

立坑掘削に伴う岩盤挙動に関する高精度傾斜計測結果と弾性解析の比較

大成建設(株) 正会員 羽出山 吉裕, 井尻 裕二, 名合 牧人, 亀村 勝美
 (株)地層科学研究所 正会員 里 優, 非会員 佐ノ木 哲
 日本原子力研究開発機構 非会員 國丸 貴紀

1. はじめに

幌延深地層研究所においては, 地表面近傍から地下深部の岩盤の変形挙動を捉える技術を開発することを目的として, 敷地周辺に9本の高精度傾斜計を設置して施設建設に伴う岩盤挙動のモニタリングを実施している。その結果, 傾斜計は, 掘削の進行に時間遅れを伴って立坑方向に傾斜する傾向があることが明らかとなっている^{1,2)}。本論では, 掘削の工程を反映した3次元弾性解析を実施して, 傾斜計の計測結果との対比を試みたので, その結果について報告する。

2. 3次元弾性解析

(1) 解析条件

解析領域は, 図-1 に示すように水平面内は敷地内の傾斜計9本を包含する220m×185mの矩形領域とした。深度方向は, 声問と稚内層の境界に相当するG.L.-326.0mまでの領域とした。岩盤は, 均質な弾性体と仮定し, 既往の岩石試験結果等に基づいて表-1 に示す物性値を設定した。境界条件は, 側面は水平変位固定, 底面は鉛直変位固定とし, 解析は等方の初期応力を与えた後, 実際の掘削工程を反映して換気立坑 G.L.-133m, 東立坑 G.L.-80m まで1m毎に掘削, 2m毎に覆工(厚さ40cm)の打設を繰り返した。

傾斜計は深度30mに設置されていることから, 解析では, 解析モデルの各傾斜計位置における深度29mと30mの2節点間の変位差から傾斜角度を算出した。また, 計測結果の比較にあたっては, 立坑の掘削工程から表-2 に示す4つの期間に区分した。

表-1 解析モデル物性値

部位	ヤング係数	ポアソン比	単位体積重量
岩盤	100MPa	0.164	15.1kN/m ³
覆工コンクリート	8.7kN/mm ³	0.2	-
(上:換気,下:東)	8.3kN/mm ³	0.2	-

表-2 解析結果出力期間

番号	期間(2007年月日)	換気立坑掘削	東立坑掘削
1	6.1~8.23	50~70m	-
2	8.23~10.18	70~100m	40~70m
3	10.18~11.20	100~124m	-
4	11.20~11.30	124~133m	70~80m

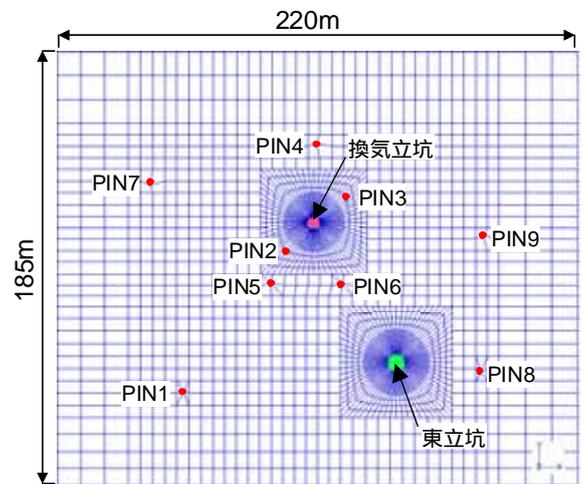


図-1 解析メッシュ平面図

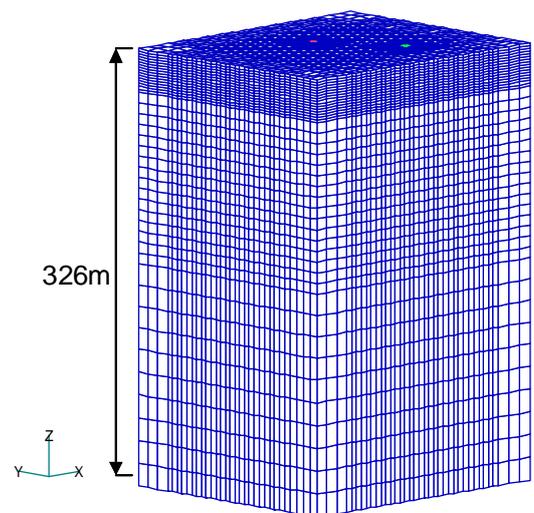


図-2 解析メッシュ鳥瞰図

キーワード 高精度傾斜計, 弾性解析, 堆積岩, 立坑掘削

連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町字北進 432-2 大成・大林・三井住友特定建設工事 JV TEL 01632-5-2080

(2) 解析結果

PIN1 および PIN5 における解析結果と計測結果の傾斜ベクトル図(4月1日を0とした総合傾斜角の傾斜方向に沿った軌跡)をそれぞれ図-3 および図-4 に示す。PIN1 および PIN5 の計測値はともに、掘削している立坑方向に傾斜するものの、解析ではほぼ反対方向に傾斜する結果が得られた。また、解析より得られた傾斜量は、計測値に比較して小さく、PIN1 で約 1/20 倍、PIN5 で約 1/12 倍となっている。その他の傾斜計についてもほぼ同様の解析結果が得られており、弾性的な挙動では、計測値を説明できないことがわかった。

3. 考察および今後の課題

傾斜計の計測結果より立坑の掘削時期によって傾斜方向に変化が見られることから、立坑掘削が傾斜計に影響を及ぼしていることがわかる。しかしながら、岩盤を均質な弾性体でモデル化した場合は、計測結果と異なる結果が得られ、別途、初期応力比の異方性を考慮した解析も実施したものの、弾性的な挙動では計測値を説明できないことも明らかとなった。

そこで、傾斜変化が気圧や潮汐の変化や掘削に対して時間遅れを伴って生じていることから、計測結果は地下水位低下に伴う挙動を表していると想定し、応力・水連成解析³⁾を実施した。定性的な検討を行うために、解析条件は簡略化し、解析領域は鉛直および水平方向ともに150mの2次元軸対称断面とし、立坑を2m毎に70m掘削した。覆工後は、掘削後の水平変位を拘束し、立坑壁面は間隙水圧0の排水条件、底面および側面はそれぞれ非排水の鉛直および水平方向変位を拘束した条件の下で、地下水流れに伴う変形を求めた。

排水条件下での岩盤のヤング率は100MPa、ポアソン比は0.2、スケンプトンB値は0.8、透水係数は $1.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ とした。立坑掘削直後の変位および掘削後200日経過後の変位(掘削直後からの増分)分布を図-5に示す。解析結果より、掘削直後の地表面の傾斜は、前述の3次元解析結果と同様、リバウンドの影響により立坑と逆方向にわずかに傾斜するものの、その後、地下水の排水に伴う圧密変形によって立坑方向に傾斜することがわかった。したがって、今後は、地上での建屋建設に伴う荷重の影響等も考慮しながら、敷地周辺の地下水位の変化を反映した応力・水連成解析を用いて傾斜計の挙動メカニズムについて検討していく予定である。

参考文献 1)名合ほか：土木学会第62回年講，pp.861-862，2007。
2)井尻ほか：土木学会第63回年講，2008。3)里ほか：資源・素材学会誌，Vol.108，No.11，1992。

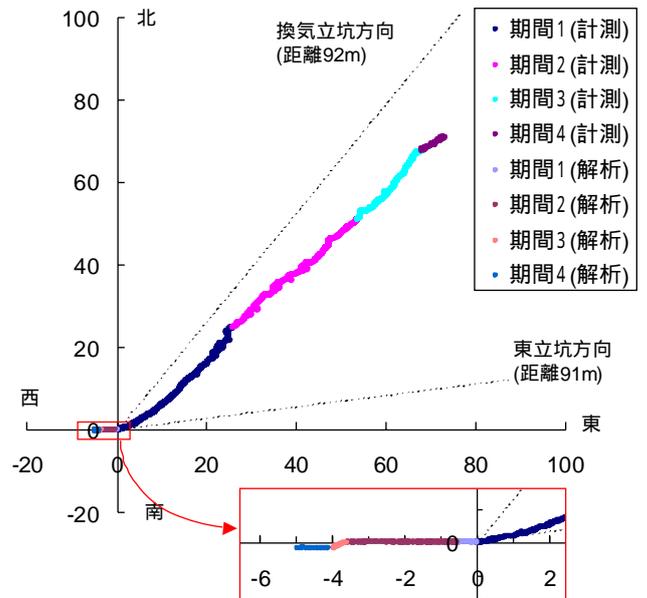


図-3 解析結果と計測結果ベクトル図 (PIN1)

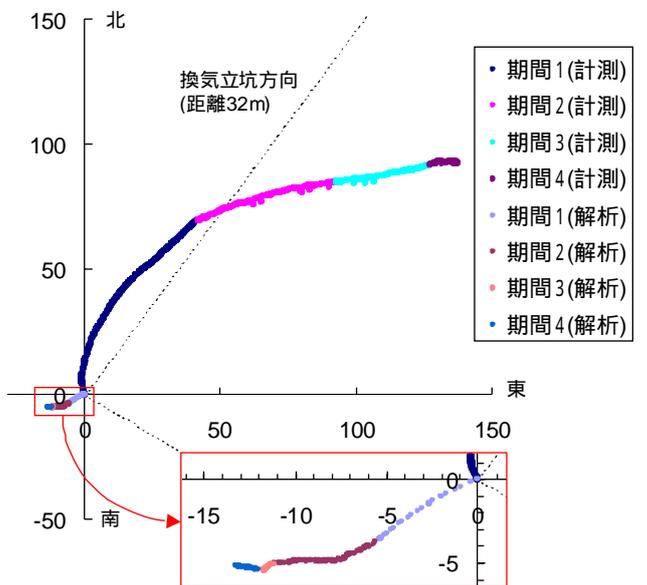


図-4 解析結果と計測結果ベクトル図 (PIN5)

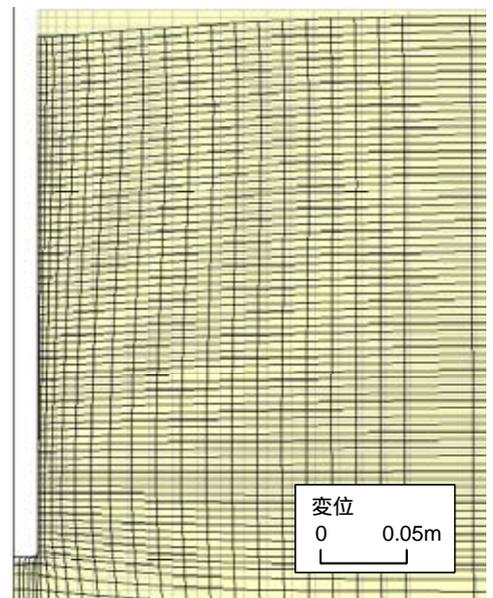


図-5 掘削後200日経過後の変位分布