

天然ガス高圧貯蔵技術開発における実証試験中のプラグ挙動の検討

清水建設	正会員	牛田 洋介	日本ガス協会	正会員	小松原 徹
清水建設	正会員	新美 勝之	清水建設	正会員	若林 成樹
清水建設	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、岐阜県飛騨市の神岡鉱山茂住坑道内に幾何容積 240m³ の鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設の実証試験施設を建設し、最大 20MPa での耐圧試験、気密試験、繰返し長期載荷試験(以下「加圧試験」と総称する)を実施した¹⁾。この施設では、アーチ構造タイププラグ²⁾を採用して、プラグ構造の合理化を図っている。本論では、加圧試験の際に計測で把握したプラグの挙動について、設計時の解析結果と比較検討し、プラグの設計技術の妥当性を確認する。

2. アーチ構造タイププラグの設計技術

アーチ構造タイププラグの設計上の特徴は、貯蔵圧力がプラグに作用した際にプラグの内部に仮想的なアーチ構造が形成され、プラグに作用する貯蔵圧力が効率的に岩盤に伝達されることにある。このアーチ効果によりプラグ内部で圧縮応力が卓越するため、従来のせん断支持タイプのプラグに比べ、プラグ長を短くし補強鉄筋量を低減する事ができる²⁾。プラグの設計では、軸対称 FEM 解析を用いて貯蔵圧力作用時のプラグ内部の応力分布を評価する。しかし、貯蔵圧力作用時のプラグ内部の応力分布はプラグ受圧部と岩盤との接触条件に影響を受けるため、設計ではこの条件が異なる 3 ケースの状況を設定して解析を実施した。軸対称 FEM 解析で得られた 20MPa 作用時のプラグのひずみ分布を図-2 に示す。

接触の条件が「摩擦なし」では、プラグ受圧部と岩盤との間にせん断ずれが生じて、プラグ内部のひずみは圧縮が卓越して、構造的に有利になるが、「摩擦あり」と「固着」では引張側にシフトする。

3. 実証試験での計測結果と解析結果の比較

実証試験施設のプラグ内部には、図-3 に示す配置でコンクリートひずみ計を設置し、加圧試験時に発生するひずみを計測した。また、アクセストンネル側から、プラグの絶対変位を計測した。以下に、加圧試験時に計測したデ

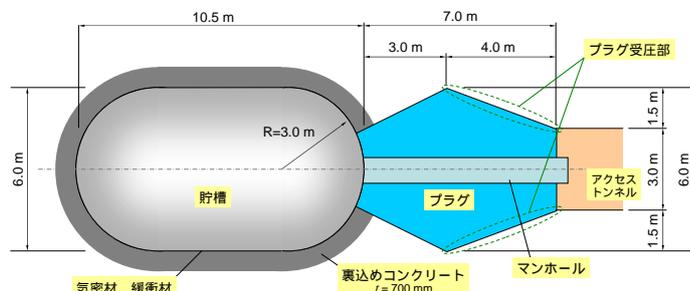
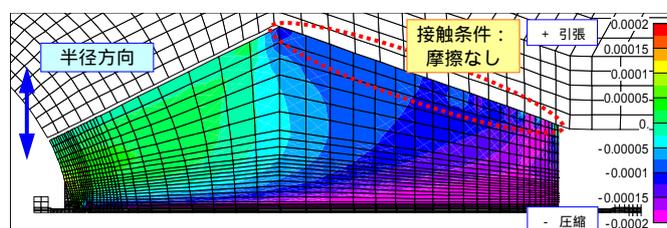
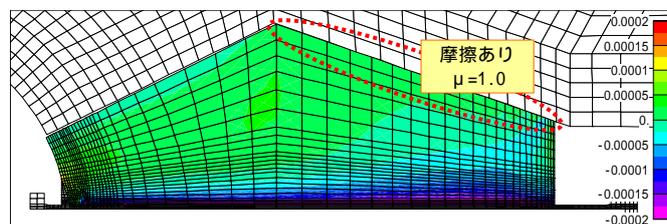
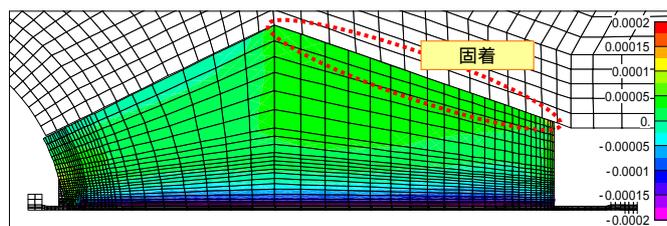


図-1 実証試験施設



(1) case1 摩擦なし

(2) case2 摩擦あり, $\mu=1.0$ 

(3) case3 固着

図-2 プラグの軸対称 FEM 解析結果
(貯蔵圧力 20MPa, 半径方向ひずみ分布)

キーワード：地下空洞，天然ガス高圧貯蔵，実証試験，プラグ，接触条件

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 清水建設(株)土木技術本部 TEL.03-5441-0598

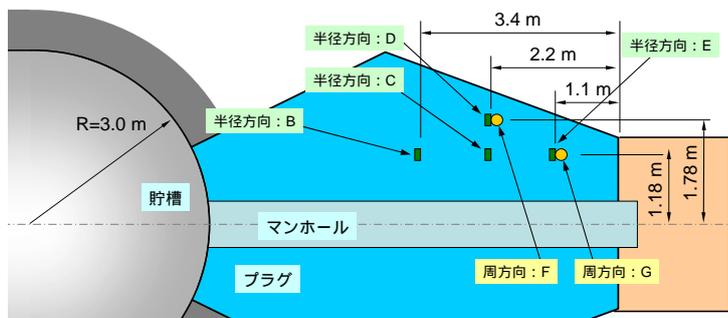


図-3 プラグ内部のひずみ計配置

ータと解析で得られた値を、貯蔵圧力との関係で比較して検討する。

プラグ内部のひずみと圧力との関係を図-4 に示す。解析結果は、計測器設置位置に対応する解析モデル上の位置におけるひずみを、図-2 で示した3 ケースについて内圧 20MPa と 5MPa での値を線形補間して示した。計測値は耐圧試験、気密試験、繰返し長期载荷試験時に得られた記録を示す。半径方向のひずみは、引張が発生しており、20MPa 時のひずみの計測値は、解析で接触条件が固着とした場合に最も近い。また、圧力変化に対するひずみの変化量は少なく、20MPa と 5MPa の繰返し試験時の変化量は、接触条件が摩擦ありまたは固着とした場合に最も近い。周方向のひずみも引張が発生している。20MPa 時のひずみも、20MPa と 5MPa の繰返し試験時の変化量も、接触条件が摩擦ありとした場合に最も近い。

圧力とプラグの絶対変位の関係を、図-5 に示す。変位はほとんど発生しておらず、固着に近い接触条件であると考えられる。

4. おわりに

実証試験時のプラグ内部のひずみは引張が卓越しており、プラグ受圧部と岩盤の接触条件は、固着または摩擦ありに近い状態であったと考えられる。プラグ内部で圧縮が卓越する合理的な構造とするためには、プラグの設計および施工において、プラグ受圧部と岩盤との接触条件でせん断抵抗を適切に切る工夫をして、圧力作用時にせん断ずれを発生させることが重要と考える。

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 他: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(CD-ROM),pp.79-84,土木学会 岩盤力学委員会,2008.1.
- 2) 澤 一男 他:岩盤内高圧気体貯蔵施設における耐圧プラグの形状検討,土木学会第57回年次学術講演会, -209, pp.417-418, 2002.9.

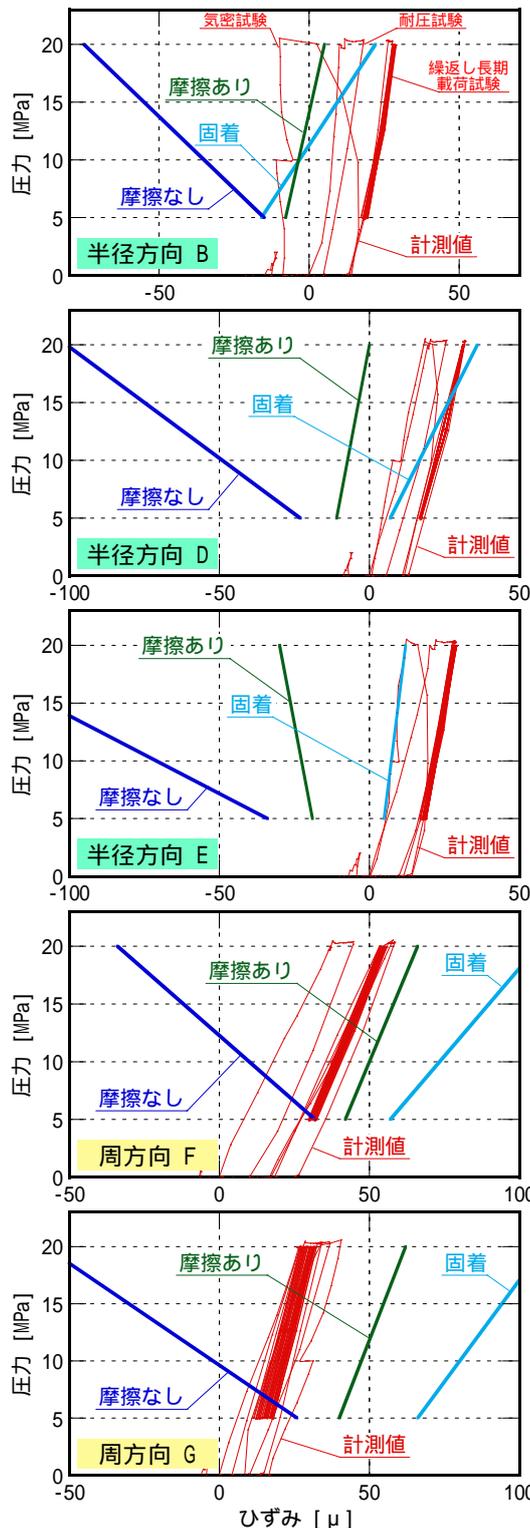


図-4 圧力 - プラグ内部のひずみ関係

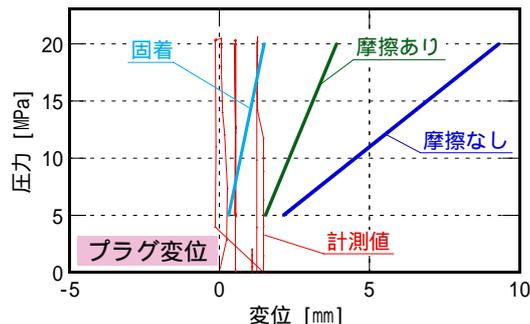


図-5 圧力 - プラグの絶対変位関係