

大阪産業大学工学研究科 学生員 ○田中慎康
 大阪産業大学工学部 正会員 佐野郁雄
 大阪産業大学工学研究科 学生員 笠井康弘

1. はじめに

粘性土に見られるせん断帯の内部構造は、とても複雑である。しかし、その一見複雑な構造の中にもスケールによらない類似した形状が繰り返し現れ、変形モードにより破壊の形状もほぼ幾何的に決まることなどが明らかになってきている^{1), 2)}。

ここでは、せん断帯が明瞭に観察される偏光顕微鏡を用いて、せん断帯の変形モードによる幾何特性を明らかにする。また、電子顕微鏡観察により、粘土のせん断帯の幾何特性と微視的な土の構造の変化の特徴を報告する。

2. 変形モードとせん断帯の破壊形状

平面ひずみ状態で圧縮されたカオリン粘土角柱供試体の破壊形状は、供試体両端から破壊する線①、③と中央から破壊する線②の2種類がある。(写真-1 参照)これらは変形モードとして対称1次モード(②)と対称2次モード(①、③)が混在することがわかる。(図-1 参照)また、供試体が高い場合には、対称6次の変形モードが生成する。(写真-2 参照)これらのせん断帯は、変形モードにより明らかにせん断帯の角度や細線群の角度など幾何特性が異なる²⁾。

3. せん断帯の内部構造(電子顕微鏡による)

中空ねじり試験³⁾を行った際に生じたせん断帯付近を整形して作成した水平断面供試体から電子顕微鏡により観察する。(写真-3、写真-4 参照)これより、肉眼で見えるせん断帯付近は、矢印で示される筋状の何本かの曲がった細線群から構成されていることがわかる⁴⁾。これらの線は、ある幅を持ち、ステップや分岐をしながら連続して繋がっている場合や途中で止まるものが見られる。これらの細線群の内部とそれ以外では土の構造がかなり異なる。両者の違いは、せん断による配向性の違いを反映していると考えている。写真-5、写真-6 中の土粒子をよく観察すると、せん断帯内部がより配向性が強いことが明らかである。さらに、分岐をして他の線へと渡っていく交点Aが示されている。

これら土粒子の大きさは、顕微鏡観察では $0.2\mu\text{m}$ ~ $2\mu\text{m}$ 程度であり、多くの土粒子は $0.5\mu\text{m}$ より小さい。せん断帯中にあってもaの矢印の間には細線として「渡り」が見られる。また、細線群の両端bにもある幅でせん

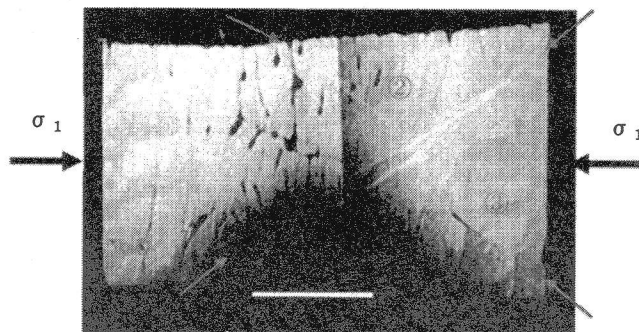


写真-1 薄片供試体上のせん断帯
 (簡易偏光顕微鏡, 10mm, 2×2×4cm)

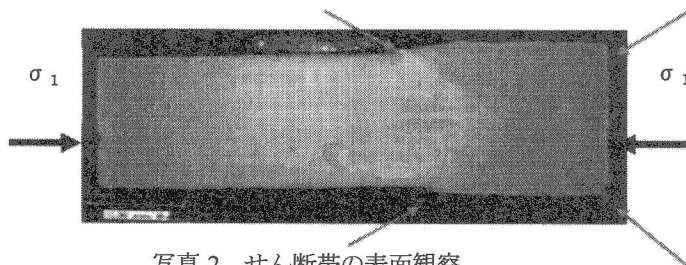


写真-2 せん断帯の表面観察
 (実体顕微鏡, 10mm, 2×2×6cm)

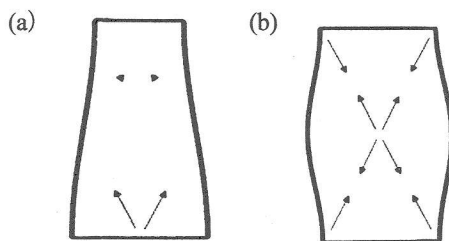


図-1 変形モードと破壊の発生位置の関係
 (a)対称1次モード (b)対称2次モード

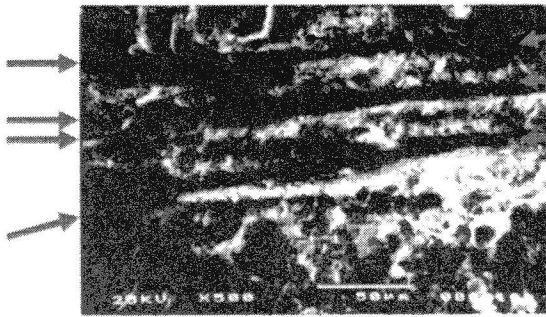


写真-3 せん断帯内部の細線群
(H 断面 $\times 500$, $50\mu\text{m}$)

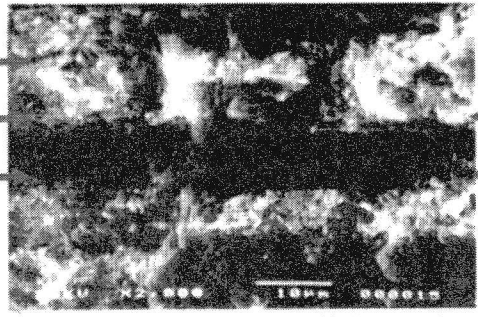


写真-4 せん断帯内部の細線群と周辺部
(H 断面 $\times 2,000$, $10\mu\text{m}$)

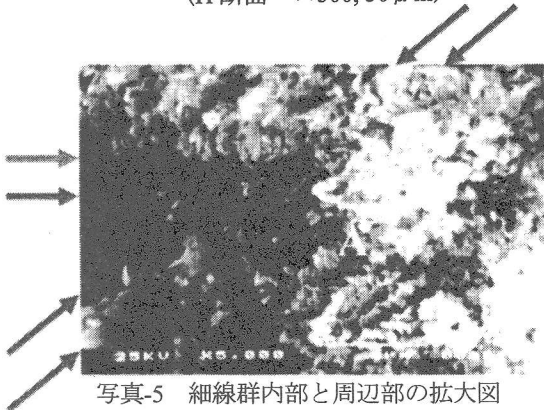


写真-5 細線群内部と周辺部の拡大図
(H 断面, $\times 5,000$, $5\mu\text{m}$)

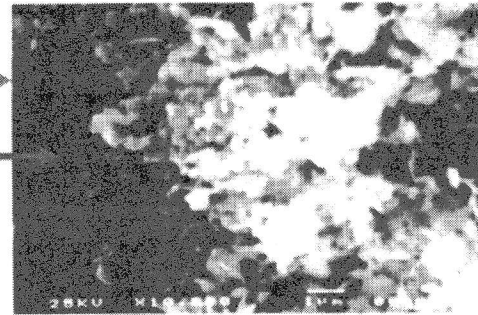


写真-6 細線群内部における土の構造
(H 断面, $\times 10,000$, $1\mu\text{m}$)

断が発達している土構造がかなり異なっていることがわかる。この幅はマクロ的にはせん断帯の細線幅が約 $9\mu\text{m}$ であるという報告⁴⁾ とほぼ一致している場合もあるが、さらに、これらの幅の中に約 $3\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ の雁行状の破碎帯があり、土粒子間にひび割れや空隙が見られる。せん断帯の幅は粒径と変形の大きさにより決まるといわれている⁵⁾ が、ここでは、幾つかの階層的な細線群が観察できる。これらの破碎されたせん断帯は偏光顕微鏡の中では細線の中の模様として見られる場合もある。

4. 最後に

せん断帯の幾何特性は、変形モードとかなり関連することが明らかとなった。また、せん断帯の内部構造として土粒子の配向性など土の構造との関係について考察をした。今後はこれらの画像より3次元的なせん断帯のイメージを捉えていきたい。最後に、電子顕微鏡に関して種々の便宜を計っていただいた本学高見新一先生に対して、記して謝意を表します。

参考文献：1) 佐野郁雄、篠田智史、岩尾美咲：粘土のせん断形状における階層性に関する考察、土木学会第 58 回年次学術講演会、Ⅲ-517、pp.1033-1034、2003。

2) 佐野郁雄：形状の異なる粘土供試体の変形モードとせん断帯の生成について、平成 11 年度関西支部年次学術講演会、Ⅲ-42-1~2、1999。

3) 佐野郁雄、野武俊宏、加守田剛弘：中空ねじりせん断試験機の試作とその適用、平成 11 年度関西支部年次学術講演会、Ⅲ-39-1~2、1999。

4) 佐野郁雄、金岡正信、西村正人、喜多陽太郎：粘土のせん断帯に生ずる細線の幾何特性、第 32 回地盤工学研究発表会(2 の 1)、pp.533-534、1997。

5) C.H. ショルツ (柳谷俊訳)：地震と断層の力学、古今書院、pp.120-132、1993。