

III-188 粘性土のせん断変形機構に関する微視的考察

国際協力事業団 正会員 ○前川憲治
 京都大学防災研究所 正会員 嘉門雅史
 京都大学大学院 学生員 佐野陽一

1. はじめに 電子顕微鏡を用いてせん断変形時の粘土の挙動を直接観察することは、土粒子構造の力学的挙動を微視的レベルで考察する上で非常に有効な手段である。著者は既にそのための超小型せん断試験機(USSBT)を開発し、有効性を報告している¹⁾が、ここでは粉末カオリンによる人工粘土、及び自然の洪積粘土を用いて、せん断面付近の粒子挙動を観察し、そのせん断変形挙動を考察している。

2. 実験方法 本研究では、走査型電子顕微鏡(SEM)の鏡体内に図1に示すようなUSSBTを導入し、 $10 \times 20 \times 12 \text{ mm}$ の小さな供試体を一面せん断して、供試体表面に現れる変形挙動を連続的に観察している。用いた試料は粉末カオリンを 12.8 kgf/cm^2 まで圧密したものと自然の洪積粘土の2種類であり、高真空状態のSEM鏡体内でも粘性土の性質を保持できるように、間隙水をポリエチレングリコール(PEG)に置換している。試験方法の詳細と試料作製方法は参考文献2), 3)に詳しい。

3. 微視的変形挙動 微視的変形挙動を捉える方法としては、一連の粒子挙動を連続写真に撮り、土粒子の相対変化を図化する方法を採っている。紙面の制約上、せん断面発生過程の相対変位図を2種類の試料について一つずつ示す。図の右にある矢印は、土粒子位置を示している各記号と同時刻での巨視的なせん断変位の大きさを示している。

まず図2は粉末カオリンによるものであるが、せん断帯発生地点を観察している。右端のB点を基準点としたので、左側の粒子が下方へ相対的に変位しているが、B点付近では相対変位がほとんどなくせん断面の影響はないと考えられ、図中に示す幅約 $160 \mu\text{m}$ のせん断層にせん断のひずみが集中している。

なおせん断の進行に伴い、このせん断層幅が減少していくことが観察されている。また、用いたカオリン粒子の平均粒径は約 $6 \mu\text{m}$ (D_{50})である。

次に図3は洪積粘土によるものであり、点Aを基準点としたものであるが、小さいひずみ状態(応力状態はピーク強度の約5割)から急激に相対変位が増加しているのが観察できる。これは前者に比べ、かなり脆性的な破壊であると考えられる。

以下、粘性土の微視的せん断変形挙動の観察結果を簡条書きに挙げていく。

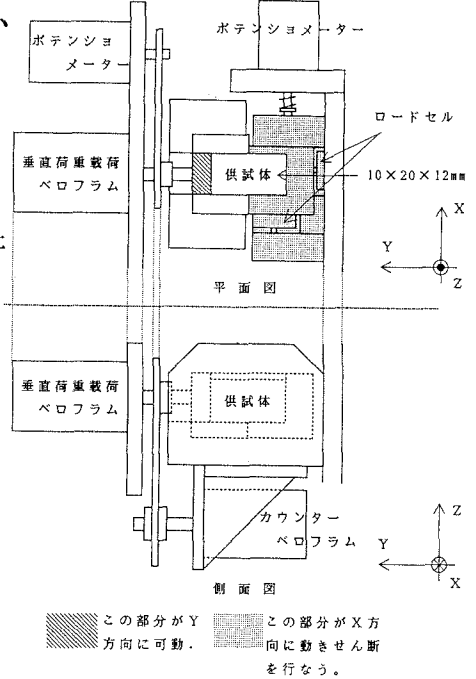


図1 超小型せん断試験機(USSBT)模式図 (μm)

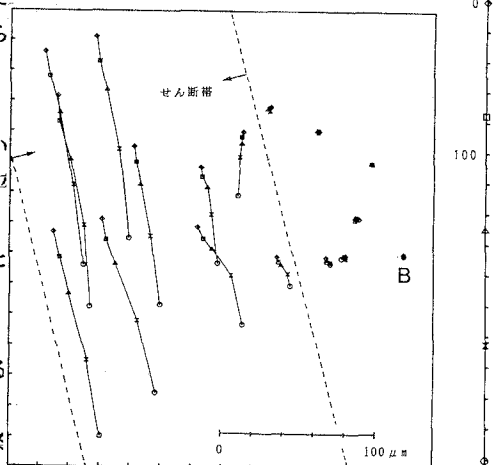


図2 点Bを基準点とした相対変位図(粉末カオリン試料)

・粘性土(粉末カオリン)の微視的変形挙動について

- ① せん断初期には、広範囲(せん断域と呼ぶ)に均一もしくは連続的なひずみが生じる。図4では○がせん断開始前、●がしばらくせん断した後の粒子位置を示すが、せん断域外では粒子の相対変位が生じていないことを示している。
- ② 巨視的なひずみが5~10%程度の時期に、ひずみがせん断面に集中し、せん断帯を形成する。
- ③ せん断帯は発生当初には広い幅を持つが、せん断の進行に伴いそのせん断変位はせん断面に集中し、最終的に変位の不連続面(せん断面)ができる。図5にその模式図を示す。
- ④ せん断面が視覚的に明らかになる前に、微視的なせん断変位はせん断面に集中している。
- ⑤ せん断面を挟んでの相対変位は、せん断面中のせん断の進行に伴う土粒子同士の摩擦(インターロッキング)の影響により、変位速度が一定していない。

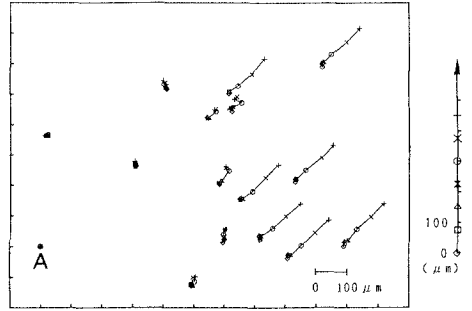


図3 点Aを基準点とした相対変位図(洪積粘土試料)

- ⑥ 破断面が発生した後は、その周辺の粒子の相対変位はほぼ止まる。

・洪積粘土の微視的変形挙動について

- ① 粉末カオリンの試料ほどせん断面の影響が周囲に強く現れることはないが、乾燥試料とは違い若干ながらせん断面の影響がみられる。
- ② せん断面発生形態は、粉末カオリンの試料とは違いかなり脆性的で、小さなひずみ状態から急速にせん断面が発生する。

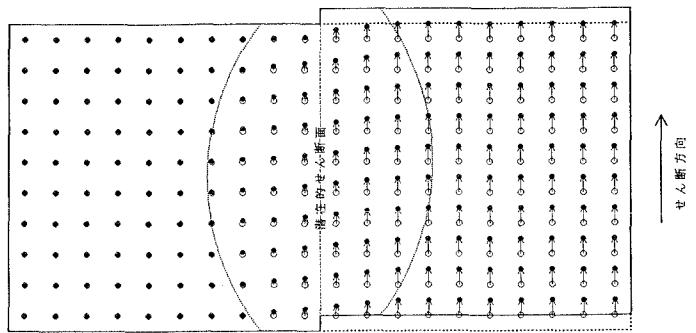


図4 せん断初期の粒子挙動模式図

4. おわりに 今後改良すべき装置上

の問題としてとして、観察範囲の拡大、垂直荷重を載荷するペロフラムの問題が残っている。また、土粒子の配向方向による異方性がせん断挙動に与える影響、ダイレイタンス挙動の微視的意味付け等、本研究では明らかにできなかった点も多く、今後の課題としたい。

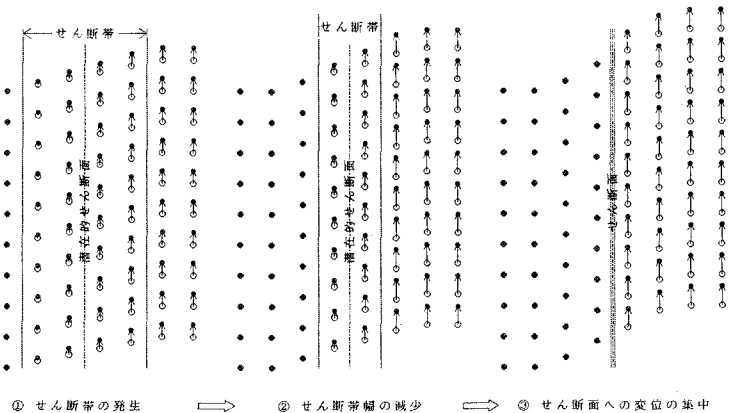


図5 せん断帯の粒子挙動模式図

《参考文献》

- 1) 嘉門雅史・前川憲治・佐野陽一, 都市ゴミ及び下水汚泥焼却灰のせん断変形機構に関する微視的考察, 第46回年次学術講演会講演概要集第3部, 1991, pp.832~833.
- 2) 嘉門雅史・前川憲治, 洪積粘土の微視的変形機構に関する実験的考察, 第25回土質工学研究発表会発表講演集2分冊の1, 1990, pp.605~606.
- 3) 嘉門雅史・内田康彦, 粘性土の変形機構の微視的観察, 第44回年次学術講演会講演概要集第3部, 1989, pp.408~409.