

サイロ型の岩盤内高圧気体貯蔵施設の応力・変形挙動に関する一考察

清水建設 技術研究所 正会員 熊坂博夫 八田敏行

1. はじめに

圧縮空気、天然ガス、熱水・蒸気などを有効に利用することを目的として、岩盤内に高圧状態で貯蔵する技術の研究・開発・試験が進められている。

これらの貯蔵方法としては、地下水圧を利用して気密性を確保する水封方式と空洞内に気密材を用いるライニング方式がある。また、空洞の形状からライニング方式には、トンネル型と球状のサイロ型が考えられている。サイロ型は1基1～2万m³の貯槽を所定の容量となる基数を建設することが考えらる。サイロ型貯槽は貯槽容量に比べ表面積が少ないことのメリットがあるが、貯槽建設に伴うアクセス坑道が複数必要となり、その影響を考慮する必要がある。また、ライニング材の気密設計を行うためには、貯蔵時のライニング材の変形挙動を精度よく予測する必要がある。トンネル型の貯槽については、幾つかの検討^{(1),(2),(3),(4)}がこれまで報告されているが、サイロ型貯槽に関する検討・報告はされていない。ここでは、サイロ型の貯槽の応力状態や変形挙動およびアクセス坑道やプラグが及ぼす影響を把握する三次元解析を実施したので、その基本的な特徴について報告する。

2. 検討および解析条件

硬岩を対象とすることより、地質条件は電中研方式の岩盤等級でB級を想定した物性を用いることとし、それぞれの値を表-1に示す。

解析領域は、貯槽の設置深度を天端より150m、側方境界は貯槽間の離間距離を掘削径の2倍、貯槽がない側面は5倍とした。この領域内に、サイロ型貯槽と中央坑道、貯槽への上下アクセス坑道およびプラグをモデル化した。解析モデルの全体概要と貯槽のコンクリート、プラグ部の要素分割状況を図-1、図-2に示す。

解析は有限差分法のFLAC3D⁽⁵⁾を用い、グリッド(節点)数は80,882、ゾーン(要素)数は488,856である。また、岩盤、コンクリートを非引張り材料とする弾性解析とした。解析手順は以下の通りである。

- ①貯槽、中央・上下アクセス坑道による自重解析
- ②貯槽内のコンクリート、プラグコンクリートを付加し、貯槽内に貯蔵圧を作用させる解析

3. 解析結果及び考察

貯蔵圧20MPaにおける断面A(図-1参照)の最大主応力分布を図-3に示す。図より、no-tension領域は上半球部および下半の円筒部に生じるが底部には生じていないことが分かる。このno-tension領域の幅は天頂部で最も広がり、約6mとなった。一般に、同じ掘削径の球孔と円孔に同じ内圧を作用させた場合のno-tension領域の幅を比較すると後者が大きくなるが、今回の結果は逆の結果となった。この理由としては、空洞形状が球に近いことや隣接空洞の影響を考慮した側方境界の拘束および地表境界を無拘束とした影響などが考えられる。ただし、今回の検討結果からではどちらの影響が大きいかについては判断できなかった。また、底部と側壁の接合部の外側にドーナツ状のno-tension領域が発生することが分かる。これは、円筒形の端部の特徴と考えられる。

次に、貯槽に内圧が作用(貯蔵)した場合の断面Aにおける変位量の分布を図-4に示す。図より、大きな変位は底盤部中央に生じ、また、下半の円筒側壁中央部の変位は上半球部の変位よりも大きいことが分かる。

プラグ部の変形による影響を把握するために、貯槽のコンクリート表面の変位量の分布を図-5に示す。図に示されるように、プラグ部周辺のコンター(変位量)の変化が上半球部に比べて大きいことが分かる。ただし、底盤部と側壁部の変位の変化に比べると穏やかである。すなわち、プラグ部近傍では、貯槽のコンクリートの変形とプラグの変形に差が生じ、ライニング材には不均一あるいは局所的なひずみが発生しやすいことが分かる。この影響は、岩盤の変形係数とプラグ部のコンクリートの弾性係数の大小により大きく影響を受けることが予想される。

4. まとめ

サイロ型の岩盤内高圧貯蔵施設を対象とした三次元解析を実施し、貯蔵時の応力状態、変形挙動や貯槽の形状、アクセス坑道、プラグ部などが応力状態や気密材の変形に及ぼす影響を求めた。その結果、応力状態や変形挙動は貯槽の形状やプラグ部の影響を受けていることを確認した。

キーワード：応力解析、変形解析、エネルギー貯蔵、数値解析、三次元解析

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL03-3820-5287 FAX：03-3820-5959

表-1 解析に用いた岩盤物性

弾性係数 (GPa)	1.18
ポアソン比 (-)	0.2
単位体積重量 (tf/m ³)	2.5

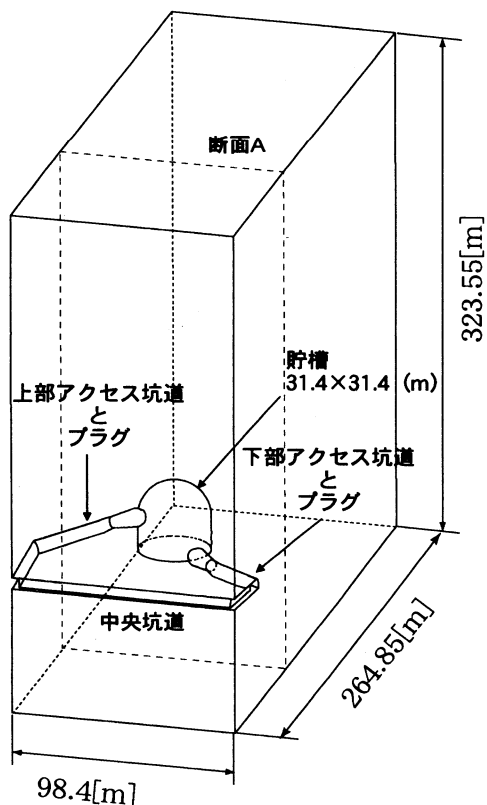


図-1 解析モデルの概要

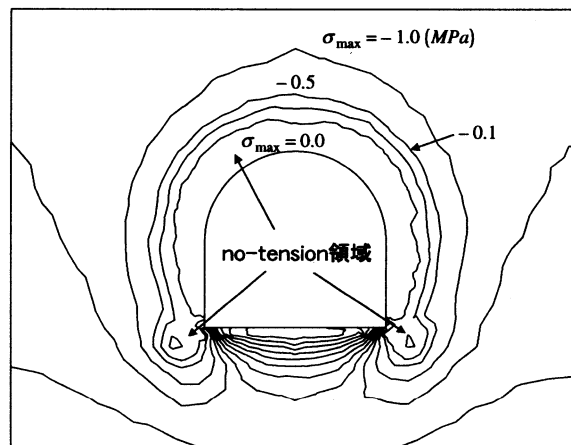


図-3 断面-Aにおける最大主応力分布 (引張りを正)

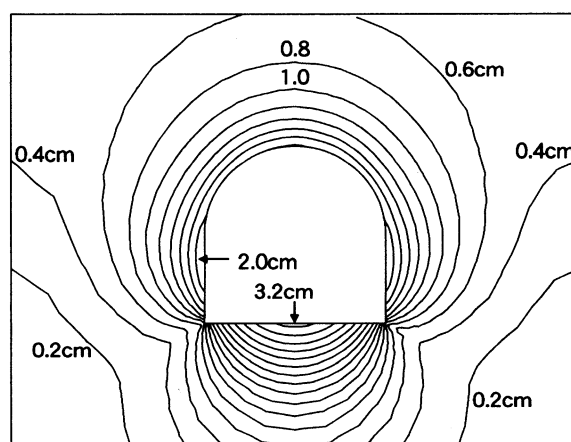


図-4 断面-Aにおけるコンクリート、岩盤の変形分布図

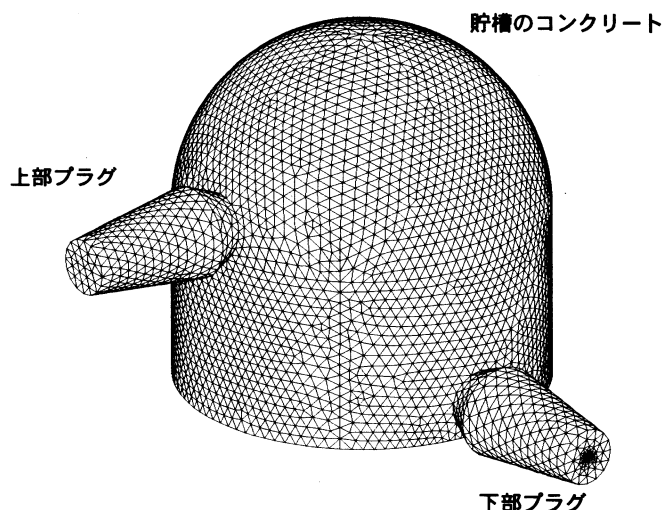


図-2 貯槽とプラグの要素(ゾーン)の分割状況

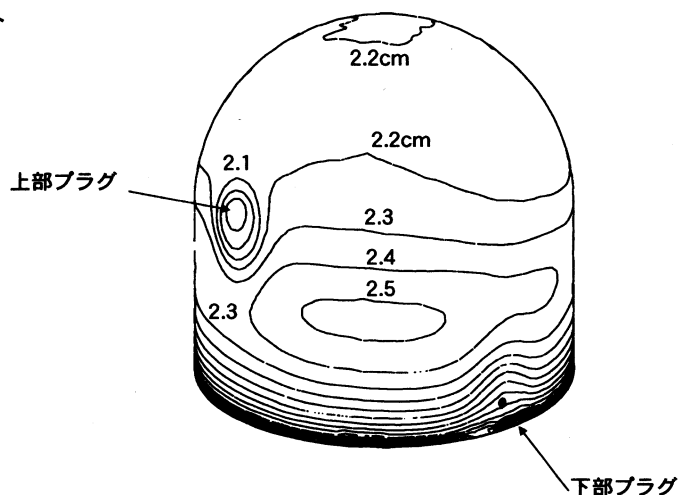


図-5 プラグ近傍における貯槽コンクリート内面の変位分布

参考文献

- (1) 八田, 他: 土木学会第46回年講, VI-28, 1991. (2) 熊坂, 他: 土木学会第46回年講, III-304, 1991.
- (3) 熊坂, 他: 土木学会第47回年講, III-68, 1992. (4) 奥田, 他: 土木学会第48回年講, VI-176, 1993.
- (5) ITASCA: FLAC3D, Version 2.0, Vol. I, User's Manual.