

波方基地プロパン貯槽における気密試験

大成建設（株） 正会員 ○下茂 道人
 大成建設（株） 正会員 島屋 進
 大成建設（株） 正会員 板垣 賢
 （独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄

1. はじめに

波方国家石油ガス備蓄基地（愛媛県今治市）は、約 30 万 t を貯蔵するプロパン貯槽と約 15 万 t を貯蔵するブタン/プロパン兼用貯槽の二つの地下岩盤内貯槽からなる（図-1）。このうち、プロパン貯槽は、2007 年 6 月に掘削を完了し、その後プラグコンクリートの打設、地上・地下設備工事、立坑や作業トンネルの充水などを経て、2012 年 11 月に LPG タンクとしての貯蔵性能を確認する気密試験を実施し、2013 年 3 月に竣工した。

建設地点の地質は、中生代白亜紀の花崗岩、花崗閃緑岩である。貯蔵方式には、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 (0.78MPaG) の液体 LPG を封じ込める水封式地下岩盤貯蔵方式が採用されており（図-2）、気密試験は水封式岩盤貯槽が設計圧力に対して十分な気密性を有することを確認するための試験である。

本報では、気密試験の概要と得られた成果について報告する。

2. 気密試験の概要

気密試験は、図-3 に示すように、水封水頭や立坑内水位を限界地下水位（設計上許容される最低水位）である EL-15m まで下げた状態で、圧縮空気を用いて貯槽内圧を設計圧力の 0.97MPaG 以上まで加圧した後、加圧を停止して一定期間貯槽内圧を計測し、圧縮空気の漏洩による圧力低下が無いことを確認する（表-1、図-3）。

3. 気密性評価指標

気密試験においては、試験開始からの貯槽内圧力の変動量（以下 ΔP と表記）を評価指標として用いる。

キーワード 石油ガス地下備蓄、水封式岩盤貯槽、気密試験

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設技術センター土木技術研究所 TEL 045-814-7228 FAX 045-814-7253

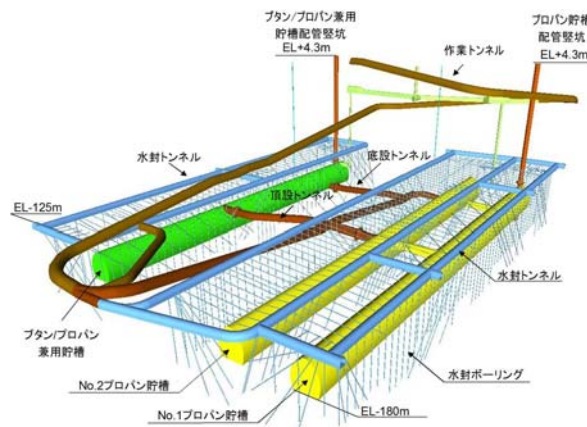


図-1 波方基地 鳥瞰図

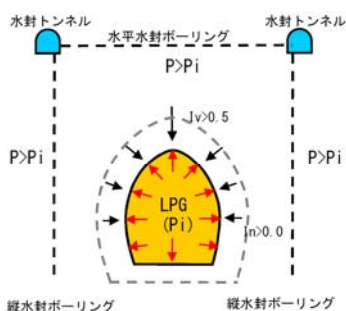


図-2 水封システムの概要

表-1 波方基地気密試験条件

項目	条件
試験気体	空気
試験圧力	設計圧力 (0.97MPaG) 以上
水封水圧	限界地下水位 (EL-15m)
気密試験期間	72時間

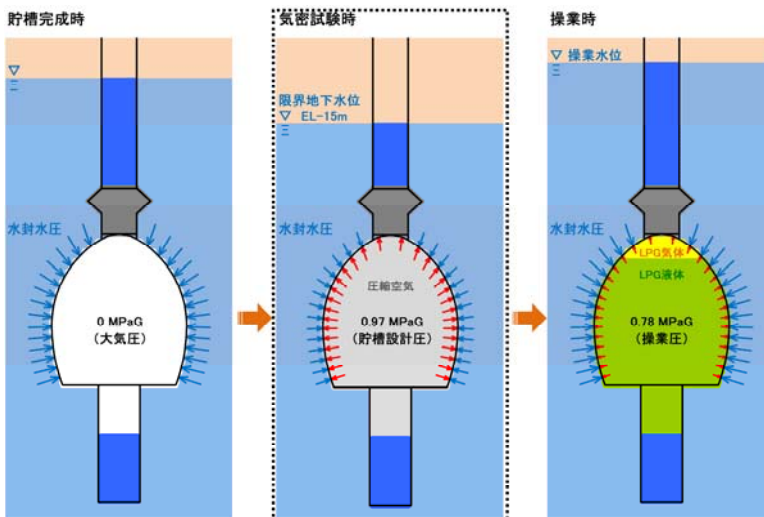


図-3 貯槽内圧と水封水圧の関係

ここで、貯槽内圧力は貯槽内温度の変化および貯槽気相体積の変化（湧水の流入およびポンプ排水による貯槽内水位の変化）、湧水中に溶解した空気の排出など、漏洩以外の影響による変化を生じることから、式-1を用いてこれらの影響を補正したうえで、 ΔP を評価する。

4. 気密性判定基準

ΔP 算出のための圧力、温度、体積（貯槽内水位）の各計測には不確かさが含まれる。そこで、各計測項目の不確かさから式-2により合成不確かさを算出し、これを気密性の判定基準として用いている。表-2の値を式-2に代入すると、 $\varepsilon(\Delta P)=0.5\text{kPa}$ となり、気密性判定基準は $\Delta P<\pm 0.5\text{kPa}$ となる。

5. 実施工程

波方基地には、貯槽が二つあるため、気密試験は各々で実施し、片方が気密試験中貯槽間の移流が生じないことを確認するため、もう一方の貯槽は大気圧状態とした（図-4）。プロパン貯槽の気密試験においては、貯槽内圧を0.28MPaG、0.7MPaGの段階で数日間加压を停止し気密性および水封機能の段階評価を経て、設計圧力0.97MPaG以上での気密試験に臨んだ。貯槽内圧の昇圧速度や昇圧ステップは、貯槽周辺の間隙水圧計の測定値と貯槽内圧と逆転が生じないように予測解析を繰り返し実施しながら、当初計画工程を随時見直した（図-5）。

6. 気密試験結果

気密試験で得られた ΔP は、図-6に示すように判定基準の約1/20であり、貯槽が十分な気密性を有することを確認した。また、貯槽周辺間隙水圧計の計測値より、貯槽周辺の地下水は気密試験期間を通じて貯槽の気密性保持に必要な動水勾配を確保しており、所定の水封機能を有する水理場が形成されていることを確認した。

参考文献

1)板垣賢，大黒雅之，下茂道人，前島俊雄：“波方基地プロパン貯槽気密試験における貯槽内温度の挙動評価”，第69回土木学会年次学術講演会，2014年9月（投稿中）
2)一枝俊豪，岡嶋和義，堀田渉，加藤淳，前島俊雄：“3Dスキャナによる岩盤内LPG貯槽容積計測法とその貯槽気密試験への適用”，第69回土木学会年次学術講演会，2014年9月（投稿中）
3)岡嶋和義，工藤直矢，平塚裕介，長岡弘晃，前島俊雄：“波方基地プロパン貯槽気密試験における溶存気体量の計測方法と気密性評価”，第69回土木学会年次学術講演会，2014年9月（投稿中）
4)堀田渉，下茂道人，文村賢一，前島俊雄，大久保秀一：“波方基地プロパン貯槽気密試験における水封機能評価”，第69回土木学会年次学術講演会，2014年9月（投稿中）

$$\Delta P = P_i - P_t' - \Delta P_t'' \quad \dots \text{式-1}$$

P_i : 気密試験開始時の貯槽内圧 (Pa)
 P_t' : t時間後の貯槽内圧(温度、気相体積の変化による影響を補正) (Pa)
 $P_t' = P_i \cdot \frac{T_i}{T_t} \cdot \frac{V_i}{V_t}$ P_t : t時間後の貯槽内圧 (Pa)
 T_i : 気密試験開始時貯槽内代表絶対温度 (K)
 T_t : t時間後の貯槽内代表絶対温度 (K)
 V_i : 気密試験開始時貯槽気相体積 (m^3)
 V_t : t時間後の貯槽気相体積 (m^3)
 $\Delta P_t''$: t時間後までに貯槽内湧水へ溶解して排出される空気量による影響 (Pa)

表-2 各計測項目の計測不確かさ

計測項目	計測不確かさ
貯槽内圧力	$\varepsilon P = \pm 53 \text{ Pa}$
貯槽内温度	$\varepsilon T = \pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$
貯槽内気相体積	$\varepsilon V = \pm 0.3 \text{ m}^3$

$$\varepsilon(\Delta P) = P_i \sqrt{\left(\frac{\varepsilon P}{P_i}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon P}{P_i}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon T}{T_i}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon T}{T_i}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon V}{V_i}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon V}{V_i}\right)^2}$$

・・・式-2

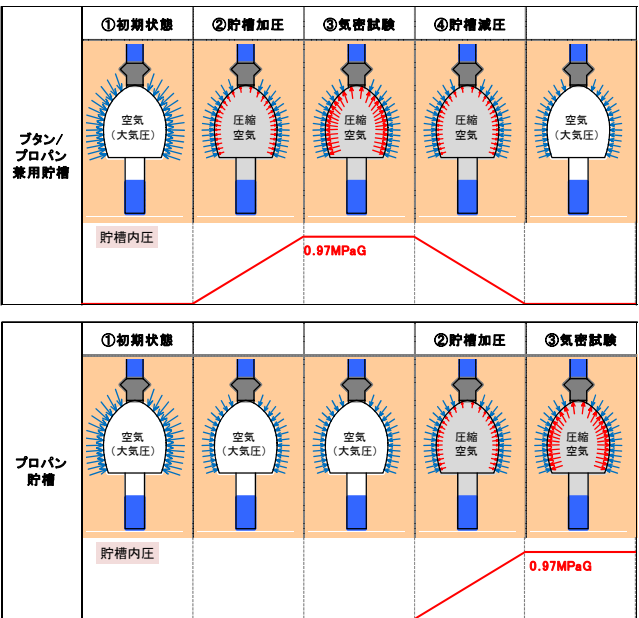


図-4 波方基地における気密試験手順概要

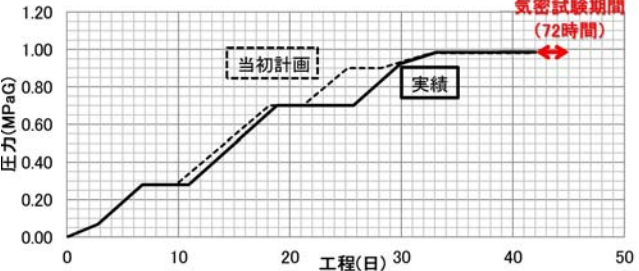


図-5 プロパン貯槽昇圧実績工程

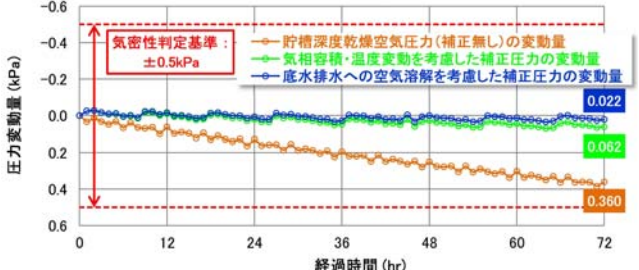


図-6 ΔP の経時変化