

Ⅲ - 5

除荷過程における大谷石のせん断特性に関する実験

日本大学大学院 学生員 ○ 坂口 勝
 日本大学工学部 正 員 田野 久貴
 同 上 同 上 赤津 武男
 同 上 同 上 渡辺 英彦

1. まえがき

岩石試験においては、応力経路の違いによって強度および変形特性が異なることが考えられる。例えば、掘削を行った場合は除荷過程と考えられる。この場合の岩盤のせん断特性は通常の三軸試験、つまり側圧（ $\sigma_2 = \sigma_3$ ）を一定として軸圧（ σ_1 ）を増加させる試験結果と異なることが考えられるが、あまり検討されていないようである。掘削を中心とした岩盤構造物の場合、施工に伴い岩盤内の応力状態が変化するため¹⁾、その力学的挙動を的確に予測するには応力経路が岩盤の力学特性に及ぼす影響を把握する必要がある²⁾。

そこで、本研究では三軸圧縮下において、 σ_3 を一定、 σ_1 を増加させる軸方向載荷と、 σ_3 を減少、 σ_1 を一定とする側方除荷の実験を行い。そして、軸方向載荷と側方除荷の場合の応力-ひずみ曲線とMohrの応力円と c 、 ϕ の比較、検討を行った。

2. 実験方法

2. 1 供試体

実験に用いた岩石は、栃木県宇都宮市大谷町周辺で採取した緑色凝灰岩（大谷石）を用いた。ブロック形状の試料より、 $\phi 5 \times H 10$ cmの円柱供試体を製作し用いた。端面平行度は5/100mm以内として、絶乾状態とした後、実験を行った。

2. 2 実験方法

実験装置は、電気-油圧サーボ方式の三軸圧縮試験機を用いて実験を行った。

軸方向載荷時の実験は図-1(a)に示すように σ_3 を一定として、 σ_1 を増加させた。拘束圧は $\sigma_3 = 0, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 75$ (kgf/cm²)の8種類とし、軸方向のひずみ速度は毎分0.1%として載荷を行った。

側方除荷時の実験は図-1(b)に示すように σ_1 を一定として σ_3 を減少させた。拘束圧は $\sigma_1 = 170, 180, 210, 250, 300, 350$ (kgf/cm²)の6種類とし、側圧は毎分10kgf/cm²として除荷を行った。

3. 実験結果および考察

図-2, 3に軸方向載荷および側方除荷の軸差応力-軸ひずみ曲線の一例を示す。まず、図-2の軸方向載荷時には $\sigma_3 = 30$ (kgf/cm²)以下の時に明瞭なピーク強度が見られる。それ以上の拘束圧においては延性的な破壊となっている。ピーク強度時の軸ひずみは、0.5~0.6%である。同様に図-3においては、 $\sigma_1 = 250$ (kgf/cm²)以下の時にはピーク強度は確認できるが、それ以上の拘束圧においては、延性的な破壊となっている。また、ピーク強度時の軸ひずみは、0.2%程度である。ヤング率を比較すると軸方向載荷の場合においては $2.6 \times 10^4 \sim 3.7 \times 10^4$ (kgf/cm²)である。同様に側方除荷の場合においては $1.3 \times 10^5 \sim 1.9 \times 10^5$ (kgf/cm²)となり、側方除荷の方が大きな値を示している。

軸ひずみか載荷と除荷でひずみ量が違うのは、岩石を弾性体と仮定した場合、一般化したHookeの法則を用いてある拘束圧状態からの変形を比べると、軸方向載荷の場合においては、 $\Delta \varepsilon_1 = (\sigma_1 - \sigma_3) / E$ となる。ここで $\Delta \varepsilon_1$ はある静水圧状態からのひずみ量である。

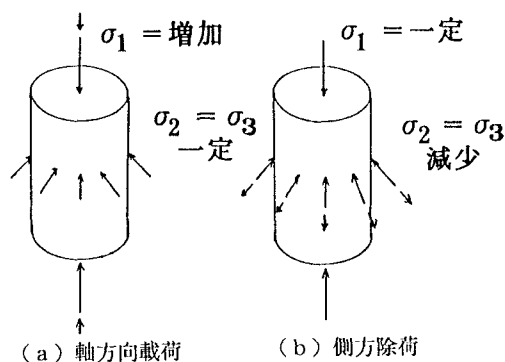


図-1 実験時の応力状態

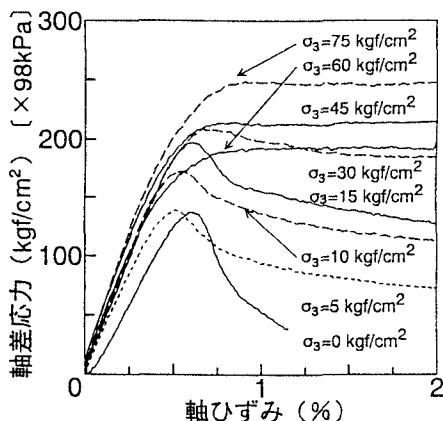


図-2 軸方向載荷時の軸差応力-軸ひずみ曲線の一例図

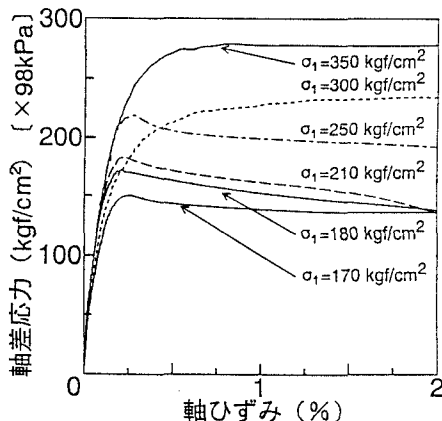


図-3 側方除荷時の軸差応力-軸ひずみ曲線の一例図

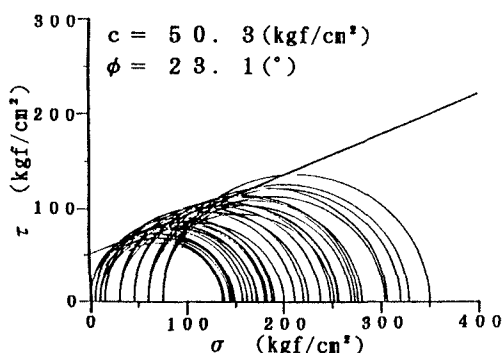


図-4 軸方向載荷時のモールの応力円群

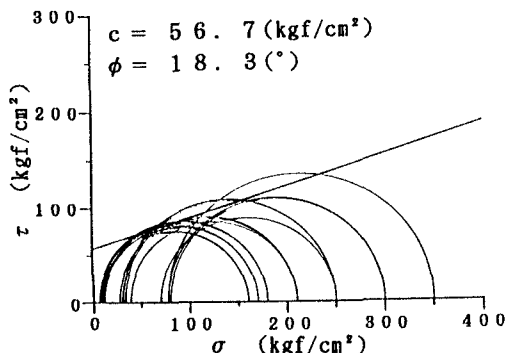


図-5 側方除荷時のモールの応力円群

同様に側方除荷の場合においては、 $\Delta \varepsilon_1 = 2\nu(\sigma_1 - \sigma_3)/E$ となる。そこで、ヤング率が等しくなると仮定した場合においても、ポアソン比が側方除荷の場合は作用しているのでひずみ量を比較すると、側方除荷の場合の方が小さな値を示す。

次に、それぞれの破壊時におけるモールの応力円を描き、モール・クーロンの破壊規準を描いたのが図-4、5である。モールの応力円は、軸方向載荷時は σ_3 を一定として、 σ_1 が増加する方向(右方向)に大きくなっていきやがて破壊となる。この σ_1 の点がばらけているが、側方除荷時は、逆に σ_1 を一定とし σ_3 が減少する方向(左方向)にモールの応力円が大きくなって破壊する。この σ_3 点が同じようなところに集まる傾向がある。c、 ϕ について比較してみるとcは側方除荷時の方が大きく、 ϕ は軸方向載荷時の方が大きくなっている。

4. まとめ

応力-ひずみ曲線においては軸方向載荷と側方除荷では軸ひずみの量は載荷の方が大きくなる。

モール・クーロンの破壊規準における、c、 ϕ についてはcは側方除荷の方が大きく、 ϕ は軸方向載荷の方が大きくなっている。

〔謝 辞〕

本研究の実施においてご協力いただきました吉沢氏(日大大学院)をはじめとする卒業研究生の阿部氏、星野氏、山本氏に対して厚く感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) E. Hook, E. T. Brown 著, 小野寺ら訳: 岩盤地下空洞の設計と施工, 土木工学社, pp. 77~93, 1985
- 2) 孫ら: 不連続性岩盤における応力経路問題の評価方法, 土木学会第49回年次学術講演会第3部, pp. 720~721, 1994