

高圧縮応力下での多孔質岩石の変形・破壊特性

九州大学工学部 学生会員○山下正彦

正会員 江崎哲郎

正会員 木村 強

1. まえがき

自然の現象は三次元的であること、また数値解析法の発展により複雑な三次元問題が取り扱えるようになっていことから、岩石の変形および破壊に関する特性は、一般応力下での三軸試験機を用いて検討することが望ましい。筆者らは、すでに圧盤載荷方式による一般応力下での三軸試験機によって大理石および花崗岩の力学特性を明らかにしてきた¹⁾²⁾。この圧盤載荷方式は可撓性の媒体で載荷する方法に比べて、一様なひずみの計測が正確、ひずみの制御が可能、高圧縮応力を実現できるという特徴を有している。本研究では、多孔質岩石である凝灰岩を用いて圧盤載荷方式の一般応力三軸試験を行い、高い圧縮応力下での変形、破壊特性を検討した。

2. 実験装置および供試岩石

本載荷装置は、最大載荷能力2MNの垂直方向のジャッキと水平2方向4本の1MNのジャッキがそれぞれ直交しており、一般応力下での三軸載荷が可能である。載荷面は圧盤であり、その載荷面積は36mm×36mm、最大圧縮応力は、垂直応力1.5GPa、水平方向750MPaの高い応力が得られる。本実験では、載荷ロッドの保持方法を改良して偏心載荷の影響を軽減し、より求心的に載荷できるようにしている(Fig.1)。

供試岩石は、福島県萩野凝灰岩である。空隙率は33%と大きく、多孔質なことがこの岩石の特徴である。形状は、40mm×40mm×40mmの立方体で、各面の平行度が±0.05mm以内になるよう平面研削盤で端面仕上げを行った。直交する3方向の弾性波速度は、それぞれ2620m/sec、2570m/sec、2360m/secで異方向性が少しみられるが、供試岩石をセットする際に方向が常に同じになるように配慮した。

載荷方法は、まず静水圧軸に沿って、所定の平均主応力 σ_m (この状態を初期静水圧 σ_{m0} と呼ぶ)まで載荷した。次にその σ_m を一定に保ち八面体せん断応力 τ_{oct} を増加させ破壊に至らした。最大主応力 σ_1 と最小主応力 σ_3 に対する中間主応力 σ_2 の相対の大きさはLodeのパラメータ $\mu=(2\sigma_2-\sigma_1-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3)$ で表され、本実験では $\mu=-1(\sigma_2=\sigma_3)$ の三軸圧縮状態についてのみ行った。

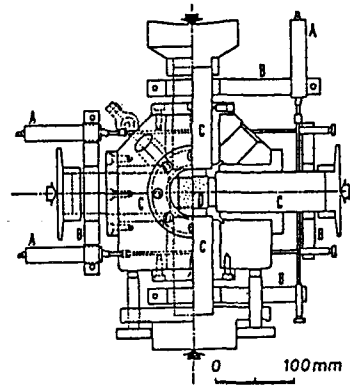


Fig.1 Side view of triaxial box.
A: displacement transducer, B: arm for setting the transducer, C: piston rod and D: specimen.

3. 実験結果および考察

Fig.2に、主応力-主ひずみ曲線を示す。図中の破線は $\sigma_m=400\text{MPa}$ までの静水圧載荷における応力-ひずみ関係であり、実線は $\sigma_m=50\text{MPa}$ 、 100MPa 、 200MPa 、 300MPa において八面体せん断応力を増加させたときのものである。静水圧載荷のもとでは、花崗岩は500MPaまで弾性的挙動を示した²⁾のに対し、本凝灰岩は100MPaまで直線的である。その後、150MPa~250MPaの間においては曲線の勾配が緩やかとなっている。これは、粒子が空隙に移動して塑性ひずみが増大したためである。250MPa以上では、粒子の空隙への移動が小さくなることにより応力-ひずみ曲線の勾配は再び増加し、全体として顕著な逆S字形の静水圧下の応力-ひずみ特性を呈する。八面体せん断応力の増大に伴う主ひずみの挙動は弾性領域と塑性領域とで異なっている。すなわ

Fig.3に、八面体せん断応力-平均主ひずみ曲線を示す。八面体せん断応力の増加に伴う平均主ひずみの減少はダイレイタンスー、増加はコントラクタンスーを意味する。 $\sigma_{aa}=50\text{MPa}$ のとき、破壊直前でダイレイタンスー挙動が現れる。 $\sigma_{aa}=100\text{MPa}$ 以上ではコントラクタンスー挙動を示している。 $\sigma_{aa}=200\text{MPa}$ と $\sigma_{aa}=300\text{MPa}$ における勾配の違いは、Fig.2で示した静水圧載荷におけるひずみの増加の割合（粒子の空隙への移動しやすさ）に対応するものである。

5. まとめ

- ・荻野凝灰岩は、静水圧約100MPaで降伏し、100MPa～200MPaの間で急激にひずみが増大する。
- ・荻野凝灰岩は、八面体せん断応力を増加させると、 $\sigma_{aa}=50\text{MPa}$ ではダイレイタンスー挙動、100MPa以上ではコントラクタンスー挙動を示す。このコントラクタンスー挙動は σ_{aa} が300MPaのときよりも200MPaのときのほうが著しい。
- ・圧盤載荷試験では、テフロンシートを用いたほうが用いないよりも、低い応力で破壊する。

参考文献

- 1) 西田 正ほか：第17回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、56-60(1985)
- 2) 松木 洋忠ほか：土木学会西部支部講演概要集、456-457(1989)

