

[2023105109]

中性子利用によるジオポリマー生成過程における水拡散挙動の評価 Evaluation of Water Diffusion Behavior

During Geopolymer Formation Process using Neutrons

野田篤志^{A)}, 鈴木俊一^{B)}

Atsushi Noda^{A)}, Shunichi Suzuki^{B)}

^{A)} Department of Nuclear Engineering and Management, The University of Tokyo

^{B)} Institute of Engineering Innovation, The University of Tokyo

Abstract

It is known that geopolymers solidify through dehydration condensation reactions. In this study, we aimed to understand the diffusion behavior of water during the dehydration process of geopolymers using neutron radiography. As a result, the progress of the dehydration phenomenon was confirmed from the change in neutron transmittance.

Keyword: Geopolymer, Neutron radiography, Dehydration

1. はじめに

ジオポリマーを用いた燃料デブリ大規模取り出し工法は、福島第一原子力発電所の廃炉に向けたアプローチとして提案されている^[1]。この工法は、まずセメント系材料であるジオポリマーを原子炉圧力容器（以下 Reactor Pressure Vessel: RPV）内に注入し、デブリおよび炉内構造物を一体固化する。その後ワイヤーソー等で炉心シュラウドを含むジオポリマー固化体を切断し、RPV 上部から取り出す工法である。上記工法において、ジオポリマーには可使時間・開口部閉塞、固化体強度、未臨界維持等の性能が要求される。これらすべてに水が関係しているため、ジオポリマーの脱水固化現象の理解は重要となる。

本研究では、材齢の異なるジオポリマーに対して、中性子ラジオグラフィ実施することで得られる結果の相違より、ジオポリマー生成過程における水の拡散挙動を把握する。

2. 実験方法

2.1 試験体作製

Figure 1 に示すステンレス製容器にジオポリマーを注入し、室温（ $18 \pm 1^\circ\text{C}$ ）、相対湿度 100%環境にてジオポリマーを養生した。材齢が2週間、1週間、3日のジオポリマーを用意し、中性子ラジオグラフィ実験に供した。照射時には袋から取り出して照射室の環境（室温 $22.8 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 、湿度 $26 \pm 5\% \text{RH}$ ）にて照射を実施した。

2.2 実験装置

JAEA 研究炉 JRR-3 の熱中性子ラジオグラフィ設備（TNRF）にて実験を実施した。照射室内のセットアップを Figure 2 に示す。実験で得られた画像は連続する3枚の画像の輝度の中央値を取るホワイトスポット処理、照射をしていない画像によってカメラ

のノイズを消すダーク処理、連続照射の影響によるシンチレータ劣化（輝度）の補正を画像処理ソフト Image J にて行った。

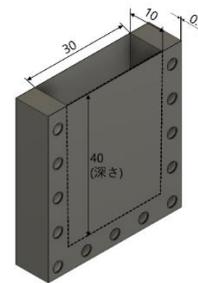


Figure 1. Geopolymer injection container (unit: mm)

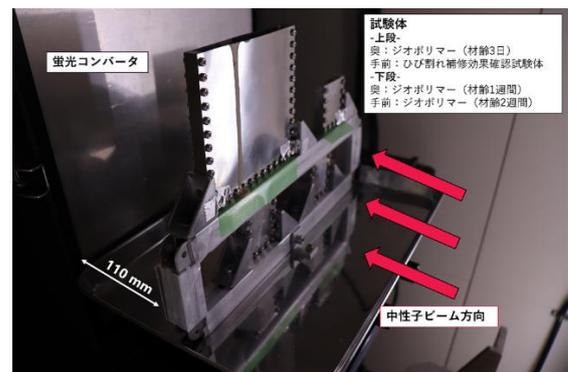


Figure 2. Experimental setup

3. 実験結果・考察

実験より得られた中性子透過像を試験体の無い状態での画像で除すことで中性子透過率を求めた。3種類の異なる材齢のジオポリマーについて、試験体の上部、中部、底部の中性子透過率の経時変化を記録

[2023105109]

した。このとき、Figure 3 にある 6 点の輝度値の経時変化をプロットした。また、ジオポリマー内の各位置における中性子透過率の経時変化を Figure 4 に示す。

材齢 3 日のジオポリマーについては、空気と触れている試験体上面の透過率変化が大きい一方、材齢 1 週間および材齢 2 週間のものについては全体的に透過率が変化している。この結果から、ジオポリマー中の水分は生成過程において時間とともに拡散・蒸発し、2 週間ほどで反応が終了することが分かった。

ただし、脱水時の水ミチの形成のようなマイクロな水の拡散挙動については観測ができなかった。これは、ジオポリマー固化体に存在する細孔径は $0.01 [\mu\text{m}]$ 程度に対して、ラジオグラフィ装置の空間分解能が $100 [\mu\text{m}]$ 程度であったためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、ジオポリマー生成過程における水の拡散挙動の把握を目指して、材齢の異なるジオポリマーに対して、中性子ラジオグラフィ実施することで材齢と中性子透過率との関係を調べた。

実験の結果、水分が寄与するジオポリマー生成反応は時間の経過とともに進行し、反応が終了するのに約 2 週間かかることが分かった。

謝辞

本研究の実施にあたり、ご協力をいただきました国立研究開発法人日本原子力開発機構の飯倉寛氏、栗田圭輔氏、原山勲氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] Suzuki, S., et al., A NEW CONCEPT FOR LARGE-SCALE FUEL DEBRIS RETRIEVAL, *Proceedings of International Topical Workshop on Fukushima Decommissioning Research (FDR2022)* (2022), Paper No. FDR2022-1074.

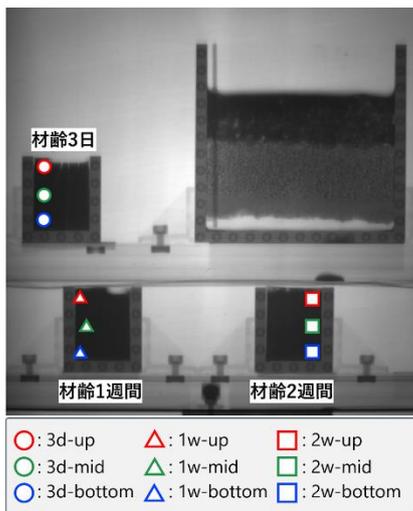


Figure 3. Recording position of neutron transmittance change

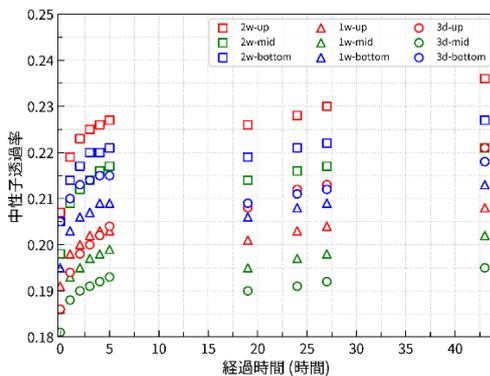


Figure 4. Plot of transmittance change