

天然ガス高圧貯蔵技術開発における実証試験計画と実証試験サイトの岩盤特性

日本ガス協会 正会員 ○小松原 徹
 清水建設 正会員 奥野 哲夫
 清水建設 正会員 若林 成樹
 大林組 正会員 武内 邦文
 大成建設 フェロー会員 岩野 政浩

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)を実施している。本論では、本プロジェクトの中心となる実証試験計画と実証試験サイトの岩盤特性について述べる。対象とする鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設(以下、岩盤貯蔵施設と称する)の構造は図-1に示すもので、本技術開発の背景ならびに特徴については参考文献1)を参照されたい。

2. 実証試験計画

岩盤貯蔵施設の耐圧性能および気密性能の検証を行うため、小規模実験貯槽(幾何容積: 約240m³)を構築し実証試験を計画した。その実証試験施設の設計は参考文献2)に示すもので設計圧力は20MPaである。実証試験は、表-1に示す耐圧試験、気密試験、繰返し・長期载荷試験、30MPa耐圧性能試験の4つからなるもので、耐圧試験、繰返し・長期载荷試験、30MPa耐圧性能試験は水加圧とし、気密試験は空気加圧とした。このうち耐圧試験と気密試験は高圧ガス保安法に基づき実施した。

各試験の载荷パターンを図-2に示す。耐圧試験では20MPaまで2.0MPaピッチ毎に10MPa/hourで加圧し、20MPaに達した時点でシャットインする。その後、各部の挙動を計測し耐圧性能を確認したのち減圧する。気密試験は、1.5MPa/hourで加圧し、10MPaおよび20MPaで一定時間シャットインして各部の挙動を計測すると共に、漏洩がないことを確認する。繰返し・長期载荷試験は、実機の運用圧力を想定してまず5MPa~20MPaの圧力範囲で20回の加圧・減圧を繰り返す。続いて長期载荷試験では、先の耐圧試験と同様に20MPaでシャットインして各部の挙動を計測し、ひずみ進展状況を把握する。以上の試験により実証試験施設の健全性を確認したのち、最後に30MPa耐圧性能試験

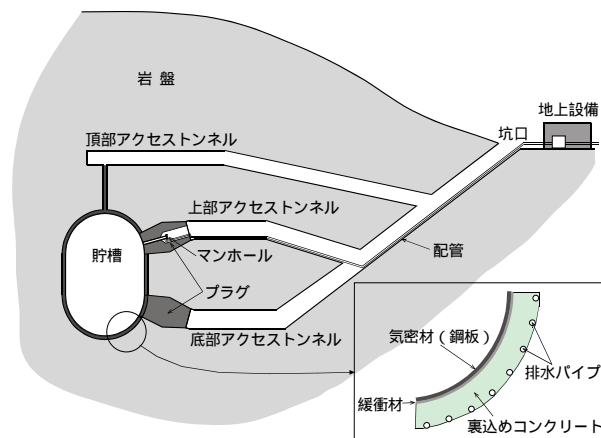


図-1 鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設の構造

表-1 実証試験一覧

試験名	試験目的	载荷内容
耐圧試験	設計圧力まで加圧し、構造体(岩盤貯槽、プラグ、マンホール)の耐圧性能・水密性能を確認	水加圧 20MPa (加圧期間: 7日間)
気密試験	設計圧力まで加圧し、構造体の気密性能を確認	空気加圧 20MPa (加圧期間: 31日間)
繰返し・長期载荷試験	実機の運用を想定した载荷・除荷、長期载荷を行い、構造体の挙動を把握し、健全性を確認して設計の検証用データを取得する	水加圧 繰返し 5~20MPa 長期载荷 20MPa (加圧期間: 10日間)
30MPa耐圧性能試験	構造体の30MPaまでの耐圧性能を把握するために、加圧装置最大圧まで加圧して挙動を計測し、設計の検証用データを取得する	水加圧 最大30MPa (加圧期間: 0.5日間)

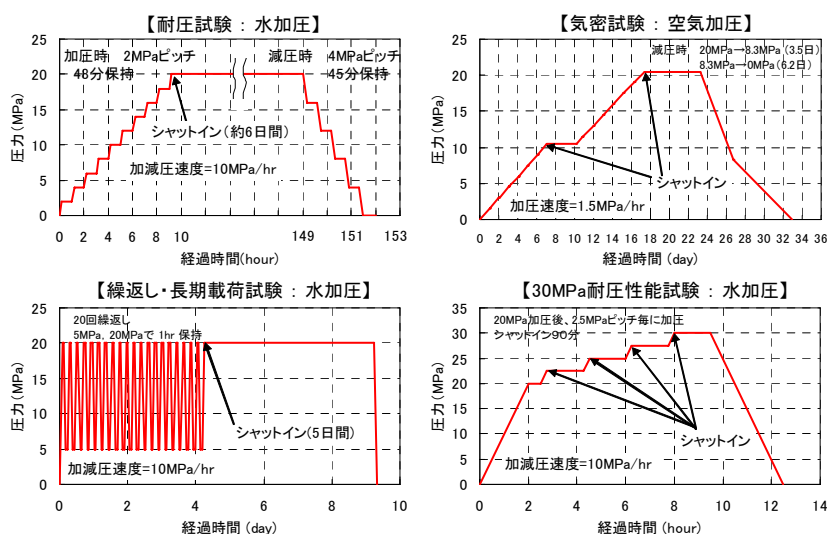


図-2 実証試験の载荷パターン

キーワード 地下空洞、岩盤貯蔵、天然ガス高圧貯蔵、鋼製ライニング、実証試験、岩盤特性

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-15-12 (社)日本ガス協会 技術開発部 TEL 03-3502-0113

験により 30MPa までの載荷を行い、実証試験施設の耐圧性能を評価する。

3. 岩盤特性

実証試験施設は、岐阜県飛騨市の神岡鉱山・茂住坑道内に、既存坑道の一部から新たにアクセストンネルおよび貯槽本体を掘削して構築した。実証試験施設の設計に先立ち各種の岩石・岩盤の調査・試験を実施した。岩盤は、手取層と呼ばれる堆積岩（砂岩・頁岩の互層）からなり、電中研式岩盤分類で CM～CH 級を主体とする岩盤である。実証目的や試験条件等を勘案し、カプセル型の貯槽を横置き（貯槽軸：水平方向）にした状態で構築することとした²⁾。

表-2 に示すように初期地圧測定の結果から水平方向（貯槽軸方向）の初期地圧が高いことが判明した。このため初期地圧に関しては異方性を考慮して設計することとした。一方、表-3 には孔内載荷試験から得られた主な物性を示す。同一の岩級では砂岩の変形係数の方が頁岩より若干高い。しかし、砂岩・頁岩の互層分布を積層モデルでモデル化し等価な（平均的）変形係数を評価した結果、変形特性の異方性はほとんどないものと評価された。これらの評価結果に基づき、実証試験施設の設計²⁾ に用いた物性値を表-4 に示す。

4. おわりに

本論では、「次世代天然ガス高圧貯蔵技術開発事業」のうち、実証試験計画と実証試験サイトの岩盤特性に関して報告した。現在まで実施している、貯蔵空洞の設計、耐圧試験結果、気密試験結果は参考文献 2)、3)、4) に示す。今後、実証試験結果から a) 気密構造の設計技術の確認、b) 高性能プラグの設計技術の確認、などを行い、これらの知見を基に実機（商用機）の試設計および総合評価を行い、我が国の岩盤・運用条件において実機が設計可能なことを確認する計画である。

謝辞

本内容は、東京ガス、大阪ガス、東邦ガス、西部ガス、北海道ガス、帝国石油、ならびに天然ガス高圧貯蔵技術開発共同企業体（代表者：清水建設、大林組、大成建設、石川島播磨重工業、三井造船、三菱重工業）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) 澤 一男, 石塚 与志雄: 都市ガス岩盤貯蔵の実用可能性の調査研究, トンネルと地下, Vol.90 2005 年 2 月号 pp1-16
- 2) 新美 勝之 他: 天然ガス高圧貯蔵技術開発における実証試験施設の設計, 土木学会第 62 回年次学術講演会, , 2007.9
- 3) 若林 成樹 他: 天然ガス高圧貯蔵技術開発における実証試験結果(耐圧試験結果), 土木学会第 62 回年次学術講演会, , 2007.9
- 4) 奥野 哲夫 他: 天然ガス高圧貯蔵技術開発における実証試験結果(気密試験結果), 土木学会第 62 回年次学術講演会, , 2007.9

表-2 初期地圧測定結果と設計条件

方向	測定結果	設計条件
貯槽軸	16.7 MPa	16.7 MPa
貯槽軸直角（水平）	11.9 MPa	9.5 MPa（最小値）
貯槽軸直角（鉛直）	9.5 MPa	

表-3 孔内載荷試験による変形係数等の算定結果

岩種・岩級	実施箇所	変形係数 D ^[1] (GPa)	弾性係数 E ^[2] (GPa)	残留変位率
砂岩: CH 級	A 地点	15.24	23.44	0.457
	B 地点	13.33	19.36	0.681
	平均	14.28	21.40	0.569
砂岩: CM 級	C 地点	8.20	11.43	0.536
	D 地点	10.38	13.76	0.500
	平均	9.29	12.59	0.518
頁岩: CH 級	E 地点	9.59	14.91	0.643
頁岩: CM 級	F 地点	4.39	6.19	0.352

[1] 20～30MPa の初期載荷時の勾配

[2] 20～30MPa の繰り返し載荷時の接線勾配

表-4 実証試験施設の設計に用いた物性値一覧

領域	単位 重量	厚さ	内部 摩擦角	粘着 力	変形係数		ポア ソン 比	クリ ープ 率	残留 変位率
					初期載 荷時	試験 時			
	γ kN/m ³	H m	ϕ 度	c MPa	E _{r0} GPa	E _r GPa	ν_r	ϵ_{cr}	
健全部	26.5	-	50	2.5	10.00	8.47	0.3	0.180	0.234
ゆるみ 領域		-	45	1.9	4.00	3.38	0.4		
残留域		-	50	0.75	-	-	-		
風化部	20.0	50	-	-	-	-	-	-	-