

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	小型加速器中性子源を利用した 定量イメージングによるコンクリートの 水分浸透評価に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	吉村雄一
Author(English)	Yuichi Yoshimura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11312号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:林崎 規託,小林 能直,片渕 竜也,吉田 克己,二羽 淳一郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11312号, Conferred date:2019/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	融合理工学 原子核工学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	吉村 雄一		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	林崎 規託
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本研究は、小型加速器中性子源の産業応用に向けて物質内部の非破壊イメージングによる物理量の定量分析技術を新たに開発することで、中性子イメージング装置としての可能性を実証することを目的に、①国立研究開発法人理化学研究所の小型加速器中性子源 RANS を利用した中性子イメージング実験、②画像解析ソフトウェアの利用による定量分析システムの構築と画像解析手法の開発、③空間分解能に関連する検出器の解像度と中性子線の拡がり角の測定を行ったものである。そして、その応用分析としてコンクリート構造物の劣化において重要な、コンクリート内部に浸透する水分の評価を行い、水の挙動を非破壊イメージングにより定量化することで、小型加速器中性子源を利用した定量分析技術を実証した。

現在、コンクリート構造物の維持管理は社会的課題となっており、主要な劣化であるコンクリート内部の鉄筋腐食に影響する水分を定量的に評価する手法の開発は大変重要である。コンクリート内部の水分測定は、構造物壁面に 1 cm 程度の孔を設けて含水率を計測する手法や、コンクリート試料を切断して計測した質量から含水率を求める手法が、局所的かつ破壊的な測定であるものの簡便であることから広く実施されてきている。その一方で、非破壊的手法として中性子によるイメージングが考案され、例えば、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 を利用した中性子ラジオグラフィなどが行われている。この非破壊的手法は水分浸透挙動を同一試料に対して経過観察できる特徴があり、劣化・暴露した試料の評価や異なる温度・湿度条件下でのデータ比較に適しており、水の挙動に対する理解がより進む評価手法となることが期待される。しかしながら、JRR-3 については東日本大震災後の稼働停止が長引くとともに、大強度陽子加速器施設 J-PARC についても大型共同利用施設としてのマシンタイムの制約があり、中性子の利用は限られている。それゆえに近年普及が進んでいる小型加速器中性子源を利用した定量イメージングへの期待が高まっている。

本研究で得られた成果は以下の通りである。

「小型加速器中性子源を利用した中性子イメージングにおける定量分析システムおよび画像解析手法の構築」

小型加速器中性子源を利用した定量分析技術の実証にあたり理研小型中性子源 RANS を利用し、検出器に冷却型カメラを組み込んだ中性子イメージインテンシファイア (中性子 I.I.) を導入することにより高精度な定量分析システムを構築した。そして、画像解析手法としてノイズ処理の最適化と強度分布の補正を行い、対象物を定量化するフローを確立した。また、中性子 I.I. の動作時間を制御し、熱中性子線よりも早く検出器に到達する γ 線の除去を試みた結果、水分検出感度 (コントラスト) の向上に成功した。

「解像度および中性子線の拡がり角測定」

小型加速器中性子源を使用したイメージングにおける実効的な空間分解能を把握する目的で検出器固有の解像度と中性子線の拡がり角 (コリメータ比 L/D) の実測を行い、中性子 I.I. では 300 μm 周期で変調するラインペアを忠実に記録できることを確認した。また、中性子線の拡がり角 (コリメータ比 L/D) について、Cd の板に複数の丸孔を開けた器具 L/D plate を使用して評価し、出射開口から検出器までの距離 L と出射開口径 D によって表される中性子線の並行度が透過像の幾何学的誤差を実際に決定していることを明らかにした。

「コンクリートに浸透する水分の評価」

コンクリートに浸透する水の影響は劣化の進展や構造物の品質を評価する上で重要なパラメータであることから、アルカリシリカ反応による劣化を有するコンクリートならびに強度を左右する水とセメントの配合比率 (水セメント比) を調整したコンクリート (70×70×50 mm) 試料の水分浸透の様子を中性子イメージングで捉えた。その結果、劣化を有するコンクリート試料では劣化程度によって不均一な水の分布を示すことや水分浸透性状の再現性が得られないことなど、同じ試料を継続して観察できる非破壊手法の特徴を活かした評価結果が得られた。また、水とセメントの配合比率 (水セメント比) を調整したコンクリートについては配合により内部の空隙構造が変化することで水分浸透に差が出るものと予想された為、浸透速度にあたる水分流束を吸水量分布より出力し、定量的な水分浸透速度の比較を実現し、定量分析を通じて中性子イメージング装置としての小型加速器中性子源の産業応用への可能性を示した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース：	融合理工学	系
Department of, Graduate major in	原子核工学	コース
学生氏名：	吉村 雄一	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	林崎 規託	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：		
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this research, I have developed a quantitative analysis technique of materials by nondestructive imaging with a compact accelerator driven neutron source and demonstrated the possibility of an industrial neutron imaging machine.

At first, I performed the neutron imaging experiments with RIKEN compact accelerator driven neutron source RANS, construction of quantitative analysis system and development of image analysis method were carried out. Next, effective resolution of imaging detector and neutron beam divergence related to spatial resolution of neutron imaging were evaluated. And as an example of analysis, I evaluated water penetration into concrete and quantitatively analyzed the behavior of water in concrete.

Currently, deterioration of an aging infrastructure has become surfacing, it is required to establish the quantitative evaluation method of water in concrete, which influences deterioration of concrete structures. Generally, water in concrete is detected by an embedded electric sensor, it is difficult to obtain continuous water diffusion. On the other hand, neutron radiography is applied to observe water penetration into concrete as a nondestructive testing method. This nondestructive method was executed in a nuclear research reactor, JRR-3, of the Japan Atomic Energy Agency. While facilities with a nuclear reactor or a large intensity proton accelerator produce novel information, the low frequency of use should be overcome. Therefore, expectations for quantitative imaging with a compact accelerator driven neutron sources are increasing in recent years.

The results were obtained about water penetration in concrete samples with deterioration and various mix proportions. It was clarified that the water distribution and reproducibility of samples with deterioration differed depending on the degree of deterioration. In addition, for concrete with mix proportions, the water flux corresponding to the penetration rate was output.

Consequently, the possibility of the compact accelerator driven neutron source for industrial use was shown through this quantitative analysis.