

使用済み燃料貯蔵用コンクリート容器の温度応力特性に関する一検討

法政大学大学院 学生員 村瀬 一世 学生員 中峰 淳夫
 法政大学工学部 フェロー 満木 泰郎 正会員 溝淵 利明
 (株)ピー・エス 正会員 藤元 安宏

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処理するまでの間、施設に中間貯蔵する方法が計画されている。キャスク又は容器（図1）による貯蔵は有力な方式であり、特にコンクリート容器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。本研究では、PC型枠を用いた耐久的で経済的なコンクリート容器開発の第1段階として、コンクリートの水和熱による温度応力がコンクリート容器に与える影響を解明することを目的としている。また、解析に必要な初期材齢での圧縮強度と弾性係数についての実験も行った。

2. 実験概要

(1) PC型枠による拘束効果確認試験

PC型枠による拘束効果の確認を目的としているため、試験に用いる型枠（外径2350mm×厚さ175mm×長さ2430mm）は、円筒4分割のプレキャスト型枠にプレストレスを導入して一体化したもの（以下PC型枠）と比較のためのコンクリート製の円筒型枠（以下比較型枠）である。この型枠にコンクリートを打設し約1ヶ月間、温度及びひずみを測定した（図2）。また、予備的な解析によりプレキャスト型枠への水和熱の影響は中実、中空ともほぼ同等と確認できたので、実験では中実の縮尺模型とした。実験は（株）ピー・エス小田原工場において行った。なお、コンクリートの打設は、2001年8月9日である。

(2) テストピースによる圧縮強度と弾性係数の測定

解析に使用する定数を得るため、初期材齢における圧縮強度および弾性係数を、材齢4時間、5時間、6時間、7時間、25時間、2日、3日、7日の各材齢で測定した。

(3) 使用コンクリートの材料

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（密度3.14）、細骨材は神奈川県山北町酒匂川の川砂（密度2.69）、粗骨材は神奈川県山北町玄倉川の川砂利（密度2.82）、混和剤は（株）花王の減水剤（マィティ21VS）である。

(4) 使用コンクリートの配合

使用したコンクリートの配合を表1に示す。

目標 圧縮強度 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (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)
50	20	8	35.9	2.0	42.8	150

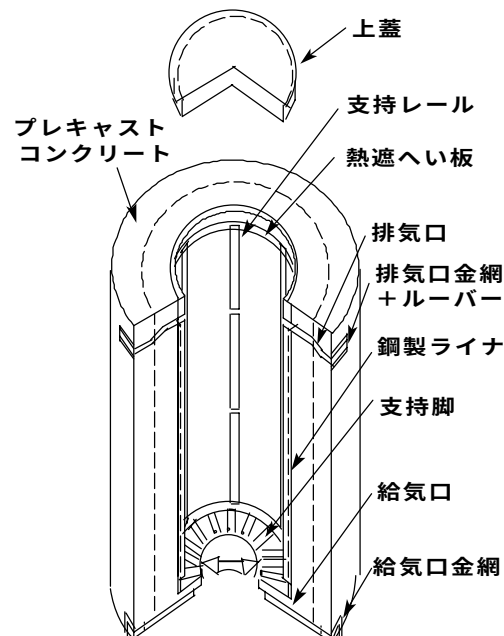


図1. コンクリート製貯蔵容器の例

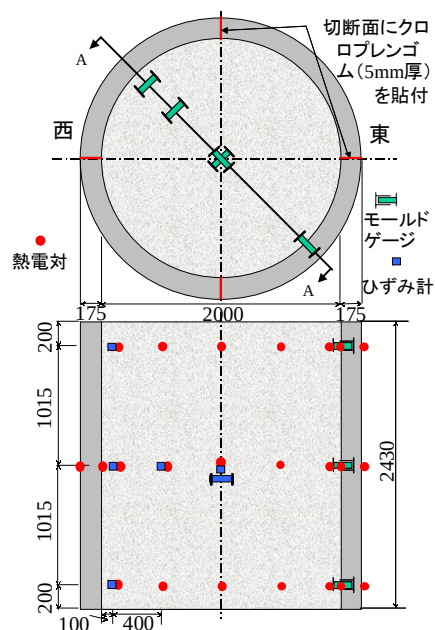


図2. 試験体の概要図

表1. 使用コンクリートの配合

キーワード：使用済み燃料、貯蔵用コンクリート容器、プレキャスト型枠、温度解析、熱応力解析

連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町3-7-2 TEL042-387-6286 FAX042-387-6124

3. 解析概要

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、温度・応力解析を行った。解析では半円柱モデルでコンクリートの熱特性値、表面熱伝達率、力学的特性値等をパラメータとした。

4. 実験結果と考察

(1) テストピースによる圧縮強度と弾性係数の測定

初期材齢における弾性係数(E)と圧縮強度(f_c)の関係(図3)は、 $E = 4290 \times f_c^{0.616}$ [N/mm^2] であり初期材齢における圧縮強度(σ_c)と積算温度(M) [$\text{h} \cdot ^\circ\text{C}$]の関係は $f_c = 36.3 \times \log_{10} M - 76.7$ [N/mm^2] である。

(2) 温度

試験結果を図4に示す。PC型枠と比較型枠の温度履歴はほぼ同等であり、試験体中央部では、コンクリート温度は比較・PC型枠ともに材齢1日で約90℃のピークに達し、約15日後常温に戻っている。また、型枠表面の温度は、コンクリートの水和熱のみならず外気温にも影響することがわかった。これに対し、試験体各部の温度解析を行った所、上面・側面・下面の表面熱伝達率を各々3, 10, 6 [$\text{W/m}^2\text{C}$] 適切に設定することにより日変化も含めて再現できることがわかった。

(3) ひずみ

試験体各部のひずみの測定結果より、PC型枠中央部のひずみは、ピーク時で比較型枠と比べ約50μ小さく、PCの効果が認められた。ひずみは、材齢約1日でピークに達し、それまでは膨張し、それ以降は収縮する。これは、温度変化に伴う熱膨張および収縮による影響と判断できる。また、実験により求めた初期の弾性係数と圧縮強度の関係($E=4290 \times f_c^{0.616}$)、線膨張係数($6 \mu / ^\circ\text{C}$) 等を入力条件として解析を行った。なお、実測値は、凝結時間を考慮し、ひずみの零点を打設後6時間とした。結果、PCを導入していないものについては実験値と一致した(図5)。

5. まとめ

以上の結果より、水和熱による温度の変化についてはPCによる影響はほとんどなく、解析結果とほぼ一致した。ひずみに対しては、PCによる拘束効果が存在することは確認できた。これより、温度および応力を解析により予測できる見通しを得た。また、今後は、中空容器による検討を行う予定である。

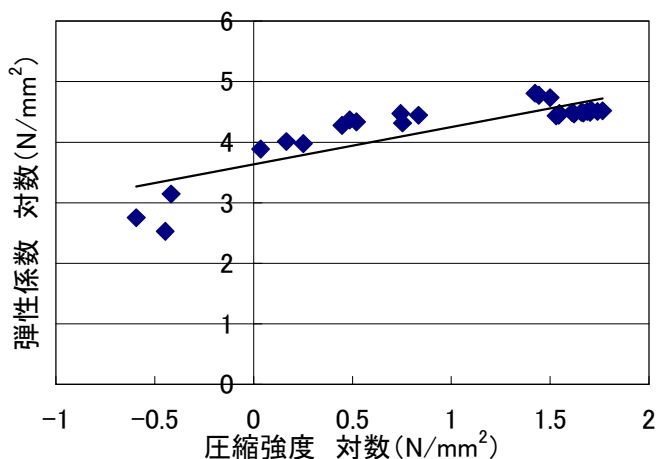


図3. 圧縮強度と弾性係数の関係

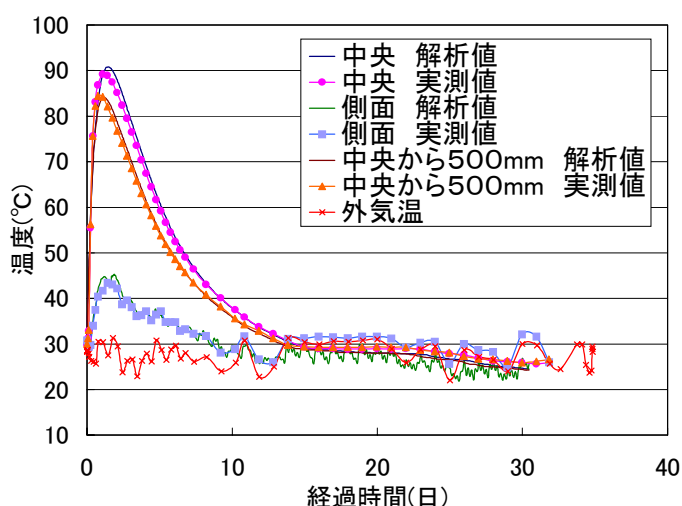


図4. 温度の実測値および解析値

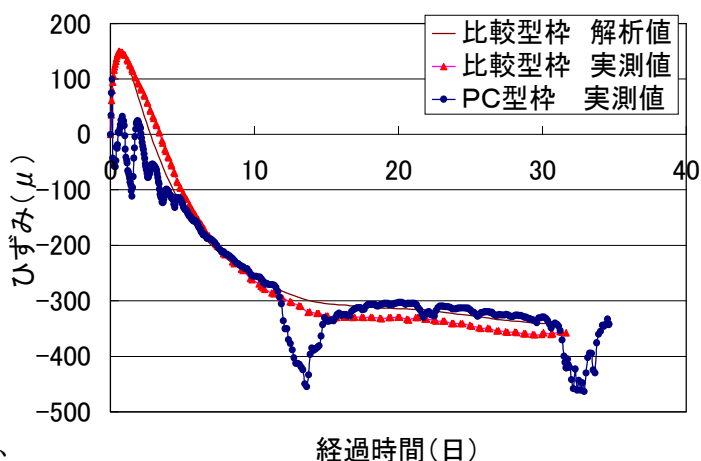


図5. ひずみの実測値および解析値(中央)