

都市ガス岩盤貯蔵の耐震性検討

東京ガス株式会社 正会員 堤 洋一、日本ガス協会 正会員 澤 一男
 大阪ガス株式会社 正会員 香川 尚史
 清水建設株式会社 正会員 延藤 遵、フェロー会員 石塚 与志雄
 大成建設株式会社 フェロー会員 亀村 勝美、正会員 桑田 尚史

1. はじめに

（社）日本ガス協会では、経済産業省より委託を受け、平成12年度より都市ガスの岩盤貯蔵技術調査事業を行っている。岩盤貯蔵（図1, 2）は堅固な岩盤中に構築することを想定しており、地上に設置されるガス貯蔵施設に比べ、耐震性に優れていることが予想される。本報告の目的は、CH級岩盤を対象に、運用中にレベル2地震動が発生した場合の貯蔵空洞及び周辺岩盤に与える地震動の影響を検討し、今後の設計への知見を得ることである。具体的な検討方法としては、まず動的線形解析により同貯蔵施設の基本的な応答特性を把握する。次に震度法、応答震度法等の数種の静的線形解析を行い、動的線形解析結果と比較することにより、適切な静的解析手法を選定する。最後に、選定した静的解析手法を用いた非線形解析を実施し、貯蔵空洞に与えるレベル2地震動の影響を評価する。

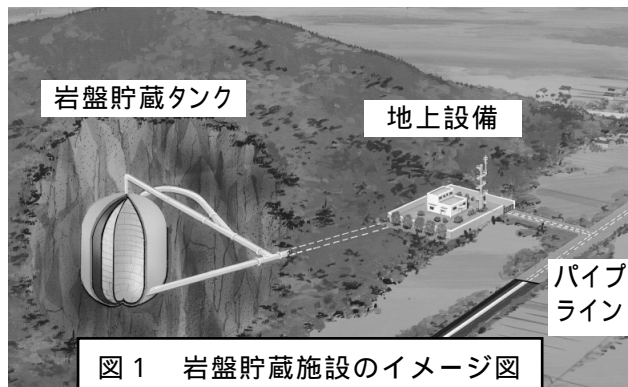


図1 岩盤貯蔵施設のイメージ図

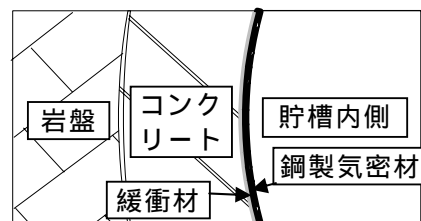


図2 貯蔵構造概念図

2. 動的線形 FEM 解析

想定した岩盤物性を表1にまとめて示す。入力地震動としては、神戸大学波（1995年兵庫県南部地震）を選定し、レベル2地震動を対象とした目標応答加速度に合致するように調整した。同波を、工学的基盤面（GL-20m）に入力し、「SHAKE」により解析上の基盤面（GL-214.9m）における入力波を算定し、解析モデルの下端（図3）に入力した。解析結果のうち、水平方向の最大応答加速度分布図を図4に示す。同図より貯蔵空洞近傍において

表1 岩盤の動的物性値

地層	レベル (m)	単体 (kg/m ³)	Vs (km/s)	動弾性係数 (N/mm ²)	動ポアソン比	減衰定数
風化層	0~20	2000	0.7	3.1	0.42	0.03
健全部	20以深	2600	1.7	20.1	0.37	0.03

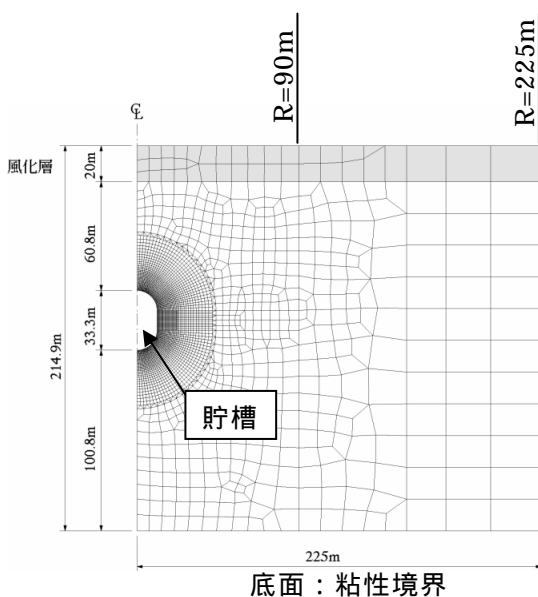


図3 動的解析用解析モデル

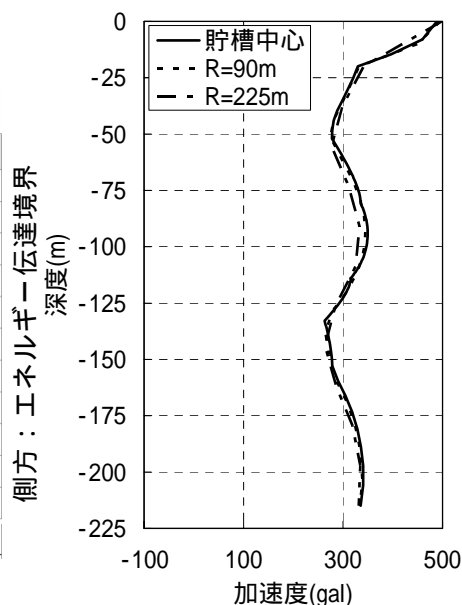


図4 最大水平加速度分布

キーワード： 高压気体貯蔵、震度法、FEM 動的解析、FEM 非線形解析

連絡先： 〒105-8527 東京都港区海岸 1-5-20 TEL.03-5400-7583 Fax.03-3578-8365

も地震動の有意な増幅がないことがわかる。

3. 静的解析手法の選定

震度法（岩盤内 0.3G）及び3種類の応答震度法の計4種類の静的3次元線形解析（図5）を実施し、動的線形解析結果と比較した。想定状態は、運用中の最大内圧（ $P=12\text{MPa}$ ）作用時である。また、静的解析手法を選定する尺度としては、鋼製気密材（図2）の設計条件となる裏込めコン

表2 裏込めコンクリート表面での最大・最小主ひずみ

設計手法及び設計震度		裏込めコンクリートひずみ(μ)	
		最大値	最小値
動的解析		583	99
静的解析	震度法：岩盤内一様 0.3G (高圧ガス設備等耐震設計指針より)	637	45
	応答震度法：SHAKEにおける最大応答加速度包絡分布	655	28
	応答震度法：SHAKEにおける空洞上端での加速度が最大となる時刻での応答加速度分布	621	61
	応答震度法：1次元解析結果における空洞上下端位置の相対変位が最大となる時刻での応答加速度分布	628	54

クリート表面ひずみを選定した。裏込めコンクリート表面ひずみについて動的線形解析結果と静的線形解析結果を比較して表2に示す。同表より、いずれの静的解析手法においても動的解析結果の結果に比べて、最大値はより大きく、最小値はより小さくなっており、地震の影響を安全側に評価していることがわかる。さらに、各静的解析結果間の差は小さいことがわかる。上記より、設計の簡便さを考慮して、震度法（岩盤内一様に水平震度 0.3）を採用することとした。

4. 静的非線形 FEM 解析

最大内圧（ $P=12\text{MPa}$ ）作用時において水平震度 0.3、鉛直震度 0.15 を作用させた場合の、裏込めコンクリート表面ひずみ分布を

図6に示す。同図より、地震の影響により半球部において子午線方向のひずみが増大していることがわかる。しかしながら、その絶対値は 0.21% であり、常時における最大値 0.19%（子午線直角方向）からの増分は 10% 程度と小さい。

5. まとめ

動的線形解析を実施した結果、レベル2地震に対して岩盤貯蔵空洞周辺での水平方向の応答加速度について有意な増幅は見られなかった。上記と、動的線形解析結果と静的線形解析結果の比較より、震度法により適度に安全な設計が可能であることが示された。次に岩盤の非線形を考慮した静的 FEM 解析を実施した結果、裏込めコンクリートひずみの増大は見られたが、その最大値の増分は常時に比べ 10% 程度であり、本貯蔵施設の地震に対する安全性の高さが確認された。

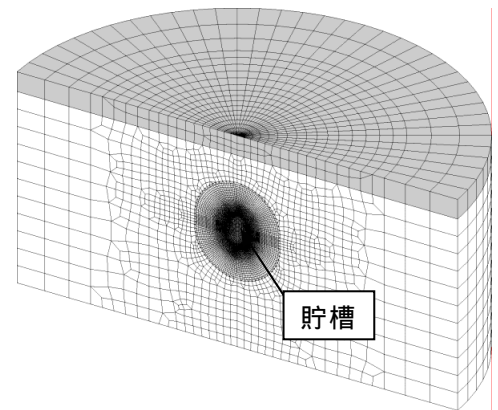


図5 静的解析用解析モデル

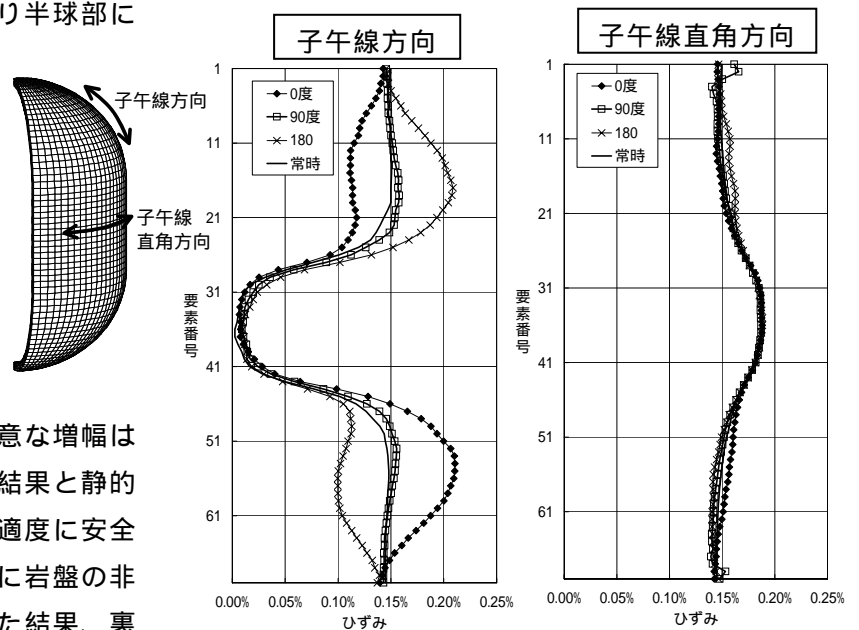


図6 コンクリートひずみ分布図