

波方基地プロパン貯槽気密試験における水封機能評価

大成建設(株) 正会員○堀田 渉 正会員 下茂 道人 正会員 文村 賢一
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄 大久保 秀一

1. はじめに

波方基地プロパン貯槽は、岩盤から貯槽内に向かう地下水の流れによって常温高压で液化した LP ガスを貯槽内に封じ込める水封式岩盤貯槽であり、2013 年 3 月に竣工した。水封式岩盤貯槽においては、岩盤周辺の間隙水圧を貯槽内圧以上に高く保持することにより、岩盤貯槽内の気密性・液密性を保持しているため、間隙水圧等の地下水管理が重要となる。気密試験は、操業時よりも厳しい条件を設定し(表-1)、岩盤貯槽の気密性と水封機能性を確認するための試験である¹⁾。本報では、2012 年 11 月に実施した気密試験における水封機能性に関する管理方法とその結果について述べる。

表-1 水封機能性に関わる条件

	気密試験	操業
水封水圧	EL-15m	EL+2.5m*
貯槽内圧	0.97MPa以上	0.8MPa(22°C)

*変更の可能性あり

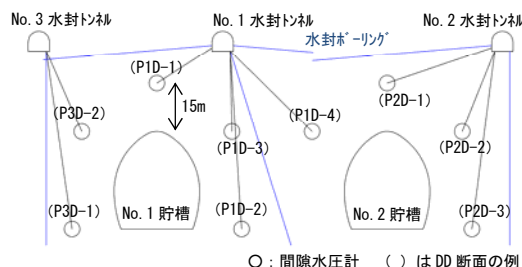


図-1 貯槽周辺間隙水圧計配置図

2. 気密試験における水封機能性の管理の考え方

気密試験は、水封ボーリング等の圧力（水封水圧）を限界地下水位 EL-15m（設計上許容される最低水位）にした状態で、貯槽内圧を 0.97MPa 以上に加圧した後、一定期間加圧を停止する。水封機能性の管理としては、貯槽加圧から気密試験までの期間において、間隙水圧と水収支（水封水供給量、貯槽湧水量他）に急激な変化や低下傾向が無いこと、また、図-1 に示すような貯槽周辺の間隙水圧計が所定の圧力（動水勾配 0.5 以上）を保持していることが指標となる。そのため、貯槽加圧開始以降、水封機能性に関わるこれらのデータを取得し、分析・評価を行った（図-2）。

3. 水封機能性の分析・評価方法

貯槽加圧から気密試験までの全期間においては、まず個々のデータの経時変化を作成し、逐次更新することで、急激な変化や低下傾向が無いことをリアルタイムで監視した。次に、地下水位および間隙水圧の分布図を作成し、基地全体の水理場に異常が無いことを確認した。貯槽加圧中においては、貯槽周辺間隙水圧を貯槽内圧に対して十分に高い状態に保持する必要がある。そのため、以下の 2 つの予測手法により、貯槽加圧過程において、最高圧時の間隙水圧の予測値を算定した。

1) 差圧相関図を用いた水封機能分析・評価

差圧相関図とは、横軸に“水封水圧-貯槽内圧”，縦軸に“間隙水圧-貯槽内圧”をとった図である。準定常状態においては、両者は線形関係にあるため、貯槽最高圧に対する予測値を回帰線によって算定し、その値が動水勾配 0.5 以上を保持していることを確認する。なお、水封昇圧試験時の実測値による回帰線や解析予測線も同図に示し、管理に用いた。図-3 に示すように、多くの計測器が間隙水圧計 P3D-2 のように直線的に変化した。間隙水圧計 P3D-1 のように、地質等に起因して貯槽加圧に対して時間遅れを示す計測器は、不規則に変化するため、

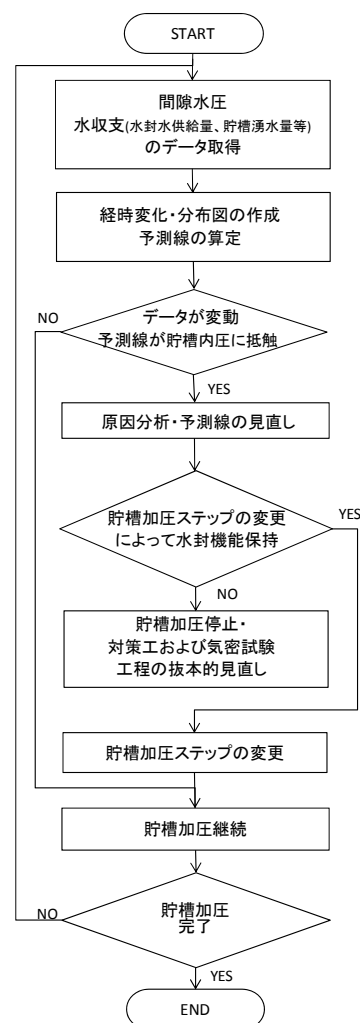


図-2 貯槽加圧中の水封機能性管理フロー

キーワード 石油ガス地下備蓄、水封式岩盤貯槽、気密試験、地下水管理、水理地質モデル

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) 原子力本部 TEL 03-5381-5930

予測が困難であった。そのため、次の手法を用いて予測値を見直した。なお、間隙水圧だけでなく、水封水供給量や貯槽湧水量といった水収支に関するデータについても予測を行う際には同図を用いた。

2) 非定常地下水流動解析を用いた水封機能分析・評価

時間遅れを示す間隙水圧は、貯槽加压速度や静定期間といった貯槽加压ステップによっては、貯槽内圧に抵触する可能性がある。そのため、高い精度での予測が必要不可欠であり、差圧相関図の他に、①三次元水理地質モデルによる地下水流動解析²⁾、②間隙水圧変化速度 (m/day) と貯槽内圧との相関性、を用いて予測値の見直しを行った。最も時間遅れを示した間隙水圧計 P3D-1 の経時変化を図-4 に示す。間隙水圧計 P3D-1 は、当初加压計画線を想定した場合の解析結果では、貯槽内圧に抵触することが示唆されたため、貯槽内圧 0.7MPa 時の静定期間を3日間から7日間に変更した。その結果、内圧に抵触することなく、所定の圧力 (動水勾配=21m/15m=1.4>0.5) を確保した。

4. 貯槽加压～気密試験時の地下水挙動実績

図-5 に貯槽天端位置計測器 (EL-135m) における貯槽加压前後のピエゾ水頭分布を示す。貯槽加压開始前において、粘土介在割れ目が水封水圧を遮断していることによって間隙水圧が低下していると解釈された AB 断面 (TD95) 周辺は、貯槽加压に伴い上昇し、加压後においては、プロパン貯槽周辺圧力は一定値に近づいた。

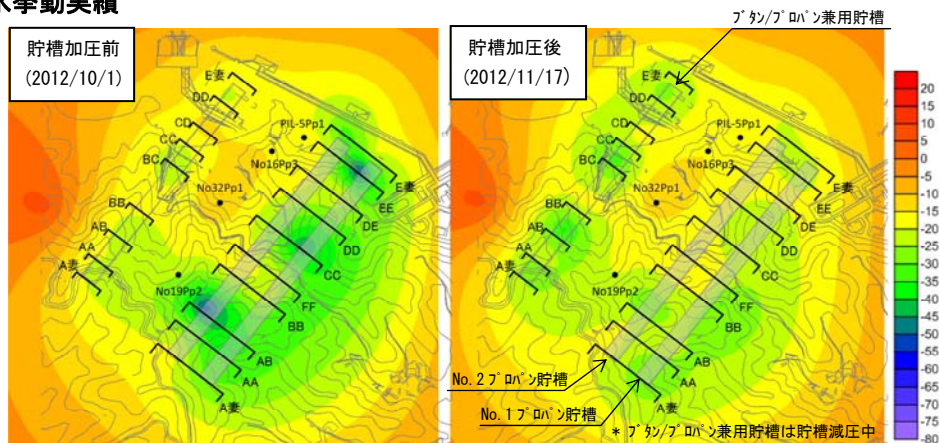


図-5 貯槽加压前後のピエゾ水頭分布 (EL-135m)

図-6 に No.2 貯槽天端位置の間隙水圧計経時変化を示す。間隙水圧計 P2AB-1 は、加压前のピエゾ水頭 EL-54m から気密試験時 EL-29m まで約 25m 上昇し、所定の圧力 (動水勾配=20m/15m=1.3>0.5) を確保した。その他の計測器についても、水封機能性を十分に満足していることを確認した。

5. まとめ

波方基地プロパン貯槽の気密試験においては、水封機能性確認のための管理手法を立案し、実施した。貯槽加压から気密試験の過程において、間隙水圧および水収支の経時変化を作成し、急激な変化や低下傾向が無いことを確認、また、差圧相関図や地下水流動解析を活用して間隙水圧挙動の予測を行い、必要に応じて貯槽加压ステップを変更した。その結果、所定の水封機能を満足することができた。

参考文献

- 1) 下茂道人, 島屋進, 板垣賢, 前島俊雄: 波方基地プロパン貯槽における気密試験, 第 69 回土木学会年次学術講演会, 2014.9. (投稿中)
- 2) 下茂道人, 堀田渉, 下野正人, 前島俊雄, 山本浩志, 青木謙治: 主要割れ目を反映した 3 次元水理地質構造モデルによる LPG 貯槽周辺の地下水挙動解析, 第 38 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, PP.208-213, 2009.1.

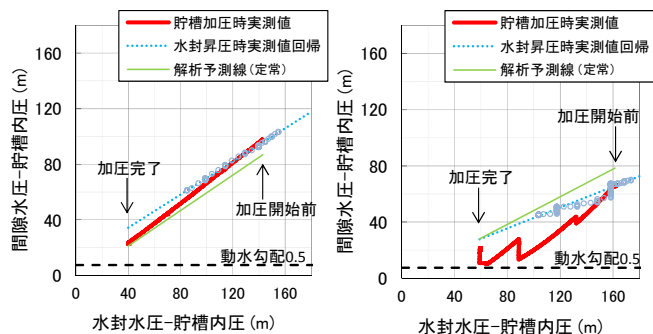


図-3 差圧相関図の例 (DD 断面 TD350)

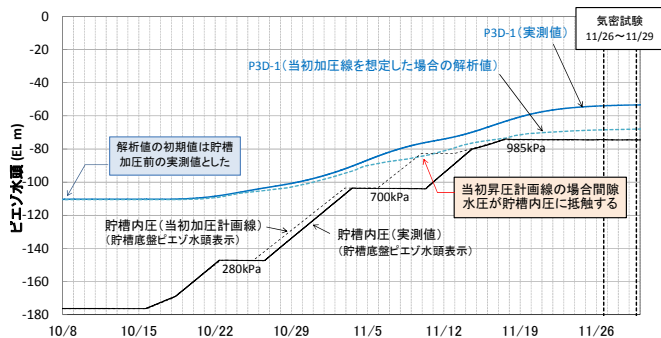


図-4 間隙水圧計 P3D-1 経時変化

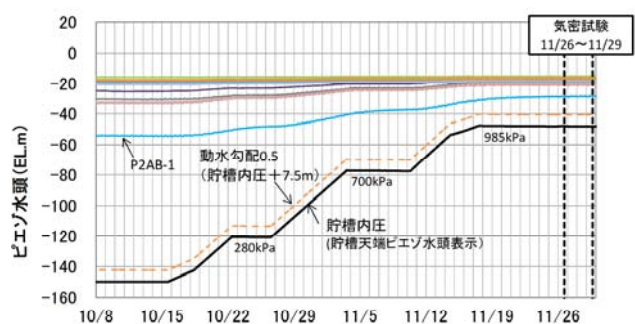


図-6 No. 2 貯槽天端間隙水圧計経時変化