

III-621

Weibull確率の三軸圧縮下への適用に関する実験と考察

日本大学工学部 正 員 田野 久貴
 川崎地質（株） // ○中村 寛
 日本大学工学部 // 赤津 武男

1. はじめに

不均質な微視構造をもつ岩質材料の破壊は本質的に確率現象であり、したがって材料の微視構造のもつバラツキが、一つの試験片の応力～ひずみ関係や塑性変形を支配すると考えられる。一軸圧縮下の応力～ひずみ関係を二つのパラメーターをもつ確率関数で表現することがすでに試みられている¹⁾。本研究では、三軸圧縮応力状態下での実験結果にその確率分布を適用し、得られたパラメーターについて報告するものである。

2. 実験方法

供試体は、福島県耶麻郡高郷村周辺で採取された緑色凝灰岩(荻野石)を使用した。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。

次に損傷確率関数の計算方法として、応力とひずみの関係から損傷確率関数 $F(x)$ は、(1)式により定義される¹⁾。

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

x : ひずみ

λ_0 : 初期のコンプライアンス

$\lambda(x)$: 内部破壊が生じた時の割線コンプライアンス

なお、(1)式をWeibull分布に適用するとWeibull損傷確率分布 $F(x)$ は(2)式で示される。

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

m : 形状のパラメーター

ξ : 尺度のパラメーター

表-1 試験装置及び設定条件

供試体の寸法: $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の円柱供試体に整形 各拘束圧による供試体本数: 10本
三軸圧縮装置: 電気～油圧サーボ方式 (最大拘束圧 500kgf/cm^2)
変位: 圧力容器内部で軸変位を測定 : ひずみ速度: $0.10\%/\text{min}$
拘束圧: $\sigma_3 = 0, 25, 50, 75, 100, 125 (\text{kgf/cm}^2)$

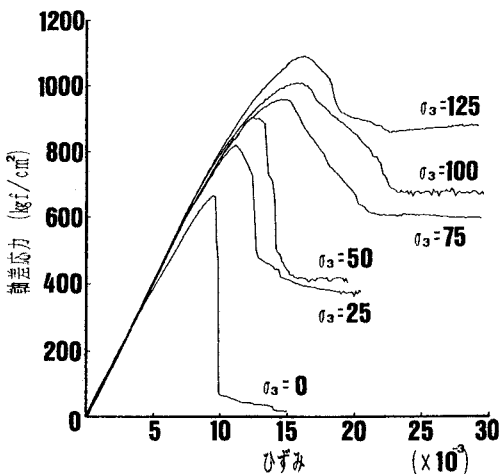


図-1 軸差応力～ひずみ曲線

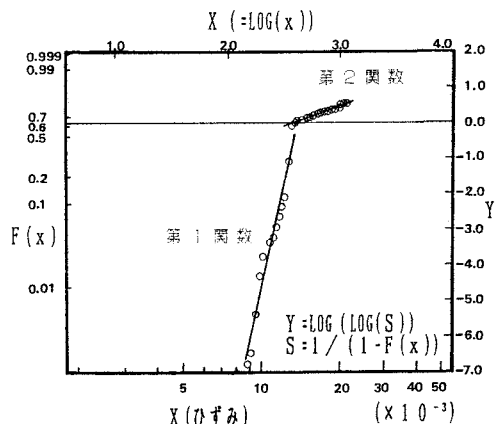


図-2 応力～ひずみ関係による損傷確率分布
(拘束圧 25kgf/cm^2)

3. 実験結果および考察

各拘束圧ごとの軸差応力～ひずみ曲線の結果をまとめて図-1に示す。この実験データがWeibull分布に従うか否かを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-2は、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（左：第1関数、右：第2関数）で近似可能であり、複合分布となることがわかる。

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。このようにして得られたWeibullパラメーター m 、 ξ と拘束圧 σ_3 の関係を図-3に示す。この図から第1関数のパラメーターに注目すると、拘束圧の増加に伴い m_1 は減少し、 ξ_1 は増加する傾向にある。次に第2関数のパラメーターでは、 m_2 はほぼ一定であるが、 ξ_2 は増加する傾向にある。

ひずみ軟化から硬化への変化は、第2関数の勾配 m_2 を一定としたまま、第1関数の m_1 が減少し、複合分布全体が高ひずみレベル側へ移動することを意味している。

次に(2)式に三軸圧縮下の実験結果($\sigma_3=25\text{kgf/cm}^2$)から得られたパラメーター(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を図-4に示す。これより実験値の応力～ひずみ関係の大部分は計算範囲内にあるが、やや範囲外の部分も認められる。なお、ピーク強度そのものはすべて範囲内にある。

4. まとめ

得られた結果を簡単にまとめると以下のようなものである。

- (1) 拘束圧下においても複合分布で近似可能である。
- (2) 第1関数の m_1 は拘束圧の増加に伴って減少するが第2関数の m_2 はほぼ一定である。
- (3) 拘束圧を増加させると複合分布全体は高ひずみ域へ移動（ ξ が増加）する。
- (4) m, ξ の平均値に標準偏差($\pm\sigma$)を考慮すると応力～ひずみ曲線の大部分は推定範囲内にある。

<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No.418/Ⅲ-13 pp211～220, 1990
- 2) 田野久貴, 赤津武男, 中村 寛: 「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」, 土木学会東北支部技術研究発表会, Ⅲ-16, pp370～371, 1993

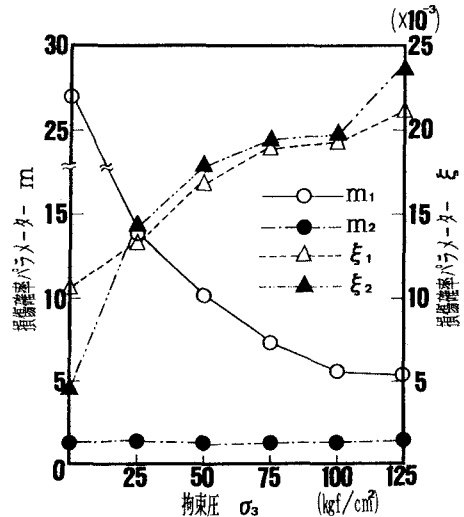


図-3 パラメーター(m, ξ)と拘束圧 σ_3 の関係

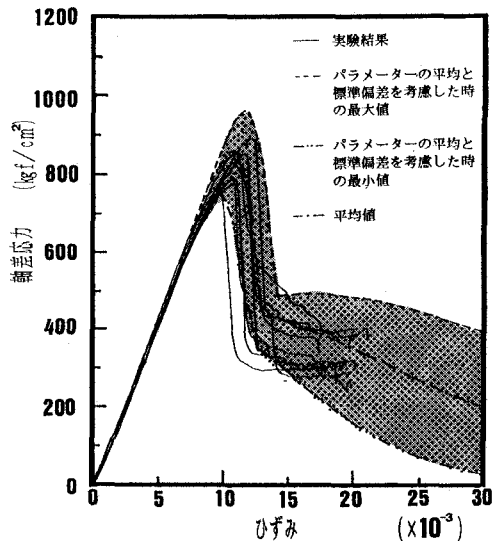


図-4 パラメーターの平均値と標準偏差 σ を考慮した応力～ひずみ曲線の範囲（拘束圧: 25kgf/cm^2 ）