

一定応力下において乾湿繰返しを受けた堆積軟岩の破壊機構

関西大学大学院 学生員 白神 敦
 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

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載荷した状態で乾湿繰返し試験を行った。そして、エネルギー的な観点、せん断ひずみ速度変化から乾湿繰返しを受けた軟岩の破壊機構について検討を行った。

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、乾湿繰返しが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、一定の垂直応力を載荷し、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()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種類を組み合わせ、合計34種類の応力条件で実験を行った。ここで、応力比()とは次式(1)で表される。

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

$$= \sigma_c / \sigma_s \dots (1)$$

σ_c : 乾湿繰返し中の一定せん断応力

σ_s : 湿潤供試体の最大せん断強度

3. せん断変位および内部エネルギーに基づく破壊機構

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 u_{AP} 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、

$$WI = \sum \tau \cdot \Delta u \cdot D + \sum \sigma_n \cdot \Delta v \cdot L \dots (2)$$

で表される。ここで、 τ : せん断応力(MPa) σ_n : 垂直応力(MPa) Δu : せん断方向の微小変位(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。

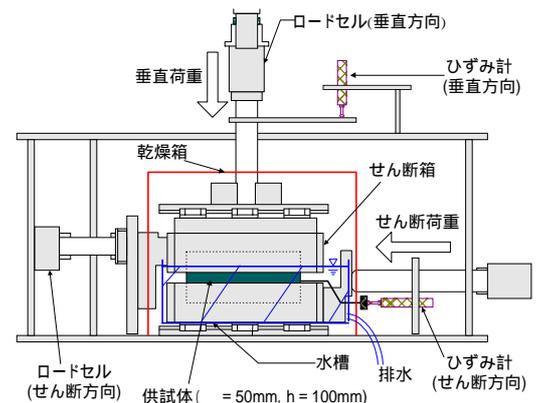


図-1 一面せん断試験機

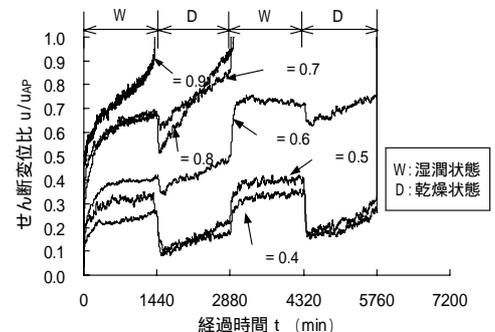


図-2 せん断変位比の経時変化 ($\sigma_n = 0.3\text{MPa}$)

キーワード：軟岩 乾湿繰返し 内部エネルギー 最小せん断ひずみ速度線
 連絡先：〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 06-6368-0837

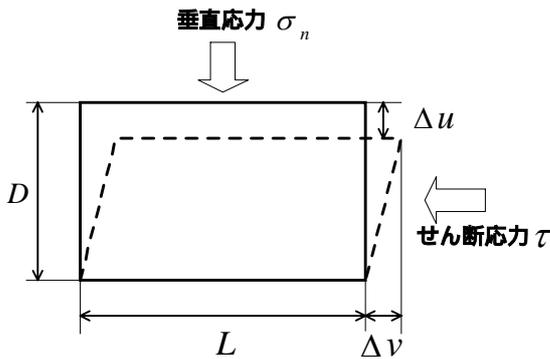


図-3 内部エネルギーのせん断モデル

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 WI と垂直応力の関係について示している。図中に示される点線は、乾湿繰返し中に破壊した応力条件における WI の近似直線である。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 WI 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。

4. せん断ひずみ速度特性に基づく破壊機構

図-5は垂直応力が0.3 (MPa)の時の、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 $\sigma/\sigma_c = 0.7, 0.9$ の高応力比条件下の供試体は他の低応力比条件下とは異なった経路で変化している。これらの応力比は図-2で示したように乾湿繰返し中に破壊に至った応力条件であり、せん断ひずみ速度が乾湿繰返しの初期から大きくなっていることがわかる。図-6は各応力条件におけるせん断ひずみ速度の最小値をとり、最小せん断ひずみ速度線¹⁾としたものを示している。図からも明らかなように、最小せん断ひずみ速度線は一本の直線で近似することができる。また、この直線にせん断ひずみ速度が重なった時、供試体は破壊することが確認されている。

5. まとめ

一定応力下で乾湿繰返しを受けることによって破壊に至る軟岩は、その過程で高いせん断ひずみ速度を示し、内部エネルギーにおいては破壊しない条件のものに比べて高い値を示すことがわかった。そして、各応力条件において最小の値を示すせん断ひずみ速度を一本の直線で結び最小せん断ひずみ速度線とすることで、これを破壊基準として扱うことの可能性を示唆できた。

5. 参考文献

1) 岡二三生：地盤の弾粘塑性構成式、森北出版、pp.3-5,2000.

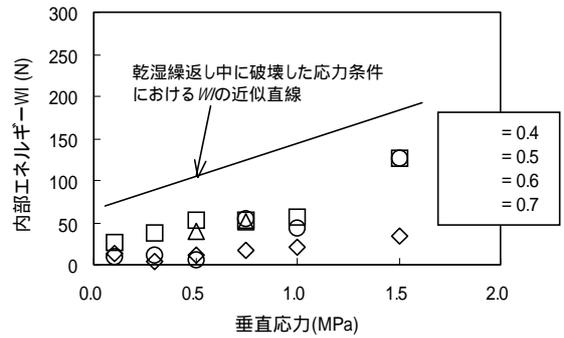


図-4 内部エネルギーと垂直応力の関係

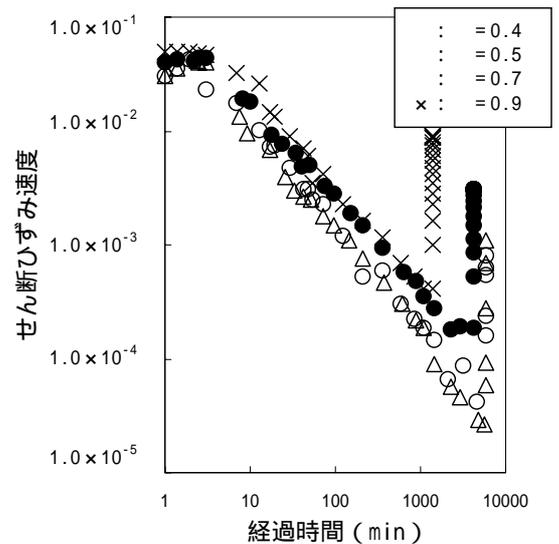


図-5 せん断ひずみ速度分布 ($\sigma_n = 0.3\text{MPa}$)

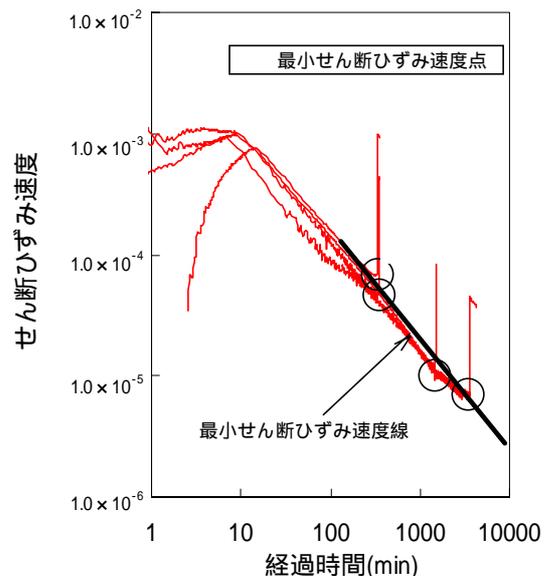


図-6 最小せん断ひずみ速度線 ($\sigma_n = 0.8$)