

天然ガス高圧貯蔵技術開発における実証試験中の貯槽内温度の検討

大成建設株式会社 正会員○堀田 渉 社団法人日本ガス協会 正会員 小松原 徹
 大成建設株式会社 フェロー会員 岩野 政浩 大成建設株式会社 正会員 大塚 勇
 清水建設株式会社 正会員 奥野 哲夫

1. はじめに

(社)日本ガス協会では、経済産業省より補助を受け、平成16年度より「次世代天然ガス高圧貯蔵技術開発事業」(ANGAS: Advanced Natural GAs Storage)を実施してきた。本事業では、岐阜県神岡鉱山内に建設した鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設を用いた実証試験等により、実用化に向けた設計技術の確立を図った。¹⁾

本論ではこの内、貯槽内の圧力変動に伴う貯槽内温度の変化に関する解析手法の妥当性について検討した。最大圧力20MPaの気密試験中の圧力変動に伴う温度変化について熱伝導解析による事前解析を実施し、計測結果と比較した。事前解析では、計測結果と異なる傾向を示す部分もあったが、気密試験後に、現地のコアを用いた室内試験から求めた岩盤等の熱物性値を用いて事後解析を行った結果、計測結果と良く一致することが分かった。以下に検討内容を述べる。

2. 実証試験概要

小規模実証試験貯槽の縦断面図を図-1(貯槽長さ10.5m、貯槽直径6m、幾何容積240m³)に示す。実証試験では、各部の変形挙動等を計測し、設計解析との比較を行い開発した設計技術の確認を行うことが目的の一つである。試験は、耐圧試験、気密試験、繰返し・長期载荷試験、30MPa耐圧性能試験の4種類からなる。本検討では、空気による気密試験で得られた貯槽内及び貯槽周辺の温度計測結果と解析結果を比較することにより解析手法を確立させた。

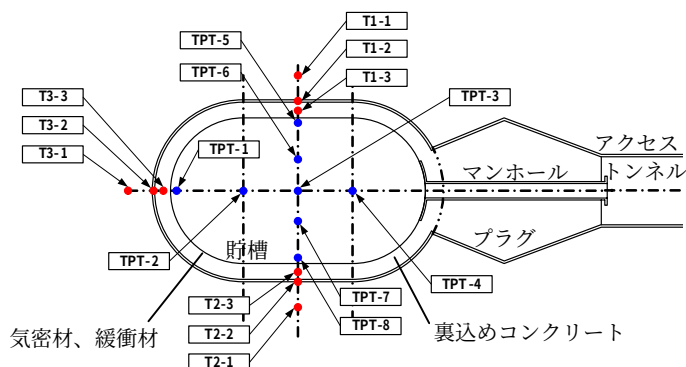


図-1 設計対象施設と温度計配置図

3. 気密試験結果

図-1に温度計の計測配置状況を示す。貯槽内8箇所、岩盤及び裏込めコンクリート、吹付けコンクリート内でそれぞれ3箇所ずつ計測した。貯槽内外の温度計測結果を図-2～図-5に示す。圧力変動に伴い、貯槽内の温度が0℃以下となると、気密材に影響を及ぼすこと、また周辺コンクリートが凍結し膨張することが考えられたため、0℃以下にならないように、

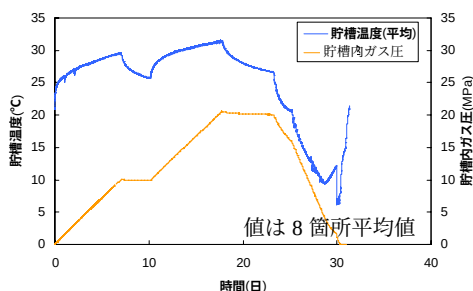


図-2 貯槽内温度及びガス圧計測結果

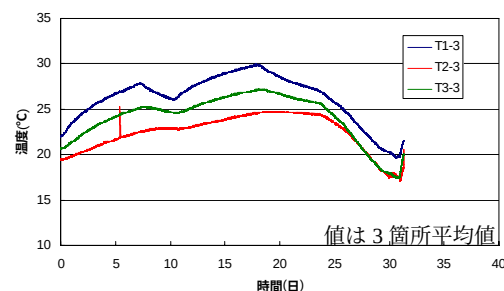


図-3 裏込めコンクリート温度計測結果

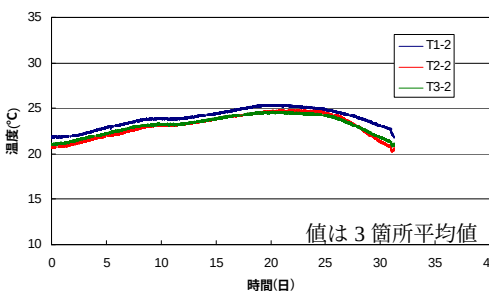


図-4 吹付けコンクリート温度計測結果

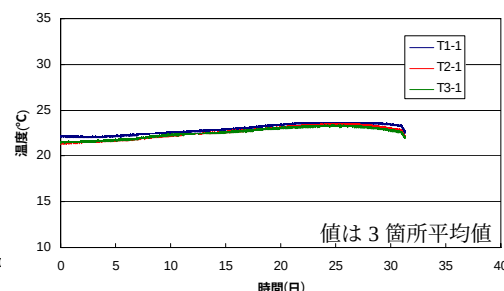


図-5 岩盤温度計測結果

キーワード 地下空洞、鋼製ライニング式岩盤貯蔵、天然ガス高圧貯蔵、実証試験、熱伝導解析

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設(株)土木設計部 TEL03-5381-5296

図-2 に示すように圧力の载荷パターンを設定した。また、図-3～図-5 より、全ての箇所貯槽上部の計器 (T1) が最も温度が高く、下部 (T2) の温度が低いこと、貯槽に近い裏込めコンクリートでは、温度変化の感度が高いが、離れるほど温度変化は小さくなることから分かる。

4. 事後解析条件

実証試験で実施された気密試験は、事前解析と比較して温度変化が小さい結果となった(図-7～図-10)。事前解析では、解析に用いるパラメータが類似サイトもしくは文献調査で得られた値を用いて解析を実施しているため、計測結果との差が生じたと考えられる。そこで事後解析では、解析条件、モデル、手法等について検討し、以下の点を見直した。

■ : 岩盤, ■ : コンクリート材料

- ① 原位置の岩盤、コンクリートの熱物性試験から物性値の再設定
- ② 初期の貯槽内温度及び初期の岩盤温度分布の再現
- ③ 圧入空気の温度の再設定

図-6 に解析モデルを示す。モデルは軸対象モデルを用いており、気密材と緩衝材はモデル化していない。境界条件は岩盤側は断熱境界、貯槽内側は熱伝達境界とした。

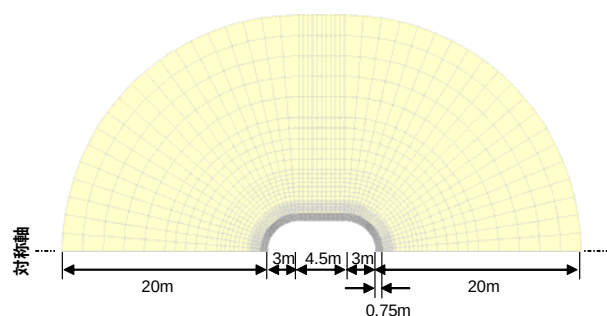


図-6 解析モデル

表-1 熱伝導率

原位置材料を用いて、熱伝導率及び比熱を計測した。表-1 に解析に用いた熱伝導率を示す。比熱は事後解析では温度依存性を考慮した。なお、3つのコアから得られた値の平均値を用いている。

	熱伝導率(W/m°C)		備考
	岩盤	コンクリート	
事前解析	2.09	1.28	文献から設定
事後解析	3.58	1.63	原位置試験結果

5. 事後解析結果

図-7～図-10 に計測と事前解析、事後解析の比較を示す。貯槽内温度は計測結果とほぼ同挙動に再現された。裏込めコンクリートの温度挙動は事前解析と比較して降圧時の温度低下が抑えられたことから再現性が増している。吹付けコンクリート及び岩盤の再現性も良好である。

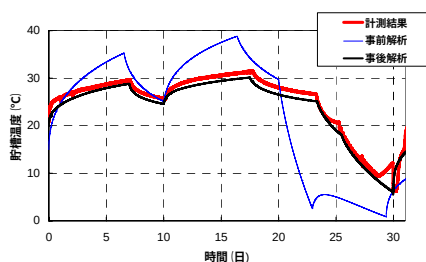


図-7 事後解析結果 (貯槽)

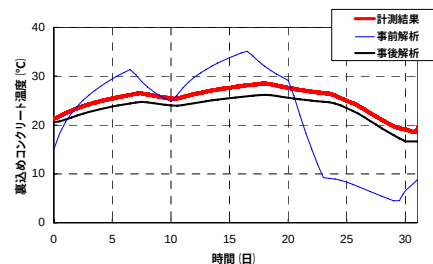


図-8 事後解析結果 (裏込めコン)

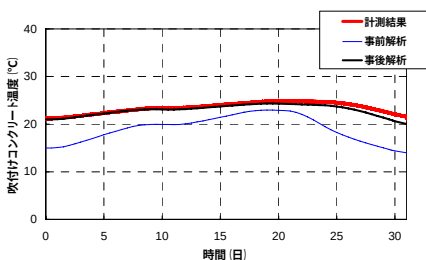


図-9 事後解析結果 (吹付けコン)

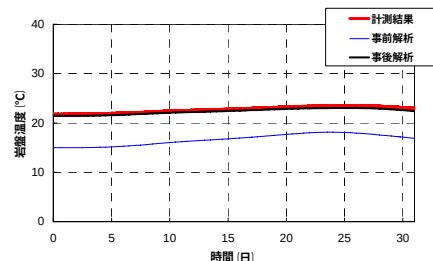


図-10 事後解析結果 (岩盤)

6. まとめ

- (1) 本検討で用いた解析モデルや解析手法は、計測値を良く再現することが出来たため、実機の試設計にも適用が可能であると考えられる。
- (2) 事前解析による予測値と計測値の差異は、材料の熱物性及び初期温度条件が主な原因であると考えられる。よって、これらの条件を十分に検討する必要がある。

謝辞：本技術開発内容は、東京瓦斯(株)、大阪瓦斯(株)、東邦瓦斯(株)、西部瓦斯(株)、北海道瓦斯(株)、帝国石油(株)、ならびに天然ガス高圧貯蔵技術開発共同企業体(清水建設(株)、(株)大林組、大成建設(株)、(株)IHI、三井造船(株)、三菱重工業(株))の関係各位にご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 奥野 哲夫 ほか：天然ガス高圧貯蔵技術開発における小規模岩盤貯槽を用いた実証試験、第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演集 p79-84、土木学会 2008