

粘土のくり返しせん断試験

京都大学防災研究所 正員 村山 朔郎

京都大学防災研究所 正員 栗原 則夫

1. まえがき

従来、三軸試験などによって、粘土の破壊機構についての実験的研究が数多く行われているが、それらを示すところによれば、ある応力条件のもとで平衡状態にある粘土がせん断されると、その粘土の状態は応力とヒズミと間接比によって規定される一定の破壊平衡状態へ移行する。しかし、普通のせん断試験においては、供試体は均一なせん断ヒズミを与えることはむずかしい、また供試体中で破壊の不均一性などによって、せん断が構造の弱い部分から局部的に進行して、特定のスヘリ面に破壊するということが多くあり、結局得られた測定結果がどの程度せん断領域の状態と正しく反映しているかわからない。したがって、そのような結果を用いて破壊平衡状態に至る過程を論ずるにはどうしてか限度がある。著者らは、適当なヒズミの範囲でくり返しせん断することによって、少しでも均一なせん断を行ない、せん断によって粘土が破壊平衡状態に至る過程を調べる実験を行っているが、ここにその一部を報告する。

2. 実験方法

試料は $LL=38.3\%$ 、 $PL=25.5\%$ 、粘土分 50% の粘土を繰返し、 0.5 kg/cm^2 で再圧密したものをを用いた。この試料を用いて、含水比が同じで、応力状態の異なるいくつかの試料をつくり、非排水状態でくり返しせん断（ヒズミ制御式三軸圧縮試験）を行った。まず、三軸セル中で圧密圧力 4 kg/cm^2 と 0.3 kg/cm^2 の間を何回かくり返して

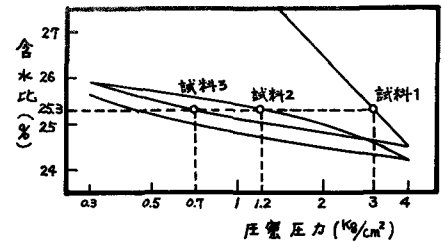


図-1 圧密曲線

均方圧密して、図-1 のような圧密曲線をおいておき、これから含水比が同一（ここでは $w=25.3\%$ ）で、応力状態の異なる点（ $\sigma_c=0.7, 1.2, 3.0\text{ kg/cm}^2$ ）を定める。そしてそれぞれの点の表わす状態の試料をつくり（圧密は24時間、膨潤は48時間とした）、非排水、ヒズミ制御（ヒズミ速度は、載荷時は $330\%/s$ 、除荷時は $1000\%/s$ ）で、まずヒズミ $=1\%$ を5回くり返しせん断し、その後 10% をせん断して除荷し、再び載荷して破壊させた。また、比較のために同じヒズミ速度で普通の三軸試験を行った。以上すべて back pressure は 1.0 kg/cm^2 を半日以上作用させた。試料は直径 3.57 cm 、高さ 7.95 cm の円柱形試料である。

3. 実験結果と考察

図-2, 3, 4 に応力経路を示す。図中、実線は載荷時の経路、虚線は除荷時の経路を表わしている（ w は破壊時の含水比）。図中には第2サイクルから第5サイクルまでの経路は示されているが、それらはすべて第1サイクルの除荷の経路と第6サイクルの載荷の経路間であり、しかもヒズミ $=1\%$ の $\sigma_1-\sigma_3/2$ はサイクル毎に減少している（経路1, 6, 7の数はサイクル回数を表わす）。なお、破壊は普通のせん断による経路（経路0）である。まず図-

2をみると、正規圧密状態から出発した径路は、くり返しせん断によって圧力へずれて過圧密状態へまよる径路に変化している。これは図-3についてと同様である。図-4では、第1サイクルで径路は右へ移動するが、以後は圧力へずれている。これは、くり返しせん断によって試料内へ不安定な位置にある粒子が安定な位置に移動し、そういう粒子の数がくり返しとともに増大する結果、拘束圧力に対応した間隙水圧の発生するにためであろう。そして特徴的なことは図2,3,4の径路6,7は、すべて径路はちかちかへてと無限に近づく点に集まっていることである。このことは、3つの試料がほぼ同一の含水比である以上、同一にせん断されればせん断領域における破壊平衡状態は、ほぼ同じであることを表わしていると考えられる。また図-4の径路0は、やはり離れたい点で破壊しているが、この場合は、含水比が少し高いことであろうが、せん断が局所的に進行したため小さいヒズミで破壊してしまっているにためであろう。

さて、以上の点をもう少し詳しくまとめるため、図-2,3,4の径路7と同じ図に描いてみると、図-5のようにになり（破壊は図-4の径路0）、3つの径路は、ほぼ同一である。

これは、試料1,2,3がせん断によって最終的には、同一の状態へ到達し、一定の径路を経て破壊に至ることを示すものであろう。また、これらの包絡線（図中の一点鎖線）は図-2,3,4の径路0の包絡線（普通の試験から得られる破壊包絡線）で、この場合は原点を通る直線よりも上になっている。

現在、実験は継続中であるので、詳細は講演時に述べる。なお、実験の協力を得ている京都大学研修員、松川元氏に謝意を表す。

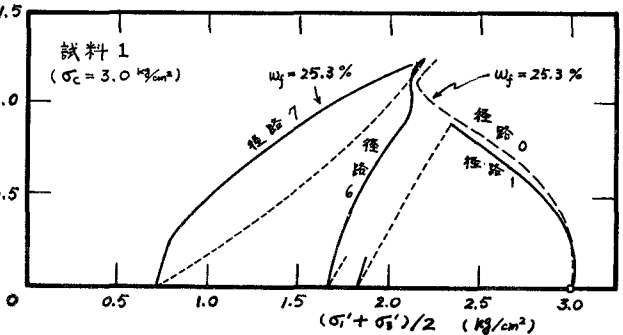


図-2 有効応力径路（試料1）

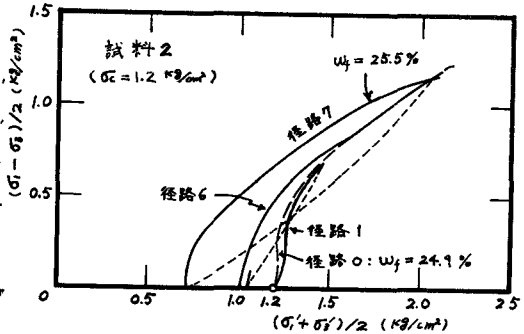


図-3 有効応力径路（試料2）

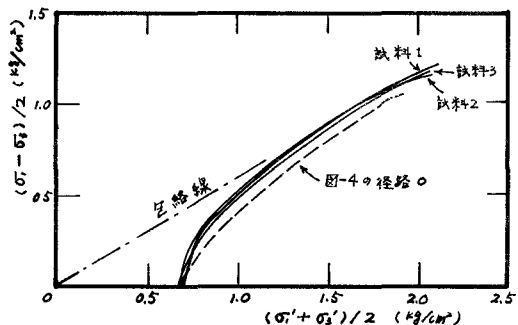


図-5 サイクル載荷時の有効応力径路

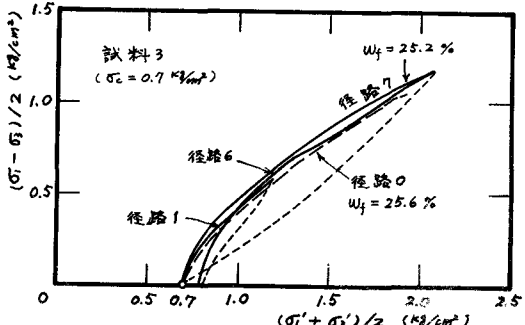


図-4 有効応力径路（試料3）