

高温下における堆積軟岩のクリープ特性

背景

高レベル放射性廃棄物地層処分の候補岩体の1つである堆積軟岩は、硬岩と比較して熱による影響を受けやすいと予想されるものの、力学特性などの温度依存性に関する研究事例は極めて少ない。そのため、堆積軟岩の力学特性の温度依存性を把握し、その結果を処分施設の設計に反映させることが望まれている。これまで、比較的短期間の力学的安定性を検討するため、高温環境下での強度・変形特性を把握してきた。さらに処分孔埋め戻し後の長期安定性を評価するためには、高温環境下でのクリープ特性^{*1}の把握が課題として残されている。

目的

高温環境下における一軸クリープ試験を実施し、軟岩のクリープ特性の温度依存性を評価する。

主な成果

高温環境下で岩石の長期のクリープ試験が可能な試験装置を開発した(図1)。これを用いて、新第三紀中新世の泥岩(一軸圧縮強さ:5MPa程度)と凝灰岩(一軸圧縮強さ:6MPa程度)を用いて、無拘束圧下のクリープ試験を実施した。その結果をもとにして、クリープ曲線の形状を表現できる簡易なクリープモデルを適用し、クリープ特性の温度依存性を検討した。これより、以下の結果が得られた。(図2、表1)

1. 常温と60°Cの実験結果から、泥岩のクリープ特性に温度の影響は見られなかった。一方、常温から95°Cの範囲の実験結果から、凝灰岩のクリープ特性に温度の影響が見られた。これより、軟岩のクリープ特性の温度依存性は岩種により異なることがわかった。
2. 凝灰岩のクリープ特性の温度依存性に関して、クリープ曲線の形状を決定する特性値は温度に依存せず相似形状を示すが、クリープ曲線のスケール(相似率)を決定する最小ひずみ速度^{*2}や破壊時間^{*3}などは温度に依存する。なお、80°Cでの破壊時間は常温と比較して3~4桁小さくなった。(図3)
3. 泥岩、凝灰岩ともに、最小ひずみ速度と破壊時間は、温度および応力比に依存せず、両対数表示で直線関係にあることが初めて明らかとなった。この関係を用いることにより、異なる温度や応力比の場合の破壊時間を予測できることが可能である。(図4)

以上より、従来試験が困難であった高温下の岩石のクリープ試験が可能となり、軟岩のクリープ特性に温度依存性が見られることが明らかとなった。

今後の展開

より長期の実験を実施する。また、拘束圧の影響を検討するため、高温下における三軸クリープ試験を実施するとともに、クリープ特性のモデル化について検討する。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 主任研究員 岡田 哲実

関連報告書 「高温環境下における堆積軟岩の力学特性(その2)」 電力中央研究所報告: N05057

*1 一定応力下において変形(ひずみ)が時間とともに増大する現象をクリープという。

*2 クリープのひずみ速度は一旦減少した後、増大して破壊に至る。このときの最小のひずみ速度である。

*3 外部変位計によるひずみが2%を超えた時間とした。

4. バックエンド

表 1 試験条件一覧

岩種	供試体	実験ケース	T	q _{creep}	q _{creep} /q _u	
	No	No	°C	MPa		
泥岩	14	20-6	20	2.54	0.48	
	25	20-8	22	2.96	0.56	
	33	20-11	21	4.03 ^{※1}	0.76	
	44	20-18	22	3.60	0.68	
	45	20-19	21	4.07	0.77	
	46	20-20	22	3.59	0.68	
	35	60-12	62	4.08 ^{※1}	0.77	
	38	60-13	60	2.56	0.48	
	40	60-14	63	3.56	0.67	
	41	60-15	60	4.19	0.79	
	42	60-16	61	3.77	0.71	
	43	60-17	63	2.81	0.53	
	凝灰岩	S-23	25-0.85	24	5.03	0.87
		S-19	25-0.75	24	4.47	0.78
S-8		25-0.65	24	3.78	0.66	
S-21		40-0.85	41	5.02	0.87	
S-4		40-0.75	41	4.36	0.76	
S-26		40-0.65	40	3.80	0.66	
S-16		60-0.85	60	4.98	0.86	
S-24		60-0.75	60	4.35	0.76	
S-25		60-0.65	60	3.80	0.66	
S-31		60-0.55	60	3.23	0.56	
S-11		80-0.85	80	5.01	0.87	
S-9		80-0.75	80	4.34	0.75	
S-6		80-0.65	79	3.80	0.66	
S-10		80-0.55	80	3.21	0.56	
S-5		95-0.65	95	3.73	0.65	
M-25		95-0.55	95	2.85	0.54	
M-30	95-0.65	95	3.39	0.65		

※ q_{creep} : 載荷応力, q_u : 一軸圧縮強さ

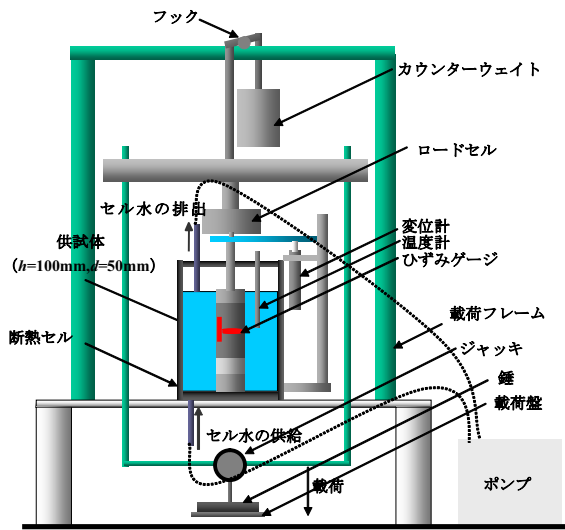


図1 一軸クリープ試験装置

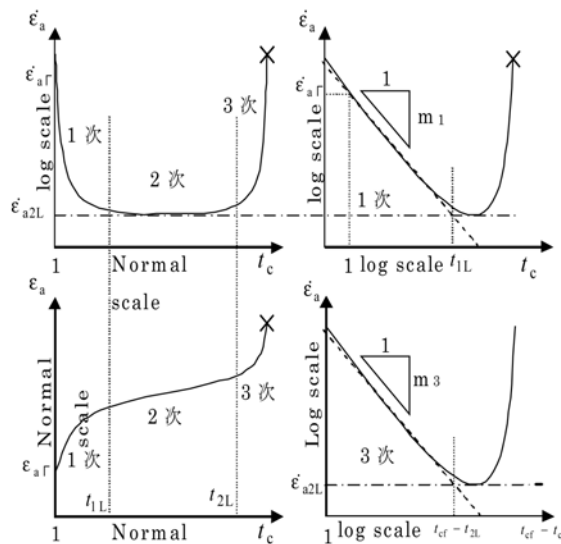


図 2 クリープモデルの概要

※ t_{cf} : 破壊時間, m_1 : 1次クリープにおける軸ひずみ速度と経過時間の傾き, m_3 : 3次クリープにおける軸ひずみ速度と破壊有剰時間の傾き, t_{1L}/t_{cf} : 破壊時間に対する1次クリープ終了時間, t_{2L}/t_{cf} : 破壊時間に対する2次クリープ終了時間, $\dot{\epsilon}_r$: クリープ開始時のひずみ速度, $\dot{\epsilon}_r$: クリープ開始時のひずみ速度, $\dot{\epsilon}_{2L}$: 2次クリープのひずみ速度

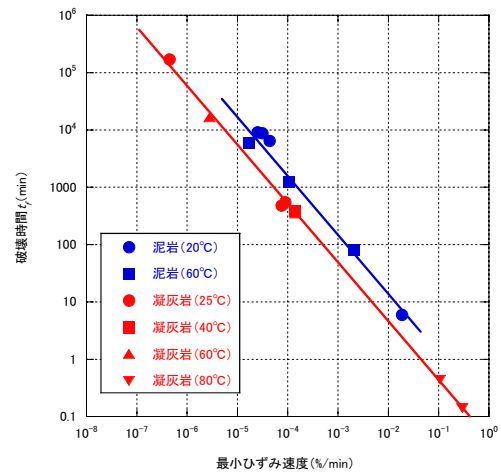


図 4 最小ひずみ速度と破壊時間の関係

最小ひずみ速度と破壊時間の関係は温度に依存しない。

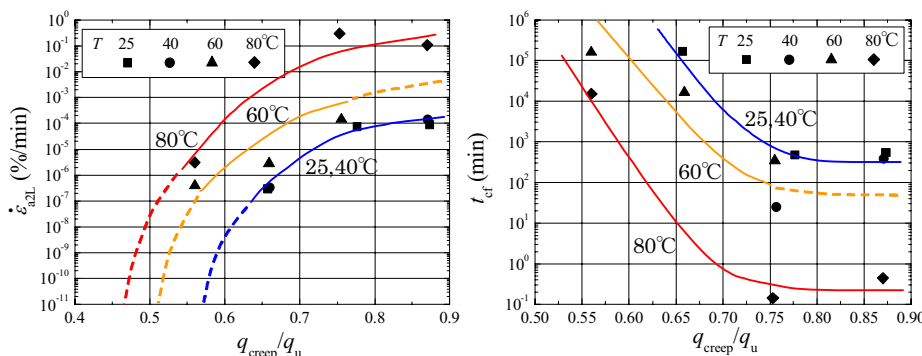


図 3 温度依存性を示したクリープ特性値(凝灰岩)

左図のとおり、凝灰岩の最小ひずみ速度と破壊時間は、顕著な温度依存性を示す。