

III-172 繰返し荷重下における御岳軽石層のせん断特性

信州大学工学部 正会員 小 西 純 一
" 正会員 川 上 浩

1. まえがき

長野県西部地震によって崩壊した王滝村松越地区より採取した、乱さない軽石層（パミス）試料に対して、圧密非排水繰返し三軸圧縮試験（CU Test）を行った。その結果、初期せん断と与えた繰返し三軸圧縮試験によって得られる有効応力経路は、単調載荷の場合の破壊線を超え、新たな限界線に漸近するという結果を得た。これは安田ら¹⁾が、同じ松越軽石層について、動的強度が静的強度に比べて大きくなると全応力解析に基づいて報告した結果と符合しているが、新しい限界線の意義については今後明らかにしてゆくつもりである。

2. 試料および試験方法

試料は松越地区の崩壊斜面のすべり面と考えられる地層よりブロックサンプリングしたもので、風化の進んだ軽石である。自然含水比 $w_n = 120 \sim 150\%$ 、液性限界 w_L (平均) $= 94\%$ 、塑性限界 w_p (平均) $= 61\%$ であって、繰返すと液状となる。標準圧密試験によって得られた圧密降伏応力は $p_c = 2.1 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

直径 5 cm 、高さ 11 cm の円柱供試体と乱さないブロックから削り出し、三軸室にセットし、管路および供試体内の空気を CO_2 ガスに置換しさらに脱気水にて飽和させた。背圧は $B.P. = 2 \text{ kgf/cm}^2$ と加えた。間隙圧係数 B の値は 0.95 以上を目標としたが、得られた $B = 0.90 \sim 0.97$ で、一部に $B = 0.76$ のものもやむを得ず使用した。

$K = \sigma_r / \sigma_a = 0.5$ で、 $\sigma_r = 2$ または 4 kgf/cm^2 まで異方圧密した後、 $q_0 = \sigma_a - \sigma_r = 2$ または 4 kgf/cm^2 (図-2のAまたはB点) を中心に、応力振幅 $\pm q_a$ ($q_a/q_0 = 0.4, 0.6, 0.7$ に設定) の非排水繰返し圧縮を行った。載荷は 0.1 mm/min の変位制御によった。なお試験機は誠研舎製の高圧振動三軸試験機 (DTC-279) を用いた。

3. 単調載荷試験

通常のCU試験によって得られた有効応力経路を図-1に示す。 $p' = 8 \text{ kgf/cm}^2$ の供試体のみ、飽和が不完全で ($B = 0.76$) 最初の間隙水圧の出方が悪くなっている。この結果より得られた強度定数は

正規圧密領域 : $c' = 0$, $\phi' = 32.3^\circ$

過圧密領域 : $c' = 0.3 \text{ kgf/cm}^2$, $\phi' = 27.4^\circ$

となった。

4. 非排水繰返しせん断試験結果

図-2のAまたはB点まで異方圧密させた試料（初期せん断応力 $q_0' = 2$ または 4 kgf/cm^2 ）に対して、 $q_a/q_0 = 0.4, 0.6, 0.7$ の応力振幅で、非排水繰返しせん断を行った。図-2には、A、B各点を通る正規圧密土の非排水有効応力経路 (a, b) の予測線および図-1で得られた破壊線 (c) を示してある。

得られた有効応力経路の一例を図-3に、また、軸差応力 q' 、間隙水圧 Δu 、と軸ひずみ ϵ_a の関係を図-4に示す。

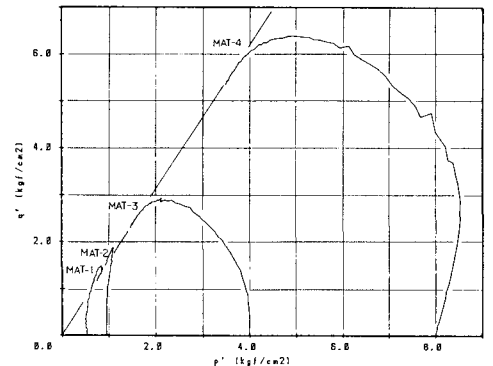


図-1 単調載荷試験の有効応力経路

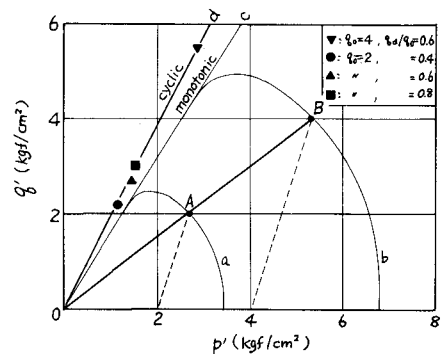


図-2 繰返しせん断の始点と限界線

有効応力経路はループを描きながら徐々に左方へ移動してゆくが、これは間隙水圧 Δu の累積によるものである。図示の例では、 $N=18$ 回目に軸ひずみ増分4%以上が発生し、試験を終了しているが、有効応力経路は単調載荷時の破壊線を超えてさらに左上方に進み、ある臨界線に漸近するように見える。繰返しせん断による軸ひずみは、 $\Delta u/\sigma'_v = 0.6$ を越える $N=11$ 回あたりから加速度的に大きくなっている。なお、応力振幅は、ひずみが増増しはじめると、追従しきれず、少しずつ小さくなってしまった。図-5には $\varepsilon_a, \Delta u$ を繰返し数に対して示す。

有効拘束圧 σ'_v や q_a/q_0 の異なる他の試験でも同様の傾向が観察された。

ここで、応力経路が最終的に到達する点に着目し、これらを図-2上にプロットしてみた。すると、これらの点は、図中に“cyclic”と記した太い実線dの上に載るようである。この直線dは原点を通り、単調載荷の場合の破壊線cよりも傾きが大きい。直線dと繰返しせん断時の(正規圧密領域での)破壊線とを比べると、これに対応する有効応力に関する強度定数は

繰返し(正規圧密) : $c'=0, \phi'=47.1^\circ$

となる。この ϕ' の値は、単調載荷の場合に比べてかなり大きい。

5. 考察

初期せん断を与えた繰返し(動的)せん断においては、軟石層の動的強度は静的強度に比べて小さくなること、安原ら¹⁾によって指摘されているが、間隙水圧は測定されておらず、有効応力経路や、 c', ϕ' については検討されていない。

Hyde & Ward²⁾は繰返し荷重下の繰返し粘土に発生する間隙水圧について検討した。正規圧密粘土の非排水繰返しせん断において、間隙水圧の上昇により応力経路が左方へ移動してゆき、限界状態線よりdry sideにまで至ることと示し、あたかも強く過圧密された粘土のような挙動をなすと述べている。

安原ら³⁾は繰返し応力を受けた正規圧密粘土は擬似過圧密粘土としてみるうことを述べた。

本報告の軟石層も、繰返し応力下で、過圧密粘土のように正規圧密土の強度線を超えるが、これが単に間隙水圧の累積による有効応力の低下によるものなのか、あるいは繰返しせん断によるひずみ硬化やミキソトロピックな性質など微視的構造にかかわる問題なのか、興味深い。今後多方面から検討してゆくつもりである。

6. 謝辞

実験を行うに当たり全面的にご協力いただいたに本学の阿部広史氏、本年3月まで本学学生だった鈴木浩之君に感謝いたします。

1) 第20回土質工学研究発表会1985 2) Géotechn. 35 (1985)
3) 土と基礎 1985年3月号

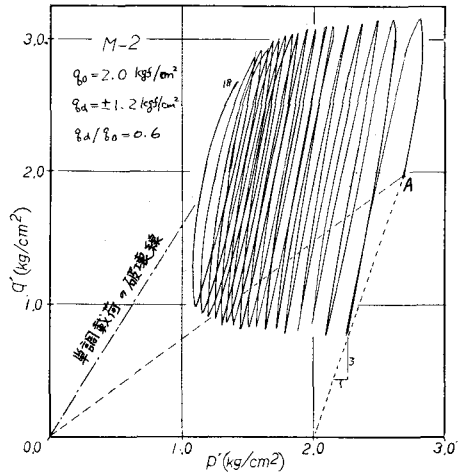


図-3 繰返しせん断の有効応力経路例

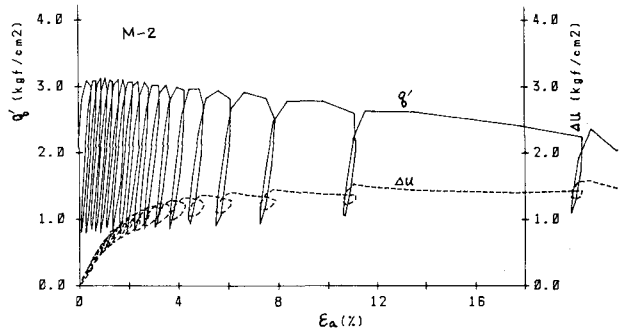


図-4 繰返しせん断の $q', \Delta u \sim \varepsilon_a$ 関係例

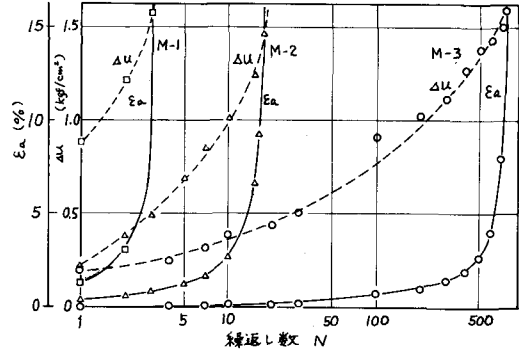


図-5 累積する $\varepsilon_a, \Delta u$ と繰返し数 N の関係