

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

清水建設 正会員 ○若林成樹 八田敏行 熊坂博夫 多田浩幸

1. はじめに

天然ガスの有効利用を目的として、岩盤内貯槽にガスを高圧で貯蔵する技術の研究・開発^{(1)~(3)}が進められている。この気密方法には地下水圧を利用する水封方式と薄肉スチールライニングを用いるライニング方式がある。ライニング方式の貯槽の設計コンセプトは薄肉スチールライニングは気密性のみ確保し、圧力は裏込めコンクリートを介して岩盤ですべて負担すると考える。高圧ガスを貯蔵すると岩盤が変形して裏込めコンクリートにはき裂が発生し、その近傍の薄肉スチールライニングには局所的な変形が生じる可能性がある。そのため気密設計では、内圧が作用したときの薄肉スチールライニングの変形挙動を把握・評価する方法を確立することが重要となる。本報では、ライニング方式の岩盤内貯槽と同様の構造を有する薄肉スチール容器を圧力容器内に設けてオイルで内圧を作用させ、スチールおよび裏込めコンクリートの変形挙動を把握した結果を報告する。なお、試験は薄肉スチールと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の2ケースを実施した。

2. 試験装置及び試験方法

試験装置と計測機器の配置を図-1に示す。薄肉スチール容器は内径200mm、厚み1.2mmである。その背面に裏込めコンクリート(プレミックスモルタル：材令4週の弾性係数=約20GPa)、変形性を調整するための模擬岩盤(石炭灰スラリー：材令4週の弾性係数=約2GPa)を配置した。縁切り材としてアスファルトを厚さ0.2mmで薄肉スチール容器の外側に塗布した場合としない場合の2種類の試験体を準備した。所定位置にき裂を発生させるために裏込めコンクリート内に人工き裂として幅30mm、厚み0.3mmのスチールプレートをp, q, r, sの4箇所挿入した。ひずみ計測用に裏込めコンクリートの周方向に8個の埋込み型ゲージ(東京測器:PMFL-50-2LT、ゲージ長50mm)を、薄肉スチール容器の周方向に16枚のゲージ(東京測器:PFL-20-11-1L、ゲージ長20mm)をB, Cの2断面に配置した。試験体の作成後、4週間の養生をして載荷試験に供した。オイルで内圧を図-2に示すように0~1MPaで10回載荷し、徐々に最高圧を20MPaまで増加させ、最後に0~20MPaで1,000回の繰り返し載荷をした。

3. 試験結果

載荷過程での裏込めコンクリートと薄肉スチール容器のひずみ分布を図-3、4に示す。縁切り材が無い場合、裏込めコンクリートは最初にq, s方向で、その後はp, r方向にき裂が発生した。内圧の増加に伴い、き裂発生箇所の裏込めコンクリートのひずみは増加する。また、薄肉スチール容器はき裂発生箇所のp, q, r, s方向にひずみが集中し、き裂の無い箇所の3~8倍のひずみとなっている。縁切り材がある場合、裏込めコ

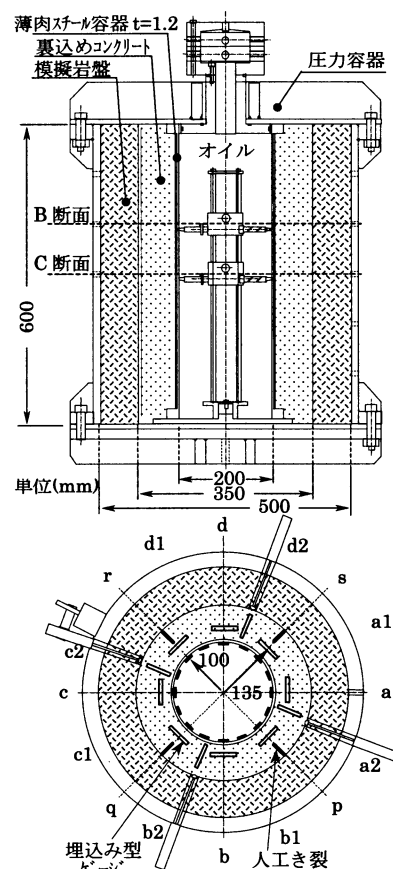


図-1 試験装置と計測機器配置

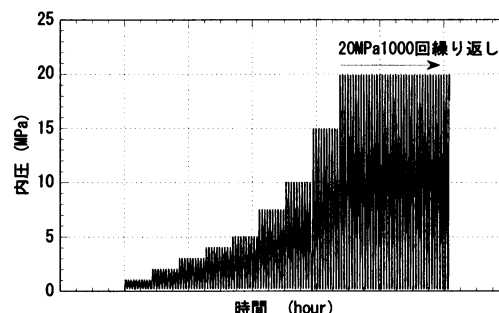


図-2 載荷パターン

キーワード：エネルギー貯蔵、気密材、縁切り材、室内試験、繰り返し載荷、変形挙動

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL03-3820-5520 FAX：03-3820-5959

ンクリートは同様にき裂発生箇所のp, q, r, s, c方向でひずみは増加するが、薄肉スチール容器は20MPaの繰返し初期までは比較的均等なひずみ分布を示している。しかし、0～20MPaで繰返し载荷を続けると、き裂発生箇所のうちp, s方向のみにひずみが集中するようになる。

裏込めコンクリートのき裂開口幅とき裂近傍の薄肉スチール容器のひずみの変化を図-5に示す。縁切り材のある場合は無い場合に比べ、実線で示す内圧増加時の裏込めコンクリートのき裂開口幅は大きくなるが、開口幅に対する薄肉スチール容器のひずみは1/2～2/3程度に減少している。しかし、破線で示すように繰返し载荷の過程で開口幅がある限界値を越えるとその部分にひずみが集中する場合もある。

载荷試験終了後にコアリングした結果、縁切り材のある場合は裏込めコンクリートに7本、無い場合は11本のき裂が発生していたのが観察された。縁切り材にはき裂発生箇所の薄肉スチールのひずみを均一化する効果があるが、逆にき裂本数が減少して開口幅は大きくなり、ひずみが集中する場合もあることが得られた。また、1,000回の繰返し载荷によってもオイルは漏洩せず、薄肉スチールライニングの気密性能・構造的な安定性も確認できた。

4. まとめ

縁切り材の有無でライニング方式の天然ガス岩盤貯槽を模擬した室内試験を実施した。その結果、縁切り材にはき裂発生箇所のスチールのひずみを均一化する効果があるが、逆にき裂本数が減少して開口幅は大きくなり、ある限界値を越えるとその部分にひずみが集中する場合もあることが得られた。縁切り材の有無によるスチールのひずみ分布の違いの解析的な検討は参考文献⁽⁴⁾を参照されたい。

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) 石油公団: 天然ガス地下貯蔵システム(パンフレット), 2001. (4) 熊坂, 他: 天然ガス岩盤貯蔵における気密材の室内試験に対する数値解析の適用性について, 土木学会第56回年講, VI, 2001.

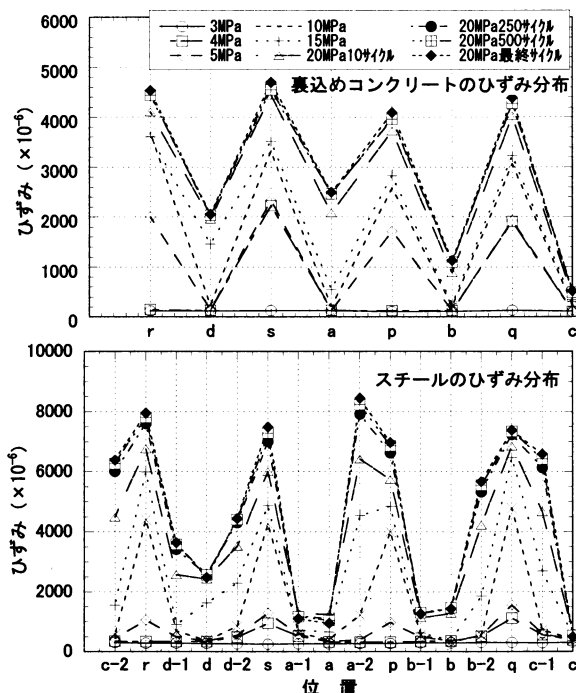


図-3 縁切り材が無い場合の裏込めコンクリートとスチールのひずみ分布

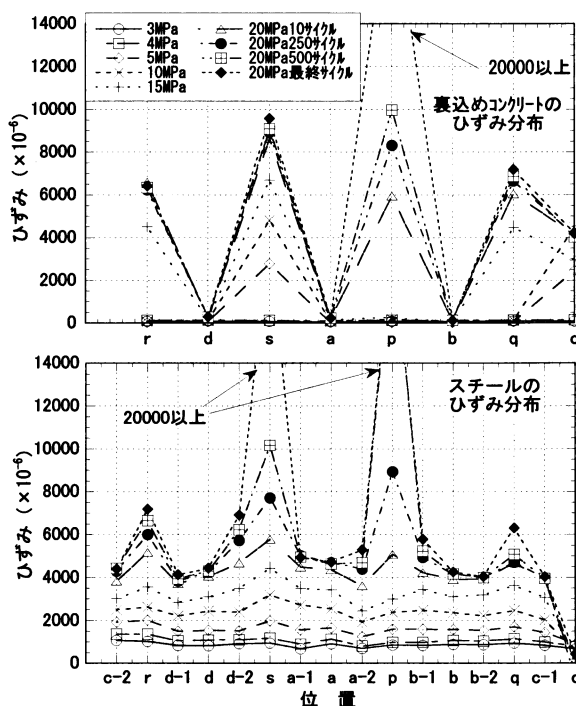


図-4 縁切り材がある場合の裏込めコンクリートとスチールのひずみ分布

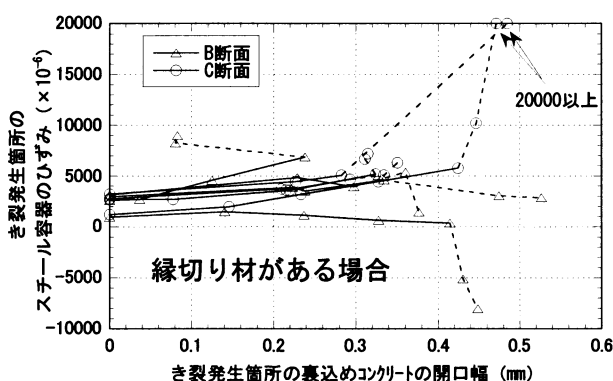
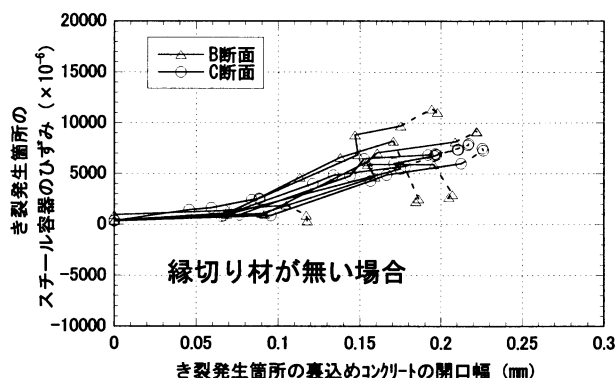


図-5 裏込めコンクリートのき裂開口幅とスチールひずみの関係