

## Micro-Indenter を用いたカオリン粘土に生じる微小力学的挙動の定量的評価

## Evaluation of microscopic behavior for kaolin clay by using micro-indenter

嘉本晃子\*, ○金山素平\*\*

Kamoto A. \*, Kanayama M. \*\*

## 1. はじめに

現在に至るまでに、土の巨視的な応力変形特性に関する研究は幅広い分野でされてきた。しかし、土の微視的構造に関する研究は少ない。土の微視的な応力変形特性を明らかにし、従来の巨視的な力学的挙動との相関性の検討を行うことで、将来的には迅速な強度定数評価試験として応用し現場測定技術の向上へ資することが期待できる。そこで、本研究では、地盤の微小領域における応力変形特性を明らかにし、得られた微視的挙動の結果から地盤の巨視的な強度、変形特性との相関性の検討を行った。

また、JIS A 1205 に則った液性限界試験は、試験者の経験の有無、目視による確認などのあいまいさによって液性限界の決定に誤差を生じやすい実験である。そこで、本研究では、土の液性をより精密に測定する方法の構築を目的として、微小領域における応力一ひずみ関係を評価し、その関係から液性限界を決定する方法について検討した。

## 2. 試験方法

本研究では、応力変形特性の測定に Micro-Indenter (万能圧縮試験器、A&D(株),RTG-1210、Photo.1) を用いた。ロードセルの先端に取り付けてあるロッドの直径は 3mm で、先端は半球状である。試料は、不純物が含まれていない均質性の高い市販のカオリン粘土 (液性限界  $w_L$  は 78.0%、塑性限界  $w_p$  は 39.7%) を用いた。含水比は、式(1)を用いて液性指数  $I_L=0.6, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2$  の 6 通りに設定し、調節した。

上記の試験機を用いて、クリープ試験 (载荷回数: 1 回, 押し込み荷重: 0.01N, 0.03N, 0.04N, 0.05N, 0.1N, 载荷速度: 0.1mm/sec)、繰返し载荷除荷試験 (载荷回数: 1, 2, 5, 10, 20 回, 最大貫入量: 1.0mm, 载荷速度: 0.1mm/sec)、および载荷速度を変えた単一载荷試験 (载荷回数: 1 回, 最大貫入量: 1.0mm, 载荷速度: 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0mm/sec) を行った。また、巨視的な変形特性との相関性を検討するため一軸圧縮試験 (JIS A 1216) によって非排水せん断強度  $s_u$  の評価を行った。

## 3. 結果と考察

Fig.1 はクリープ試験で一定荷重後の 60 秒間の貫入量と含水比の関係を示した図で

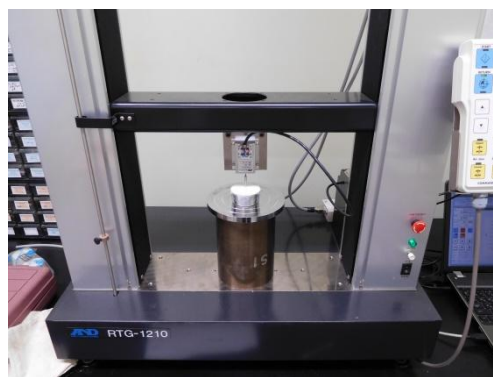


Photo.1 Micro-Indenter

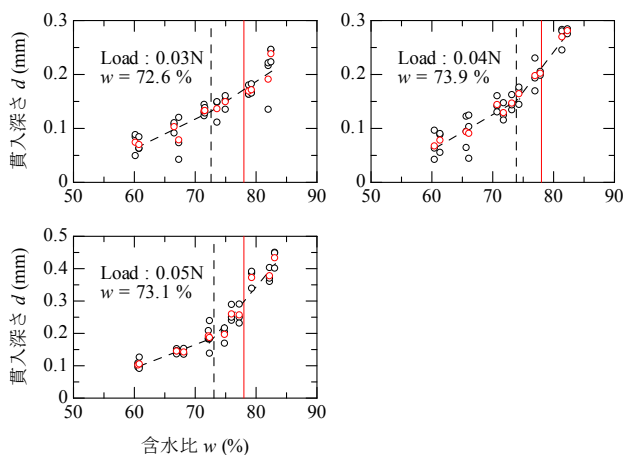


Fig.1 Variation of displacement based on load control

\*盛岡市役所, \*\*岩手大学農学部

\*Morioka City Office, \*\* Faculty of agriculture, Iwate University

キーワード: カオリン粘土, マイクロインデーター, 液性限界, 非排水せん断強度

ある。○は各載荷荷重で行った6回の試験結果を、○はその平均、赤い直線はJIS A 1205による $w_L$ を示す。含水比が上昇するにつれて、貫入量が直線的に増加していることが分かる。また、その直線の傾きが変化する点があり、その時の含水比は、0.03Nでは72.6%、0.04Nでは73.9%、0.05Nでは73.1%となっていて、JIS A 1205による $w_L$ の値に近い値となっていることが分かる。このことから、微小領域における荷重制御試験により、液性限界を評価できると考えられる。

Fig.2は繰返し載荷除荷試験により求められた硬度和含水比の関係を示す図である。○は各載荷回数で行った5回の試験結果、○はその5回の平均、赤い直線は液性限界の値を示す。いずれの載荷回数の場合であっても、含水比が増加するにつれて硬度が直線的に低くなっていることが分かる。全ての試験において、直線の傾きが変化する点があり、その時の含水比は、1cycleでは71.9%、2cycleでは73.0%、5cycleでは70.7%、10cycleでは70.8%、20cycleでは70.9%となっていて、JIS A 1205による $w_L$ の値と近い値となることが分かる。このことから、微小領域における変位制御試験により、液性限界を評価できると考えられる。

Fig.3は押し込み荷重を強度に換算し、載荷速度と強度の関係を示した図である。赤直線は一軸圧縮試験により求めた非排水せん断強度の値を示している。多少のばらつきはみられるが、0.05mm/sec~0.5mm/secまでの載荷速度に関しては、強度はほぼ安定しており、載荷速度による強度への影響はないと考えられる。また、一軸圧縮試験により求めた非排水せん断強度と比較してみても、概ね近い値が出ており、特に0.2mm/sec~0.5mm/secの範囲の速度を使用すれば、微小領域における強度の評価も可能であると考えられる。

#### 4. まとめ

Micro-Indenterを用いた荷重制御によるクリープ試験、変位制御による繰返し載荷除荷試験によって、液性限界の値を評価することが可能であることが分かった。また、繰返し載荷除荷試験により粘着力を評価することは可能であったが、ばらつきが大きく再検討が必要であることが分かった。さらに、載荷速度が硬度に及ぼす影響については、微小領域においても適切な速度を使用すれば強度を評価することが可能であることを明らかにした。しかし、本実験で用いた試料は等方性が成り立つものと仮定しており、異方性や粘土鉱物の大きさによる影響は考慮していない。自然土に対して実際の強度測定へ応用する場合には、鉱物構成の割合や鉱物以外の物質の存在を考慮する必要がある。

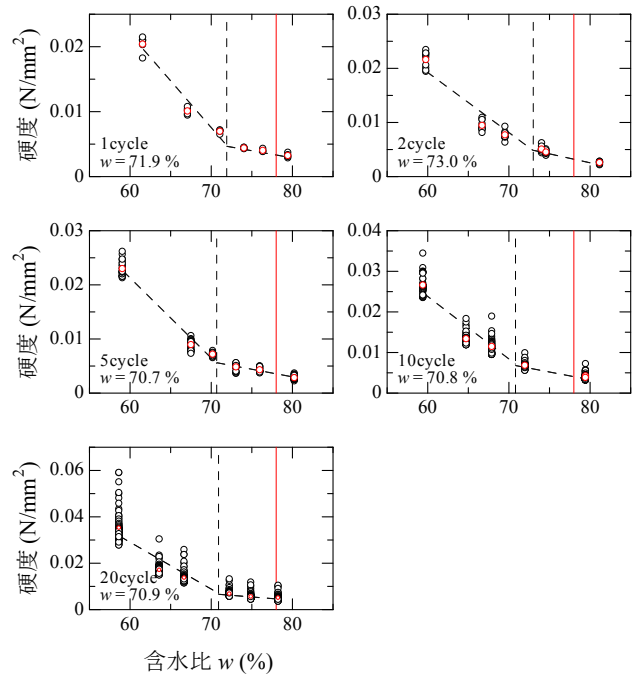


Fig.2 Variation of hardness based on displacement control

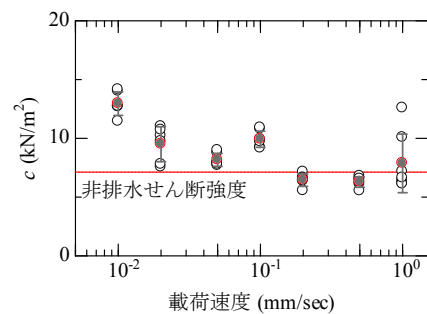


Fig.3 Rate effect on cohesion derived from micro indentation test