

III-A 334

堆積軟岩における疲労特性とクリープ特性の比較

埼玉大学工学部 正会員 長田 昌彦

1. はじめに

近年、長大吊橋や原子力発電所などの重要構造物の支持地盤として、また電力や圧縮空気の貯蔵施設などの地下岩盤構造物として堆積軟岩が対象とされることが多い。これらの構造物の長期の安定性を議論するうえでは、疲労やクリープなど時間依存性挙動を十分に検討しておく必要がある。一般に疲労はクリープと同様な変形挙動をすると考えられているが、これらを定量的に比較した研究は少ない。そこで本研究では三軸圧縮応力下における疲労試験とクリープ試験の結果を最小ひずみ速度に着目して整理した結果を報告する。

2. 試料および実験方法

用いた試料は大谷石、横浜シルト岩、田下石の3種類で、いずれも新第三紀中新世に堆積した軟岩である。直径：高さが1:2である円柱形(φ50×100mm)に整形した供試体を強制飽和させ、所定の拘束圧で等方圧密したあと非排水条件下で各試験を実施した。試験は三軸圧縮応力下における疲労試験・クリープ試験を実施した。なお、すべての試験で背圧として0.5MPaを加え、さらに疲労試験では繰り返し周波数を0.2 Hzとし、波形は正弦波を用いた。試料の物性を表-1に、実験条件を表-2にまとめて示す。

3. 疲労試験における最小ひずみ速度と破壊までの繰り返し回数との関係

疲労試験における軸ひずみの時間変化を図-1に示す。図から各応力サイクルにおける上限軸ひずみは1次、2次、3次段階を経て破壊に至っており、図-2のクリープ試験結果と比較すると、同様な変形挙動をしていることがわかる。そこで、ここではひずみ速度がほぼ一定となる2次段階のひずみ速度を最小ひずみ速度とし、繰り返し応力の加えははじめから破壊に至るまでの時間との関係について考察することにする。

図-3(a)は大谷石に対する試験結果であり、縦軸にこの最小ひずみ速度をとり、破壊までの繰り返し回数との関係を両対数グラフで表わしている。図よりこれらの関係はほぼ逆比例関係にあることがわかる。この物理的な意味は新城ら(1987)、中山ら(1991)、山下ら(1994)などが考察しているように、破壊時のひずみ量が載荷レベルに依存しないことを表わしていると考えられる。図-3(b)は横浜シルト岩に対する試験結果であり、大谷石と同様の傾向にある。

表-1 試料の物性値

Rock Type	G	γt (g/cm ³)	n (%)	T ₀ (MPa)	qu (MPa)
大谷石(TOK)	2.31	1.75	41.6	0.57	6.8
横浜シルト岩	2.68	1.99	41.5	0.22	3.4
田下石	2.48	2.11	22.0	0.82	8.6

G;比重, γt ; 湿潤単位体積重量, n; 間隙率, T₀;引張強度, qu;一軸圧縮強度

表-2 実験条件

	疲労試験	クリープ
大谷石	$\sigma_3'=0.5\text{MPa}$ 0.2Hz, 正弦波	
横浜シルト岩	$\sigma_3'=0.5\text{MPa}$ 0.2Hz, 正弦波	
田下石	$\sigma_3'=1.0\text{MPa}$ 0.2Hz, 正弦波	$\sigma_3'=0.5, 1.0\text{MPa}$ 開始応力7.6-10.7MPa

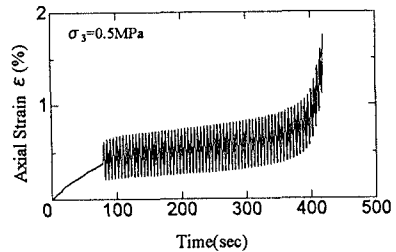


図-1 疲労試験の軸ひずみ-時間関係 (大谷石 (TOK)の例)

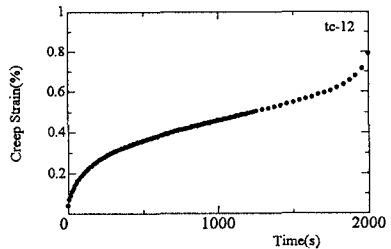


図-2 クリープ試験の軸ひずみ-時間関係 (田下石の例)

4. クリープ試験における最小ひずみ速度と破壊までの時間との関係

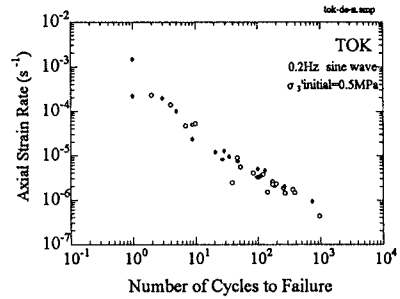
クリープ試験においても、最小ひずみ速度と破壊までの時間との関係が逆比例関係にあることが数多く報告されている。ここでは田下石に対するクリープ試験結果を図-4に示す。○印は初期有効拘束圧が0.5MPaの場合であり、△印は1.0MPaの場合である。どちらもほぼ同じ直線上に分布しており、拘束圧に対する依存性は小さいと考えられる。

5. 疲労試験とクリープ試験結果の比較と考察

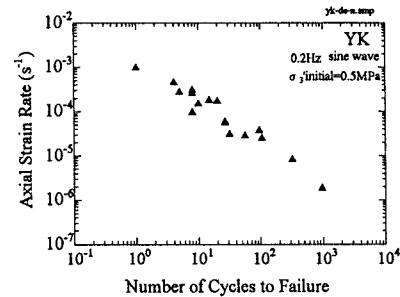
図-4には、田下石を用いた疲労試験からの最小ひずみ速度-時間関係も合わせて表示してある。一般に初期軸差応力と最小ひずみ速度との間にも両対数グラフ上で比例関係があることが報告されているが、本研究では図-5のように、試験片ごとのばらつきが大きく、ほぼ同じ軸差応力でも最小ひずみ速度は様々な値を取った。図-4において疲労試験とクリープ試験結果を比較すると、勾配はほとんど変化しないが、同じ载荷時間で破壊に至る場合、疲労試験のほうが最小ひずみ速度が大きいことがわかる。これは疲労試験のほうが繰り返しによる損傷が大きいためと考えられる。

一方、同様の比較を実施した中山ら(1991)は、繰り返し载荷試験とクリープ試験においてこれらの関係には差がないことを上総層群の2種類の泥岩に対する試験結果から報告している。岩石の種類が異なる場合には、異なった挙動をする可能性を暗示している。また松木・工藤(1990)が指摘するように、疲労試験とクリープ試験では平均的な载荷速度が異なるために、図-4のような結果となったとも考えられる。このような効果は Akai, K. & Ohnishi, Y.(1983)の図(fig.10)からも見て取れる。

参考文献) 1)新城・小宮(1987) 異方性泥岩の時間依存性,第7回岩の力学国内シンポジウム講演論文集,73-78. 2)中山ほか(1991) 繰り返し荷重を受ける堆積軟岩の長期強度の推定,第23回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集,287-291. 3)山下ほか(1994) 大谷石のクリープ特性とクリープ過程について,資源と素材, Vol.110,875-882. 4)松木・工藤(1990) 岩石の繰り返し圧縮疲労過程に関する考察,資源と素材, Vol.106, 781-786. 5) Akai, K. and Ohnishi, Y. Strength and deformation characteristics of soft sedimentary rock under repeated and creep loading.. Proc. Int. Symp. Rock Mech.,121-124, 1983.



(a)大谷石



(b)横浜シルト岩

図-3 疲労試験における最小ひずみ速度と繰り返し回数の関係

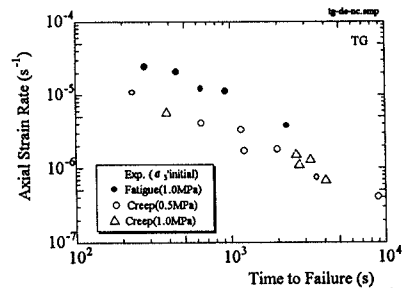


図-4. 疲労試験およびクリープ試験における最小ひずみ速度と破壊までの载荷時間との関係

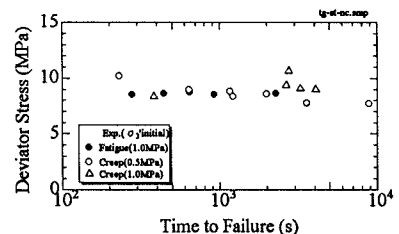


図-5 初期軸差応力と破壊までの時間の関係