

Ⅲ－42

粘土の乾燥状態における残留強度について

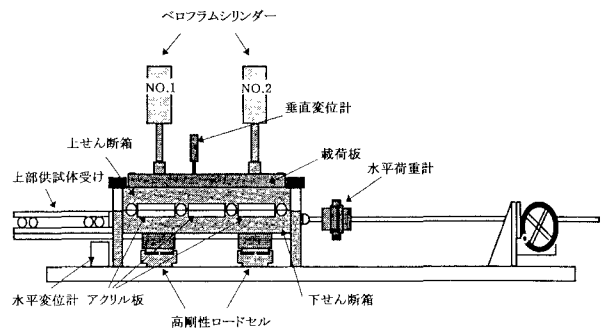
○岩手大学工学部 学生員 太田 正裕
岩手大学工学部 正会員 大河原正文

1. はじめに

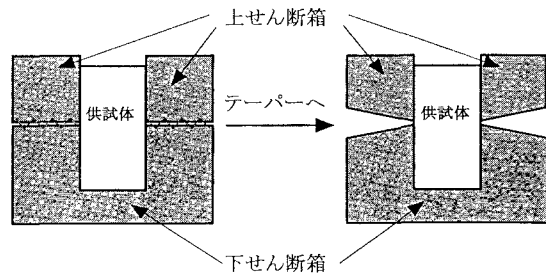
残留強度とは、大きなせん断変形を受けて定常状態に至った時点でのせん断強さである。残留強度は、地すべり安定解析に用いられるなど、その測定が工学的に極めて重要であるとの認識が定着してきている。残留強度の本質について論ずるとき、その根幹をなすのが発現機構である。粘土の場合、強度発現の主因は吸着水層を介した電気化学的な力（電磁力）と考えられることから、吸着水の存在を無視することはできない。そこで本研究では、残留せん断状態における水の影響を評価するために、大変位一面せん断試験により粘土の乾燥状態および湿潤状態での強度パラメータを求め比較検討したので報告する。

2. 大変位一面せん断試験

大変位一面せん断試験とは、水平変位量が100mmを超える直線的かつ一方の一面せん断現象を忠実に再現していると考えられる。試験に用いた装置は、岩手大学で試作・改良された「大変位一面せん断試験装置」^{1), 2)}である（図－1）。本装置は、上部固定・下部可動型で、最大水平変位量 600mm までの大変位せん断が可能となっている。垂直力は、上部よりペロフラムシリンダーにより空気圧で载荷する構造になっていて、载荷板の傾きをなくすため2基のペロフラムシリンダーと载荷板が剛結されている。また、本装置はせん断箱が700mmと長いので、せん断箱間隔を均等に狭めることが難しい。そのため、隙間を0.3mmと大きめに取らざるを得ず、隙間から粘土が漏れてせん断箱間に挟まってしまう。そこで本装置は、図－2のようにせん断箱に傾斜をつけることで漏れた試料が挟まらないよう工夫している。



図－1 大変位一面せん断試験装置



図－2 せん断箱間の摩擦対策

3. 試料および実験方法

試料は、市販のNSF粘土である。NSF粘土の主成分鉱物は、パイロフィライトと石英で、石英の含有割合は、XRD内部標準法より平均46.67%である³⁾。

湿潤状態の試料は、粉末試料に蒸留水を加えて練り混ぜた後、150kPaで7日間予圧密したものとし、乾燥状態の試料は、粉末状の試料をそのまま使用した。粉末試料は、常温で含水比0.7%とほぼ乾燥状態である。供試体寸法は、長さ600mm、高さ45mm、幅30mmである。試験条件は、垂直応力100, 200, 300kPa、せん断速度0.5mm/minとし、定圧条件で試験を実施した。圧密は、所定の圧密圧力に達するまで垂直応力を5kPa/minで漸増させ、圧密圧力に到達してから1時間後にせん断を開始した。

4. 実験結果および考察

4. 1 大変位一面せん断試験結果

大変位一面せん断試験結果の例として、垂直応力 300kPa で行った NSF 粘土の乾燥状態および湿潤状態での水平変位とせん断応力の関係を図-3 に示す。せん断を開始すると、せん断応力が徐々に増加し、水平変位 10mm 付近でせん断応力のピークが現れた。その後は徐々に減少し、湿潤状態では水平変位 40mm 付近から、乾燥状態では 80mm 付近からせん断応力がほとんど変化しなくなり、残留状態に至っていることが読み取れる。

4. 2 乾燥状態・湿潤状態における残留強度の比較

図-4 は、NSF 粘土の乾燥および湿潤状態における残留せん断応力 (τ) - 垂直応力 (σ_v) の関係を示している。それぞれのプロット点を結んだ直線の傾きと切片から、湿潤状態に対応する強度パラメータ (c'_r, ϕ'_r) および乾燥状態に対応する強度パラメータ (c'_{rd}, ϕ'_{rd}) が得られる。湿潤状態でのせん断抵抗角 ϕ'_r は 13.2° 、乾燥状態でのせん断抵抗角 ϕ'_{rd} は 25.8° となり、その差は 12.6° である。また、通常、残留状態での粘着力は極めて小さいか 0 になるが、湿潤状態での粘着力 c'_r は 4.7kPa、乾燥状態での粘着力 c'_{rd} は 20.5kPa となった。これは、上下せん断箱の隙間から漏れた粘土とせん断箱との間に生じる摩擦力が原因であると考えられる。

以上より、NSF 粘土を用いた試験では、乾燥状態におけるせん断抵抗角 ϕ'_{rd} が湿潤状態におけるせん断抵抗角 ϕ'_r よりも大きく、その違いは約 2 倍である。実験に用いた試料は、石英とパイロフィライトの 2 成分からなるため、乾燥状態と湿潤状態の差に占める両鉱物の影響の度合いを定量化することは難しい。しかし、石英同士の力の伝達には水を介さない固体間接触であり、今回の実験のように排水条件下でのせん断では、水の影響を受けないと考えられる。さらに、試料の滑らかな触感パイロフィライトの特徴であることを考慮すると、乾燥状態と湿潤状態におけるせん断抵抗角の差は、パイロフィライトの鉱物学的・化学的特性を表していると考えられる。

5. まとめ

NSF 粘土の残留状態における強度パラメータを求め、両者と比較検討して得られた知見は次のとおりである。

- (1) 乾燥状態と湿潤状態における残留強度パラメータ (c'_r, ϕ'_r) は、乾燥状態が c'_r, ϕ'_r ともに大きい。
- (2) (1)の結果は、飽和粘土の残留強度が、水の影響を受けていることを示している。
- (3) NSF 粘土 (主成分: パイロフィライト) の乾燥状態におけるせん断抵抗角 ϕ'_{rd} は、湿潤状態でのせん断抵抗角 ϕ'_r の約 2 倍である。

今後の課題として、粘土の種類を増やして、同様の試験を行い、さらに検討を深めて行きたい。また、せん断面の構造を正確に評価するために、マイクロ스코プなどを用いて、せん断面の水の分布状態を直接観察する方法を検討する予定である。

<参考文献>

- 1)辻広成・大河原正文：粘土の残留状態再現用大変位一面せん断試験装置の試作，平成 12 年度東北支部技術研究発表会講演概要，pp308-309，2001
- 2)甲谷紀幸・大河原正文：粘土の残留状態再現のための大変位一面せん断試験方法について，平成 13 年度東北支部技術研究発表会講演概要，pp282-283，2002.
- 3)大河原正文・多田元彦・米田哲郎・三田地利之：藤の森粘土およびカオリン粘土の鉱物学・化学的性質について，直接型せん断試験の方法と適用に関するシンポジウム発表論文集，pp203-206，1995

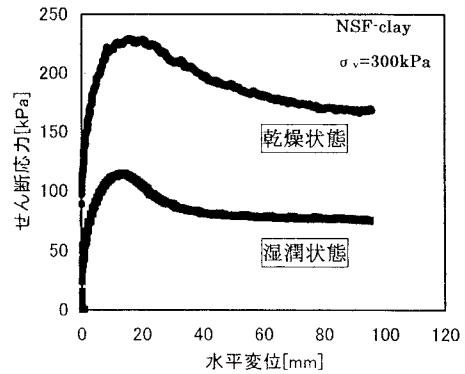


図-3 水平変位～せん断応力関係

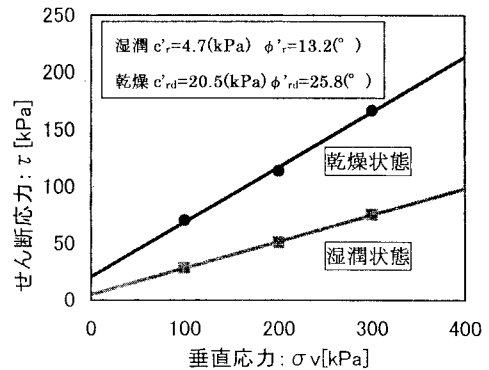


図-4 垂直応力～せん断応力関係