

乾湿繰返しを受けた軟岩の強度特性に与える荷重応力の影響

関西大学大学院 学生員 片江 敏雄
 関西大学工学部 正会員 楠見 晴重
 関西大学工学部 正会員 西田 一彦

1. まえがき

乾湿を繰返すことによって軟岩は風化し、強度が低下するという事実は周知の事実であるが、荷重応力一定の条件下での力学挙動に関する研究は皆無である。本研究では、各種のせん断応力と垂直応力を一定の状態に保ち、乾湿履歴を軟岩供試体に繰返し与えたときに、乾湿繰返しを受けた軟岩供試体の強度特性に与える荷重応力の影響に関して検討を行ったものである。

2. 実験概要

本研究では、大谷石を用いた。表-1は、大谷石の諸物性値を示している。使用した試験装置は、せん断応力と垂直応力を一定に保持した状態で、乾湿繰返しが可能な一面せん断試験機である。実験装置の仕様については既に報告¹⁾しているため、ここでは省略する。実験は、24時間炉乾燥後の大谷石に、一定のせん断応力、一定の垂直応力荷重中に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の3種類である。α=0.4、0.5のとき、垂直応力(σ_n)は0.1、0.3、0.5、0.75、1.0、1.5(MPa)の6種類で、α=0.6のとき、σ_n=0.1、0.3、0.75、1.0、1.5(MPa)の5種類とした、合計17種類の応力状態で実験を行った。ここで、応力比(α)とは、

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

τ_c : 乾湿繰返し中の一定せん断応力

τ_s : 乾湿繰返し前の湿潤供試体の最大せん断強度

である。

3. 実験結果および考察

図-1は、α=0.4における、せん断変位の経時変化を示したものである。ここで、縦軸は、乾湿繰返し中に測定されたせん断変位(u)を、乾湿試験終了後のせん断試験において、最大せん断強度を与えるせん断変位(u_{AP})によって正規化したものである。この図から、乾湿繰返し中に計測されるせん断変位は、乾燥状態から湿潤状態、湿潤状態から乾燥状態に移行した直後にそれ

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

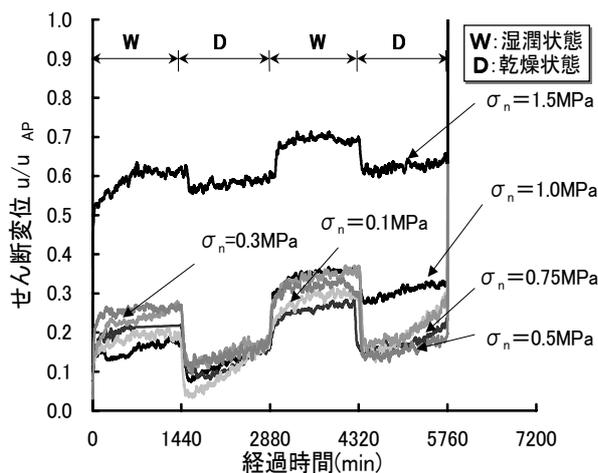


図-1 せん断変位比の経時変化 (α=0.4)

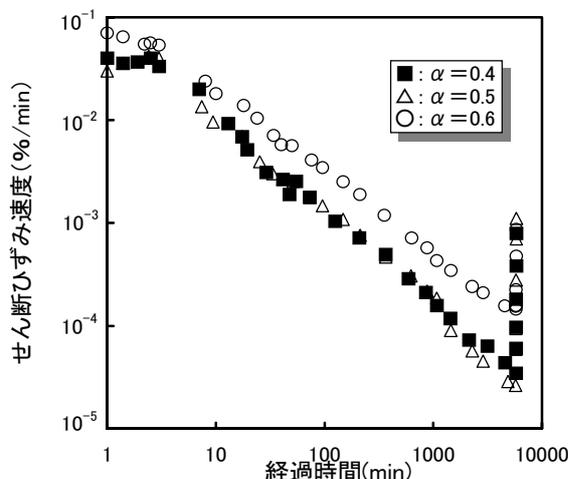


図-2 せん断ひずみ速度の経時変化 (α=0.4, σ_n=0.3MPa)

キーワード：乾湿繰返し，軟岩，破壊包絡線，せん断強度

〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL, FAX 06-6368-0837

それぞれ急激な増加、減少傾向が認められた。また、 $\sigma_n = 0.1 \sim 1.0$ (MPa) では、ほとんどせん断変位に差が生じず、 $\sigma_n = 1.5$ (MPa) の条件下では、せん断変位の進行は大きくなっている。これは、この供試体が高い垂直応力により、供試体内部の結合力が低下することに起因しているものと考えられる。図-2 は、 $\sigma_n = 0.3$ (MPa) におけるせん断ひずみ速度の経時変化を示したものである。この図から、 $\sigma_n = 0.4, 0.5$ のときのせん断ひずみ速度の経時変化はほぼ同様であったが、

$\sigma_n = 0.6$ のときのそれは、実験開始直後から明らかに、他の2つの応力比のそれよりも高い速度を示している。このことより、せん断ひずみ速度の応力比依存性が認められた。図-3 は、応力比と強度低下率の関係を示したものである。ここで、強度低下率 D とは、

$$D = (1 - \tau_{AP} / \tau_{DP}) \times 100(\%) \quad (2)$$

τ_{AP} : 乾湿繰返し後の乾燥供試体の最大せん断強度
 τ_{DP} : 乾湿繰返し前の乾燥供試体の最大せん断強度と定義される。この図から、 $\sigma_n = 0.3, 1.5$ (MPa) のとき、応力比が大きくなると強度低下率が大きくなる。

$\sigma_n = 0.75$ (MPa) のとき、応力比が大きくなると強度低下率が小さくなる。ここで、 $\sigma_n = 0.3$ (MPa) では垂直応力が低いために垂直応力の拘束効果は認められない。 $\sigma_n = 0.75$ (MPa) では拘束効果が認められるが、 $\sigma_n = 1.5$ (MPa) では、図-1 で述べたように、結合力の低下により拘束効果は認められない。即ち、軟岩に効果的に働く垂直応力があると考えられる。図-4 は乾湿繰返し前の乾燥状態供試体の破壊包絡線と、

$\sigma_n = 0.4, 0.5, 0.6$ の条件下で乾湿繰返し後の供試体の破壊包絡線を示したものである。ここで、最大せん断強度はすべて乾燥状態で得られている。この図から、乾湿繰返し前の供試体の破壊包絡線は、 $\sigma_n = 0.5$ (MPa) を遷移点として2本の直線で近似されるが、乾湿繰返し後の供試体のそれは直線的な増加傾向を示している。これは、乾湿繰返しを受けた供試体の内部構造が低下、もしくは破壊することに起因すると考えられる。表-2 は、粘着力と内部摩擦角を示している。ここで、乾湿繰返し後の供試体の結果を比較すると、応力比が大きくなると、内部摩擦角は大きくなり、粘着力は小さくなることが認められた。

まとめ

乾湿繰返しを受けた軟岩の強度特性に与える載荷応力の影響に関して検討を行った結果、垂直応力が 1.5 (MPa) のせん断変位は、他の垂直応力条件下よりもせん断変位が進行することが認められた。また応力比が 0.4, 0.5 の場合と比べて、応力比が 0.6 の場合のせん断ひずみ速度は高いことがわかった。さらに乾湿後の破壊包絡線は、応力比が高くなるほど内部摩擦角が大きくなり、粘着力が小さくなることがわかった。

参考文献

- 1) 楠見晴重・松下千加生・片江敏雄・西田一彦：一定応力下における乾湿繰返しを受けた軟岩の強度変形特性，第30回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，pp36-42，2000。

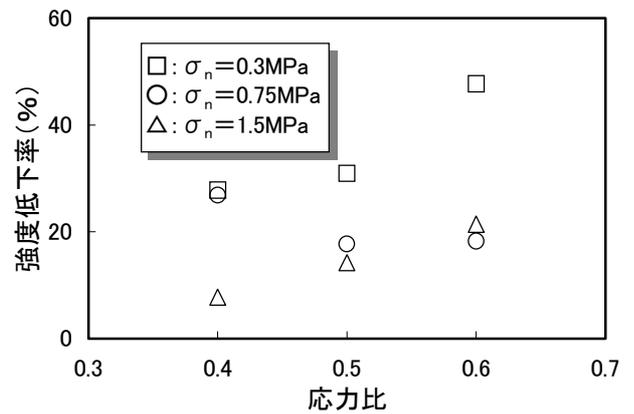


図-3 応力比と強度低下率の関係

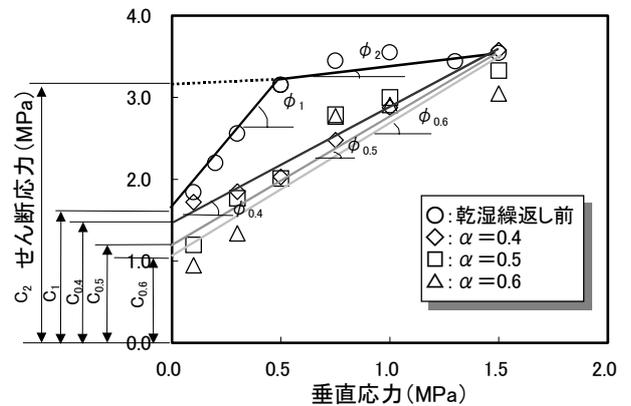


図-4 破壊包絡線

表-2 各条件下の粘着力と内部摩擦角

乾湿繰返しを受けていない供試体	$\sigma_n \leq 0.5$ (MPa)	$C_1 = 1.54$ (MPa)	$\phi_1 = 72.98^\circ$
	$\sigma_n \geq 0.5$ (MPa)	$C_2 = 3.27$ (MPa)	$\phi_2 = 16.50^\circ$
乾湿繰返しを受けた供試体	$\alpha = 0.4$	$C_{0.4} = 1.46$ (MPa)	$\phi_{0.4} = 54.26^\circ$
	$\alpha = 0.5$	$C_{0.5} = 1.23$ (MPa)	$\phi_{0.5} = 56.69^\circ$
	$\alpha = 0.6$	$C_{0.6} = 1.03$ (MPa)	$\phi_{0.6} = 58.23^\circ$