

関西大学大学院 学生員○元松 亮
関西大学工学部 正会員 楠見 晴重
関西大学大学院 学生員 白神 敦

1. まえがき

軟岩は乾燥・湿潤を繰返されることによって風化し、強度低下を引き起こすことが知られているが、応力一定の状態下での力学挙動に関する研究¹⁾は少ないのが現状である。本研究では、軟岩供試体に一定せん断応力と一定垂直応力を载荷した状態で乾湿繰返し試験を行った。そのときのせん断変位、エネルギー的な観点から乾湿繰返しを受けた軟岩の破壊機構の検討を行った。

2. 実験概要

本研究では凝灰岩の一種、大谷石を用いた。表-1はその諸物性値について示している。図-1の試験装置はせん断応力と垂直応力を一定に保持した状態で、乾湿繰返し可能な一面せん断機である。実験は、24時間炉乾燥後の大谷石に一定のせん断応力、一定の垂直応力を载荷し、24時間湿潤、24時間乾燥を1サイクルとして、2サイクルの乾湿繰返し試験を行った。さらに、乾湿繰返し試験終了後、その垂直応力下で引き続いてせん断試験を実施した。実験条件は、応力比(α)が0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9の6種類、垂直応力(σ_n)は0.1、0.3、0.5、0.75、1.0、1.5(MPa)の6種類、合計34種類の応力条件で実験を行った。

ここで、応力比(α)とは次式(1)で表される。

$$\alpha = \tau_c / \tau_s \quad \dots (1)$$

τ_c : 乾湿繰返し中の一定せん断応力

τ_s : 湿潤供試体の最大せん断強度

3. 実験結果および考察

図-2は、乾湿試験中に計測されるせん断変位の経時変化について示している。せん断変位は、破壊時のせん断変位で除することによって正規化している。図中のWは湿潤状態、Dは乾燥状態を表している。この図から、乾湿試験中の供試体のせん断変位は、湿潤状態から乾燥状態、乾燥状態から湿潤状態へ移行した直後に、それぞれ急激な減少、増加傾向が認められた。図-3は内部エネルギーのせん断モデルを示している。

本研究で定義した内部エネルギー WI とは、

$$WI = \sum \tau \cdot \Delta u \cdot D + \sum \sigma_n \cdot \Delta v \cdot L$$

$$= (WI)_u + (WI)_v \quad \dots (2)$$

表-1 大谷石の諸物性値

一軸圧縮強度(乾燥状態) (MPa)	13.78
一軸圧縮強度(湿潤状態) (MPa)	9.39
吸水率(%)	30.72
有効間隙率(%)	41.13

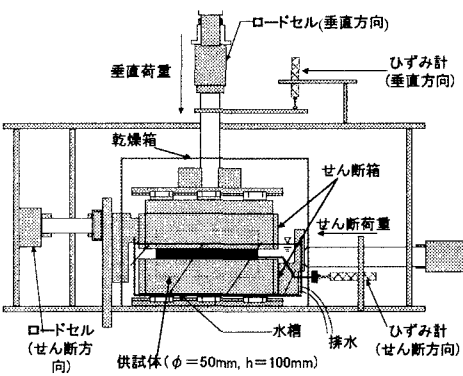


図-1 一面せん断試験機

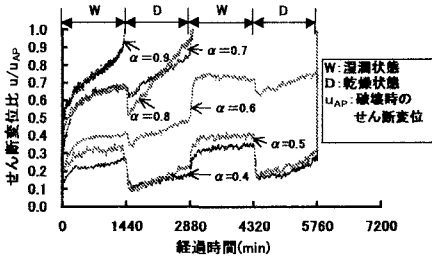


図-2 せん断変位比の経時変化
($\sigma_n = 0.3\text{MPa}$)

で表される。 W_I : 内部エネルギー (N)、 $(W_I)_u$: セン断方向の内部エネルギー (N)、 $(W_I)_v$: 垂直方向の内部エネルギー (N)、 τ : セン断応力 (MPa)

σ_n : 垂直応力 (MPa)、 Δu : セン断方向の微小変位 (mm)、 Δv : 垂直方向の微小変位 (mm)、 D : 供試体の直径 (mm)、 L : 供試体の長さ (mm) とした。

第1項はせん断方向の内部エネルギーであり、試験開始から破壊時までを合計したものである。第2項は垂直方向の内部エネルギーについて同様にしたものである。図-4 は内部エネルギー W_I と垂直応力の関係について示している。乾湿試験中に破壊しない応力条件における内部エネルギー W_I は、乾湿試験中に破壊した応力条件のものと比較し、低い値を示していることが認められた。垂直方向の内部エネルギー $(W_I)_v$ とせん断方向の内部エネルギー $(W_I)_u$ が、供試体の内部エネルギー W_I に与える影響について検討するために各方向別に内部エネルギーを検討した。図-5 に示される垂直方向の内部エネルギー $(W_I)_v$ と垂直応力の関係においては、乾湿試験中に破壊しない応力条件における垂直方向の内部エネルギー $(W_I)_v$ が、乾湿試験中に破壊した応力条件における内部エネルギー $(W_I)_v$ と比較して、大きな値を示すものがあることが確認された。図-6 は、せん断方向の内部エネルギー $(W_I)_u$ と垂直応力の関係を表している。この図より、乾湿試験中に破壊しないいずれの応力条件下においても、せん断方向の内部エネルギー $(W_I)_u$ は、乾湿試験中に破壊した応力条件における内部エネルギー $(W_I)_u$ と比較して、低い値となっている。それに対してこのことから、内部エネルギーの観点から見た際、破壊基準に大きく影響するのは、垂直方向の内部エネルギー $(W_I)_v$ よりもせん断方向の内部エネルギー $(W_I)_u$ であることがわかった。

4. まとめ

- (1) 乾湿試験中に破壊しない応力条件における内部エネルギー W_I は、乾湿試験中に破壊した応力条件のものより、低い値を示すことが認められた。
- (2) 内部エネルギー W_I 大きく影響するのは、垂直方向の内部エネルギー $(W_I)_v$ よりもせん断方向の内部エネルギー $(W_I)_u$ であることがわかった。

5. 参考文献

- 1) 楠見晴重・白神 敦・片江敏雄：一定応力下において乾湿繰返しを受けた堆積軟岩のせん断強度特性，日本材料学会誌，Vol.51, No2, pp.146-151, 2002.2.

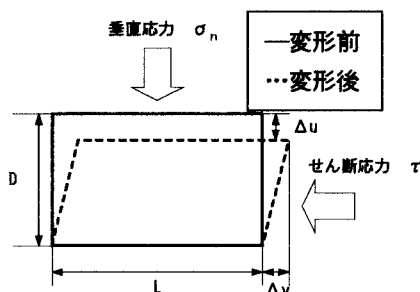


図-3 内部エネルギーのせん断モデル

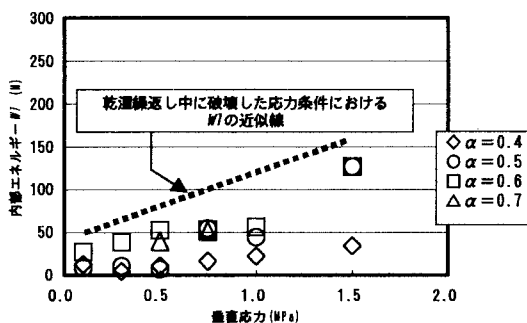


図-4 内部エネルギーと垂直応力の関係

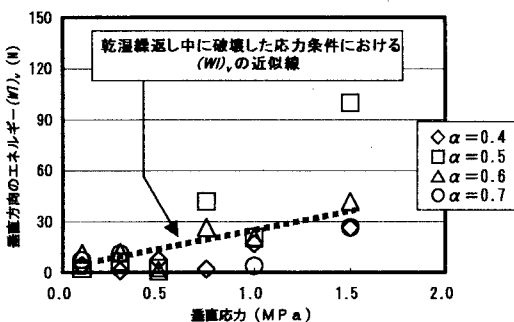


図-5 垂直方向の内部エネルギーと垂直応力の関係

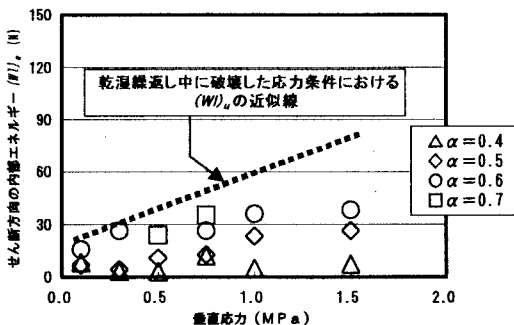


図-6 セン断方向の内部エネルギーと垂直応力の関係