

地下空間に対する微小傾斜の計測とその応用

日本地下石油備蓄(株) 城代邦宏、植出和雄

日鉱探開(株) 廣岡知、神原洋、竹村進、京大・工院 松岡俊文

1. はじめに

日本地下石油備蓄(株)が管理する串木野国家石油備蓄基地において、地下空洞の監視と安定性を評価するための基礎資料を得ることを目的に、平成 15 年 12 月末に高精度傾斜計を坑内に 3 台設置し計測を開始した。潮汐、地震及び台風接近時の気圧変動による微小変動を捉えており、微小傾斜の計測により地下空洞の監視が可能であることが分かった。ここでは短期イベントの微小変動の計測実績、及び平成 16 年 11 月に実施された荷役実技訓練時の油面変動に伴う岩盤挙動の測定結果を紹介する。

2. 計測概要

(1) 計測位置と計測器

鹿児島県串木野市に位置する地下石油備蓄基地坑内に高精度傾斜計を 3 箇所設置した(図-1 及び表-1 参照)。計測器はピナクル社製孔内設置型 Tiltmeter5500 である(傾斜分解能:1ナノラジアン、成分:直交2方向、サンプリング間隔:1秒~4分が可能、現在1分毎のデータを記録している。)

表-1 傾斜計設置位置

名称	位置(ボーリング孔内深度4mに設置)
ST-4	竖坑上部室とつながるサービストンネル
TK-101	岩盤タンク TK-101 竖坑上部室
TK-102	岩盤タンク TK-102 竖坑上部室

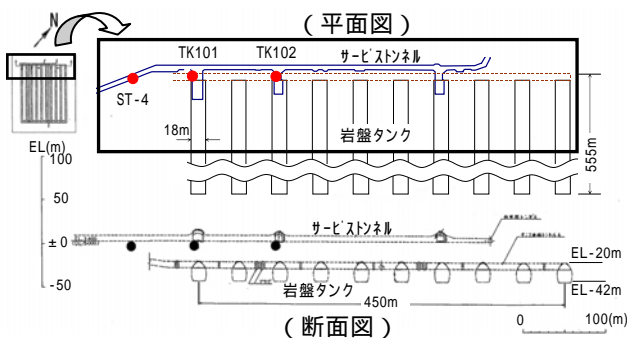


図-1 岩盤タンクと高精度傾斜計設置位置(:傾斜計)

3. 計測結果

3.1 短期イベントによる微小地盤変動

短期イベントによる傾斜変化は、潮汐、地震及び気圧変動がおもな影響成分である。

(1) 地震

遠隔地で発生した内陸直下型及び海溝型地震の影響例を示す。

10/23 新潟県中越地震では、TK-101(竖坑上部室)で最大傾斜変位約 80nrad(ナノラジアン=10⁻⁹rad)(タンク長軸に直角方向:X)及び約 50nrad(タンク長軸方向:Y)

及び、余震による変位もとらえている(図-2 参照)。

12/26 インドネシア・スマトラ沖地震では、TK-102(竖坑上部室)で最大傾斜変位約 24 μrad(マイクロラジアン=10⁻⁶rad)(タンク長軸に直角方向:X)、及びサービストンネル(ST-4)で約 10 μrad変動している。TK-101 及び TK-102 竖坑上部室では傾斜変位の残留は認められないが、ST-4 では残留が認められる(図-3 参照)。

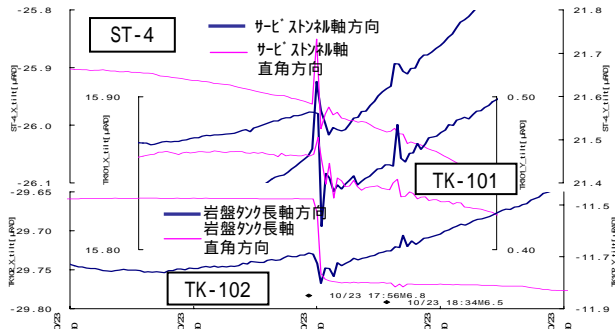


図-2 新潟中越地震時傾斜変化(H16.10.23、M6.8)

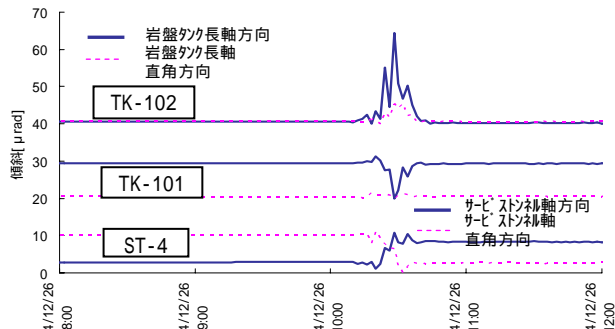


図-3 インドネシア・スマトラ沖地震時傾斜変化(H16.12.26、M9.0、日本到達10:00過ぎ頃)

(2) 気圧

上述(1)の残留変位とあわせ計器設置場所の地質等条件を考慮した分析を行う必要があるが、台風16号通過(04/8/29~30)に伴い、ST-4が約 30 μrad(トンネル長軸方向)変動している(枕崎 954hPa、串木野現地 964hPa)。

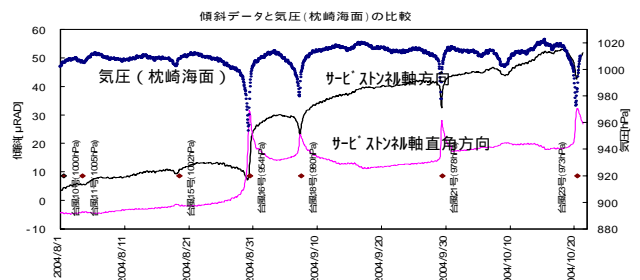


図-4 気圧と微小傾斜変動(サービストンネル(ST4))

3.2 原油抽出及び受入時の変化

当該地下石油備蓄基地では、H16 年 11 月に原油の受入れを行う荷役実技訓練が一部の岩盤タンク(TK-101)において実施され、その時の油面変化(約 6.6m)に伴うタンク周辺岩盤の微小傾斜変化を捉えることができた。図-5 に示すように油面を低下させた岩盤タンク(TK-101)上方の傾斜が約 0.2 μ rad 変化した。油面を 6m 低下させたときのタンク長軸直角断面の 2 次元解析における推定傾斜値と実測値は下表に示す通りである。

表-2 解析傾斜値(二次元)と実測傾斜値の比較 (μ rad)

位置 (竖坑上部 室)	解析値(油 面 6m 低下、 タンク長軸直 角方向 X)	計測値	
		タンク長軸直 角方向(X)	タンク長軸方 向(Y)
TK-101	1.0	-0.13	0.15
TK-102	0.2	0.14	0.12

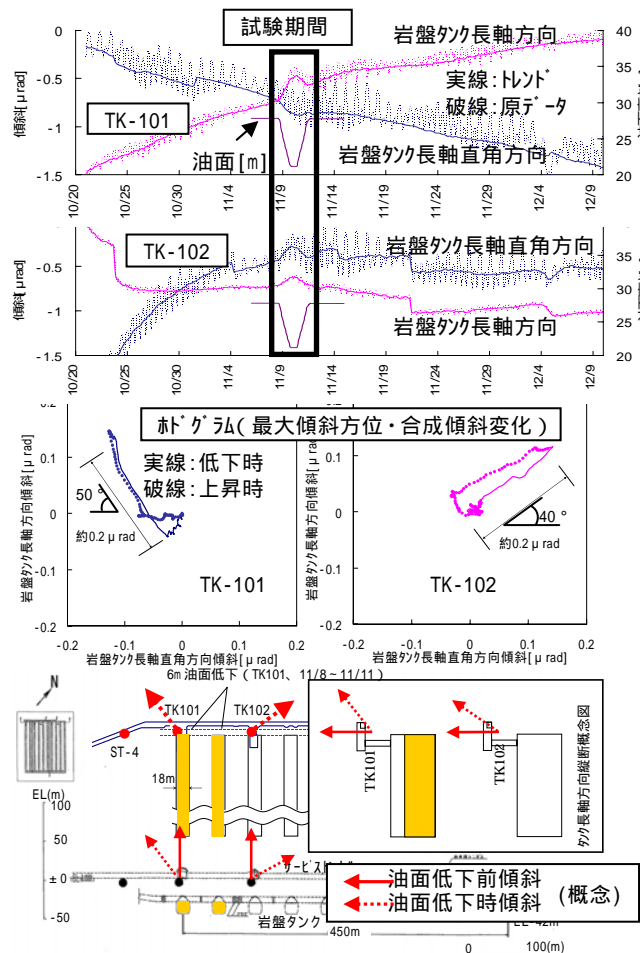


図-5 荷役実技訓練時の油面変化と傾斜変化

4. 影響成分の分離

地球潮汐データ解析プログラム BAYTAP-G (Tamura *et al.* 1991) を用いて、サ - ビストンネルのトンネル軸方向の傾斜変化について潮汐、気圧及び不規則なイベントの各影響成分を分離した例を図-6 に示す。また、傾斜変化の温度影響成分を温度変化の 1 次関数と仮定し、原成分から除去した傾斜変化を図-7 に示す。

5. 他の計測データとの比較評価

当該地下石油備蓄基地では操業管理のために各種モニタリングを行っている。図-8 に、台風 16 号接近時(04/8/29)の気圧低下(串木野現地 964hPa)に伴い ST-4 が変動し、これと同時に一部の孔内水位(W-17)が上昇を始めている例を示す。

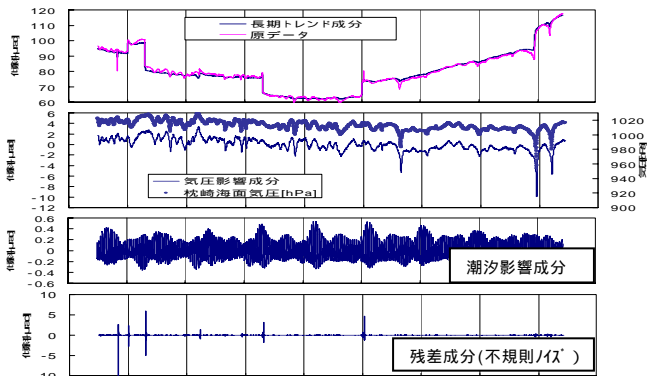


図-6 影響成分分離 - 潮汐、気圧、不規則イベント

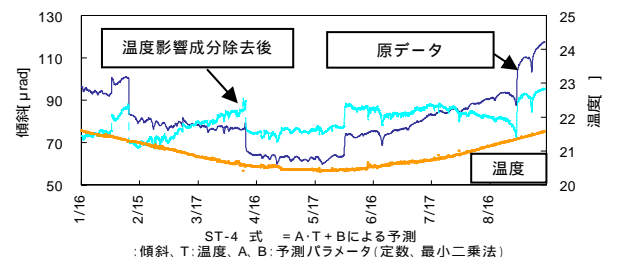


図-7 傾斜変化と温度影響成分除去 - サ - ビストンネル

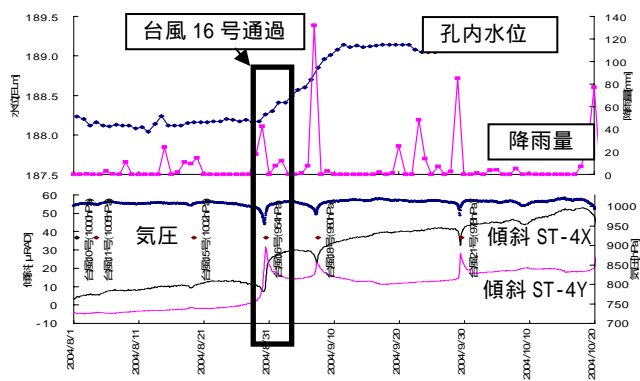


図-8 孔内水位、気圧、降雨と微小傾斜変化

6. 空洞監視への適用

まだ 1 年未満の計測であるが、これまでの計測から、潮汐、気圧変動、微小地震動及び微小イベントに起因する傾斜の変化量、残留の有無及びその大きさを明瞭に把握できることが分かった。このことより地下空洞及び周辺岩盤の監視と安定性の評価が可能である事が分かった。

7. 結び

今後は計測データから岩盤の長期的な挙動、イベント位置の推定等の解析、並びに順解析と計測値の逆解析による定量的な岩盤挙動の把握について検討を進め、直接監視できない地下空洞の安定性評価の一方法を確立したい。