FT-IRによる粘土の残留状態せん断面のその場分析

岩	手	大	学	○学生会員	倉谷	昌臣
岩	手	大	学	正会員	大河原	正文
北海道大学大学院			学院	フェロー	三田地	利之

1. はじめに

大変位せん断後の土の最小せん断強さを残留強度と呼び、この強度は地すべり安定解析に用いられるなど、 その工学的重要性が認識されている.残留強度は試料の状態(過圧密比 OCR など)に左右されず常に同じ 値をとることから、土のもつ本質的なせん断強さを表しているものと考えられている¹⁾.そのメカニズム解 明は、せん断強さとは何か?といった基本的問題に解を与えるものと期待される.

ところで、土の主要構成鉱物である粘土鉱物は、同型置換により負電荷が卓越していることが多い.その ため粒子の周囲や層間に電気的に中和するために陽イオンや水分子を吸着している.水分子は極性により2 個の水素が正電荷に帯電している.粘土の塑性、膨潤性、コンシステンシーといった粘土特有の性質は、こ れら水分子によるものである.このように粘土鉱物と水との相互作用は、粘土の物性を支配する重要な作用 であり、残留強度のメカニズムを解明する上でポイントとなる.そこで本研究では、IR法(赤外分光法) により残留状態せん断面のその場分析を行い、粘土鉱物と水との相互作用について明らかにすることを目的 とした.赤外分光法とは、分子がもつ固有の振動数に対応した赤外線を分子が吸収するという分光学的特性 を利用して物質の定性・定量を行う方法で、本研究の場合、粘土鉱物中の吸着水・層間水の配向性や結合状態 の解明に威力を発揮する.本報では、その第一段としてその場分析の分析条件の最適化についての検討した.

2. 実験装置

(1) 小型せん断ユニット

小型せん断ユニットを写真1に示す.本ユニット は、その場分析用に開発された小型の繰り返し一面 せん断試験機である.寸法は横幅190.8mm,奥行 170mm,高さ98.3mm,重量は約3kgfと軽量か つコンパクトで各分析機器に取り付けが可能である. 最大の特徴は、せん断箱が観察穴(写真2)の上を移動 するため、せん断中のせん断表面を下からその場分 析ができることである.ただし、ここでのせん断面 とは供試体下面と基盤との接触面をさす.

(2) FT-IR

FT-IR(フーリエ変換赤外分光光度計,日本分光 **FT-IR** 4200) を写真3に示す.**FT-IR** はフーリエ

変換を利用して赤外光の各波長における強度分布を調べる装置である.

3. 試料および実験方法

試料には、室内土質試験用として用いられている NSF 粘土を用いた. NSF 粘土の構成鉱物はパイロフィライトと石英である. この粘土に蒸留水を加えて 懸濁液を作製し、それを基盤上に滴下して自然乾燥させたものを薄膜試料(写真 5)とした. また、 NSF 粘土に蒸留水を加えミキサーで練り返したものを, 圧密 圧力 100kPa で約7日間予圧密したものをスラリー試料(写真 6) とした.

赤外スペクトルの測定は、正反射法によった. すなわち、FT-IR に反射測定



写真1 小型せん断ユニット



写真 3 FT-IR

1.5cm

写真2 観察穴



写真4 小型せん断ユニット の取り付け状況



図1 測定概要(反射法)

装置(日本分光 RF-81S)を取り付けて,赤外線が 照射される位置に小型せん断ユニットの観測穴 がくるようにユニットを取り付けた(写真 4). バ ックグラウンド測定には付属の反射鏡を用い,ス ペクトル測定には,基盤としての適用性を検証す るためにシリコンウエハ(以後, Si 基盤)と強化 ガラスを用いた.

4. 実験結果および考察

図 3 に Si 基盤の赤外スペクトルを示す. 波数 1200cm⁻¹~3500cm⁻¹ において,一定間隔で繰り 返すスペクトル群が認められるが,これは屈折率 の異常分散現象とみられ,3000cm⁻¹付近にあるは ずの Si スペクトルが確認できない. 次に図 4 に 強化ガラスの赤外スペクトルを示す. 1000 cm⁻¹ ~2300 cm⁻¹に3つのブロードなスペクトルが認 められる. 水の赤外スペクトルは3500 cm⁻¹付近 ²⁾なので,ガラスのスペクトルと重なず好都合で ある. 図 5 は強化ガラス上に水を垂らして測定し たときの赤外スペクトルである. 3500 cm⁻¹付近 の水の赤外スペクトルと強化ガラスのスペクト ルが読み取れる. 強化ガラスは基盤として適して いる.

図6は、強化ガラスの上に厚さ5mm ほどのス ラリー試料 (NSF 粘土) を置いて測定したときの 赤外スペクトルである.強化ガラスのスペクトル が認められたが水のスペクトルは確認できない. 図7,図8は、強化ガラス上の薄膜試料 (NSF 粘 土)の赤外スペクトル測定結果である.乾燥状態



(図7)では、3800 cm⁻¹に水のスペクトルとみられる小さなピークが認められ、湿潤状態(図8)では、 このピークは大きくなり水の赤外スペクトルであることがわかる.以上より、その場分析用の供試体は、厚 いスラリー試料は適さず、厚さ1mm以下の薄膜であることが必要条件である.

5. まとめ

残留状態における粘土鉱物—水との相互作用解明のための第一段として、その場分析条件の最適化を行った。その結果、分析用基盤(粘土との接触面)としては、一般に透過法に用いられる Si 基盤は異常分散現象が認められるなど適さないことが明らかになった。強化ガラスは異常分散現象がなく明瞭な水のスペクトルが得られることから基盤として適している。また、その場分析用の供試体には、厚さ 5mm 程度の厚いスラリー試料は赤外線を反射しないことから不適で、分析には厚さ 1mm 以下の薄膜試料を使用しなければならない。今後は、粘土薄膜と強化ガラスを使いせん断面付近の水の状態分析を鋭意進めていく予定である。

1)M.Okawara, T. Hisatsune, T.Mitachi (2007) : Physico-chemical on Mechanism of the Shear Resistance at the Residual State "tan ϕ r" of Clay, IGSS-Russia, pp.490-495.

2)上平 恒 著(1998):水の分子工学,講談社, 196p.