

使用済み燃料貯蔵用コンクリート容器（コンクリートキャスク）の開発—伝熱試験時の温度分布—

法政大学 藪下 稔之 満木泰郎

法政大学大学院 菅井亘 窪田裕一

(株)ピーエス三菱 藤元 安宏 杉本昌弘

1. 背景・目的

原子力発電所からの使用済み燃料は、再処理工場の完成遅れ等から再処理するまでの間、施設に中間貯蔵することが計画されている。容器（キャスク）による乾式貯蔵は有力な方式であり、特にコンクリートキャスクによる方式は海外では既に実用化されており、我が国でも実現が期待されている。本研究は、耐久的で経済的なプレキャスト PC 型枠を用いたコンクリートキャスクの開発を目的としており、本報告は、縮尺模型を用いて実施した貯蔵時の使用済み燃料の崩壊熱を模擬した発熱体による温度及びひずみの経時変化と分布についてである。

2. 実験概要

表1. 使用コンクリートの配合

(1) コンクリートの使用材料および配合

使用したセメントは、太平洋セメント社製の早強ポルトランドセメント、細骨材は足柄上郡中井町産（粗砂）、千葉県市原産（細砂）及び足柄上郡山北町産（川砂）であり、粗骨材は神奈川県山北町産（碎石）及び足柄上郡中井町産（山砂利）である。

(2) 貯蔵時の使用済み燃料の崩壊熱を模擬した発熱体による

コンクリートキャスクの温度・ひずみ測定

試験に用いるプレキャスト PC 型枠（外径φ3400mm×長さ200mm×長さ1800mm）は（株）ピーエス三菱社製の PCNet セグメントを高さ方向に2リング使用して組み立てたものである。組み立てにあたって、1.69MPaのプレストレスを導入した。インナーライナーは（鋼製・直径1640mm×厚さ9mm）であり、これらを型枠としてコンクリートを打設し、中空円筒体とした。PCNet セグメントと場所打ちコンクリートを一体構造とするためにセグメント内側にチッピング処理を施した。

伝熱試験はコンクリートの水和熱による温度が下降して一様になったことを確認したあと、2℃/hr の速度で模擬発熱体の温度をコンクリートの円筒内表面の温度が60℃まで上昇させて行った。60℃維持期間はコンクリート内の温度が定常となるまでとした。

測定は温度・変位・ひずみ・プレストレス力とし、1時間から3時間間隔で行った（図1）。

(3) 温度・応力解析

解析は、マスコンクリートの温度応力専用プログラムソフト「ASTEA-MACS for windows Ver.2」を用いて行った。

3. 実験結果と考察

図3は伝熱試験時の温度測定結果とこれに対する解析結果を示している。解析に用いた諸定数は、水和熱による

キーワード：使用済み燃料、貯蔵用コンクリート容器、プレキャスト PC 型枠、伝熱試験、

〒184 - 8584 東京都小金井市梶野町 3 - 7 - 2

TEL042 - 387 - 6286

FAX042 - 387 - 6124

目標 圧縮強度 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 W/C (%)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位水量 W (kg/m ³)
35	25	12	44.7	4.5	42.9	174

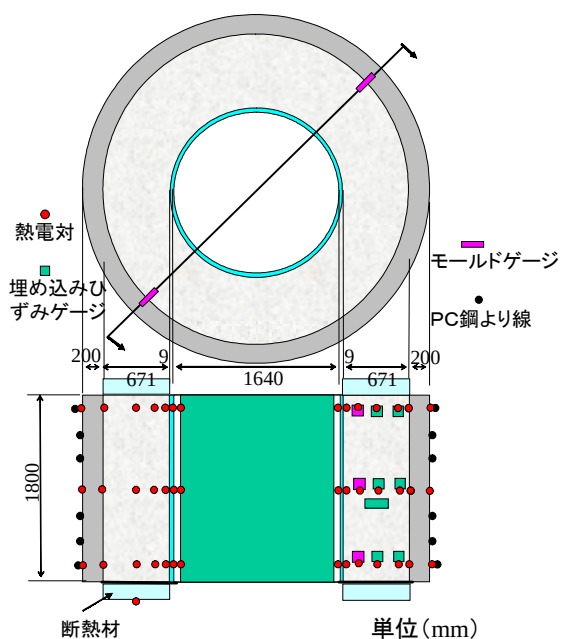


図1. 試験体の概要と測定位置

る温度試験で得た結果をもととしている。本実験では当初ヒーター温度を 60 度と設定していたため内面コンクリート温度が 52 度程度までしか上昇しなかったため、ヒーター温度を 80 度まで上昇させて予定の 60 度を得た。伝熱試験時のコンクリートの温度は、外気温の影響を受けるのは PC 型枠部分のみで、内面温度が 60 度に達した後、約 12 日で定常状態に達した。従って、コンクリートキャスクはほとんどの間温度的には定常状態にあると考えられる。

使用済み燃料の貯蔵は、約 50 年間行われ、この間、崩壊熱は徐々に低下する。これを模擬して、温度を、一旦 50℃まで降下させ、ひびわれの発生等を観察し、試験開始から約 30 日で電源をオフにした。図 3 からほとんどの部分で測定値と解析値が一致しており、特に外気温の影響もほぼ妥当と考えられることから、温度に関して十分な結果を得たと判断した。

図 4 は伝熱試験時に実測したひずみとそれに対する解析結果を示したものである。実測ひずみは温度上昇とともに上昇し、加熱により最大で約 350 μ の引張ひずみが生じ、実験後には約 150 μ の残留ひずみが残った。また、温度降下を開始した直後に円筒内側上部コンクリートでひずみが大きく変化した。これは、コンクリートの内側に鋼製ライナーが設置してあり、ライナーとコンクリート間が剥離したため生じたものと推測した。また、解析結果は、実測結果とほぼ一致していることから、解析に用いた諸定数は妥当であると判断した。

図 5 は、温度およびひずみ解析で用いた諸定数を用いて行った応力解析結果である。この結果、内部コンクリートには 2~3 (N/mm²) の引張応力が、また、PC 型枠には約 5 (N/mm²) の引張応力が生じている。キャスクに用いるコンクリートの強度は 30~40 (N/mm²) より、内部コンクリートでのひびわれの発生は回避でき、PC 型枠は工場製品で、十分な強度を持っていることおよびプレストレスの導入により引張応力はさらに小さくできるのでひびわれは生じないものと判断した。

なお、試験体上表面には乾燥収縮および温度降下が原因と思われるひびわれが生じていた。

4. まとめ

以上の結果より、PC 型枠を用いたコンクリートキャスクの貯蔵時の温度分布等に関するデータを得た。これらにより、PC 型枠を用いた使用済み燃料貯蔵用コンクリート製容器の開発の見通しを得た。

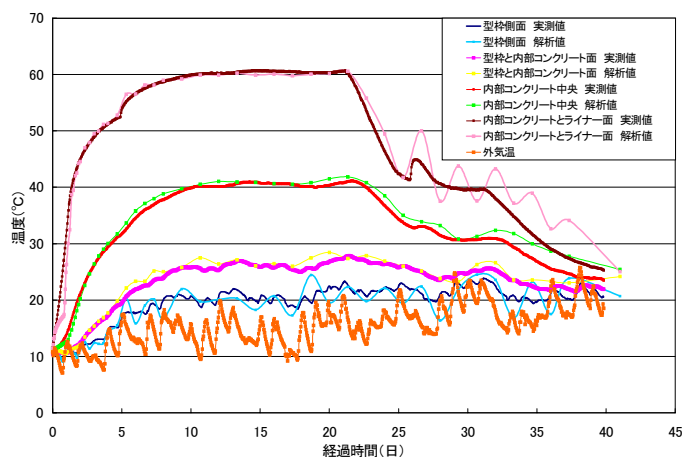


図 2．温度実測値と解析値の比較（貯蔵時）

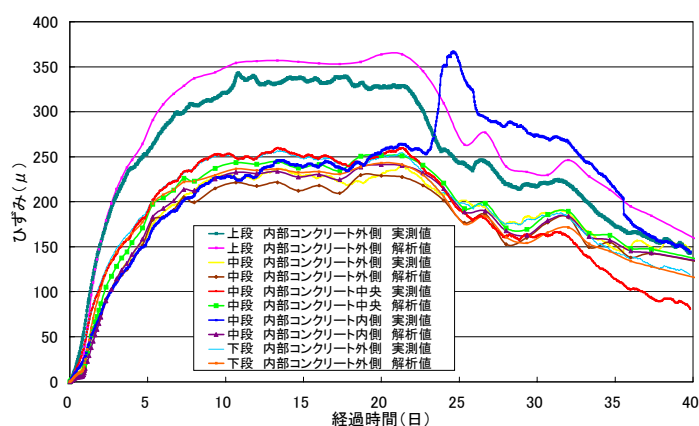


図 3．ひずみ実測値と解析値の比較（貯蔵時）

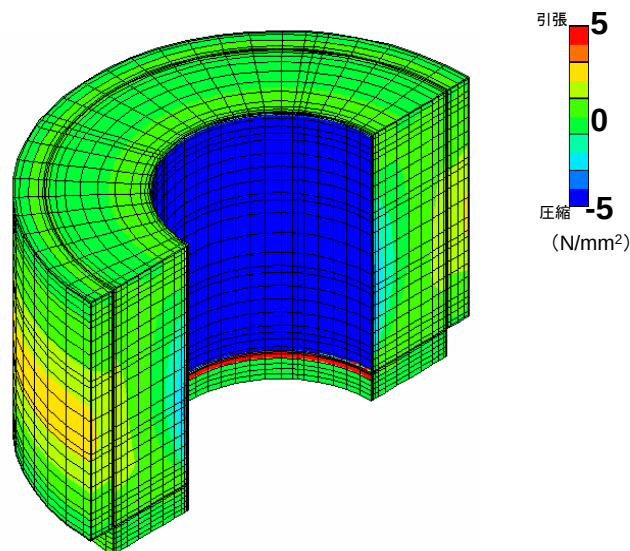


図 4．応力解析結果（貯蔵時）