

天然ガス岩盤内貯蔵における気密材室内試験に対する数値解析の適用性について

清水建設 正会員 八田敏行 熊坂博夫 若林成樹 多田浩幸

1. はじめに

天然ガス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^{(1)・(2)}が進められている。こ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。ライニング方式では、貯蔵時のライニング材の気密設計が必要となる。この気密設計では、高圧のガスを貯蔵したときのライニング材の変形挙動を把握・評価方法を確立することが重要である。そのため、圧力容器を用いた室内試験⁽³⁾が実施され、ライニング材とその背面の裏込めコンクリート間のせん断力の伝達を制御する縁切り材の有無により、裏込めコンクリートのき裂本数や開口幅の相違が生じる結果が得られている。特に、縁切り材の有無による裏込めコンクリートき裂近傍のライニング材に発生する伸びひずみ量と分布に相違がみられる。本報告では、この室内試験を対象とした数値解析を実施し、縁切り材の有無のモデル化の方法とその適用性やき裂開口幅とライニング材のひずみの関係および縁切り材の有無によるライニング材のひずみ分布特性について検討を行ったので報告する。

2. 解析方法及び解析ケース

試験装置の水平断面を対象とした解析モデルを図-1に示す。尚、室内試験装置については文献(3)を参照された。貯蔵に伴うライニング材（スチール）の伸び変形は、ライニング材と裏込めコンクリート間の摩擦力による抵抗を受けるが、摩擦力を越えるせん断力が働いた場合には滑りが発生する挙動を示す解析モデルとした。解析に用いた物性値を表-1に示す。表における内部摩擦角はせん断試験より求めたものである。

解析は有限差分法のFLAC⁽⁴⁾を用いた2次元平面ひずみ解析を実施した。解析ケースは縁切り材が無し(CASE-A)と有(CASE-B)の場合の2ケースとし、各ケースに対して貯蔵圧力を0.1,0.5,1~10MPa（1MPaピッチ）と室内試験においてき裂が開口したところまで段階载荷を行った。

3. 解析結果及び考察

最終载荷時（10MPa）のライニング材のひずみ分布を図-2に示す。図より、縁切り材が無い場合には、き裂近傍にひずみが集中し、他の部分は小さなひずみであることがわかる。一方、縁切り材がある場合には、き裂近傍に大きなひずみが発生しているが、縁切り材が無い場合に比べて小さく、裏込めコンクリートのブロック中央まで引張りひずみが発生している。

き裂の開口幅とライニング材のひずみ量との関係を図-3に示す。図より、き裂の開口幅とライニング材のひずみ量はほぼ比例関係が成り立つことがわかる。また、縁切り材がある場合は、無い場合に比べライニング材に生じるひずみが約2/3と小さい結果となり、これは室内試験結果と同じ傾向となった。

縁切り材が無し(CASE-A)の場合について、解析と室内試験の結果の比較を図-4に示す。図に示されるように、解析と室内試験の結果は良い対応を示している。これは、縁切り材のある場合も同様の結果となった。

4. まとめ

貯蔵時のき裂部近傍のライニング材の変形挙動を裏込めコンクリートとライニング材間の摩擦によりモデル化することにより、縁切り材の有無によるライニング材の伸びひずみの相違や室内試験のき裂開口幅とライニング材の伸びひずみ量との関係を良く表現できることが示され、本モデルは気密設計に適用することができると考えられる。

参考文献

- (1) 熊坂, 他: 土木学会第55回年講, III-B173, 2000. (2) 渡辺, 他: 土木学会第55回年講, III-A308, 2000. (3) 若林, 他: 天然ガス岩盤内貯蔵における気密材の変形挙動に関する室内試験, 土木学会第56回年講, VI, 2001. (4) ITASCA: FLAC, Ver.4.0, 2001.

キーワード: エネルギー貯蔵, 応力解析, 変形解析, 数値解析

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

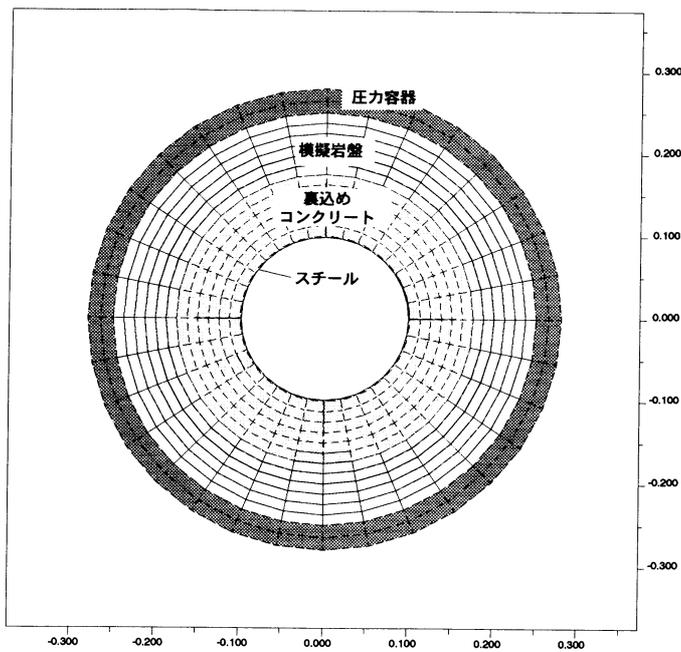


図-1 解析モデルの概要

表-1 解析に用いた岩盤物性

	弾性係数 [MPa]	ポアソン比	その他
ライニング材 (スチール容器)	210,000	0.25	t = 1.2 mm
裏込めコンクリート	20,000	0.25	-
模擬岩盤	2,000	0.25	-
圧力容器	210,000	0.25	-
	内部摩擦角 [°]	粘着力 [MPa]	-
縁切り材無	23.4	0	-
縁切り材有	1.8	0	-

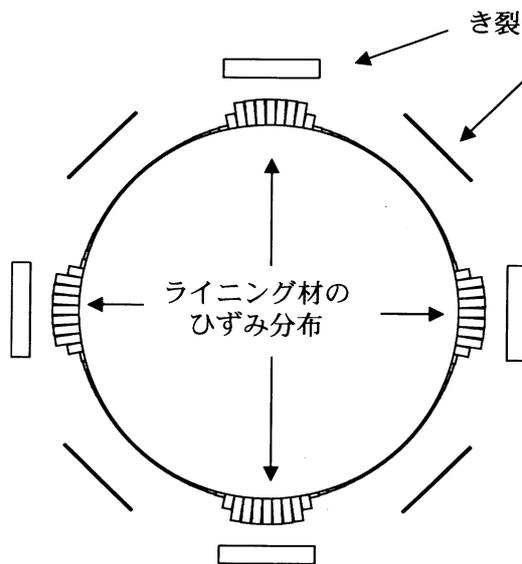


図-2(a) CASE-Aのライニング材と き裂部のモールドゲージのひずみ分布

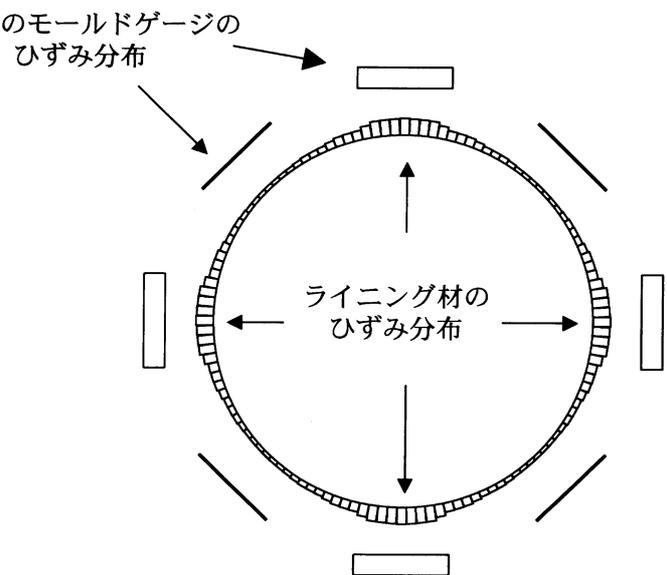


図-2(b) CASE-Bのライニング材と き裂部のモールドゲージのひずみ分布

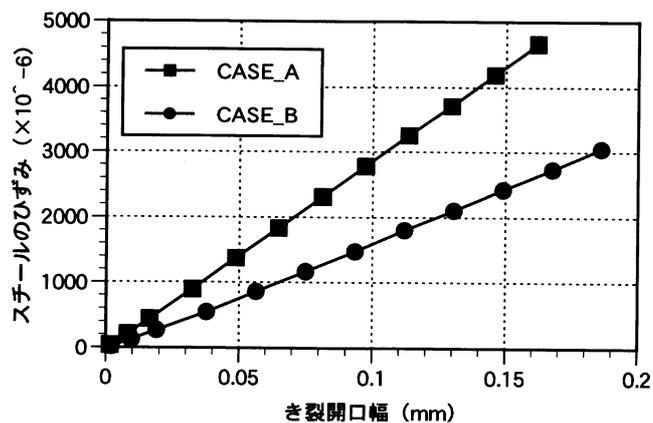


図-3 き裂開口幅とスチールのひずみの関係

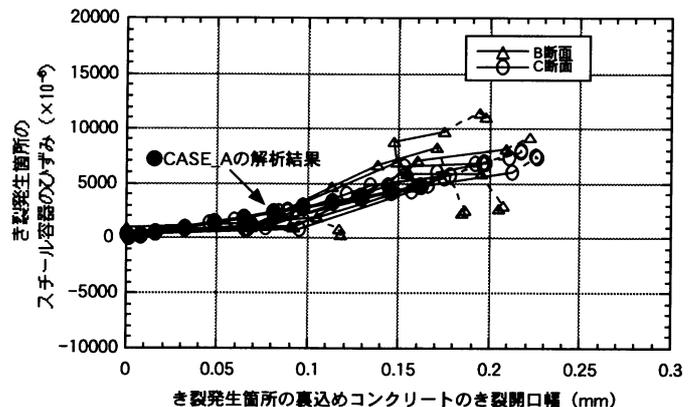


図-4 CASE-Aの解析と実験結果の比較