

コンクリートキャスクの大地震に対する安全性を確認

背景

国の定めた技術要件によれば、固縛されないコンクリートキャスクを用いた杭基礎で支持される中間貯蔵施設においては、コンクリートキャスクへの適切な設計地震力を設定し、転倒せず、隣り合うキャスクが緩衝せず、燃料への影響もないことを確認することが要求されている。これまでの地震時における固縛をしないコンクリートキャスクの評価事例については、相似モデルによる振動試験や、燃料・バスケットのガタを考慮しない簡易モデルによる評価が実施されており、燃料のガタ系の挙動まで評価した事例は少ない。

目的

敷地外中間貯蔵施設における固縛をしないコンクリートキャスクについて、地震力の増幅や上下動の影響、複数のガタ衝突による衝撃力と水素脆化等に代表される燃料の劣化機構との複合的な影響が使用済燃料の構造健全性に及ぼす影響を評価する。

主な成果

実規模大のコンクリートキャスクを用いた大型振動台による振動試験を行い、以下の知見が得られた。

1. 耐震試験で使用する実規模大コンクリートキャスク(直径約 4m、長さ約 6m、重さ約 180 トン)、振動試験用模擬燃料集合体(PWR, BWR)、貯蔵施設床モデル等の設計・製作を実施した。
2. (独)防災科学技術研究所 E-ディフェンス(兵庫県三木市)の大型三軸振動台を用いて、3種類の地震波(EI Centro, JMA 神戸, 人工地震波等)を対象に周波数特性試験や振動試験を実施した。主な計測項目は、貯蔵容器の回転角速度や加速度、滑り変位、キャニスタや燃料の加速度やひずみ、ガタ変位等である。試験では、コンクリートキャスクの固縛の有無、入力加速度レベル、上下動の有無をパラメータとして実施した。
3. ロッキングや滑り、回転を伴うコンクリートキャスクの三次元的な地震時応答を明らかにし、剛体の転倒限界評価式より得られる限界加速度を超えるレベルに増幅した波形を入力しても、コンクリートキャスクは転倒に至らないことを明らかにした。
4. キャスクとキャニスタ間、キャニスタと燃料間のギャップにより、入力加速度が増加しても、燃料に発生するひずみは比例的には増加しておらず、対象とした地震入力の範囲では、燃料の応答は弾性範囲内に抑えられることが明らかとなった。

以上により、固縛をしないコンクリートキャスクは、大きな地震力を受けても転倒安定性に問題はなく、燃料も健全であることが確認された。

本研究は、経済産業省 原子力安全・保安院からの受託研究として実施したものである。

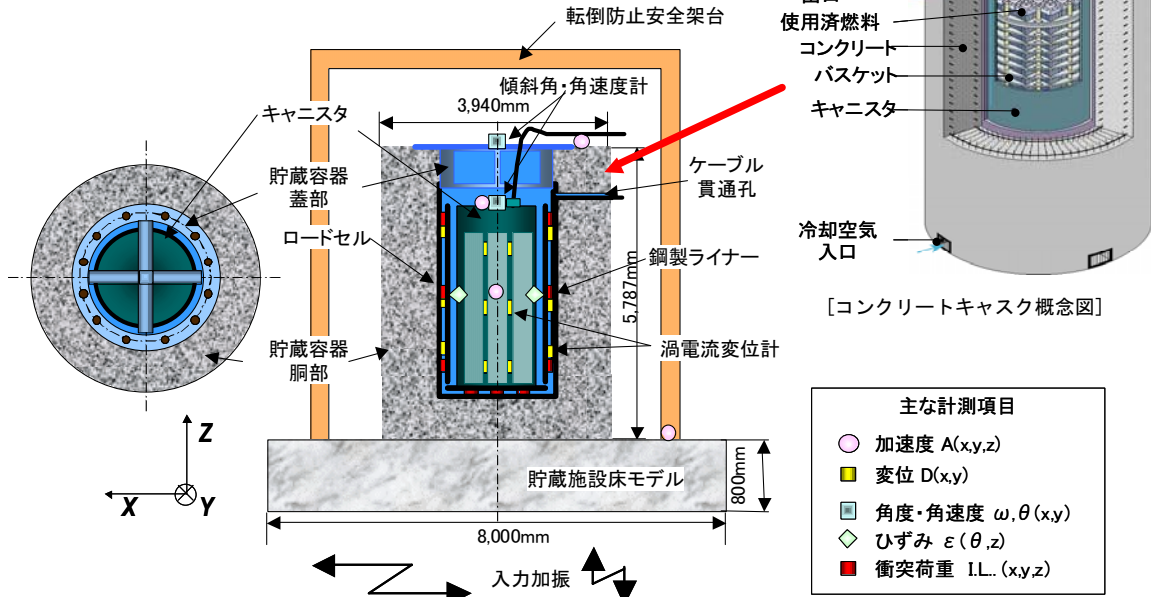
今後の展開

燃料ピンや集合体各部のガタ振動時の特性やその健全性、並びにその評価手法を明らかにすると共に、ガタ系が存在する場合のキャスクの固縛要否判定方法について評価する。

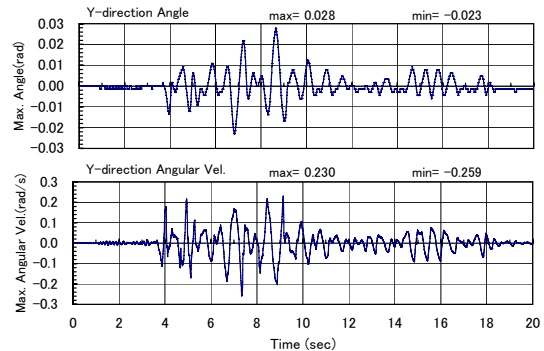
主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員 白井 孝治

4. バックエンド

- コンクリートキャスク試験体の概要
- ・ 貯蔵容器本体：外径4m×高さ6m×重量180トン
 - ・ 床モデル：一辺8m×高さ0.8m×重量120トン



敷地外中間貯蔵施設における固縛をしないコンクリートキャスクについて、実物大の試験体と大型三軸振動台により、複数のガタ衝突による衝撃力や上下動の影響を考慮した振動試験を行った。



(キャスクロッキング応答の例:JMA 神戸波)

図1 大型三軸振動台による実物大コンクリートキャスク耐震試験

表1 主な試験内容

I 燃料集合体振動特性試験 ・無負荷状態の振動台の特性把握 ・燃料集合体単体の振動特性の把握	安全評価で使用する解析ツールへの入力データの根拠
II 摩擦特性試験 ・容器底部の摩擦特性評価	
III キャニスタ耐震試験 ・キャニスタの転倒挙動評価	固縛要否の判定基準の評価
IV 充填コンクリート鋼板製および鉄筋コンクリート製キャスクによる耐震試験 ・試験体載荷状態の振動台の特性評価 ・底面の摩擦特性の影響評価 ・固縛/非固縛状態キャスクの応答評価	動的地震力が作用した場合の収納物の健全性評価 ・固縛状態の貯蔵容器の挙動評価 ・複層のガタ系の影響が貯蔵容器全体の浮上り挙動や燃料健全性に及ぼす影響評価 ・底板の材質(摩擦係数)が転倒挙動に及ぼす影響