

Ⅲ - 16

三軸下の応力～ひずみ関係における変動幅の推定について

日本大学大学院 学生員 ○中村 寛

日本大学工学部 正 員 田野 久貴

” ” 赤津 武男

1. まえがき

不均質な微視構造をもつ岩質材料の破壊が本質的に確率現象であることは、今日広く認められている。このことは、一つの試験内のバラツキがその塑性変形や破壊強度の応力～ひずみ関係を支配し、これを二つのパラメーターをもつ確率関数で表現することをすでに試みた¹⁾。一方、この考え方をい用いると応力～ひずみ関係のバラツキをある程度推定することも可能である。そこで本研究では、その確率論モデルで得られる損傷確率パラメーターを用いて、荻野石および白河石による一軸圧縮下および三軸圧縮下のピーク強度以後を中心とした応力～ひずみ関係のバラツキの範囲を検討した。

2. 実験方法

供試体は、福島県耶麻郡周辺で採取された緑色凝灰岩（通称、荻野石）と白河市周辺で採取された熔結凝灰岩（通称、白河石）を使用した。そして、コアは堆積層に対して鉛直方向に採取し、直径5cm、高さ10cmの円柱供試体に整形した。ただし端面の平行度は±1/50mm以内に仕上げ、ともに絶乾状態にして行つた。

また、今回の三軸圧縮試験で使用した装置及び試験条件の諸元を表-1に示す。

3. 損傷確率関数の計算方法と結果

供試体内部に微視的破壊による損傷が生じると、応力～ひずみ関係による割線コンプライアンス $\lambda(x)$ は増加する。このことから、供試体内の内部損傷の占める割合を損傷確率関数 $F(x)$ として、次式が定義¹⁾されている。

$$F(x) = 1 - \{\lambda_0 / \lambda(x)\} \quad \text{----- (1)}$$

λ_0 : 初期のコンプライアンス

$\lambda(x)$: ひずみ x の割線コンプライアンス

なお、Weibull確率分布関数 $F(x)$ として、次式を用いる。

$$F(x) = 1 - \exp \{ - (x/\xi)^m \} \quad \text{-- (2)}$$

m : 形状のパラメーター

ξ : 尺度のパラメーター

次に実験データがWeibull分布に従うかを、Weibull確率紙上にデータをプロットし、それらの点が直線性を示すか検討した。

図-1は、白河石による三軸圧縮下($\sigma_3 = 25 \text{ kgf/cm}^2$)での応力～ひずみ関係からWeibull確率紙上にプロットした図である。この図から実験データはほぼ2本の直線で近似可能であり、複分布合分布をなすことがわかる²⁾。

表-1 試験装置及び設定条件

圧縮装置： 載荷装置の剛性と電気-油圧サーボ機構による制御性を重視し、側圧が最大500kgf/cm ² まで載荷可能な高圧岩石三軸試験装置を使用
軸荷重： 50 tf レンジで載荷
軸変位： 圧力容器内部で軸変位を測定
： ひずみ速度：0.10%/min
側圧 ： $\sigma_3 = 0, 25, 50, 75, 100, 125 \text{ kgf/cm}^2$
各側圧の供試体本数： 荻野石(10本)、白河石(4本)

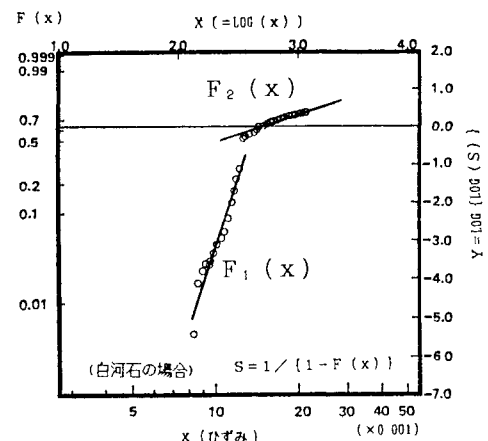


図-1 応力～ひずみ関係による損傷確率分布
(三軸圧縮試験結果 $\sigma_3 = 25 (\text{kgf/cm}^2)$)

そこで、これらの直線から形状のパラメーター m は直線の勾配から、尺度のパラメーター ξ は直線と $Y=0$ の軸との交点座標値から求められる。

4. 応力～ひずみの変動幅の予測

一軸下でのピーク強度以後の破壊挙動の変動幅を推定した結果を図-2に示す。この図は、パラメーター(m, ξ)のそれぞれの平均値に標準偏差($\pm \sigma$)の幅を考慮したものである。応力～ひずみ曲線の上限と下限を破線と点線で示した。これによると実験値の応力～ひずみ関係の大部分は、この推定範囲内にあるがやや範囲外のものも認められる。なお、ピーク強度およびピーク強度対応ひずみそのものは、この範囲内に納まるようである。

次に三軸圧縮下の実験結果の場合を図-3と図-4に示す。これらの図から一軸圧縮下に比べて実験値のバラツキが、より顕著であるが、変動幅を $\pm \sigma$ とした場合、得られている実験結果は推定される変動範囲内にあることがわかる。

また、図-2～図-4を比較すると、拘束圧を増加させるほど変動の幅が大きくなることを示している。ピーク強度以後は、ピーク強度以前と比較して構成要素の破壊がより増加される領域である。したがってこれらの変動の幅の大小は、いわゆる安全率を考慮する場合の重要な要素となる。そのため現実の岩盤が三軸下にあり、岩盤内の圧力が高いほど、三軸下の応力～ひずみ関係で変動が大ききことは検討を要する関係であるように見られる。

6. まとめ

ピーク強度以後の応力～ひずみ関係の変動幅を、一軸下と三軸下の両方において推定した結果、ピーク強度以後の応力～ひずみ関係は、三軸下の方がバラツキが大きく、また拘束圧を増加させるほど応力～ひずみ曲線のばらつきがより大きくなる傾向にあることが実験によって明らかになった。

<参考文献>

- 1) 田野久貴, 佐武正雄: 「損傷確率関数による岩石の強度と変形の解析」 土木学会論文集 (1990)、No.418/III-13, pp211～220
- 2) 田野久貴, 赤津武男, 中村 寛: 「岩石の三軸下における塑性化に関する研究」 日本大学生産工学部学術研究発表会(1992)、pp59～62

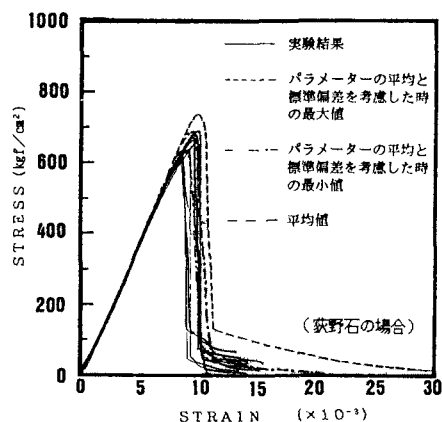


図-2 標準偏差を考慮した応力～ひずみ曲線(一軸圧縮)

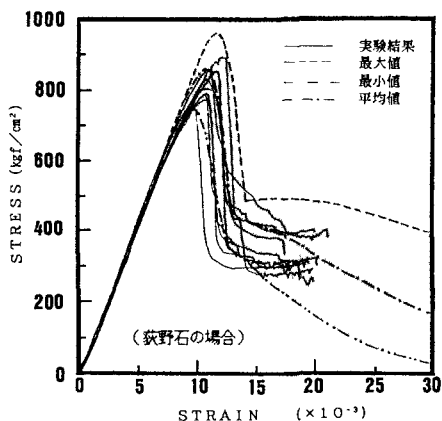


図-3 標準偏差を考慮した応力～ひずみ曲線(三軸圧縮: $\sigma_3 = 25 \text{ kgf/cm}^2$)

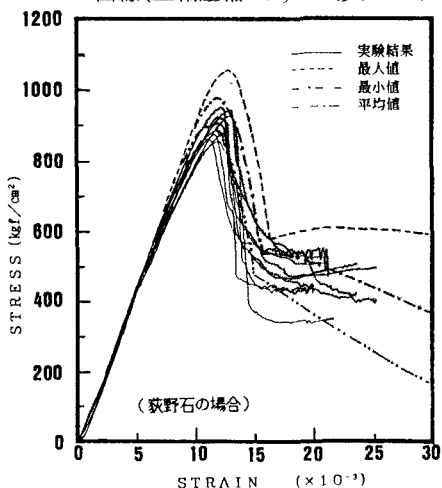


図-4 標準偏差を考慮した応力～ひずみ曲線(三軸圧縮: $\sigma_3 = 50 \text{ kgf/cm}^2$)