

軟岩の降伏特性

京都大学工学部 赤井 浩一

京都大学工学部 足立 紀尚

電力中央研究所 〇西 好一

1. まえがき

軟岩も基礎地盤として重量構造物を建設することが多くなり、その力学特性の解明が急がれている。軟岩地盤の特性は岩石自体の特性に強く依存しているものと考えられる。本研究は、これら軟岩の応力-ひずみ-時間関係を記述する構成式の確立を目的として、弾-塑性論的立場から、その降伏特性について考察したものである。

2. 試料と実験装置

試料は新三紀大谷層からえられる多孔質な凝灰岩であり、その物理諸量を表-1に示す。比較的等方で均質な材料であり、軟岩の力学特性を調べるのに理想的な材料と考えられる。供試体はコア-カッターを用いて整形した直径5cm、高さ10cmの円筒形であり、少なくとも8時間サクションポンプを作動させて飽和した。実験装置として30kg/cm²、および70kg/cm²までの側圧負荷が可能な三軸試験機を用いている。圧力制御方式、および三軸室(30kg/cm²)については、文献1)に詳細に述べられている。

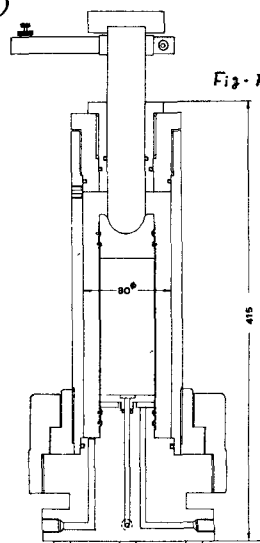
表-1 物理諸量

含水率	23.48	%
湿潤密度	1.86	g/cm ³
乾燥密度	1.52	g/cm ³
粒子比重	2.38	
一軸圧縮強度 σ_0	56.5	kg/cm ²

Fig-1に今回新たに作製した三軸室の概要を示す。このセルは肉厚1cmの鋼製円筒でできており、他の高圧三軸室と比して簡素化、軽量化されている。実験はCU-Test(圧密非排水せん断)およびD-Test(排水せん断)を行ない、CU-Testに対しては平均 4×10^{-2} %/minの定ひずみ速度で、D-Testに対しては、バロフラムを用いた応力制御方式がとられた。圧密時には5kg/cm²の initial back Pressure が適用されている。試験中、半導体型圧力変換器により、筒けき水圧の測定が行なわれた。

3. 実験結果

Fig-2はD-Testからえられる応力-ひずみ曲線E両対数紙上で整理したものである。明瞭な折点(降伏値)がみられ、これ以下では、ほぼ45°の傾きをもつ応力-ひずみ関係を示している。したがって、この降伏値以下では線型弾性もしくは粘弾性的挙動が卓越しているものと考えられる。また降伏は0.3~0.45%程度のひずみで生じ、降伏後は加工硬化を示しながら約2~3%のひずみ量で破壊している。このようにしてえられた降伏値も平均有効応力 σ_m と軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$ を座標軸とした応



力平面上にプロットしたのがFig-3である。図中にはCU-Testからえられる破壊値、および降伏値も示してある。図から明らかなように初期降伏軌跡は破壊強度同様、 σ_m に依存していることがわかる。またD-Testからえられる降伏値は破壊値の約70%程度であり、CU-Testからえられるものに比べて小さな値をとっている。この差の原因として試験条件の違いが考えられるが、速度効果の差も大きな原因と考えられる(D-Testにおける平均ひずみ速度は約 $3.5 \times 10^{-4} \%$ /min.である)。

塑性論によれば初期降伏後塑性状態にある材料が除荷され、別の経路にそって再び負荷をうけるとき、再荷以前に到達していた降伏曲面上までは、弾性的な挙動を示す。そのような塑性論的な立場にもとづきFig-5に示す載荷経路の下で降伏特性が調べられた。

Fig-4はその経路の下でえられた応力-ひずみ曲線を示す。図上で明瞭な降伏値が規定でき、断片的にはあるが後続の負荷面の形状を知ることが出来る(Fig-5)。単調応力増加によりえられた初期降伏軌跡と同様に σ_m に依存しているものになっている。また紙面の都合上体積変化特性について議論されなかったが降伏後は体積の増加がみられた。以上のことから軟岩は降伏後、体積の増加を伴いながら加工硬化を示す材料と考えられる。

1) 赤井、足立、田伏；有効応力からみる軟岩の力学特性，材料，第23巻，第248号，昭和49年，PP. 368～373。

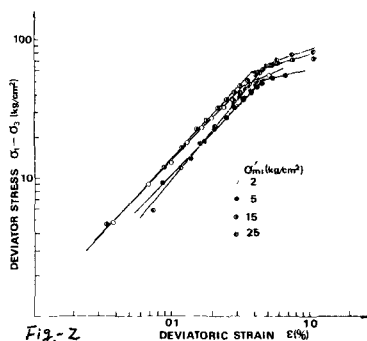


Fig-2

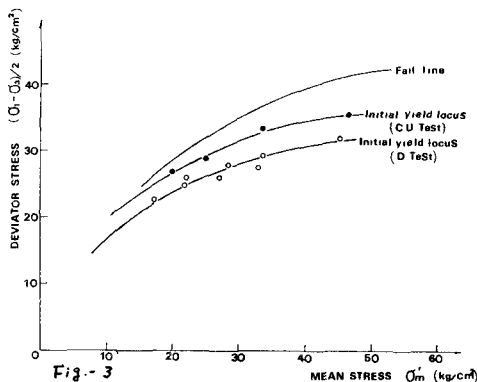


Fig-3

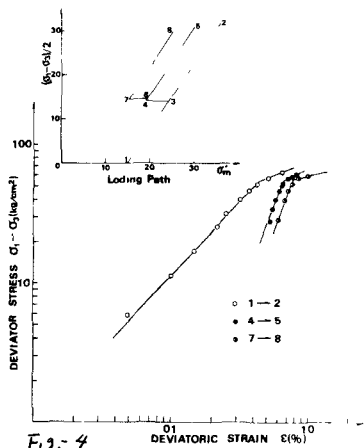


Fig-4

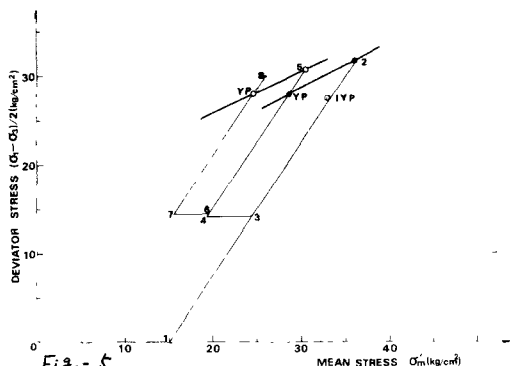


Fig-5