

## マイクロ波を用いた不飽和粘土供試体による水分保持特性

徳島大学 学生会員 ○岡野裕平 徳島大学 正会員 鈴木 壽  
 徳島大学 正会員 上野勝利 徳島大学 正会員 渦岡良介

## 1. はじめに

本研究の最大の特徴は、マイクロ波を利用した不飽和粘土供試体作成法による迅速かつ均質な供試体で水分保持特性試験を実施することである。これまでは、不飽和土の水分保持特性は A. Tarantino (2009)<sup>1)</sup> Karube & Kawai (2001)<sup>2)</sup> に見られるような典型的な締固め粘土が中心で供試体のエレメント性が実証されていない。そこで本研究では、マイクロ波による均質な不飽和粘土供試体を作成し、脱水量と時間の関係を調べる。マイクロ波による脱水量は時間に比例するが、個々の土については土粒子の有するマトリックスサクシオンに相当する加熱時間が得られるものと考えている。もし成功すれば、粘土のみならず、シルト、砂などにも適用していきたい。

## 2. 信楽粘土の物理的性質

用いた試料は滋賀県甲賀市信楽町で採取された粘土で、信楽粘土と呼ばれている。表-1 および図-1 はそれぞれこの粘土の物理的性質と粒径加積曲線を示したものであり日本統一土質分類法によれば粘土 (CL) と分類される。

## 3. マイクロ波とその利用

先ほども述べたよう、本研究の最大の特徴は、不飽和粘土供試体の作成にマイクロ波を用いることである。マイクロ波とは、300MHz~300GHz の電磁波の総称である。特に家庭用の電子レンジの周波数は 2.45GHz ( $\lambda = 12.3\text{cm}$ ) の波が用いられており、本研究では出力はなるべく小さいもの、100W で特殊な機能を用いないものとする。マイクロ波によって加熱される原理は、マイクロ波には水分子を激しくふるわせる性質があるからであり、水分を含む物質に照射すると物質中の分子同士がぶつかって、摩擦熱を発生し熱くなることである。電子レンジを、土の物理試験に導入しようとする

試みは以前から行われていた<sup>3)</sup>。それは、電子レンジが水分を短時間に蒸発、あるいは煮沸するなどの特性があるからである。具体的な試験項目としては、含水量試験、比重試験、粒度試験などである。マイクロ波の特徴は、マイクロ波の発熱メカニズムから内部発熱方式となり供試体が一様に加熱、蒸発される特性をもつ。この点は、本研究の不飽和粘土供試体作成法に利用されている。例えば、含水量試験であれば内部発熱のため迅速な温度上昇により短時間で試料が蒸発することになる。このように、電子レンジによる加熱方法は炉乾燥機による方法に比較してより効率的になると考えられる。しかしこの研究は当時、土質工学会の物理試験の基準化とまでは至らなかった。その理由としては、実用化のための試験条件に問題があったためである<sup>4)</sup>。まず、電子レンジの性能の問題がある。用いた電子レンジの出力は、600w とすると加熱過多となり危険であることから 200w 程度が望ましいという事と、電子レンジの多機能化が問題になると考えられる。つぎに、測定用の湿潤試料の量として一定量を必ず用いなければならない点である。さらに、試料の粒径なども問題になると考えられる。また、乾燥に要する時間にも問題がある。本研究では、1分加熱、2分放熱を採用しているがこれはあくまでも便宜上の物であって完全な加熱時間を決定するにはさらなる模索が必要となる。最後に、適応限界の問題が挙がる。本研究では信楽粘土を用いているが特殊土、例えば、シラスの

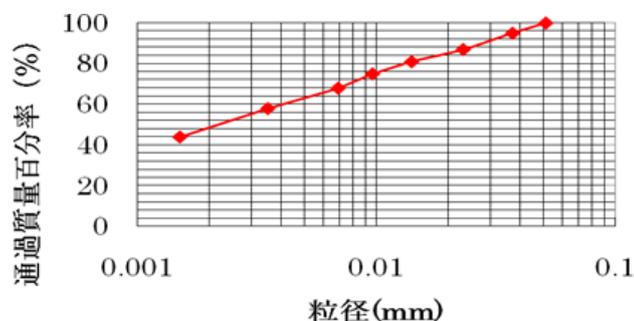


図-1 粒径加積曲線

表-1 信楽粘土の物理的性質

土粒子の密度	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.53
液性限界	$w_L(\%)$	43.9
塑性限界	$w_P(\%)$	18.3
塑性指数	$I_P(\%)$	27.2

ようなガラス質のもの、また熱によって力学特性が影響されやすい粘土などには適用ができない。限られた粘土になるかもしれないが、土質実験へのマイクロ波の適用を試みたい。

#### 4. 水分保持特性

電子レンジでは、マイクロ波が供試体を一様に蒸発するので時間に比例した脱水量があると考えられる。言い換えれば、時間-飽和度関係は直線的になるべきである。図-2は、この加熱時間-飽和度関係を一軸供試体および圧密供試体に対して調べたものである。図から分かるように、圧密供試体はほぼ直線となっているが、一軸供試体自体は直線がゆがんでいる。また、両供試体の水分保持曲線は大きく異なるがこれは圧密供試体が約200gで、一軸供試体が約100gと大きく異なっているためであり、もし重量が同じならば同一直線上になるはずである。なお、一軸供試体の飽和度が80%を始点としているのは試験直前に供試体の体積を正確に測定できなかったためであると考えられる。また、図-3は上記の水分保持特性曲線の再現性を調べたものである。図に示すようにいずれも同様な曲線となり再現性もあることが確認された。図の直線の誤差は、やはり供試体の重量の差であり、マイクロ波による水分保持特性曲線の手法は非常に有用であると考えられる。

#### 5. 均質な圧密・一軸圧縮試験の供試体作成方法

圧密供試体は、直径7cm、高さ3cmのスラリー状から40kPaで予圧密した飽和供試体に対し、1分加熱、2分放熱の断続加熱を行い不飽和供試体とした。供試体はマイクロ波再照射による再現性を高めるためになるべく質量を同とした。なお、参考のために一軸圧縮供試体の水分保持特性も調べた。まず、作成したい供試体の目標飽和度 $Sr\%^*$ を決定する。次に、目標飽和度に対応する加熱時間を図から求め、所定の形状に成形された供試体を断続過熱し供試体を作成する。この方法によれば、人為的誤差の少ない均質な供試体を作成できる。

#### 6. 結論

飽和度は時間と比例関係にあることが分かった。これは、先にも述べたように電子レンジでは脱水量が加熱時間に比例するという性質により得られた関係であり、水分保持特性のみかけの関係で、加熱時間はサクシオンに置き換えられなければならない。これには、高精度な水ポテンシャル測定装置が必要となる。この、不飽和供試体→電子レンジ→水ポテンシャル測定装置という流れから水分保持特性曲線を求めれば、迅速かつ容易に正確な水分保持特性が得られるものとする。

#### 参考文献

- 1) Tarantino A. (2009). A water retention model for deformable soils. *Geotechnique* 59, No.9, pp751-762.
- 2) Karube, D. & kawai, K. (2001). The role of pore water in the mechanical behaviour of unsaturated soils. *Geotech. Geolog. Engng* 19, Nos 3-4 pp211-241.
- 3) 藤田龍之・古河幸雄 (1988). 電子レンジを利用した土の物理試験方法に関する二、三の研究, 土質工学会論文報告集 Vol.28, No.4, pp197-207.
- 4) 嘉門雅史 (1989). 電子レンジを利用した土の物理試験方法に関する二、三の研究, 土質工学会論文報告集, ディスカッション, Vol.29, No.3, pp205-206.

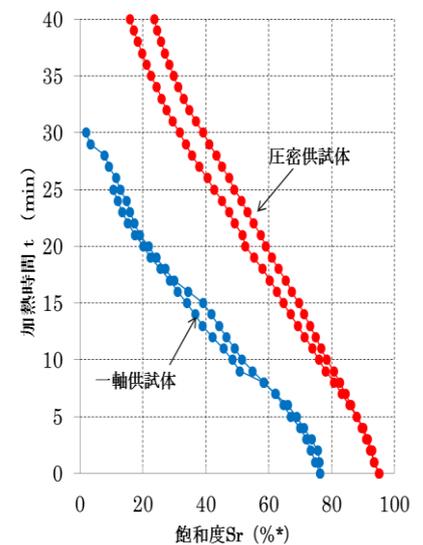
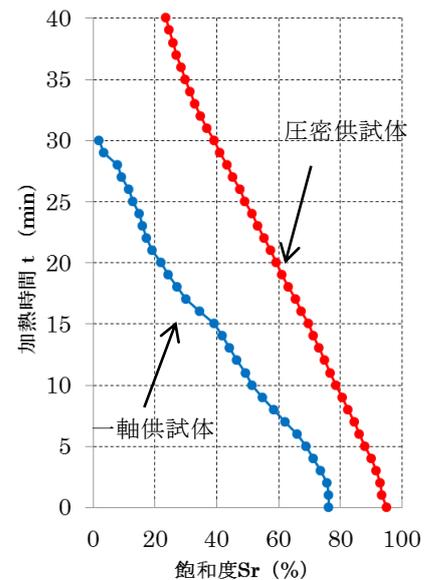


図-3 時間-飽和度関係の再現性