

高精度傾斜計による立坑掘削に伴う岩盤挙動のモニタリング

大成建設(株) 正会員 ○名合牧人, 井尻裕二, 木ノ村幸士
 (株)地層科学研究所 正会員 里 優, 非会員 重廣道子
 (独)日本原子力研究開発機構 非会員 國丸貴紀

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分では, 地下深部に数キロメートル四方にわたって処分用の坑道を掘削し, 数十年間かけて建設・操業を行う計画である. 立坑掘削に伴う岩盤挙動のモニタリング手法としては, 大深度のボーリング孔を用いることが一般的であるが, この場合には, 広大な領域内に数多くの大深度ボーリング孔が必要となりコストが多大となる. そこで, 日本原子力研究開発機構では, 広範囲における地下深部での掘削影響を地表から監視できる技術の構築を目的として, 地表付近で測定可能な高精度傾斜計を用いた岩盤挙動のモニタリング手法の開発を行っている. 本論では, 幌延深地層研究計画における傾斜計を用いた計測結果および弾性解析との比較結果について報告する.

2. 地質およびモニタリングの概要

幌延深地層研究所用地周辺は, 標高 60~100m 前後の緩やかな丘陵性山地からなり, 新第三紀以降に堆積した地層(下位から稚内層, 声問層, 勇知層および第四紀層)により構成されている.

高精度傾斜計は, Pinnacle 社製の Series5000Tiltmeter (分解能 10^{-9} ラジアン)を用いた. 傾斜計は, 幌延深地層研究所用地内に建設予定の3本の立坑のうち最初に掘削を開始した換気立坑の中心からほぼ同心円状に計9ヶ所(最短距離約18m, 最大距離約96m)配置し, 立坑の掘削影響が及ばないと考えられる約930m離れた位置に1ヶ所(HDB-8孔用地内)配置し, 間隙水圧計を2ヶ所設置した(図-1参照). また, 盛土等により幌延深地層研究所用地の表層部は軟弱なため, ボーリング孔を深度30mまで掘削して比較的強度の高い声問層に傾斜計を埋設した. 計測では, 直交する南北および東西の2方向の傾斜角が測定され, その計測結果をもとに真北から時計回りの角度を表す傾斜方位角と鉛直からの総合傾斜角を算出する.

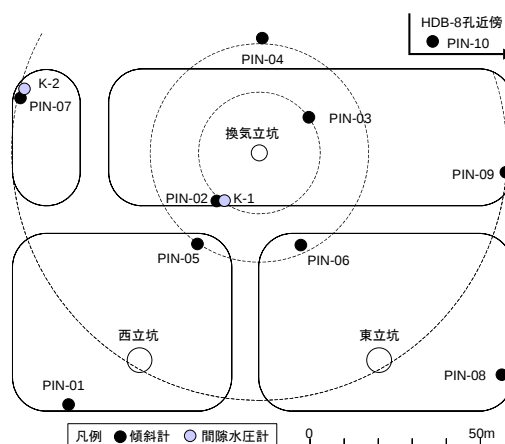


図-1 傾斜計・間隙水圧計配置図

3. 傾斜計データに含まれるノイズの要因

傾斜計により立坑掘削に伴う岩盤挙動を精度よく捉えるために, 傾斜計データに含まれる立坑掘削以外のノイズの要因について分析を実施した. その結果, 短期的なノイズの要因としては, 仮設備の施工, 建設機械の設置・撤去等の地上活動および図-2に示すような地震(北海道東部地震, 2005年9月21日11:25頃, 震源地国後島付近, マグニチュード5.9, 幌延地区震度発表なし)の影響が挙げられる. これらの短期的なノイズに対しては, 今後, スパイク状のノイズカットや平均化等の手法を適用する必要がある. また, 地震の影響に関しては, ボーリング孔内で砂により固定されている傾斜計の位置にずれが生じており, 地震前後で傾斜角の補正が必要である.

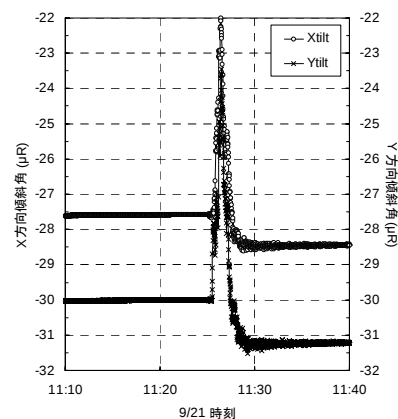


図-2 地震の影響

さらに, 比較的長期的なノイズの要因として, 図-3, 4, 5に示す気圧,

キーワード 高精度傾斜計, 岩盤挙動, モニタリング

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) TEL 03-5381-5315

潮汐、降雨などの自然現象に起因する変動が認められる。このような自然現象に起因するノイズには、傾斜計の挙動に時間の遅れが認められ、不均質地盤中での地下水挙動が関係すると考えられる。したがって、間隙水圧計および地下水位のモニタリング結果との対比から傾斜計データと地下水挙動との関係を明らかにし、これらの長期的なノイズを除去する手法を開発する必要がある。

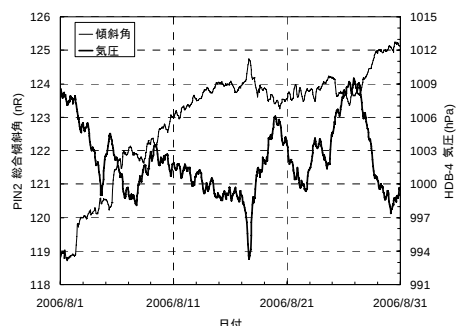


図-3 気圧の影響

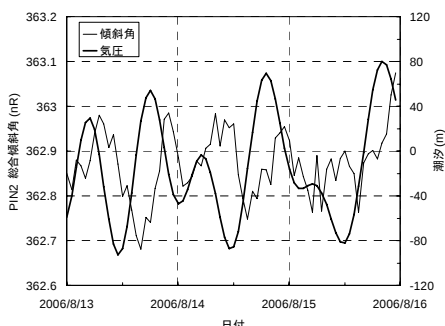


図-4 潮汐の影響

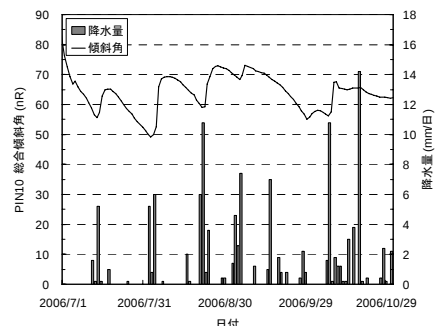


図-5 降雨の影響

4. 傾斜計測定結果および弾性モデルによるシミュレーション解析

換気立坑の槽基礎コンクリート打設時の傾斜計 PIN-2 の傾斜角測定結果を図-6 に、打設リフト毎のコンクリート打設量と PIN-2 および PIN-3 の傾斜角変化量の関係を図-7 に示す。これらの結果より、コンクリートの打設量にほぼ比例して地盤が傾斜していることがわかる。

このコンクリート打設に伴う傾斜計の挙動の妥当性を確認するために、地盤を均質な弾性体と仮定した有限要素法による数値解析との比較を行った。解析モデルは、図-8 に示すように一辺 300m、深度 326m (声間層と稚内層の境界深度に相当) の領域を対象とし、総節点数は 276,822、総要素数は 278,370 とした。境界条件は、側面は水平方向固定、底面は鉛直方向固定とした。傾斜角変化量に基づいて解析により同定された地盤のヤング率は 100MPa オーダーで、別途室内三軸試験から得られたコアのヤング率が 200~300MPa であることから、ほぼ妥当な結果と判断できる。したがって、傾斜計の計測結果をもとに立坑掘削など建設工事に伴う地盤挙動をモニタリングできる可能性があることがわかった。

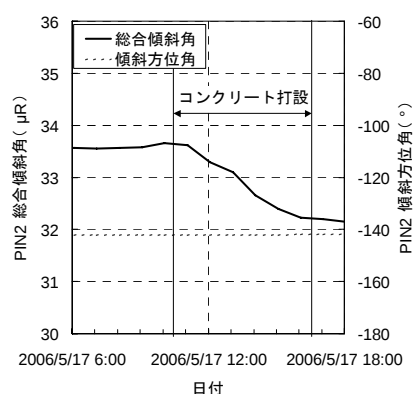


図-6 傾斜計測定結果

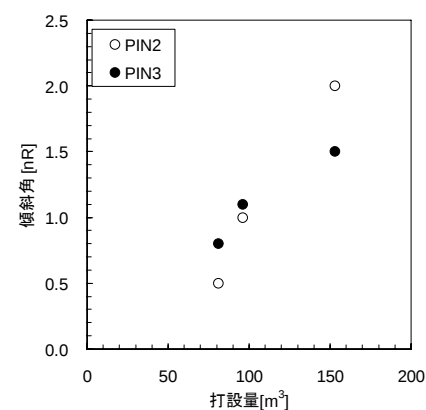


図-7 打設量と傾斜角変化量

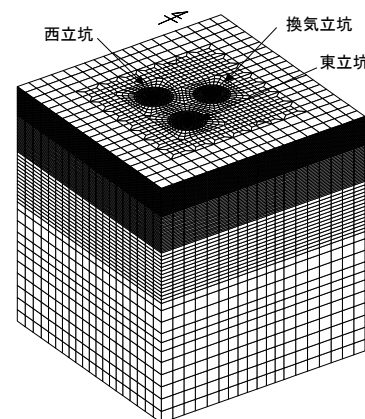


図-8 解析メッシュ

5. まとめと今後の課題

高精度傾斜計により地上活動、地震、気圧、潮汐、降雨等の影響を精度よく測定できるだけでなく、建設工事に伴う岩盤挙動をモニタリングできる可能性を確認することができた。今後は、地上活動や地震等の短期的なノイズの除去に加えて、気圧、潮汐、降雨に伴う傾斜計データの時間遅れのメカニズムを解明して長期的なノイズを除去する手法を開発するとともに、不均質な地盤構造のモデル化と単発的に実施される他の岩盤挙動計測結果を用いたキャリブレーションによりモニタリング精度を向上させ、高精度傾斜計を用いた岩盤挙動モニタリングシステムの開発を行っていく予定である。さらに、地熱開発分野での技術¹⁾を応用して地下水挙動のモニタリングへの適用も検討していく予定である。

謝辞 助言を頂いたローレンスパークレ研究所の唐崎建二氏、設置にご協力頂いた(株)大和地質研究所の大村一夫氏、新井孝志氏に感謝します。

参考文献 1) Vasco et al., WRR, vol. 37-12, pp. 3071-3089, 2001.