

ボーリングコアを用いた岩盤中のひずみ計測方法の適用性について

東急建設(株)	正	高倉 望	正	池野谷尚史
(財)電力中央研究所	正	岡田 哲実	正	澤田 昌孝
(株)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

岩盤中のひずみ計測は大規模な地下空間の施工や安全の管理に用いられている。しかし、岩盤中のひずみは、センサーの種類、埋め戻し方法、埋め戻し材の種類に影響される。

本論では、原位置で採取したボーリングコアにひずみゲージを貼って、そのコアを採取したボーリング孔に再び埋め戻す計測方法(埋め戻し材の影響を軽減した計測方法)を採用して、その適用性をプレッシャーメータ試験で確認した。その結果、载荷した孔周辺のひずみに対して、今回採用した計測手法の適用性を確認することができた。

2. コアを用いたひずみセンサー

2-1. 試験サイトの概要

原位置岩盤は、新第三紀鮮新世末期から更新世前期の上総層群の泥岩である。その泥岩の力学特性の代表値は、湿潤単位体積重量で約 20.0 kN/m³、一軸圧縮強さで約 5.6 MPa、ヤング率 (E_{50}) は平均的に約 300 MPa、ひずみレベルが 0.001%以下のヤング率 (E_{max}) で約 3,200 MPa である¹⁾。

そのような岩盤で、高温下での堆積軟岩のひずみ変化などを調べる現地加熱実験²⁾を計画している。図 1 に熱源となるヒーター孔とひずみセンサーの位置関係を示す。ヒーター孔は内径 30 cm、削孔長は 60 cm、センサーを埋め戻すボーリング孔(センサー孔と呼ぶ)は 66 mm、削孔長は 1.0~1.3 m である。

2-2. ひずみセンサーの作製・埋め戻し手順

埋設型のひずみ計測方法については、ブロック状の人工軟岩を用いた室内载荷試験によって事前検討を行った³⁾。その結果、コアにひずみゲージを貼って埋め戻す方法が、孔壁に直接貼って埋め戻す方法やナイロンメッシュなどに貼り付けて埋め戻す方法と比べてブロック側面の同方向の応力-ひずみ曲線と近い傾向を示した。以下にコアを用いたひずみセンサーの作製・埋め戻しの手順を示す。

手順 1: 計測位置に配慮してコアを長さ 10 cm 程度に切断する。

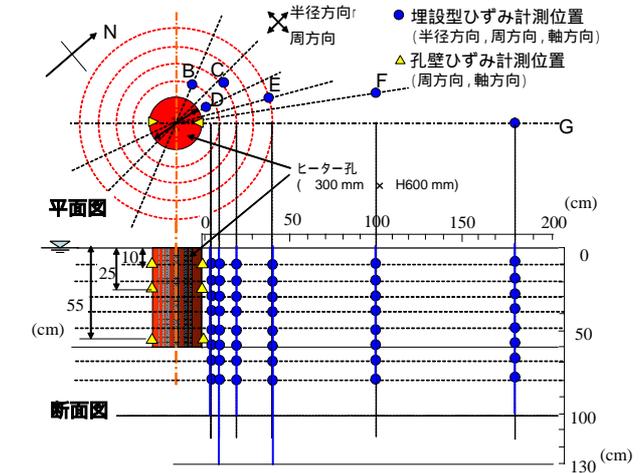


図 1 現地加熱実験におけるひずみ計測位置

手順 2: 切断したコアにひずみゲージを貼る(ヒーター孔に対して、半径方向(r方向), 周方向(θ方向), 軸方向(Z方向)の 1箇所3方向: 写真 1 参照)。

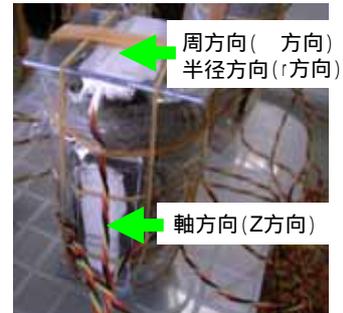


写真 1 ゲージの貼り付け位置

手順 3: ひずみゲージを貼ったコアを計測位置に並べる。

手順 4: 温度計測用の熱電対をコアに固定する。

手順 5: 並べたコアを当該サイトの泥岩のヤング率と同等な材料(モルタル+粘土)で被覆し、一体化する。

手順 6: 一体化したコアを再び同じ位置に埋め戻す。その際、計測位置とゲージの方向に留意してコアを採取したセンサー孔に埋め戻す。

手順 7: センサー孔とコアの隙間に当該サイトの泥岩のヤング率と同等な材料(手順 5 と同じ材料)を充填する。

3. プレッシャーメータ試験

今回実施したプレッシャーメータ試験のシステム

キーワード 堆積岩, 軟岩, ひずみ計測, 原位置試験, プレッシャーメータ試験

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設(株) TEL 03-5466-5186 FAX 03-3797-7547

を図 2 に示す．最初にヒーター孔内に溜まっている地下水を全て排水し，載荷装置をヒーター孔に投入し，パッカー部分を空気圧で膨張させる．空気圧は圧力計で確認しながらレギュレーターで制御する．

載荷圧は，孔壁の周方向の引張応力として作用すると考え，孔壁に周方向に過度の引張応力が作用しないように，泥岩の引張強さの目安0.2 MPa（一軸圧縮強さの最低値2 MPaの1/10倍）の1/2 以下の0.08 MPaを載荷圧の最大値とする．

従って，載荷圧は，初期値 0.01 MPaから，0.02，0.04，0.06，0.08 MPaの4段階とする．載荷方法は，所定の載荷圧に達した時点で0.01 MPaまで一旦除荷して，次段階の荷重に移行する．測定時間は各載荷圧で載荷後30 秒，60 秒とする．計測は孔壁と岩盤中の半径ひずみと周ひずみを記録する．

図 3 に孔壁の周ひずみと載荷圧の関係を，図 4 に載荷圧 0.08 MPa，深度 30 cm 付近の孔壁からの距離と周ひずみ(θ)，半径ひずみ(r)，軸ひずみ(Z)の関係を示し，その結果を弾性解と比較する．

図 3 から，載荷圧の増加とともに周ひずみは引張側(-側)に増加している．また，載荷端部の影響を受けにくい中間深度(H=25 cm：図 1 参照)のひずみが大きく出ている．ここでSW 方向とNE 方向で値が違う要因として，ひずみゲージの固定状態が懸念されるが，現時点では検証できていない．定量的には載荷圧 0.08 MPa のときの弾性解(ヤング率は E_{max} を用いた場合)が -30 μ程度であることから中間深度(H=25 cm)の値と比較すると妥当であると判断した．

図 4 から，定性的には周ひずみと半径ひずみの変化量がそれぞれヒーター孔壁周辺で引張側と圧縮側に出て，ヒーター孔壁から離れるに従い減少する妥当な傾向を示した．定量的には弾性解と比べて小さい値となったが概ね妥当であると判断した．軸ひずみの変化量はヒーター孔壁周辺で引張側を示し，ヒーター孔壁から離れるに従い圧縮側に移行して収束した．ヒーター孔壁周辺で引張側となる理由は，孔壁の軸ひずみの結果と調和的であるが，その後圧縮側に移行する理由は今後詳細な検討が必要である．

4. まとめ

岩盤中のひずみ計測の信頼性を向上するため，原位置で採取したボーリングコアにひずみゲージを貼って，そのコアを採取したボーリング孔に再び埋め戻す計測方法(埋め戻し材の影響を軽減した計測方法)を採用して，その適用性をプレッシャーメータ試験で確認した．その結果，ヒーター孔壁周辺の岩盤のひずみに対して，今回採用した計測手法の適用性を確認することができた．今後は同サイトで現地

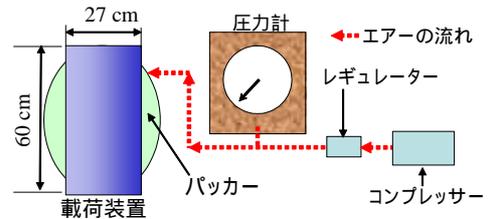


図 2 プレッシャーメータ試験のシステム図

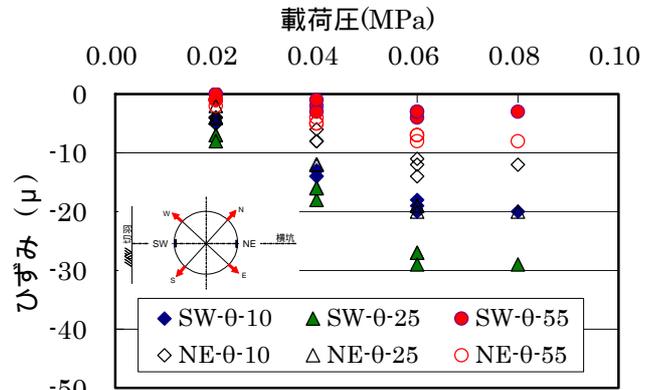


図 3 孔壁の周ひずみと載荷圧の関係

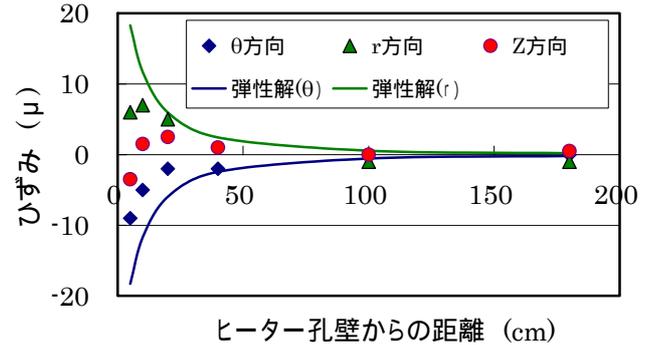


図 4 岩盤中の周ひずみとヒーター孔壁からの距離の関係 (載荷圧 0.08MPa，深度 30cm 付近の結果)

加熱実験を実施して，熱環境下での堆積軟岩の変形挙動を観測し，得られたデータを基に熱・水・応力(クリープ)の連成解析コード⁴⁾を検証する．

参考文献

- 1) 例えば，越智健三，壺内達也，龍岡文夫：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/ -22，pp.142-152，1993．
- 2) 高倉望，岡田哲実，谷和夫，吉川和夫，澤田昌孝，竹田佳代：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，pp.263-266，2007．
- 3) 岡田哲実，澤田昌孝，平賀健史，平野公平，谷和夫：堆積軟岩の埋設型ひずみ計測方法の高度化，土木学会第62回年次学術講演会，投稿中，2007．
- 4) 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．