

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

大成建設（株） 正会員 ○板垣 賢
 大成建設（株） 大黒 雅之
 大成建設（株） 正会員 下茂 道人
 （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（2013年3月竣工，図-1）では，水封式地下岩盤貯蔵方式が採用されており，LPGの貯蔵に先立ってタンクとしての貯蔵性能を確認するために，貯槽気密試験¹⁾を実施した（図-2）。

気密試験では，試験開始からの貯槽内圧力の変動量

ΔP を評価指標として合否の判定を行う．ここで，貯槽内圧力は貯槽内温度の変化や貯槽気相体積の変化など，漏洩以外の影響による変化を生じることから，これらの影響を補正したうえで， ΔP を評価する（式-1）．本報告では，波方基地の二つの貯槽のうち，プロパン貯槽の気密試験における貯槽内温度計測の計画および結果を報告する．

2. 貯槽内温度計配置の検討

貯槽内温度計測の目的は，上述のように ΔP の補正であり，補正に用いる温度は貯槽内の温度分布を平均化した代表温度とする必要がある．そこで事前に3次元モデルによる非定常熱流体解析を実施し，気密試験時の貯槽内温度分布を予測し，平均化した温度分布が得られるように温度計個数と配置を計画した（図-3，4，5）。

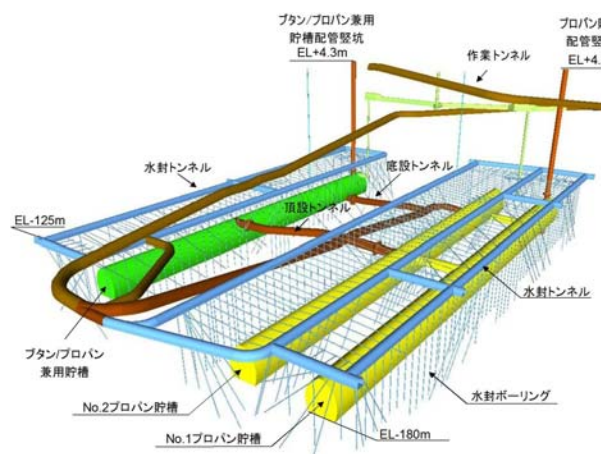


図-1 波方基地 鳥瞰図

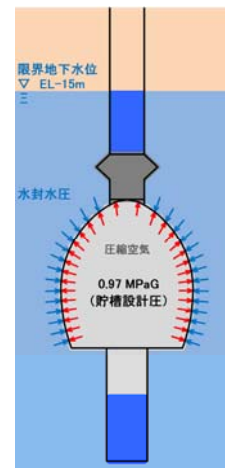


図-2 気密試験

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

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)

$$P_t' = P_i \cdot \frac{T_i}{T_t} \cdot \frac{V_t}{V_i}$$

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)

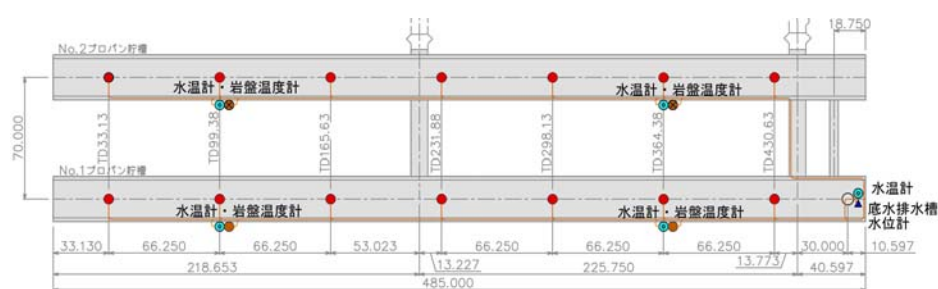


図-3 温度計配置平面図

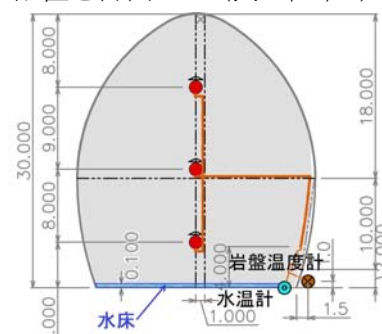


図-4 温度計配置横断面図

凡 例

- 貯槽内温度計 (42個)
- 岩盤温度計 (4個)
- 水温計 (5個)
- ▲ 底水排水槽水位計 (1個)

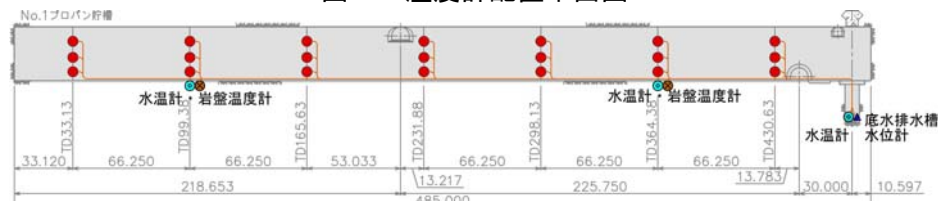


図-5 温度計配置縦断面図 (No. 1 プロパン貯槽)

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 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設土木設計部 TEL 03-5381-5296 FAX 03-3342-2084

3. 気密試験時の貯槽内温度実績

貯槽加压～気密試験終了までの貯槽内圧力と温度挙動の実績を図-6に示す。加压停止時の温度分布では中段の温度が最も高い(図-7)。これは、中段の温度計は貯槽壁面および貯槽底面(水床面)からの距離が最も遠く、上段と下段の温度は貯槽内温度よりも低温の岩盤温度と水床温度の影響を受けているためと推定される。また、図-8より気密試験時の各温度計の値のばらつきは小さく0.04℃範囲内に分布しており、貯槽内代表温度は算術平均値として支障がないことが確認できた。

4. 熱流体理論解析による温度・圧力予測結果

貯槽加压前に、温度および圧力挙動の予測を目的として理論式に基づく予測解析を実施した。0.28MPaGおよび0.7MPaGでの加压停止時の温度低下実測値から、空気～岩盤～水床間の熱伝達率や岩盤の比熱、熱伝導率の見直しを行った他、理論式を修正して岩盤および水床の放射率をパラメータとして追加するなどして、得られた実測値をフィードバックしながら以降の予測を行った。最終結果では実測値をよくフィッティングでき、温度・圧力低下量を正確に予測することができた(図-9)²⁾。

5. 気密試験結果

気密試験の結果、温度変化や気相体積変化、および溶存気体量の変化を補正した貯槽内圧力変動量 ΔP は気密性判定基準($\pm 0.5\text{kPa}$ 以下)の1/20以下であり、貯槽が十分な気密性を有することが確認された。また、 ΔP の温度変化による補正量は0.3kPa程度で、全補正量の約9割を占めた(図-10)。

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年9月(投稿中)
- 2) 大黒雅之, 下茂道人, 板垣賢, 黒瀬浩公, 前島俊雄: “波方基地プロパン貯槽 熱流体理論解析による気密試験の圧力・温度挙動の予測と実測値の評価について”, 第42回岩盤力学に関するシンポジウム, 2014年1月

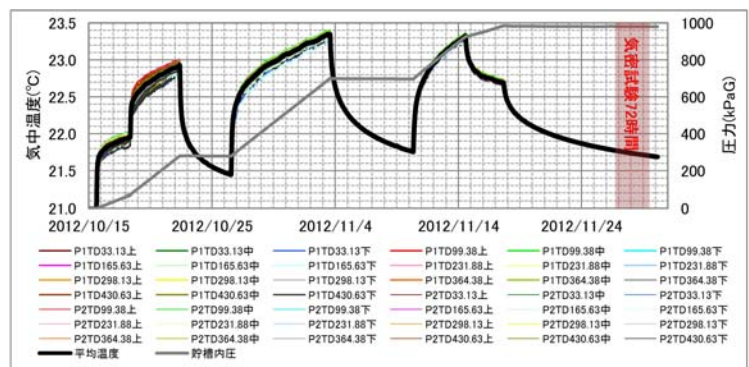


図-6 貯槽加压以降の貯槽内温度経時変化

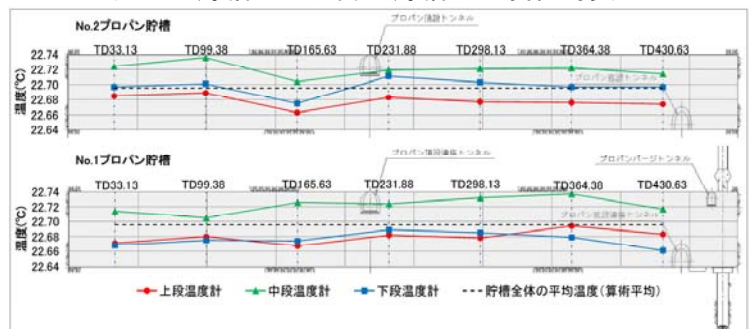


図-7 加压停止時の貯槽内温度分布

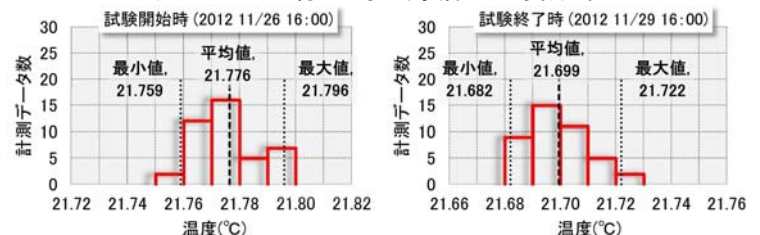


図-8 気密試験時の貯槽内温度のばらつき

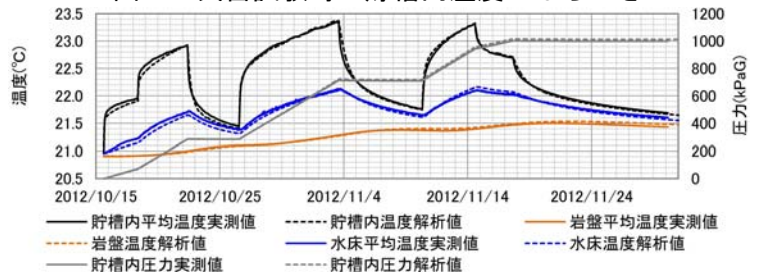


図-9 温度・圧力挙動の実測値と解析値の比較

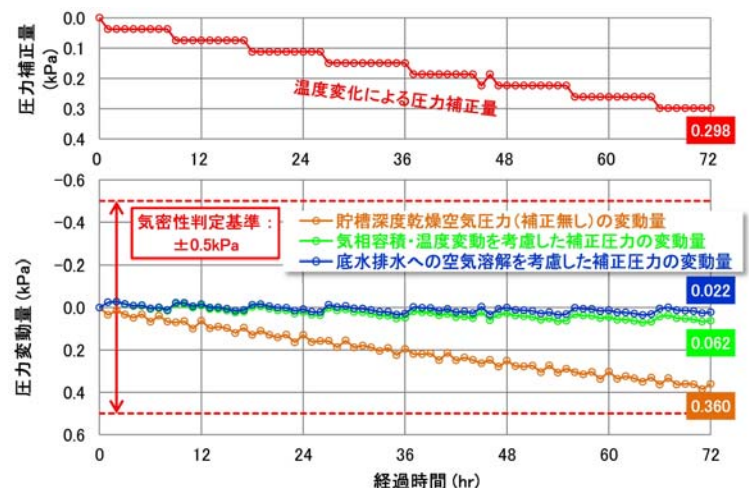


図-10 ΔP の経時変化