ボーリングコアを用いた岩盤ひずみ計測手法の高度化

東急建設株式会社	正会員	0	高倉 望
(一財)電力中央研究所	正会員		岡田 哲実
東急建設株式会社	正会員		池野谷 尚史
株式会社セレス			平野 公平
(独)防災科学技術研究所			谷 和夫

1. はじめに

筆者らは, 堆積軟岩サイトにおける放射性廃棄物の 地層処分を対象とし, 高温下における岩盤ひずみの計 測の精度向上と熱-水-応力連成解析コード¹⁾の検証を 行う目的で原位置加熱実験を実施した²⁾.

高温下での岩盤ひずみ計測では、本実験で開発した 埋設型のひずみセンサー(以下、コアセンサーと呼ぶ) を地下空間実験場(図-1参照)の底盤から鉛直方向に 埋設(以下、鉛直式コアセンサーと呼ぶ)して計測し、 定性的かつ定量的に整合性がとれる結果が得られた ²⁾.しかし、鉛直式コアセンサーで岩盤ひずみの水平 面内の分布を計測しようとする場合、底盤面から複数 の鉛直ボーリングを削孔する必要が生じる.そこで、 水平方向にコアセンサーが埋設(以下、水平式コアセ ンサーと呼ぶ)できれば岩盤ひずみの水平面内の分布 を効率よく計測することが可能となる.

本論は、加熱用に削孔した孔(ヒーター孔と呼ぶ) の孔壁から水平式コアセンサーを埋設して計測した結 果、温度変化に対応して概ね整合できる岩盤ひずみが 得られたのでここに報告する.

2. 地下空間実験場の概要

実験場は、深さ50mの立坑と立坑底盤面に延長35mの横坑からなる地下空間実験場である(図-1参照) 原位置加熱実験箇所は、実験場のGL-50mの位置(図-1,赤色で示した箇所)にある最大幅2.0m,奥行き3.65m,高さ1.9mの試験横坑内である.実験場周辺の地盤は、新第三紀鮮新世後期から更新世前期の上総層群の泥岩である.概ね均質な泥岩を主体としているが、未固結な砂層やスコリア層を幾層も介在し、破砕帯がN79W/81SE方向に確認されている. 泥岩の力学特性は、湿潤単位体積重量で約20kN/m³、一軸圧縮強さで約5.6 MPa、ヤング率(*E*₅₀)は平均 で約 300 MPa である.

実験概要
1)実験の流れ
原位置加熱実験
箇所でボーリン
グ調査を実施し、
事前解析を実施
してコアセンサ



してコアセンサ 図-1 地下空間実験場の全景 ーおよびヒーター孔 (φ300×H 600 mmの円筒空 洞)の位置を決定した. 次に底盤面から鉛直式コア センサーを埋設した後,ヒーター孔を掘削し,非加 熱状態でヒーター孔内およびその周辺岩盤の挙動を 6ヶ月間計測した.水平式コアセンサーの埋設時期 は,ヒーター孔を削孔して2か月後である.加熱実 験は,加熱温度,加熱/減熱パターン,ヒーター構 造,ヒーター孔周辺の水理特性等を変えて4フェー ズ実施した(表-1 参照). PhaseIVでは,ヒーター孔 の底盤から連続して排水することでヒーター孔周辺 を不飽和状態に保った.

表-1 実験フェーズ

	Phase I	Phase II	Phase III	Phase IV
最大加熱温度	о°с	90°C	90°C	150°C
ヒーター構造		2込み式ヒーター 提择機 <u>t−9-R≣</u>	コンプレッサー レギュ 空気 グリセリン シリコンチューブ	
ヒーター孔周辺の水理特性	飽和状態	飽和状態	飽和状態	不飽和状態
ヒーター孔壁に作用する圧力	静水圧	静水圧	膨張圧(0.5MPa)	膨張圧(0.5MPa)
加熱日数	96日	110日	8日	34日

2) 計測位置

岩盤中の温度・ひずみセンサーの設置位置を図-2 に 示す.図から削孔したボーリング孔が他の計測値に干 渉しないよう千鳥状に配置した.

キーワード:堆積軟岩,放射性廃棄物,地層処分,原位置加熱実験,ひずみ計測連絡先:〒150-8340 東京都渋谷区渋谷1丁目16番地14 東急建設株式会社 TEL03-5466-5149

3) 水平式コアセンサーの概要

直径 30mm、長さ 300mmの円柱形状の水平式コアセンサーの設置状況を図-2と図-3に示す.ひずみゲージは、ヒーター孔の半径方向が PFL-30-11-15L、周方向が PFL-10-11-15L(両者とも東京測器研究所製)で、コアセンサーの側面の上下に貼付した(図-3 参照).センサー番号の数字はヒーター孔壁からの水平距離である. コアセンサーと孔壁の隙間は、当該サイトの泥岩と同等の弾性係数となるように配合した充填材を注入した.

4. 実験結果

実験フェーズの中で計測期間が比較的長期のPhase Ⅱのひずみ(温度補正済み)について半径方向(r)と周 方向(θ)の上下段の平均値を時系列データで示す(図 -4参照).加えて、計測データの妥当性を確認するため ヒーター孔の周辺における鉛直式コアセンサーの時 系列データを示す.鉛直式コアセンサーの計測点は, 底盤面から-20cmの深度で,ヒーター孔壁からの離れ が5cm, 10cm, 20cmである.

図-4(a)から,H-9cm-rlの最大ひずみ約350µに対し, 同地点における加熱前との温度差(66.1-15.7≒50℃)に 軟岩の線膨張係数(10µ/℃)を掛けて算出した500µと比 較して約150µ低い.この要因として拘束圧や岩盤の応 力履歴,センサー孔壁周辺の掘削や充填材の影響など が考えられるが概ね整合できる結果が得られていると 判断した.また鉛直式コアセンサーの値と比較した結 果、ヒーター孔壁からの離れ約10cmで16%程度低めに 得られているものの互いの挙動は調和的である.

周方向は、コアセンサーの側面の曲率が大きいため ひずみゲージが剥がれ易いことからデータの損失率が 高い.そのようなデータ中から温度変化と調和的なデ ータを抜粋して比較した結果を図-4 (b) に示す.図か ら鉛直式コアセンサーの値と比較した結果、ヒーター 孔壁からの離れ約10cmで35%程度低めに得られている ものの概ね整合がとれている.

5. おわりに

ヒーター孔から水平方向にコアセンサーを埋設して 加熱中の孔壁周辺の岩盤ひずみを計測した結果,以下 の知見が得られた.

①半径方向と周方向のひずみとも、鉛直方向に埋設 したコアセンサーと比較して、10~35%程度低めに得 られているものの概ね整合がとれる結果が得られた.

②コアセンサーは水平方向に設置しても有効である.



参考文献

- 澤田昌孝,岡田哲実,他4名:堆積軟岩を対象とした原位置加熱 実験の熱-水-応力連成解析による事前検討,第37回岩盤力学に関 するシンポジウム,pp.283-288,2008.
- 2) 例えば、池野谷尚史、岡田哲実、他4名:堆積軟岩の原位置加 熱実験(フェーズII)、第40回岩盤力学に関するシンポジウム講 演集,pp.260-265,2011.