

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—製造時の温度分布—

法政大学大学院 学生会員 ○村瀬 一世
 法政大学工学部 フェロー 満木 泰郎 溝淵 利明
 (株)ピーエス三菱 正会員 藤元 安宏 杉本 昌由

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）（図1）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。本研究では、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、コンクリートキャスク開発に当たって主要検討要素であるキャスク製造時のセメントの水和熱及び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応力について実験的検討を行っている。本報告は、縮尺模型を用いて実施したセメントの水和熱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。

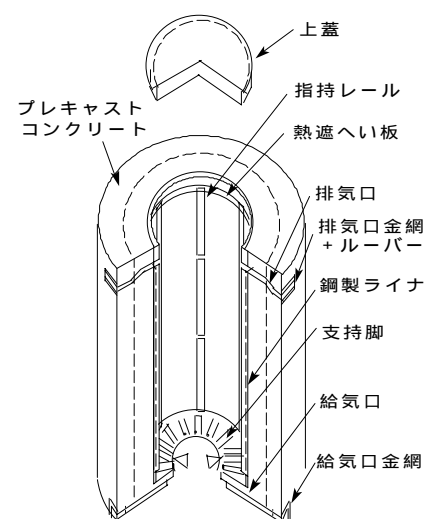


図1. コンクリート製貯蔵容器

2. 貯蔵時を想定したコンクリートキャスク事前解析による検討

(1) 解析概要

本解析では、マスコンクリートの温度応力専用プログラムソフト「ASTEAMACS for windows Ver.2」を用いて、これまで検討されているキャスク¹⁾を用いて円筒部が 1/2 および 1/3 の縮尺モデルで温度・応力解析を行った。温度上昇速度は、2 /h でコンクリート内表面温度が 65 まで上昇させ、外気温は 25 一定とした。解析では、内部コンクリートの熱伝導率 (2.4W/m)、線膨張係数(6 μ/)、表面熱伝達率 (側面・上面 10、下面 6W/m²)とした。

(2) 解析結果及び考察

1/2,1/3 縮尺モデルともに内部コンクリートと PC 型枠が一体構造である場合、無い場合とも内部コンクリートの端部に高引張応力が発生していた (図2)。PC 型枠と打設コンクリートとの付着がない場合は内部コンクリートに比較的大きな引張応力が発生し、ひび割れ発生の可能性があると考えられる。一方、一体構造の場合、中間部で円筒外側に高引張応力が発生しているが内部コンクリートの引張応力を小さくでき、さらに PC 型枠にプレストレスを導入すると、PC 型枠の引張応力は小さくできるかまたは圧縮にすることが可能である。従って、PC 型枠と内部コンクリートを一体構造にすることは重要なことであると考えられる。

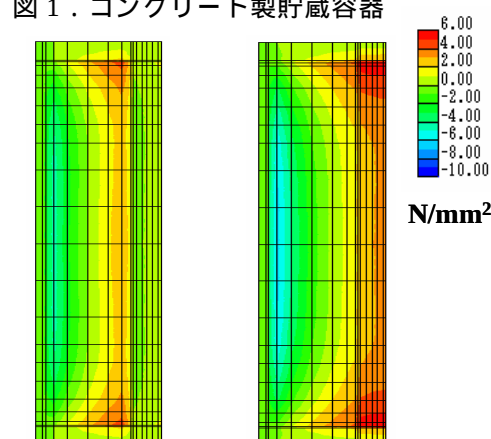


図2. 応力分布解析結果

また、実験に用いる縮尺モデルの寸法として、長さとしては 2m 程度以上が望ましいことがわかった。

3. 実験概要

(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、混合比（質量）は 6 : 2 : 2 である。粗骨材

表1. 使用コンクリートの配合

目標 圧縮強度 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラン (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

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、温度応力、水和熱

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

は神奈川県山北町産（砕石）及び足柄上郡中井町産（山砂利）であり、混合比（質量）は、4：6である。混和剤はAE減水剤標準形1種 ポゾリス78Sである。使用したコンクリートの配合を表1に示す。

（2） 水和熱によるコンクリートキャストの温度・ひずみ測定

試験に用いるプレキャストPC型枠（外径φ3400mm×厚さ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プング処理を施した。測定は温度・変位・ひずみ・プレストレス力とし、打設後水和熱による温度が下降して常温になるまで1時間から3時間間隔で行った（図2）。なお、コンクリートの打ち込み時からの外気温の範囲は6.7 から16.2であった。

4．実験結果と考察

温度は、材齢約1.2日でピークに達し、内部コンクリート中央部で60、型枠側面24、型枠と内部コンクリート接触面で39であった。また、内部コンクリートでは中央よりライナー側の温度が、高い傾向にあった。これは、ライナーの内側に伝熱試験用のヒーターが設置されており、このため、ライナー内面の表面熱伝達率が、型枠側面と比べ小さいためと考えられる。また、材齢約16日で常温になることがわかった。内部コンクリートを含めて温度の日変化は外気温に起因しており、特に型枠側面では、外気温の日変化とほぼ同等に変化した（図3）。

ひずみは、上段内部コンクリート型枠側、内部コンクリート中央から270mmライナー側で最も大きく約400μ、内部コンクリート中央部のピーク時で325μであった。また、材齢約1.3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（図4）。

なお、水和熱によるひび割れは観察されなかった。

5．まとめ

以上の結果より、コンクリート製造時におけるセメントの水和熱によるコンクリートキャストの温度及びひずみ履歴を明らかにした。今後は、使用済み燃料貯蔵時を対象とした伝熱試験を行う予定である。

参考文献

1) 三枝利有ほか：コンクリートキャストの確証試験（1）- コンクリート製貯蔵容器の製作 -、日本原子力学会「2002 年秋」

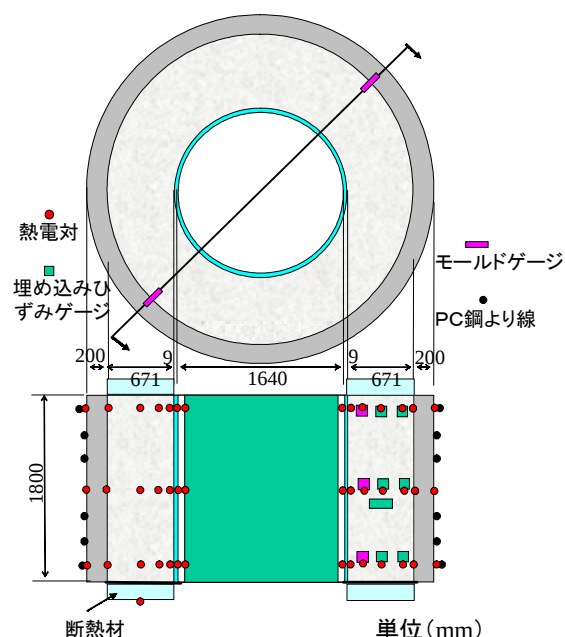


図2 試験体の概要図

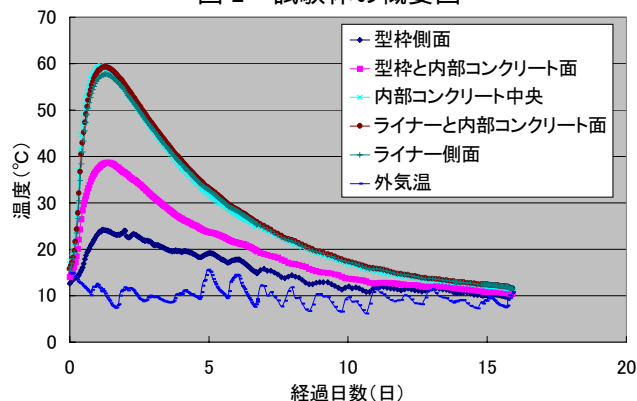


図3 温度と経過時間の関係

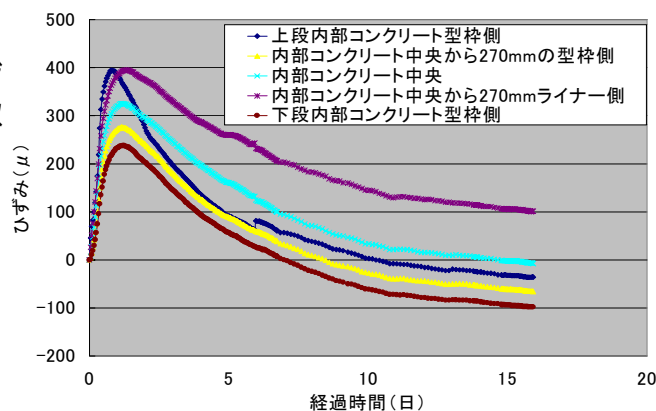


図4 ひずみと経過時間の関係