

## 堆積軟岩の埋設型ひずみ計測方法の高度化

電力中央研究所      〇岡田 哲実   澤田 昌孝  
セレス                  平賀 健史   平野 公平  
横浜国立大学大学院   谷 和夫

## 1. はじめに

透水性の低い堆積軟岩を対象として、エネルギー貯蔵や廃棄物処分などの新規地下利用が期待されている<sup>1)</sup>。堆積軟岩の特徴として、長期の変形特性が顕著であり、熱や水などの外部環境の変化に影響を受けやすいことが懸念される。そのため、外部環境の変化を考慮した堆積軟岩空洞の長期安定性評価手法の確立が望まれている。そこで本研究では、現地での計測技術の検討と熱・水・応力（クリープ）の連成解析コード<sup>2)</sup>の検証を行うため、堆積軟岩中に構築した地下空間実験場において、高温条件（約 90℃）を負荷する現地加熱実験を実施し、現地にて掘削時や加熱時の岩盤のひずみを計測する予定である<sup>3)</sup>。

一方、軟岩中の現地ひずみ計測については、ひずみゲージを埋め込むことによって計測に成功した事例が見られるが<sup>4)</sup>、ひずみゲージの種類や埋め戻し方法について、事前に十分な検討を行った事例は報告されていない。現実には埋め戻し材と岩盤の力学特性や熱特性を完全に一致させることは不可能であるため、埋め戻し材の特性に依存しないひずみ計測方法が理想である。そこで、現地加熱実験に先立ち、ブロック状の人工軟岩の中に、あえて人工軟岩と異なる配合の埋め戻し材を用いてひずみゲージを埋め込み、室内载荷試験によって、ひずみゲージの埋め込み方法の事前検討を行った。

## 2. 試験方法

20cm 立方のブロック状の人工軟岩（谷他の方法を参考<sup>5)</sup>）を作製し、そのブロックの中心にφ60mmの孔を削孔した（図1）。その孔内にまずは4種類の方法（No.1～4）でひずみゲージを埋め戻すとともに、ブロックの側面にひずみゲージ（箔ゲージ）を4枚貼付し、ブロックの载荷試験を行い、埋め込んだひずみゲージと側面のひずみゲージの結果を比較した（表1）。No.1の方法は、ブロックと同じ材料のコアにひずみゲージを接着剤で貼り付け、コアとブロックの隙間を埋め戻し材で充填した。No.2の方法は、ナイロンメッシュを円筒状に巻いて、それにひずみゲージを接着剤で貼り付けた後、埋め戻し材で埋設した。No.3の方法は孔内にパッカーを用いて直接ひずみゲージを接着剤で貼り付け、孔内を埋め戻し材で充填した。No.4の方法はナイロンメッシュと比較して剛性の高いプラスチック製のメッシュを円筒状に巻いて、そのメッシュにひずみゲージを紐で吊下げて固定し、接着剤を使わずに埋め戻し材で埋設した。

表1中に示すとおり、ひずみゲージは市販の3タイプで、Aタイプはひずみゲージを樹脂でコーティング

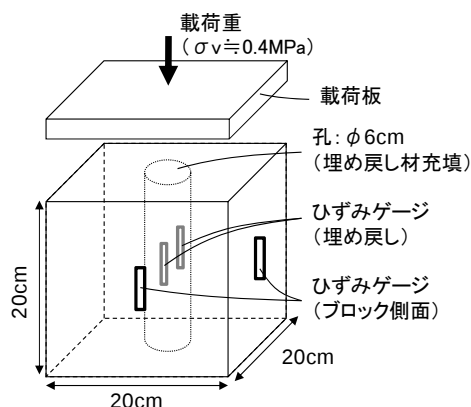


図1：試験体概要

表1：試験ケース一覧

| 試験体  | 埋め込み方法                                       | ひずみゲージ種類               |
|------|----------------------------------------------|------------------------|
| No.1 | コアにひずみゲージを貼り付け、そのコアを埋め戻し材で埋設。                | 防水型(Aタイプ)<br>防水型(Bタイプ) |
| No.2 | ナイロンメッシュ(円筒形)にひずみゲージを貼り付け、埋め戻し材で埋設。          | 防水型(Aタイプ)<br>防水型(Bタイプ) |
| No.3 | 孔内に直接ひずみゲージを貼り付け、埋め戻し材で埋設。                   | 防水型(Aタイプ)<br>防水型(Bタイプ) |
| No.4 | プラスチック製のメッシュ(円筒形)にひずみゲージを紐で吊下げて固定し、埋め戻し材で埋設。 | 防水型(Bタイプ)<br>防水型(Cタイプ) |
| No.5 | No.1と同様。ゲージは軸のみでなく、コアの上下、周方法にも貼付。            | 防水型(Bタイプ)              |

キーワード：堆積軟岩，現場計測，ひずみ計

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 TEL：04-7182-1181 FAX：04-7182-2243

したもの、Bタイプはステンレス箔に貼り付けたひずみゲージの表面をゴム系のコーティング材で防水したもの、Cタイプは元来埋設用にゲージが特殊なケースに入ったものである。Cタイプ以外は各2枚ずつゲージを埋め込んだ。

### 3. 試験結果

No.1～4の応力-ひずみ関係を図2に示す。ひずみゲージの計測結果はすべて平均値を用いた。図より、ブロックの側面に貼り付けたひずみゲージは全ケースで最大ひずみ40～50 $\mu$ と概ね同等である。最もこの結果に近いのは、No.1のコアにゲージを貼って埋め戻した方法である。それ以外のケースは、埋め戻し材の剛性がブロック自体の剛性と比べて小さいため、大きなひずみを示した。ひずみゲージのタイプの違いによる大きな差は見られなかったが、No.3, 4の結果から、A, CタイプよりもBタイプの方が線形弾性的な挙動で、小さな残留ひずみを示した。

### 4. 試作版の作製

以上の結果から、No.1の方法で、かつBタイプのひずみゲージを貼る方法が最もよいと判断し、軸ひずみだけでなく、周ひずみも計測できるようにコアの上下面にひずみゲージを計4枚貼って埋め込み用ゲージの試作版を作製した(図3)。なお、全てのゲージを貼り終えたコアは、埋め込む前にあらかじめ一本の柱状に埋め戻し材で一体化した(写真1)。ブロック側面には周方向にも2枚のひずみゲージを貼付し、一体化したコアをブロックに埋め戻し、先と同様に载荷試験を行った。なお、先の実験と異なり、埋め戻し材については、今回はブロックの剛性に近いものを選択した。

試験の結果を図4に示す。軸ひずみ、周ひずみともに埋め込んだゲージは側面に貼り付けたゲージとほぼ等しい値を示した。

### 5. おわりに

今回検討した方法でブロックの加熱試験を行った後、現地の掘削および加熱実験に適用する予定である。

**謝辞：**東急建設(株)の高倉望氏、池野谷尚史氏には試験のご協力と種々の助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

**参考文献：**1) 木学会岩盤力学委員会：熱環境下の地下岩盤施設の開発をめざして、2006。2) 澤田他：地下施設力学的相互作用解析のための軟岩クリープモデルの開発，電力中央研究所研究報告，N04028，2005。3) 高倉他：高温下における堆積軟岩の原位置クリープ試験計画，第36回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，2007。4) 越智他：立坑掘削と原位置試験による堆積軟岩の変形特性，土木学会論文集 No.463，pp.143-152，1993。5) 谷他：人工軟岩の作製法，第24回岩盤力学に関するシンポジウム，pp.251-255，1992。

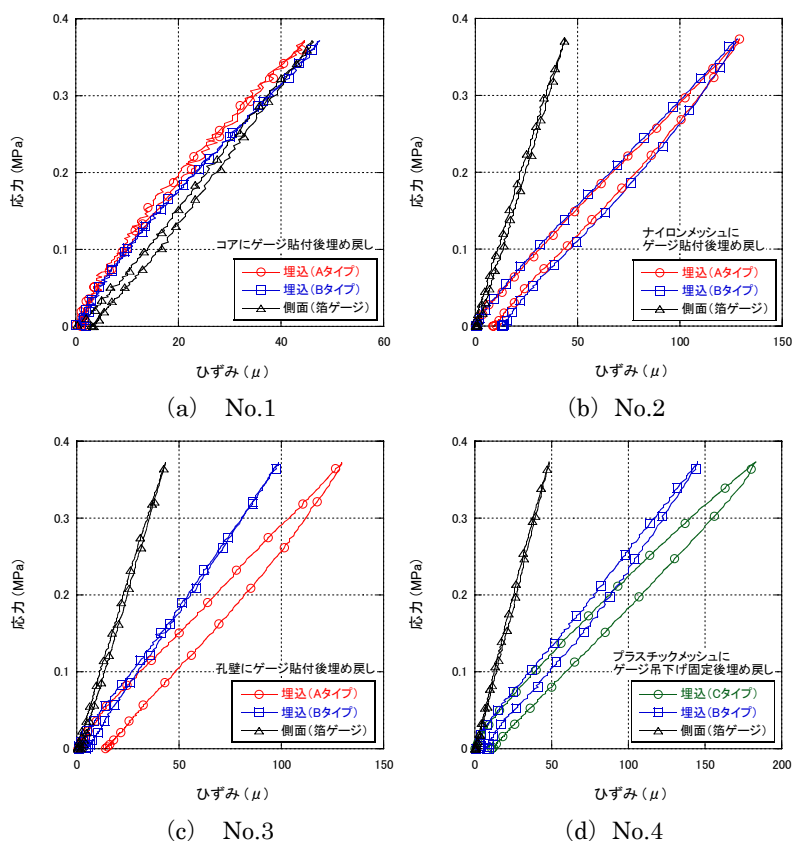


図2：応力-ひずみ関係 (No.1～4)

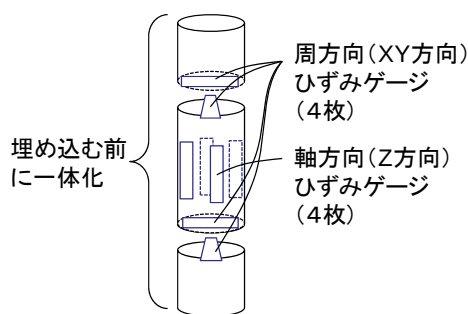


図3：ゲージの貼り付け



写真1：コア一体化

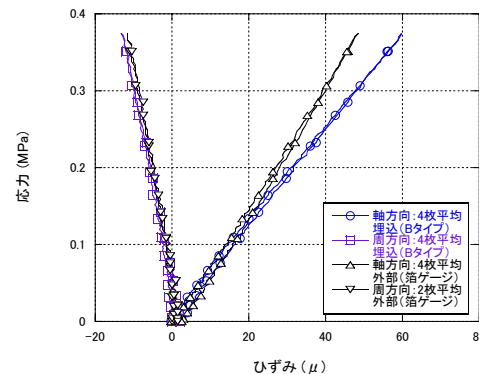


図4：応力-ひずみ関係 (No.5)