

# 引張により形成される粘土のせん断帯の幾何特性について

大阪産業大学 正会員 佐野郁雄

大阪産業大学大学院 東山剛士

## 1. はじめに

不規則にみえるせん断帯にもある種の規則性があると考えられる。せん断帯のスケールが異なる場合においても、自己相似性と呼ばれる様々な形状・方向・発生間隔・長さ・発生角度などの幾何特性に類似したものが多くみられる。本研究では、カオリン粘土供試体を用い継続的に実施してきた圧縮場で形成されるせん断帯の幾何特性と同等に、引張試験を行い、引張に伴い形成されたせん断帯について、粘土供試体に現れるせん断帯の様々な幾何特性に着目して考察する。

## 2. 引張領域を与える試験方法

### 2. 1 単純引張試験による方法

単純引張試験では、図-1に示すように片面に紙やすりを貼り付けてあるL字型のアルミ板で供試体を両側から挟み、引張力を与える。実験を行うにあたり以下のことに注意して行った。なお、供試体寸法がおおよそ幅 8mm高さ 20mm長さ 50mmのカオリン粘土（先行圧密圧力はおおよそ  $100 \text{ k N/m}^2$ ）である。

- ・ 引張試験では、シリコーンオイルを塗布したテフロン板上に供試体を載せる。
- ・ L字型アルミ板に粗めの紙やすり（＃80）を貼り付けて供試体を掴むときに滑らないようにする。
- ・ L字板で供試体を引張る際に、強く掴みすぎるとその部分で供試体が破壊してしまうので注意する。（弱いばねを入れたネジを用いて供試体と接触させる）
- ・ 供試体は、片側を固定し、もう片方から引張力を与えて動かす。

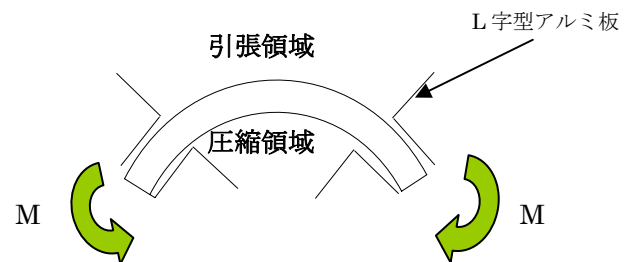
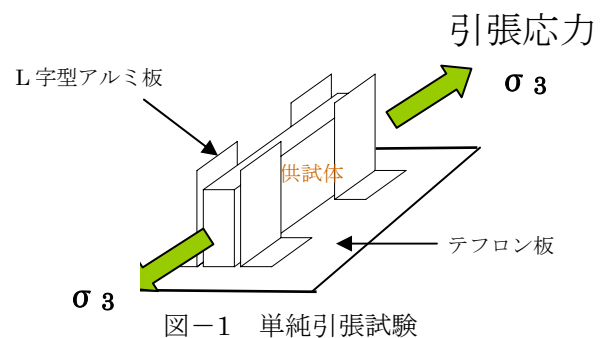
### 2. 2 曲げ試験による方法

図-2に示すように、両側を L 字板で挟んだ供試体を曲げることににより、供試体の引張領域に生ずるせん断帯を観察する目的で曲げ試験を実施する。このとき、曲げた供試体の上面は引張場になり、下面は圧縮場になる。

## 3. 引張せん断帯の表面観察

単純引張試験による供試体の表面にみられる引張せん断帯を写真-1に、曲げ試験による引張領域に観察される引張せん断帯を写真-2に示す。まず、引張方向に垂直な上下方向に引張亀裂が生じていることがわかる。次に、側面の自由境界部では主応力に対して斜め方向に共役な直線的なせん断帯がみられる。特に、曲げによる引張供試体の引張亀裂は、ステップを踏んでいる。

引張亀裂の発生間隔は、大きなものの発生間隔で見ても、細かいステップをしている間隔で見ても、ある



幅の整数倍になって発生している。これは、地球規模で見られる中央海嶺やトランスフォーム断層などにおいても見られる特徴であり、類似性を示している。また、明瞭なせん断帯と不明瞭なせん断帯があるリズムにより規則的に混じって現れている。

供試体側面に発生する格子状のせん断帯はどちらの写真でも観察することができる。この規則的に見られるせん断帯は、比較的是っきりと見られるものも多いが、それ以外にもさらに細かい発生間隔のものも観察される。また、いくつか特定した別の違う発生角度の直線的なせん断帯も多く見ることができる。なお、単純引張試験を行なった供試体は、曲げによる引張試験を行なった供試体よりも格子状の破壊線が明瞭でなく、発生頻度も少ない。

これら格子状の模様の発生領域は側面部に限られたある特定の範囲のみで分布しており、引張亀裂領域に連続してつながっている。

#### 4. 引張せん断帯の偏光顕微鏡による観察

表面観察において、曲げによる引張試験で顕著に見られたひび割れは、一見すると単純引張試験ではあまり見られない。しかし、偏光顕微鏡で観察した写真-3に示されるように、単純引張試験供試体においても、格子状のせん断帯を数多く確認することができる。写真-3の点線で囲んだ部分では、共役方向に発生しているせん断帯が分岐して、その先から、写真-2に見られる引張亀裂へと転移していくようすがわかる。

写真-4では、格子状の引張せん断帯が規則性をもって発生していることがわかる。明瞭なせん断帯の間隔を測定した結果、約0.1mm間隔でせん断帯が発生していることが確認できる。しかし、その他にも多くの角度でせん断帯は存在し、発生間隔は他の場合もある。また、写真-4で見られているせん断帯の幅は、約0.01mm～約0.02mmのものが多い。図-3は、引張りを受けると、 $\sigma_1$ 方向に共役な一定の方向角度となるせん断帯が発生し、そのせん断帯がずれることによって、矢印の方向に土粒子が動く概念図を表している。矢印が同じ方向を向いている①の線で囲んだ場所では、土粒子が溜まり、逆に矢印がそれぞれ違う方向に向いている②の線で囲んだ場所では土粒子が無くなる。すなわち、土粒子の動きから明らかに、①では凸状態になり、②では凹状

態になる。①領域は、せん断帯が交差する地点で、溜まった土粒子どうしがぶつかり、行き場を無くするため、座屈し、2つの方向に分岐する可能性のある領域であると考えられる。

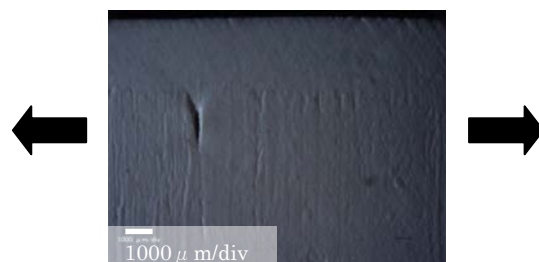


写真-1 単純引張試験による引張せん断帯 (×25)

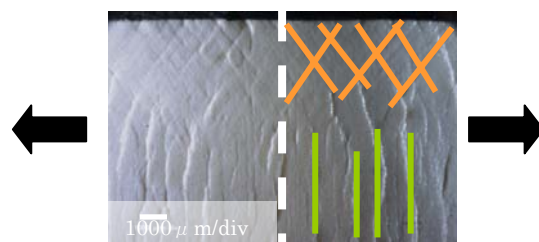


写真-2 曲げによる引張せん断帯 (×25)

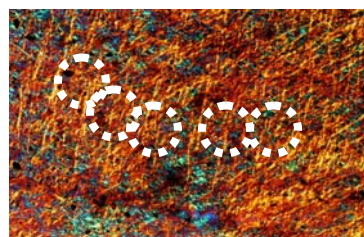


写真-3 せん断帯の分岐と転移 (H断面) (×50)

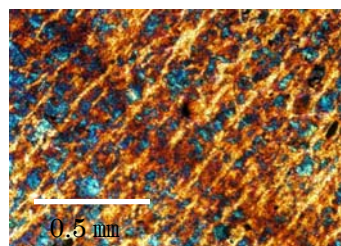


写真-4 規則的なせん断帯 (×100)

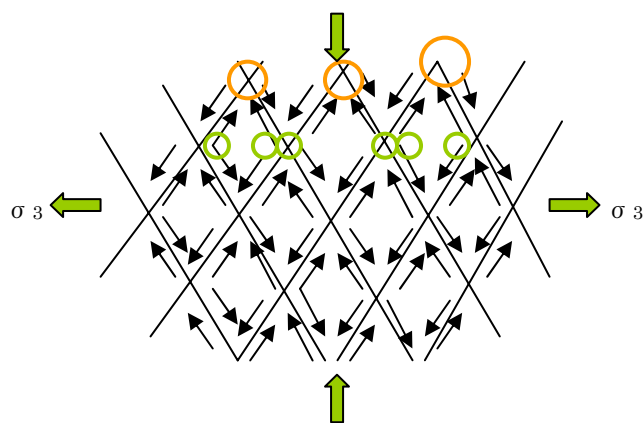


図-4 土粒子の運動図