

(株) 青木建設 正会員 ○永井哲夫
 正会員 國村省吾
 正会員 池尻 健
 神戸大学 正会員 櫻井春輔

1. はじめに

不連続性岩盤の力学的挙動を正しく把握するためには、不連続面の幾何学特性および力学特性を定量的に評価することが重要である。これに対して、ISRMの指針¹⁾では方向、間隔、連続性、粗さおよび壁面強度など10個のパラメータを定義している。これらのパラメータの中で、方向や間隔が岩盤の見かけの力学特性に及ぼす影響については数多くの研究²⁾が行われているものの、連続性についてはその定量的評価の難しさ³⁾から十分な研究がなされていない。そこで本研究では、限界ひずみ⁴⁾を用いて、不連続面の連続性が岩盤の見かけの力学特性に及ぼす影響について検討を行う。

2. 限界ひずみとその特徴

著者の一人⁴⁾は、応力-ひずみ関係において限界ひずみを図-1に示すように定義している。これを式で表すと次のようになる。

$$\varepsilon_0 = \sigma_c / E_1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 ε_0 は限界ひずみ、 σ_c は一軸圧縮強度、 E_1 は弾性係数をそれぞれ表す。

そして、種々の土および岩石について限界ひずみを求め、これを一軸圧縮強度との関係で図-2のようにまとめている。この限界ひずみの特徴として、一軸圧縮強度に比べて分布範囲が小さいこと（図-2参照）、不連続面の影響をあまり受けないこと⁴⁾、さらには含水比や拘束圧の影響もあまり受けないこと⁵⁾が挙げられる。

3. 実岩盤における限界ひずみと不連続面の連続性

いま、不連続性岩盤として既設揚水発電所の地下空洞周辺の岩盤を取り上げ、室内試験や原位置岩盤試験により得られたデータを収集して地下空洞ごとに整理し、対応する岩石と岩盤の限界ひずみをそれぞれ求め、一軸圧縮強度との関係でまとめると図-3のようになる。ここで、これらの岩盤を構成している岩石実質部は花崗岩を主とする火成岩である。この図から、不連続面の影響により一軸圧縮強度および弾性係数はともに大きく低下するが、後者の低下の度合いが大きいいため、その比として定義される限界ひずみはほぼ等しいか向上する傾向にあることが分かる。一方、花崗岩をその構成岩石とする岩盤における露頭調査による研究⁶⁾から、大部分の節理が他の節理と何らかの形で連結しており、単独で存在することはまれであることが明らかになっている。

以上のことから、不連続性岩盤においては、不連続面が他の不連続面と何らかの形で連結しており連続的に分布しているこ

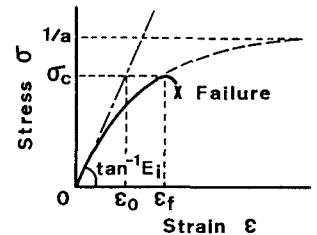


図-1 限界ひずみの定義

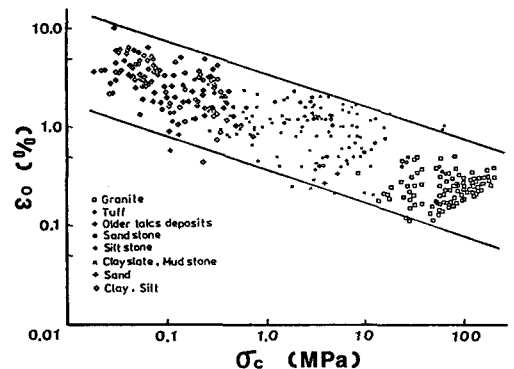


図-2 土および岩石の限界ひずみ

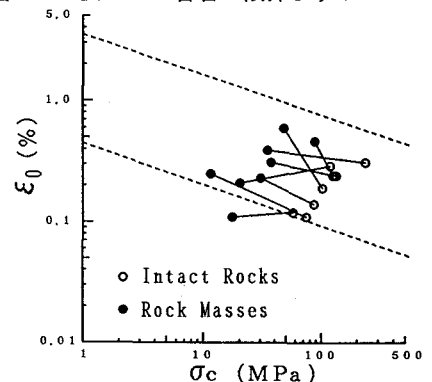


図-3 対応する岩石と岩盤の限界ひずみ

と、不連続面の存在により岩盤の見かけの一軸圧縮強度は岩石のそれから大きく低下するが、限界ひずみはほぼ等しいか向上する傾向にあることが分かった。

4. モデル実験による限界ひずみと不連続面の連続性

Arora²⁾ は、図-4(a)に示すように不連続面をある一方向に規則的に設けた円柱供試体を用いて、不連続面の方向や間隔を変化させて一軸および三軸圧縮試験を行っている。岩石実質部には、Plaster of Paris, Jamrani Sandstone および Agra Sandstone の3種類の材料を用いている。いま、一軸圧縮試験の結果からモデルの見かけの限界ひずみを求め、(a)モデル #1 (b)モデル #2 (c)モデル #3 それを一軸圧縮強度との関係でまとめると図-5のようになる。この図から、供試体を貫くように不連続面を配置すると、その方向や間隔のいかんにかかわらず、不連続供試体の見かけの一軸圧縮強度はインタクト供試体のそれから低下するが、限界ひずみはほぼ等しいか向上する傾向にあることが分かる。

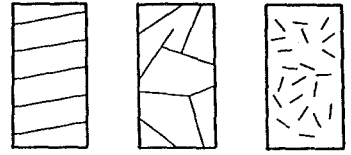


図-4 不連続供試体の概要

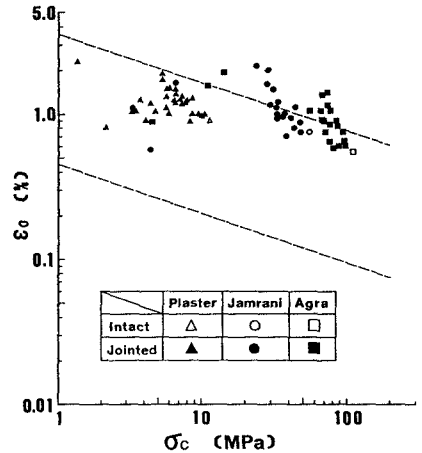


図-5 モデル #1の結果

以上の考察結果を踏まえて、不連続面が特定の方向を持たず配置も偏ることがないように考慮し、供試体を貫くか何らかの形で連結するように不連続面を設けた直方供試体(図-4(b))を作製して一軸圧縮試験を実施した。この実験結果をさきの実験と同様の方法により整理すると図-6のようになる。この図から、不連続面の存在により供試体の見かけの一軸圧縮強度は大きく低下するが、限界ひずみはほぼ等しいか向上する傾向にあることが分かる。

一方、球状または円盤状の不連続面を不規則にそれぞれ独立して配置させた円柱供試体(図-4(c))により行われた一軸圧縮試験⁷⁾について、その結果をさきと同様の方法により整理すると図-7のようになる。この図から、このような不連続面が存在する場合、供試体の見かけの一軸圧縮強度の低下にもなって限界ひずみも低下する傾向にあることが分かる。

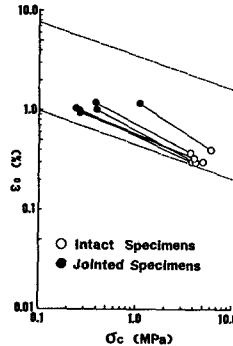


図-6 モデル #2の結果

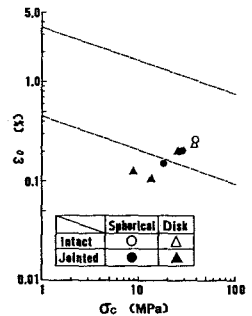


図-7 モデル #3の結果

5. 不連続性岩盤における不連続面の連続性

以上のことから、不連続面の連続性の影響により、不連続性岩盤の見かけの力学特性が図-3に示すような特徴を示すと考えられる。そのため、不連続性岩盤のモデル化においては、不連続面の連続性をモデル1またはモデル2のように考えればよいことが分かる。

【参考文献】

- 1) ISRM Commission on Testing Methods : Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.15, pp.319-368, 1978.
- 2) 例えば、Arora, V.K. : Strength and Deformational Behaviour of Jointed Rocks, Ph.D. Thesis, Indian Institute of Technology, New Delhi, India, 1987.
- 3) Bandis, S.C. : Mechanical Properties of Rock Joints, Proc. Int. Sympo. on Rock Joints, Loen, pp.125-140, 1990.
- 4) Sakurai, S. : Displacement Measurements Associated with the Design of Underground Openings, Proc. Int. Sympo. on Field Measurements Geomech., Zurich, Vol.2, pp.1163-1178, 1983.
- 5) 川嶋幾夫・大谷達彦・梅田安哉・櫻井春輔 : 軟岩の限界ひずみにおよぼす間隙水の影響について, 第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.121-125, 1993.
- 6) Kikuchi, K., H. Kuroda, and Y. Mito, : Stochastic Estimation and Modelling of Rock Joint Distribution Based on Statistical Sampling, Proc. 6th Cong. ISRM, Montreal, Vol.1, pp.425-428, 1987.
- 7) 伊東 孝・赤木知之・河村精一 : 岩質材料の不連続面量と力学特性の相関性に関する研究, 第8回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.109-114, 1990.