

Ⅲ-A312

軟岩の時間依存性挙動に関する実験的研究

大成建設技術研究所
大成建設技術研究所○正会員
正会員小川 豊和
伊藤 文雄埼玉大学工学部
埼玉大学工学部正会員 山辺 正
学生会員 濱田 雄史

1. はじめに

一般に地盤内に存在する熱源による温度変化は、地盤に対して外力として作用すると共に地盤材料の構成関係そのものにも影響を及ぼす。また、超長期にわたる連成現象に関する予測の必要性から、熱・応力・浸透の連成現象を取り扱った解析的研究^{1)~5)}も数多く進められている。本研究では比較的均質な地盤を構成する堆積軟岩を対象として長期にわたる基本的な物性の時間依存性に着目して、構成関係の一端に言及した。具体的には、熱環境におかれた軟岩に対する一軸圧縮応力下のクリープ試験から実験的に力学物性を検討した。

2. 実験供試体の物理的性質と熱環境下における一軸圧縮試験

一軸圧縮応力下のクリープ試験に用いた供試体は、栃木県宇都宮市大谷町付近に産する凝灰岩(通称田下石)である。供試体は直径と長さの比が2の円柱形($\phi 50 \times 100\text{mm}$)で、上下端面の表面は十分に滑らかで、互いに平行になるよう整形した。なお、実験に用いた供試体の平均物性値は表1に示すとおりであった。表中の V_p 以下 E_d までは、それぞれ一軸試験開始前に乾燥状態の供試体について超音波速度試験を実施した結果であり、上からP波速度、S波速度、動ポアソン比、動的せん断弾性定数、動的ヤング率である。

表1 田下凝灰岩の物性値

密度	(g/cm^3)	1.786
V_p	(m/s)	1860
V_s	(m/s)	1240
ν		0.09
Gd	(kgf/cm^2)	28300
Ed	(kgf/cm^2)	61500

実験にあたっては軟岩供試体の境界温度を強制的に変化させ内部が一定温度になるまで待機した後、一軸圧縮試験と一軸応力下のクリープ試験により物性パラメータの時間依存性について検討した。具体的には、供試体の周囲をシリコンゴムで被覆し、雰囲気温度を制御する拘束流体を所定の温度にまで昇温させ、設定した待機時間が経過したことを確認した後、一軸圧縮試験およびクリープ試験を開始した。供試体の変形と温度は供試体に貼りつけた温度補償クロスゲージと温度センサーを用いて計測し、雰囲気温度として 20°C ・ 95°C ・ 100°C の温度条件について実験を実施した。さらに、温度履歴を与えた後に実施した一軸圧縮応力下のクリープ試験についても検討を加えた。その結果、常温下での一軸圧縮強度が平均 $220\text{kgf}/\text{cm}^2$ であったものが、 100°C で3時間程度の温度履歴を与えた後に実施した高温下での一軸圧縮試験ではその強度が平均 $160\text{kgf}/\text{cm}^2$ にまで低下していることが判明した。この傾向は、稲田らの研究結果⁶⁾とも整合的である。

3. 熱環境下におけるクリープ試験とスペクトル

一軸圧縮試験と同様、供試体の境界温度を恒温装置を用いて制御した後、各温度条件下で一軸圧縮強度の90%・95%まで荷重制御で静的に荷重を加え、荷重を保持したままクリープ変形の過程を記録する。これらのクリープ試験によって得られるひずみデータからクリープスペクトルを求め、時間依存性挙動の推移を調べた。

クリープおよび応力緩和などの現象はその物体の粘性として説明されるが、これらの現象を一次元力学モデルで説明しようとする試みの中で通常用いられるのは一般化マックスウェル模型と一般化フォークト模型である。一般化マックスウェル模型は緩和時間の種々異なるマックスウェル要素を多数並列に結んだものであって、階段状変形に対する応力が応力緩和を示す。同様に、一般化フォークト模型は多数のフォークト要素を直列に結んだもので定義され、階段状応力を与えたときの変形は定性的にクリープ現象を示す。これらの現象を一般化した形式が刺激・応答理論であり、硬岩の高温下の粘弾性的性質については、いくつかの研究がある。ここでは田下石を用いて一定温度下におけるクリープ試験より得られたクリープスペクトルの一例を図1および図2に示した。

軟岩 時間依存性 温度依存性

〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設技術研究所 TEL 045-814-7237, FAX 045-814-7257

両図において横軸は時間 (秒) を、縦軸は弾性変形成分を除去した後の軸方向ひずみの値を表し、プロットはクリープ曲線とその傾きから求められるクリープスペクトルである。スペクトルを決定する際には、軸方向ひずみを平滑化した後に傾きを計算した。両図を比較して特徴的なことは、図1の常温下ではクリープ寿命が120000秒近いにもかかわらず図2のように環境温度を95℃まで上昇させることにより破壊時までに必要な時間は、2000秒程度にまで短縮されることである。さらに、破壊に至る過程でスペクトルに明らかなピークが観察され、その時間において変形が新たに進行しはじめる契機が与えられたことを意味している。このことは、それぞれのピークに対応する離散的な特性を持つクリープモデルによる構成関係を構築できる可能性を示しており興味深い。

4. まとめ

実験的に得られたスペクトルは、対象とした時間範囲内でいくつかのピークを有する形式になっていた。これらの時間に対応した離散的な特性を持つクリープスペクトルの存在を示唆すると考えられる。今後、これらの実験結果から軟岩が熱環境におかれた時の時間依存性に着目して構成関係について議論をすすめる予定であるが、数値解析を実施するためには実験データが不足していると思われる。特に、クリープ現象の温度依存性や応力レベル依存性を実験的に明らかにすることなど解明されるべき事柄は多い。

参考文献

- 1) Hart, R. D. & C. M. ST. John : Formulation of a fully-coupled thermal-mechanical-fluid flow model for non-linear geologic systems, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol.23, No.3, pp.213-224, 1986.
- 2) Lewis, R.W. & Schrefler, B.A.: The Finite Element Method in the Deformation and Consolidation of Porous Media, pp.165-193, 1987, John Wiley & Sons.
- 3) 山本三三三 : 物体の変形学, 誠文堂, 1970.
- 4) Christensen, R. M. : Theory of Viscoelasticity an Introduction., 1971.
- 5) 嶋本利彦 : 岩石の高温粘弾性挙動, 第7回岩石の力学国内シンポジウム, pp.467-472., 1987.
- 6) 稲田善紀, 山辺正 : 各種条件下における岩石の力学挙動, 材料, Vol.23, No.3, pp.352-358., 1996.

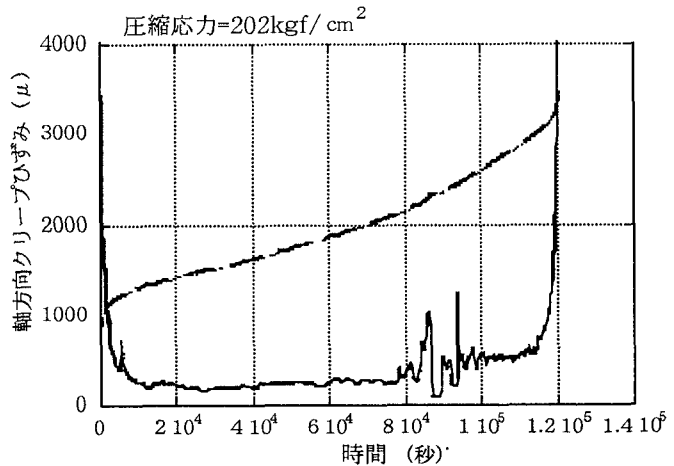


図1 応力レベル90%, 20℃のクリープ試験から得られるスペクトル

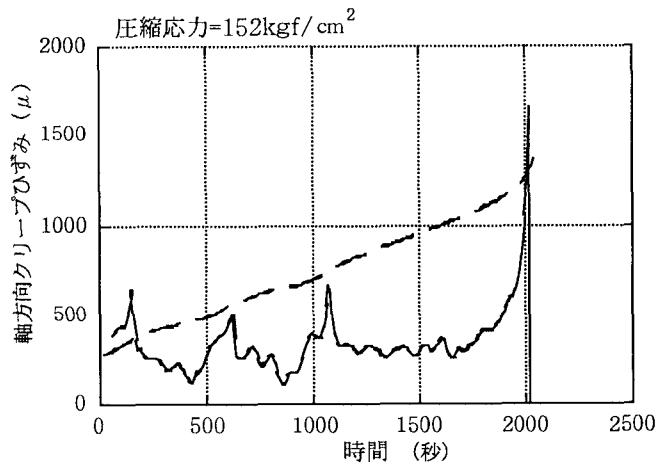


図2 応力レベル95%, 95℃のクリープ試験から得られるスペクトル