

土の微視的せん断挙動について

京都大学工学部 正員 嘉門雅史

西松建設 正員○木村博規

1. はじめに……微視的な立場から土構造の変位を直接的にとらえることは、土の巨視的な変形挙動のモデル化のためにきわめて重要であり、電子顕微鏡などを用いた研究が各地で進められている。また、粘性土のせん断変形問題を考える場合、単に破壊強度だけでなく応力とひずみの経時的重要性を認識し、より精密な実験によるパラメータの決定と的確な構成式の設定が課題となっている。本研究では、微視的土構造の変形の過程をとらえることが巨視的な工学的特性を説明するという観点にたち、微視的かつ動的立場から粘性土のせん断における変形挙動について、また応力-ひずみとの関係について考察したものである。

2. 実験概要……本研究では、走査型電子顕微鏡 (SEM) 鏡体内に設置しうる超小型せん断試験機¹⁾を用いて粘性土の一面せん断試験を行う。本試験機は、SEM装置内の高真空下においてひずみ制御方式でせん断を行いうるもので、せん断速度は、0.1, 0.05, 0.01, 0.005 mm/minの4段階選択でき、半導体小型荷重変換器を取り付けることによりせん断応力の測定も可能である。試験機の試料ホルダー部を図-1に示す。試料には、新潟県六日町の魚野川河川改修工事現場においてセメント混合処理された粘土と圧密したカオリナイト粘土の2種類を風乾した後、直方体(1.0cm×1.0cm×2.0cm)に成形したものを用いた。

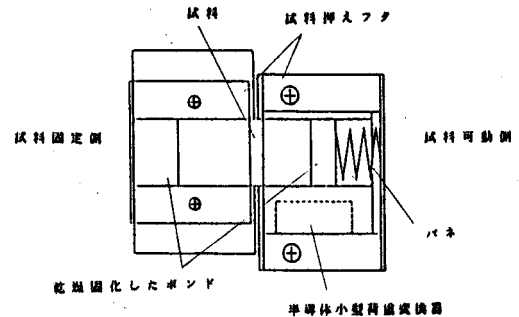


図-1 試料ホルダー部

3. 結果と考察……観察された一面せん断の挙動パターンは以下の通りである。せん断開始後

しばらくは観察面に変化がなく、その後ベッド間の間げきに沿って破壊線がはいり、試料は破壊線に対して垂直方向に分離される。しかし、左右の試料の相対変化が進むと再び接触、衝突を起こす。衝突したベッドははく離され、左右の試料にはさまれて回転や破碎等の挙動を示した。その代表的な例を模式図を用いて図-2に示す。可動側のベッドの移動に押し上げられるように、ベッド①が右へ移動し、その後ベッド①とベッド②がひとつになってベッド③付近を中心に反時計方向へ回転している。さらに回転を続け、ベッド④が押し上げられ、ベッド⑤～⑦は破壊線に沿うように、またベッド⑧は上方へ動いていく。ここで気づくのは、ベッド①の間げきの減少である。圧密荷重が大きく初期状態の間げきが小さい試料ほどベッド間、ベッド内の間げきの減少は小さいと思われる。

つぎにせん断強度を支配する要因のひとつであるダイレイタンスーについて図-3により説明する。せん断面からそれぞれ 50 μmほど離れたベッド①、②は、せん断がすすんで

Masashi Kamon and Hiroki Kimura

も変形を起こさないまません断面と垂直方向へ離れていく。せん断方向への相対変位が約 $40\mu\text{m}$ 広がる間に、せん断面に鉛直方向への相対変位は約 $105\mu\text{m}$ から約 $120\mu\text{m}$ に広がっている。また、ベッド③はこの間に約 $20\mu\text{m}$ から約 $40\mu\text{m}$ へ広がっている。このことからわかるようにせん断面付近のベッドの動きは活発で、せん断面に垂直方向への変位は大きい。しかし、この活発な動きは全体の垂直変位には大きく反映されず、全体としてのダイレイタンスー以上に、せん断面付近のダイレイタンスーの方が大きい。また、六日町粘土のようなセメント固化した試料の方がカオリナイトのような未固結の試料に比べ、分離されるベッドが大きく破壊形態もぜい性的であった。

一般的には、せん断応力がピークに達する時に破壊線が入ると考えられているが、本試験では応力がピークに達する前に破壊線が現れることが多かった。破壊線が現れると応力は少し下がるか、応力増加が停滞する。しかし、せん断を続けると再び応力は増加し、やがてピークに達してから下がりだす。その様子を図-4に示す。多くの場合、ひずみが応力ピーク時の60~70%で破壊線が現れ、この破壊線が最終的な主せん断面となることは少ない。この破壊線はReadelせん断面の一部で、ピーク付近でこれをつなぐようにせん断面が発達すると考えられる。

4. おわりに・・・粘性土のせん断面付近の微視的変形挙動としてダイレイタンスーがある。そのためせん断領域内のベッドほど大きな挙動を示し、せん断面に対する垂直方向への変位は大きく、ベッド内の間げきの変化も大きい。またせん断過程における破壊面の出現の様子として、Readelせん断面が応力ピーク時よりも早い時期に生じ、その後主せん断面へと発達するのが観察された。最後に、本研究に際し懇切な御指導・御援助を賜りました京都大学教授赤井浩一先生に深く感謝の意を表します。

参考文献 1) 嘉門・山口: SEM実装タイプの超小型せん断試験機の開発とその適用に関する研究, 第40回土木学会年講概要集, 3, pp.489~490, 1985

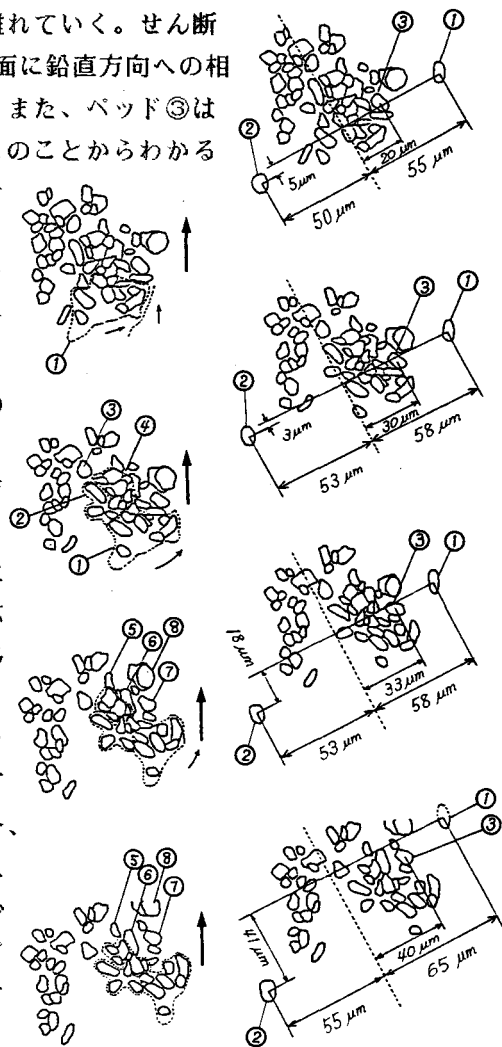


図-3 ベッドの相対変位

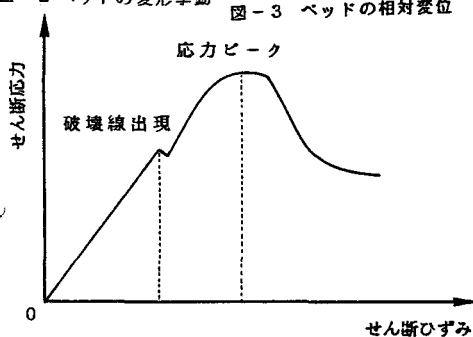


図-4 応力-ひずみ関係