

# 多段階三軸試験における横ひずみ測定とその結果

京都大学工学部 正会員 大西 有三  
 京都大学大学院 学生会員 李 徳河  
 建設技術研究所 正会員 坂本 隆洋

## 1. まえがき

多段階試験法は、岩石試料の強度定数を求めるのに効率的な方法であるが、同時に、ピーク近傍での操作に困難を伴うという問題点も内包している。本研究では、こうした問題を排除し、多段階試験法の信頼性向上の一助とすべく、横ひずみ測定を実施し、さらに横ひずみによる載荷の制御法についても試みた。

## 2. 実験方法

本研究で試料として用いた岩石は、灰緑色の凝灰岩（船生石）で、 $G_s = 2.805$ ,  $e = 0.548$ ,  $\rho_s = 1.914 \text{ g/cm}^3$ , 一軸圧縮強度  $110 \text{ kgf/cm}^2$  の物理諸量を有する。

通常、試料の横ひずみを測定するには、ひずみゲージを試料側面に直接貼り付けるが、本研究では、試料が脆性状態であること、また、平均的な横ひずみ量を測定したいなどの理由により、まず、試料にアルミフイルムを帯状に巻き付け、その上からひずみゲージを接着することにした。このような材料は、帯状に巻き付けても試料の変形を拘束することなく、なおかつ、剛性ひずみゲージのベース材料と同等以上であって、本研究で特に重視される数パーセントのひずみが生じても破断しないという条件を満足するものでなければならぬ。こうした材料の材質および寸法などを決定するために先行して予備実験を通して、現状では、アルミフイルムを幅約  $1 \text{ cm}$ （ひずみゲージの幅とほぼ等しい）で試料側面に一重に巻き、その両端を固く接着する方法で、おおむね所期の結果が得られると判断し、ここに採用した。無論、理想的には、試料の全周をカバーできるだけの長さを持つひずみゲージを使用するのが望ましい。

また、三軸試験でひずみゲージを使用する場合に問題となるのは、ひずみゲージ周辺での防水ということがある。これは、ひずみゲージが電気的な測定手段であり、それによって変換される電圧も微弱なものであること、また、ひずみゲージからブリッジボックスへ導かれるリード線は必然的にメンブレンを貫通するが、この部分に漏水が生ずると三軸試験そのものが不可能になることなどの理由によるものである。そこで本研究では、コーティング材料を使用したり、メンブレンを二重にしたりとすることで、こうした問題を解決している。

なお、使用したひずみゲージは、長さ  $60 \text{ mm}$ 、抵抗値  $120 \Omega$  で、引張りひずみに対して  $10\%$  まで測定可能な塑性ひずみゲージと呼ばれるものであり、セット完了時の三軸セル内の

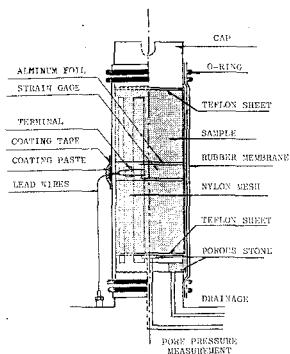


図-1  
三軸セル内の様子

様子を図-1に示す。こうして得られるせん断中の横びずり量は、X-Yレコーダ上にてモニターし、試験の操作に関する新に参考資料とされた。

次に、上記のような方法で測定される横びずりによって载荷を制御することに試み。これは、横びずり量と電圧に変換した値をフィードバック量として選択し、その電圧と一定速度で増減する関数発生器からの出力電圧と比較し、両者の電圧が等しく変化するように、試験機で载荷盤における油圧を調節していくものである。これによって、結果的には横びずりも一定の速度で変化するように試験における荷重が変化していくことになる。

### 3. 横びずり測定の結果と横びずり制御

多段階試験によって、ピーク強度を求めていくさいに、特に操作がむずかしいと言われるのは、図-2のようなケースである。これは拘束圧  $5 \text{ kgf/cm}^2$  とし、軸変位制御で行なった結果であるが、この場合は、(b)図の横軸が時間に比例するわけである。(b)図を見ると、ピークにいたるまで荷重と軸変位の関係はほぼ直線的で、ピークを過ぎると荷重が急激に下がっている。軸変位制御ではこうした変化はほとんど瞬間的のもので、この間に除荷の操作をするのは極めて困難である。つまり、せん断中に荷重と軸変位のみをモニターしていたのでは、ピークの接近を予測するとは非常にむずかしく、また、このように試験内に破壊が伝播してしまうと、次の段階ではやはりピーク強度は得られないことになる。

一方、(a)図は同じ試験中に横びずりをモニターした結果であるが、これを見ると、荷重がピークにいたるかなり前から曲線の傾きが明確に変化し始め、ピークを過ぎて残留状態になるまでにも相当量つりずみが発生したことがわかる。これによって、横びずりをモニターすれば、ピークの接近はより確実に予測でき、さらに横びずり制御を導入して、横びずりも一定速度で増減するようにすれば、ピーク付近での荷重の変化がゆるやかになり、除荷の操作も余裕をもって行なえるはずである。

こうした結果をふまえて横びずり制御を行なったところ、操作の点ではほぼ期滿通りの成果をあげることばできた。制御法の違いによる試験の挙動の相違等については、今後の研究に待たねばならないが、多段階試験法の問題点を解決するつに、横びずり測定はひとつ有効な手段であるとの結論に達した。

最後に、本研究を行なうにあたり、多大の御助力をいただいた、京都大学工学部 赤井浩一教授ならびに柳谷俊助手に感謝の意を表します。

### 参考文献

1. Hudson, J.A. Brown, E.T. & Fairhurst, C. "Optimizing the Control of Rock Failure in Servo-Controlled Laboratory Tests" *Rock Mechanics* 3, 1971, p.p. 217 ~ 224
2. 赤井, 大西, 李  
"多段階三軸試験での軟岩の力学挙動に関する考察"  
第13回岩盤工学に関するシンポジウムの講演論文集, 1980, p.p. 76 ~ 80

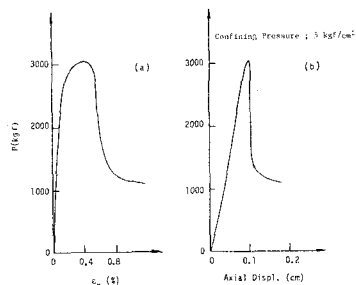


図-1 横びずりと軸びずりの特徴