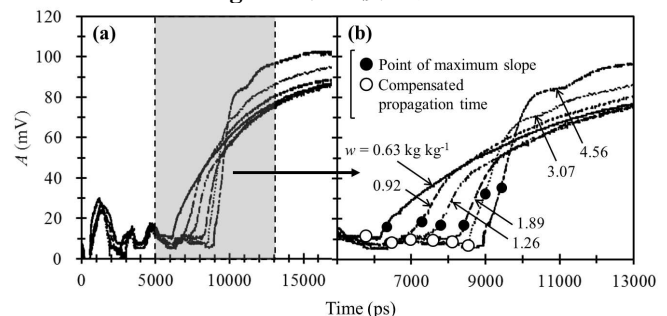


Fig.2 (a)カオリナイトの TDT 波形と(b)その拡大図。

部を採取して炉乾し、 w を求めた。

3. 結果と考察

各スラリーの TDT 波形は、複数の凹凸を伴った形状を示した(Fig.2 (a))。EC の算定に用いられる波形の立ち上がりの勾配は、 w の増加とともに急峻になった(Fig.2 (b))。信号の伝播時間(Fig.2 (b)の白丸)から決定される ε_{TDT} は、 w の増加とともに曲線的に増加した(Fig.3)。信号減衰防止対策を施した TDR センサーによる計測結果³⁾と、測定した ε_{TDT} は部分的に一致した(Fig.3)。ただし、広範な水分条件下において w を決定できる点が、TDT の利点である。

全スラリーの w は、収縮限界(0.40 kg kg⁻¹)⁴⁾よりも高い。スラリーは水分飽和状態にあったと考え、 ε_{TDT} から算出した w を e に変換したところ、 w と同様に、 e は ε_{TDT} の増加とともに増加する傾向を示した。ゆえに、水分飽和条件に限り、 ε_{TDT} から e を決定することができると思う(Fig.3)。

波形最大勾配点(Fig.2 (b)の黒丸)における振幅値(A)のばらつきは大きく、 w と A 値との間には相関性が認められなかった(Fig.4)。一方、同点における勾配値(S_{Max})は、 w の増加とともに大きくなった(Fig.5)。勾配値から算出される σ_{TDT} は、 w の増加、すなわちスラリー中の DW の割合が増加するほど低下した(Fig.5)。このような w の変化に対する σ_{TDT} の応答は、両者の間に経験的関係が成立することを示唆する。この関係は、間隙水の EC(σ_w)に依存するため、 σ_{TDT} に及ぼす w と σ_w の影響を明らかにし、三者の関係を定式化する必要がある。

4. おわりに

カオリナイトと蒸留水とを混合したカオリナイトスラリーにおいては、 w と ε_{TDT} そして w と σ_{TDT} の間に経験的関係が認められたこと、また、水分飽和条件に限れば、 w 、 σ_{TDT} 、 e の三者を同時に決定することができたことなどから、TDTは粘土における三者の同時計測法として有望であると思う。粘土-水混合系は、粘土鉱物の種類や溶液 EC 条件によって異なる誘電特性を示すため、鉱物組成の異なる粘土を供試材料として、また、広範な溶液濃度条件下において、同法の有効性を調べる予定である。

引用文献: 1) 宮本ら(2008):土壌の物理性, 110: 13-23., 2) 宮本ら(2008):土壌の物理性, 110: 3-12., 3) Miyamoto et al.(2009):Soils and Foundations, 49(2): 175-180., 4) 朴・甲本(2000):農土論集, 207: 21-27.

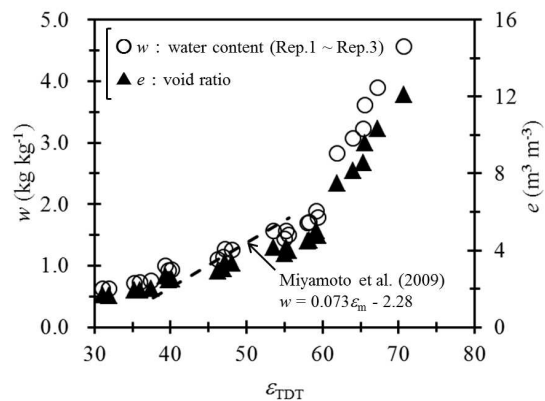


Fig.3 ε_{TDT} と w および e との関係。

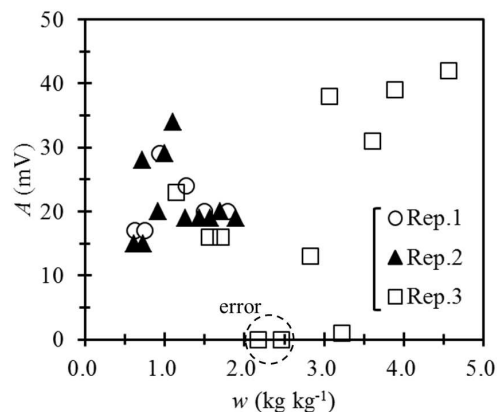


Fig.4 w と最大勾配点の振幅との関係。

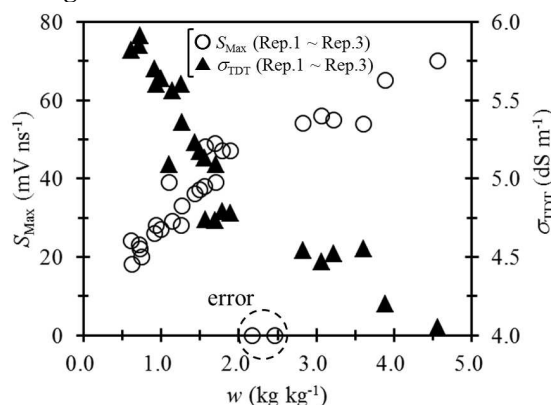


Fig.5 w と最大勾配値および σ_{TDT} との関係。