

大阪産業大学工学部 正会員 ○ 佐野郁雄  
同 上 正会員 金岡正信  
大阪産業大学大学院 学生員 喜多陽太郎

### 1. 格子点解析

水面上の2点に水滴を落とすと、波紋が広がり、重なり合って格子点状の模様が現れる。応力集中している位置に関しても同様の格子点状の模様が見られる場合がある<sup>1)</sup>。ここで破壊が応力集中の格子点を結んだ線上に生成されると考えると、せん断帯を構成する最小单元である細線は、この格子点を結んだ線そのものとなる<sup>2)</sup>。このような考えにもとづき、細線の幾何特性を知るために、ある方向にある間隔をもつメッシュをバックグラウンド（背景）としてせん断帯スケッチ上に用いた格子点解析を行う。応力の特性線方向（ $45^\circ - \phi/2$ ）は、残留内部摩擦角 $\phi = 24^\circ$ とすると、 $33^\circ$ 方向となるため、メッシュはその方向に細線の発生間隔である $0.009\text{ mm}$ <sup>3)</sup>（平均粒径の20～50倍）の間隔とした。

### 2. 細線の角度・長さ・発生位置の考察

カオリン粘土供試体（幅 $2\text{ cm} \times$ 高さ $2\text{ cm} \times$ 長さ $4\text{ cm}$ ）に、軸ひずみ $\epsilon = 7.5\%$ 与えて一軸圧縮したときに生成されたせん断帯<sup>4)</sup>が写真－1に示されている。このせん断帯は、図－1に示すとおり、いくつかの決まった角度を持った細線の組み合わせによって構成されている。ある細線に注目すると、発生間隔がある長さの整数倍になる。細線の長さや発生位置についても規則的な固有の幾何特性があることがわかっていく<sup>2)</sup>。たとえば、A付近の東西方向から $22^\circ$ 方向の細線に注目する。 $22^\circ$ 線の方向は、メッシュを用いると北東－南西方向の格子9に対して、北西－南東方向の格子2の比（9:2）で表される合成された格子の対角線方向である。図－2に示された $22^\circ$ 線の場合、格子点上を渡って生成しているか、もしくは、格子点上を渡らない細線もその線を延長してみると、その線が格子点上を渡っていることがわかる。また、この細線の長さも、合成された格子の対角線長さの $n/9$ （ $n$ ：整数）となることがわかる。そのため、ある選択された角度・長さ・発生位置しか細線は生じないことがわかる。

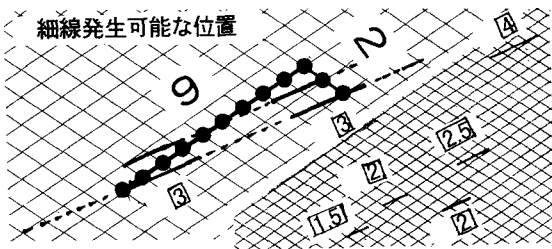
### 3. 細線のステッピングの考察

細線のステッピングには、せん断帯の全体的な方向に対して細線がほぼ平行に低角度の細線をとめないライトステッピングするものと、高角度でレフトステッピングする場合がある。図－3には、B付近における低角度のステッピングをするエシュロン細線群の細線が示されてる。まず、細線①～⑦をメッシュ上の直線I，IIに注目して、すべての細線を交差する格子点まで延長してみる。細線①と細線②は、メッシュIとメッシュIIの $1/2$ の位置で端部どうしが重なり合う。また、細線③の中央部に向かい細線②が生成されている。細線④と細線②は、互いにメッシュ方向と平行であり、細線③は細線②から細線④へライトステッピングする橋渡しの役割をしている（ブリッジ構造）。細線④の延長線であるメッシュII上を端点として細線⑤～⑦が生成しており、細線④を延長した方向を包絡線とするエシュロン構造になっている。なお、表－1には、それぞれの細線の角度と互いのステッピングする方向など幾何特性がまとめて示されている。以上より、細線のステッピングにおいても格子点により幾何特性が明らかになる。

観察より土粒子の配向の度合いが小さな変色域は連続しているようにみえる。しかし、ここで描かれたような明瞭に発色している、すなわち、強くせん断を受けている細線は、不連続に飛びながら存在してあるバックグラウンドの幾何特性に支配されながらせん断帯を構成していくことは興味深い。

### 4. メッシュに関する今後の課題

格子点解析を進めるにあたって、異なる方向や間隔、また、北東－南西方向と北西－南東の方向別の間隔をもったメッシュによる解析を行うことも考えなければならない。このためにも、せん断をあまり受けていない領域の格子点解析を進める必要がある。しかし、格子点解析はせん断帯の幾何形状を考察するのに有効であると考えられる。



- ・細線は格子点や、格子点間の対角線方向に生成する (22° 細線の場合 9 : 2) .
- ・細線の発生位置は、格子を結ぶ線上に存在する.
- ・細線の長さは、対角線の  $n/9$  倍 ( $n$  : 整数) である. しかも対角線を 9 分割する点のいずれかを始点としている. 多くは、メッシュ線上から生成している.

図-2 33° 線・0.009mm 間隔のメッシュ上 A 付近の 22° 細線のスケッチ図

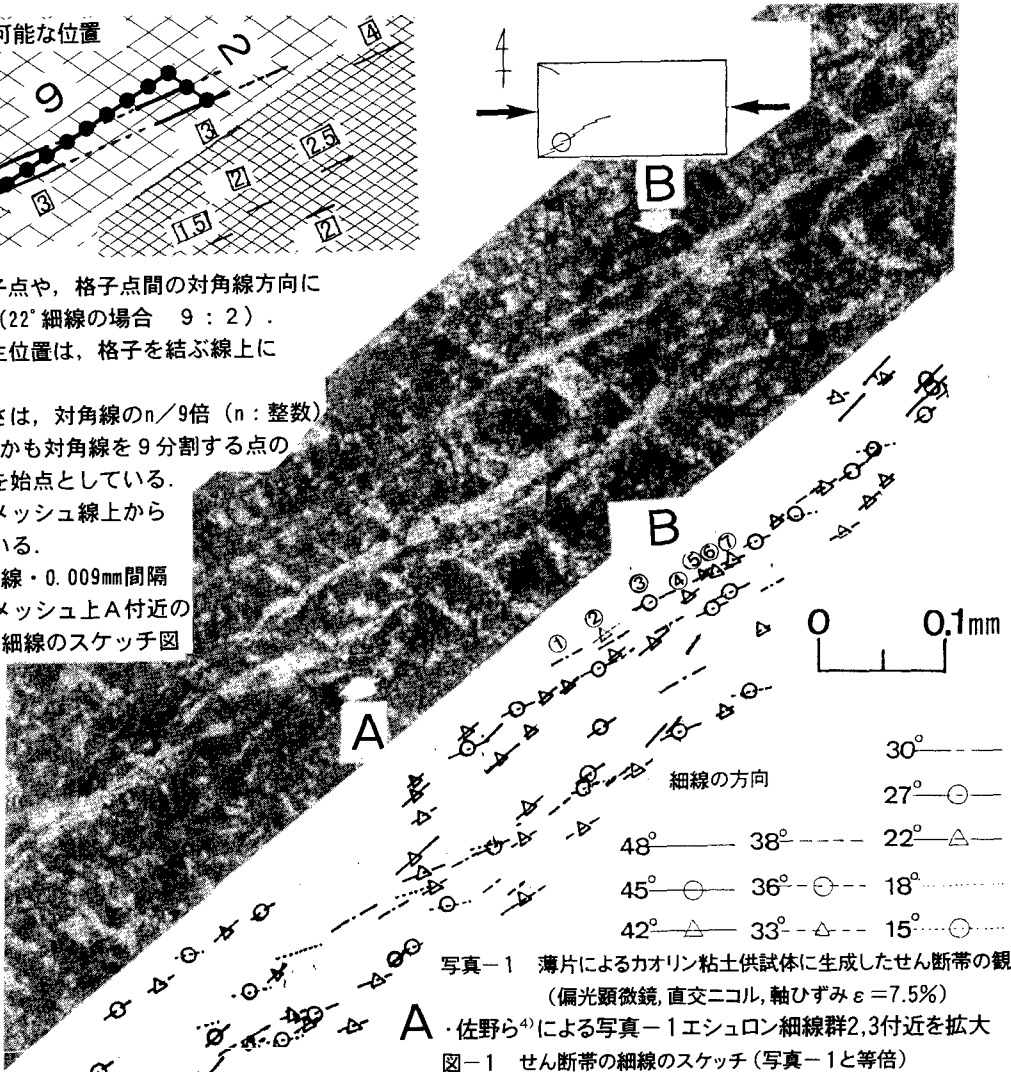


写真-1 薄片によるカオリン粘土供試体に生成したせん断帯の観察 (偏光顕微鏡, 直交ニコル, 軸ひずみ  $\varepsilon=7.5\%$ )

図-1 せん断帯の細線のスケッチ (写真-1 と等倍)

- ・細線を格子点まで延長させると、各細線の役割が明瞭となる.
- ・明瞭な細線は、不連続に存在する.
- ①, ②, ④ : せん断帯の主方向
- ③ : ブリッジ細線
- ⑤, ⑥, ⑦ : エシュロン

表-1 B 付近の細線のステッピング

| 細線No | 細線角度(°) | 格子の比 | ステップ方向 | ステップ角度(°) |
|------|---------|------|--------|-----------|
| ①    | 30      | 20:1 | L      | -3        |
| ②    | 33      | 1:0  | -      | -         |
| ③    | 27      | 8:1  | R      | -6        |
| ④    | 33      | 1:0  | -      | -         |
| ⑤    | 22      | 9:2  | R      | -11       |
| ⑥    | 22      | 9:2  | 4-R    | -11       |
| ⑦    | 27      | 8:1  | 4-R    | -6        |

R: ライトステッピング, L: レフトステッピング

(参考文献)

1) Ikeda K., Murota K., Nakano M.: Echelon Modes in Uniform Materials, Int. J. Solids Structures, Vol. 31, No. 19, pp. 2709-2733, 1994. 2) 佐野郁雄, 金岡正信, 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回地盤工学会研究発表会 (投稿中) 3) 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, 土木学会第51回年次学術講演会, pp. II-21-1-II-21-2, 1996 4) 佐野郁雄, 金岡正信, 西村正人: 粘土に形成されたせん断帯の内部構造について, 第31回地盤工学会研究発表会, pp. 817-818, 1996.