

Ⅲ-310 岩石供試体の力学的挙動に端面拘束が与える影響について

名古屋大学工学部 正会員 ○ 清水隆文
 韓国資源研究所 鄭 教澈
 東海大学海洋学部 正会員 アイダン・オメル
 名古屋大学工学部 正会員 市川康明

1. はじめに

岩石の材料定数は、一軸圧縮試験などの実験における応力-ひずみ関係およびその強度から決定される。実験から得られるデータは、(a) 試験機の加圧盤と岩石供試体との間の摩擦、(b) 供試体の形状 [(i) 形、(ii) 直径に対する高さの比、(iii) 寸法]、(c) 荷重の載荷速度、(d) 試験環境に影響される¹⁾。また、Hudson^ら²⁾は、材料定数を実験から決めるにあたり、実験機の剛性との関係を考慮することが重要性であるとしている。そこで、本報告では、一軸圧縮試験に注目し、実験機の載荷盤が実験供試体の端面に与える影響について考察する。

2. 載荷盤により端面拘束を受ける岩石供試体の数値解析

実際問題として、実験から材料定数を決定するために、応力は供試体内に一様に分布しているとし、供試体長さに対するひずみ、供試体表面のひずみ、横方向のひずみを測定することが一般的である。すなわち、弾性定数を決定するときには、応力を正確に測定すること、供試体上のひずみ分布を正確に把握することが重要となる。実験から得られる材料定数は、(1) 供試体に内在する微視的構造の分布、(2) 供試体の幾何学的な初期不整、(3) 実験機載荷盤による供試体の端面の接触状態に影響されて大きくばらつくと思われる。ここではまず(3)について、その程度を知るために等方・等質の実験供試体の端面が、同形状の載荷盤に密着する場合を想定した。そして、つぎに示す3つのことに注目して、実験供試体をモデル化し、FEM 軸対称弾性解析を行った(図1参照 [H/D = 1.0, 要素数 768, 節点数 833])。その結果から、供試体表面の軸ひずみ分布、見かけの弾性係数の分布を求め、考察した。なお、載荷盤周辺部の応力集中に伴う実験供試体の降伏・破壊は考えないものとする。

1) 供試体端面と実験装置載荷盤間の端面拘束の影響

載荷盤のポアソン比 ν_S を 0.30、岩石供試体のポアソン比 ν_R を 0.15 とし、載荷盤の弾性係数 E_S と供試体の弾性係数 E_R の比を 10 : 1 (硬岩)、100 : 1 (軟岩)、1000 : 1 (砂、粘土) の3段階に変化させた。

2) H/D の変化による供試体のひずみ分布の相違

H : D の比を 1 : 1、2 : 1、3 : 1 と変化させて、形状変化がひずみ分布に与える影響を考察した。このとき、載荷盤はどの解析パターンも同じ厚さとし、各供試体の端面と大きさの等しいものを用いた。

3) H/D 一定のもとで、H の長さを変化させた場合のひずみ分布の相違

H : D の比を 1 : 1、2 : 1 の2パターンとし、H の長さが今までどりの解析モデルと、2倍にしたモデルとの解析結果を比較した。載荷盤の条件は、上記2)の場合と同様にした。

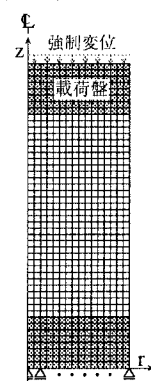


図1 軸対称有限要素法メッシュ

3. 解析結果および考察

岩石供試体と試験機の載荷盤をモデル化して、FEM による軸対称弾性解析を行い、端面拘束がひずみ分布に及ぼす影響を見た結果、 $E_S : E_R$ が 10 : 1 の場合、すなわち硬岩を供試体としたときに、顕著であった(図2参照 [ϵ_t ; 供試体の全長に対する軸ひずみ, ϵ_z ; 載荷軸 z に沿って分布する供試体側面の軸ひずみ])。さらに H/D 比を変化させた結果から、適当な H/D 比で実験供試体を作成すると、そのひずみ分布は、端面拘束の影響を受けにくいことが確認された(図3参照)。また、ひずみ分布に与える寸法効果は、剛性の高い供試体ほど大きいことがわかった(図4参照)。

実験時と同じ条件下で見かけの弾性係数を換算すると、真の弾性係数(解析に用いた弾性係数) E_t は、等方・等質であるにも関わらず、解析結果は供試体の長さ方向に弾性係数が変化している(図5、6、7参照 [E_z ; 載

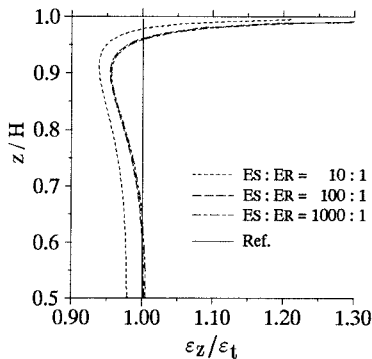


図2 $\varepsilon_z/\varepsilon_t$ 、 z/H 関係図 ($H/D = 2.0$)

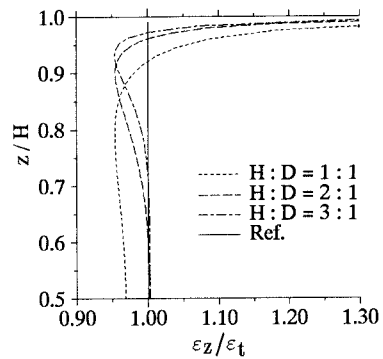


図3 $\varepsilon_z/\varepsilon_t$ 、 z/H 関係図 ($E_S : E_R = 100 : 1$)

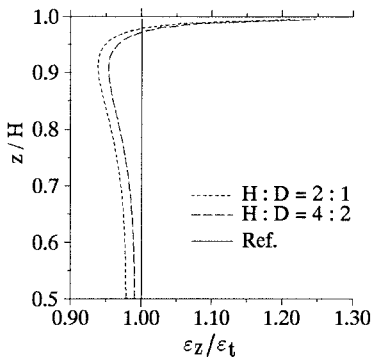


図4 $\varepsilon_z/\varepsilon_t$ 、 z/H 関係図 ($E_S : E_R = 10 : 1$)

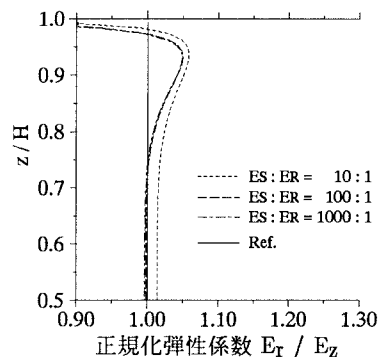


図5 正規化弾性係数 E_R / E_z 、 z/H 関係図 ($H/D = 3.0$)

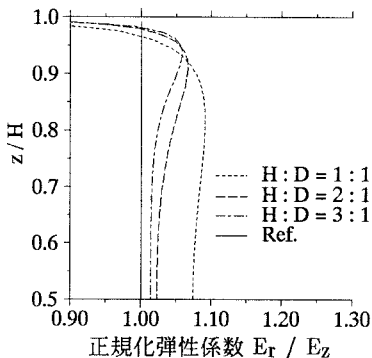


図6 E_z/E_t 、 z/H 関係図 ($E_S : E_R = 10 : 1$)

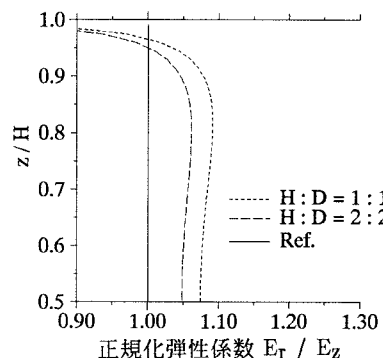


図7 E_z/E_t 、 z/H 関係図 ($E_S : E_R = 10 : 1$)

荷軸に沿って分布する見かけの弾性係数]。ここで示す分布は、あくまでも見かけの弾性係数であるが、実験結果から弾性係数を求める場合と同様の過程を経る。すなわち、供試体表面の軸ひずみから、供試体内の応力分布を一樣として、弾性係数を求める場合、この程度の誤差は、生じると考えられる。

今後、さらに供試体端面と試験機の載荷盤との接触状態を変化させて、考察をすすめる必要がある。

参考文献

- 1) 増田秀夫, 田中荘一訳 (R. D. Lama, V. S. Vutukuri 著): 岩の力学的性質 I, II, 古今書院, 1992.
- 2) Hudson, J. A., Brown, E. T., Fairhurst, C.: Shape of the Complete Stress-Strain Curve for Rock, Proc. 13th Symp. on Rock Mechanics, pp. 773-795, 1971.