

III-150

硬岩試料の等方及び非等方圧縮における間隙水压変化

芝浦工業大学 正会員 ○ 足立 格一郎
芝浦工業大学 正会員 園田 紘 史

1. はじめに

岩の試料を等方圧縮及び非等方圧縮した場合の間隙水压の変化を実験により測定した。ここではその結果を報告するとともに、実験結果に対する評価をのべる。今回報告する実験は、当研究のために特別に設計し製作した高压三軸試験装置（最大側圧：200kgf/cm²）を用いて実施したものである。又間隙が小さく、圧縮性の小さい岩の試料に対する試験の精度を十分に確保するために、間隙水压測定系統を完全に飽和させることに配慮するとともに、圧力変化に対する測定系統の変形を最小限におさえるよう、設計・製作において種々の工夫を加えた（図-1参照）。たとえば、間隙水压測定管をサンプル上端及び下端にそれぞれ2本づつとりつけている点、測定管にステンレススチールパイプを使用した点などに特色がある。実験に使用した岩の試料は、直径54mm、高さ108mmの円柱形サンプルで原石から風化等の影響を受けていない部分を切り出して整形したものである。実験は砂岩、花こう岩、大理石及び石灰岩の試料に対して実施した。今回は大理石試料に対する試験結果を中心に報告する。

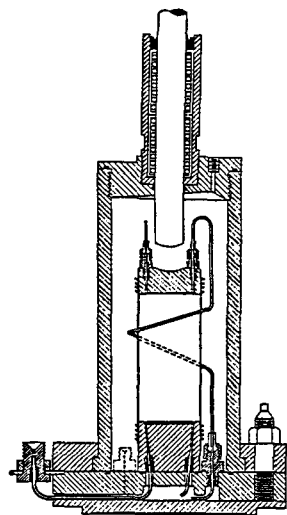


図-1 高压三軸試験セル

2. 岩の試料の飽和法

高压三軸試験装置にセットした岩の試料は、下記の手順で脱気水により飽和させた。

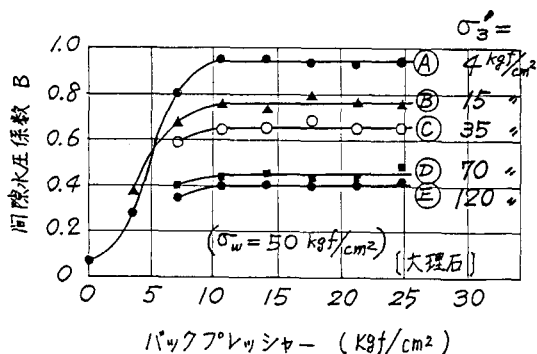
①間隙水压測定系統を、脱気水を数回にわたり連流させ完全に飽和させる。②岩の試料の下端より上端に向けて50kgf/cm²の圧力で脱気水を圧流させ、試料の間隙を脱気水で飽和させるとともに、試料上端を真空装置につないで間隙中の気泡を取り除く。③脱気水を再び間隙水压測定系統に連流させる。④上記の操作を十分に行った後、試料の間隙水に10kgf/cm²程度の加圧（バックプレッシャー）を行い、加圧飽和を計る。以上の手順により岩の試料を十分に飽和させることができた（評価・検討は次節参照）。

3. 等方圧縮における間隙水压変化

脱気水により飽和させた岩の試料に対して非排水条件のもとに等方圧を加え、それに対する間隙水压の変化を観測した。図-2は大理石試料に対する試験結果を示したものである。横軸に試料を飽和させるために間隙に加えた加圧力（バックプレッシャー）をとり縦軸に間隙水压係数Bをとっている。尚間隙水压係数Bは、試料に加えた等方圧の変化（ $\Delta\sigma_3$ ）に対する間隙水压の変化（ Δu ）の比、つまり $B = \Delta u / \Delta\sigma_3$ で定義される。この測定において岩の試料に与える有効拘束圧を数種類に変化させ、その結果をそれぞれA～Eに示した。

これらの試験結果より得られる結論のうち次の二点が重要である。

①岩の試料の間隙水压係数Bは、バックプレッシャー

図-2 バックプレッシャー及び σ_3^0 と係数Bとの関係（大理石試料）

の上昇とともに大きくなり間隙が水で完全に飽和された段階で一定値となるが、その値は土の場合と異なり1.0ではない。すなわち、骨格の体積圧縮係数が大きい岩の試料の場合には、試料の飽和の検証は、係数Bが1.0になることではなく与えられた条件に対応する一定値となることである。この一定値は理論的に求めることができる(参考文献1)。

②しかしこの一定となるB値は有効拘束圧の函数であり、有効拘束圧を増加させると次第に減少する。有効拘束圧の増加によって係数Bが減少する現象は、一見無垢と見える岩の試料にも亀裂性の間隙が存在し、この亀裂性間隙が有効拘束圧の増加によって閉塞されることによるものと考えられる。図-3には有効拘束圧と間隙水圧係数Bの関係を、大理石、砂岩、花こう岩、石灰岩について示した。

4. 非等方圧縮における間隙水圧変化

脱気水により飽和させた試料に対して非排水三軸圧縮試験を行い、間隙水圧の変化を測定した。図-4には大理石の試料に対し、側圧(σ_3) = 100 kgf/cm²、初期間隙水圧(u_0) = 30 kgf/cm²、初期有効拘束圧(σ_3')₀ = 70 kgf/cm²の条件で三軸圧縮試験を行った結果を示した。尚間隙水圧係数 $\bar{A}$ は、 $\Delta u = B \cdot \Delta \sigma_3 + \bar{A} \cdot (\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)$ によって定義され、 σ_3 が一定の場合には $\bar{A} = \Delta u / \Delta \sigma_1$ となる。試験の初期段階においては間隙水圧の上昇が見られ、間隙水圧係数 $\bar{A}$ は0.3前後の値を示している。しかし、圧縮応力をさらに増加させると間隙水圧は減少しはじめ、試料の破壊に近付くと間隙水圧は初期間隙水圧を下回る値になっている。又、有効主応力比 σ_1' / σ_3' は、軸歪が0.3%でピーク値を示すのに対し、主応力差($\sigma_1 - \sigma_3$)は軸歪が0.7%近くでピークを示している。

5. まとめ

- ①脱気水で飽和した岩の試料を、有効拘束圧一定の条件で等方圧縮した場合、バックプレッシャー10 kgf/cm²以上に対して間隙水圧係数Bは一定値を示す。一方、有効拘束圧を増加させると間隙水圧係数Bは減少する。
- ②飽和した岩の試料を非等方圧縮した場合、載荷の初期段階では間隙水圧が上昇し、間隙水圧係数 $\bar{A}$ は0.2 ~ 0.4を示す。しかし、圧縮応力の増加に伴って間隙水圧は減少しはじめ、試料が破壊に近づくと係数 $\bar{A}$ はマイナスとなる。

6. 参考文献

- ①Mesri, G., Adachi, K., Ullrich, C.H. (1976) "Pore-pressure Response in Rock to Undrained Change in All-round Stress", Geotechnique Vol.26, No.2, pp.317 ~ 330.
- ②足立格一郎 (1986), "岩の試料の等方及び非等方圧縮における間隙水圧の変化", 第21回土質工学研究発表会, pp.965 ~ 966.

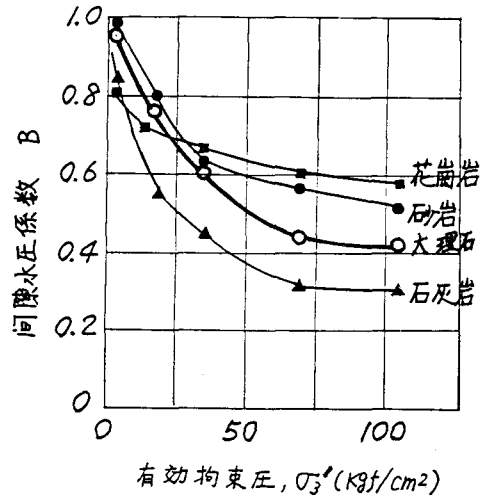


図-3 σ_3' と間隙水圧係数Bとの関係

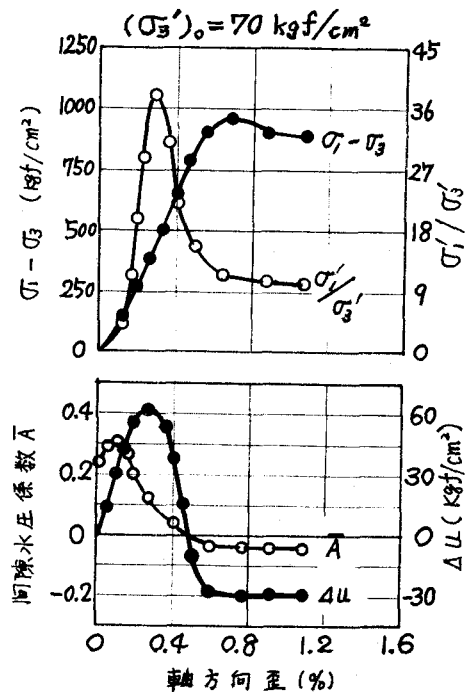


図-4 非排水三軸圧縮(大理石)