

V - 354

使用済核燃料貯蔵容器上への鉄筋コンクリート重量物の落下試験

（財）電力中央研究所 正会員 白井 孝治
（財）電力中央研究所 正会員 伊藤 千浩
（株）日本鋼管 加藤 安久
（財）電力中央研究所 正会員 服部 清一

1. はじめに

使用済核燃料をキャスクにより貯蔵する場合、キャスクには最大級（耐震重要度分類Asクラス相当）の地震に対してもその健全性を期待できることから、キャスク貯蔵建屋を合理化するため、簡易な設計（耐震重要度分類Cクラス）とした場合でも、地震による波及的影響が無ければ、Cクラスの貯蔵建屋の建設が可能となる。このような場合、貯蔵時に最大級の地震が発生した場合、万が一貯蔵建屋が倒壊し、キャスク上に重量物が落下する事象が想定される。このため、当所では、キャスク上への貯蔵建屋の天井等の重量物の落下に対するキャスクの構造的健全性及び密封性能の健全性を明らかにするため、実物大のキャスク及び鉄筋コンクリート重量物を用いた実験を行うとともに、このような現象に対する解析手法の適用性について検討した。

2. 落下試験

2.1 試験方法

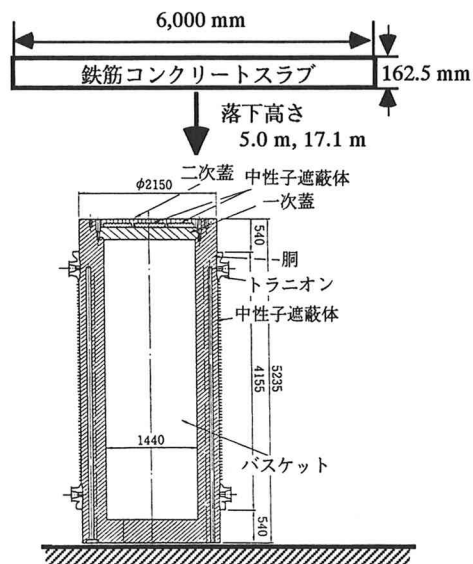
図一1に試験の概要を示す。試験では、貯蔵建屋の天井を模擬した鉄筋コンクリートスラブを用いて、縦置きされた実物大キャスク上へ落下させた。このような場合、落下エネルギーの多くが鉄筋コンクリートスラブの破壊により吸収されるため、キャスクに発生する応力は小さいものと考えられる。しかしながら、スラブが直接蓋部に衝突することから、特に本落下試験では、蓋部の密封性能に着目して実施した。蓋部の密封には金属リングが用いられている。試験時の落下高さは以下のように設定した。

- ① 外側にある二次蓋の密封性能に損傷を与えない高さ：5.0 m
- ② 貯蔵建屋の天井高さに相当する高さ：17.1 m

なお、落下試験前後にキャスク蓋部の密封性を確認するため、Heリーク法による密封試験を実施した。

2.2 試験結果

写真一1に、5.0 mからの落下試験のスラブの破壊状況を示す。キャスクの構造健全性に関する部位及び密封健全性にかかわる蓋締め付けボルトに発生したひずみは弾性範囲のものであった。17.1 mからの落下に対しても、キャスク本体及び蓋ボルトに発生したひずみは弾性範囲であったが、キャスク本体の二次蓋取付け部に約1800 μ のひずみが発生し、300 μ 程度の残留塑性ひずみが発生した。また、キャスクの密封性能については、いずれの試験においても、漏洩率に変化はなく密封性能は維持された。



図一1 試験の概要



写真一1 スラブの破壊状況（落下高さ 5.0 m）

3. 落下解析

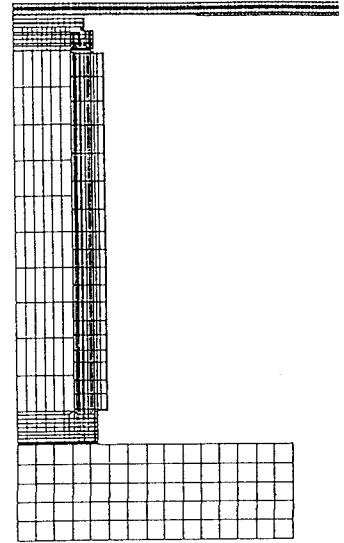
本試験に対し、当所で開発した鉄筋コンクリート衝撃解析コードを用いて解析を実施した。図一2に解析モデルを示す。本解析手法の特徴は、

- ① 三軸応力状態を考慮した圧縮破壊条件を適用している。
 - ② 三軸方向にクラックを含む引張破壊状態が考慮されている。
 - ③ 圧縮および引張破壊強度に、ひずみ速度依存性が考慮されている。
- 等が挙げられる。図一3に、コンクリートモデルの終局強度面を示す。

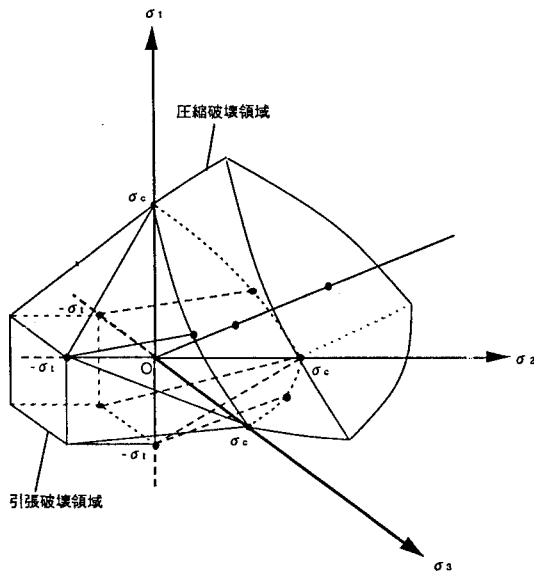
図一4に、外側にある二次蓋に発生したひずみ応答波形について、実験結果と解析結果を比較して示す。解析結果によるひずみの最大値は、試験結果より大きな値となっているが、ひずみ応答波形は概ね相似であり、妥当な結果であると考えられる。今後、より精度向上させるために、高速変形時のコンクリートの材料物性等の信頼できるデータが必要であるとする。

4. まとめ

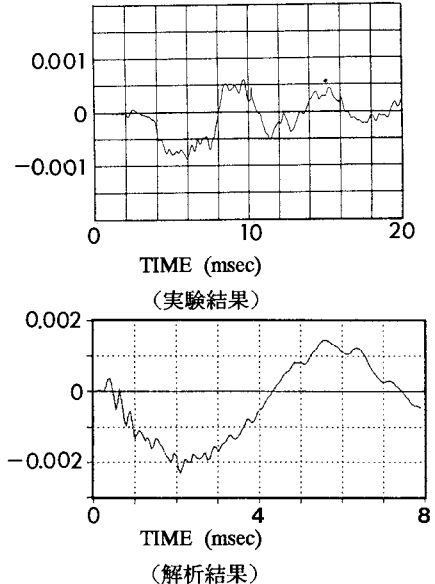
キャスク貯蔵施設で想定される重量物の落下事故に対して、キャスクの密封性能が保持され、かつ直接衝突する二次蓋に大きなひずみが発生するものの、本体及び一次蓋に発生するひずみは小さく、このような事象に対してキャスクは十分な裕度を有することが確認された。また、当所で開発したコンクリートの破壊を考慮した衝撃解析手法について、実験結果との比較・検討によりその適用性を明らかにした。



図一2 解析モデル



図一3 終局強度面



図一4 解析結果と実験結果の比較

参考文献

- 1) 伊藤, 白井他: 飛来物の衝突に対するコンクリート構造物の耐衝撃設計手法, 電中研総合報告 U24, 1991年7月
- 2) 伊藤, 白井他: 使用済燃料キャスク貯蔵技術の確立-建屋倒壊に対するキャスクの健全性評価-, 電中研報告 U92036, 1992年12月