

プロジェクト名(タイトル):

中性子ビームを用いた非破壊検査技術の開発

利用者氏名:

○藤田 訓裕(1)

理研における所属研究室名:

(1)光量子工学研究センター 中性子ビーム技術開発チーム

1. 本プロジェクトの研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

中性子ビーム技術開発チームで運用および高度化開発を行っている中性子源システム RANS ならびに RANS-II を用いて橋梁・トンネルなどのインフラ構造物の内部劣化を非破壊で可視化する計測システムの開発を行っている。金属とコンクリートで構成される構造物内部にある水分や空隙を検知する為の手法として、散乱中性子イメージング法を開発中である。本課題では、橋梁の構成物の一つである鉄筋コンクリート床版について、中性子が内部を伝搬し、散乱・放出される中性子の収量、位置分布、時間分布など応答の変化を観測するために、モンテカルロシミュレーションを用いた評価を行った。

2. 具体的な利用内容、計算方法

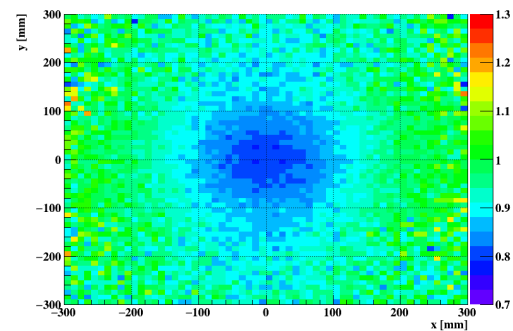
理研小型中性子源 RANS-II を用いて、中性子ビームを発生させ、アスファルト舗装下の RC 床版の内部劣化イメージング実験を行うためのシミュレーションを行った。健全な物と模擬欠陥を挿入した RC 床版のサンプルそれぞれに中性子を照射し、アスファルト層表面に検出器(位置感応型ヘリウム3 比例計数管)を設置した場合の応答をモンテカルロシミュレーションにより見積もりを行った。

計算には主に C++を用いて、欧州原子核研究機構(CERN)で開発された粒子輸送コード GEANT4 をライブラリとして用いて開発を行った。超並列演算システム(BWMPC)において開発したコードを gcc, およびインテル MPI ライブラリを用いてコンパイルし、シミュレーションを実行した。その後、得られたデータの解析用に ROOT ライブラリを利用した。典型的には、1 つの条件設定に対して 1280 コアを使用すると 1 時間以内で所定のデータが得られた。

3. 結果

計算目的は高速中性子の対象物内部での散乱により生じる特徴的な物理量の抽出による、中性子を用いた検出技術の高度化開発である。具体的には高速中性子を RC 床版に照射し、内部で散乱され、最終的に後方(アスファルト表面)に戻ってきた中性子の位置、時間、およびエネルギー

分布を得ることが出来た。欠陥が有る場合と、無い場合における中性子収量比を取る事で欠陥のシグナルを得ることが出来た。模擬欠陥に水分が含まれる場合は、欠陥の中心部分で比が 1 以上の正のピーク、欠陥が空隙の場合は中心部で比が 1 以下の負のピークが現れることが判明した(下図)。この収量比の積分値は欠陥の体積に比例することも示され、すなわち中性子収量比を用いることで欠陥の体積について定量評価が可能であるということが示された。また、体積 300mm^3 の水分が存在する場合、10%以上の収量比の増大が確認され、検知が可能であるということが示された。



コンクリートの内部に 35%の空隙が存在した場合の中性子収量比分布。

4. まとめ

鉄筋コンクリート床版の内部劣化を検出するための中性子ビームを用いた散乱イメージング法を高度化するために、超並列演算システム(BWMPC)を用いて、粒子輸送コード Geant4 を使ったモンテカルロシミュレーションを行った。床版内部での中性子散乱によって表面で得られる、エネルギーや時間のスペクトルを得ることに成功した。それによって、これまでに測定不可能であった微小な水分や空隙の検知および、体積の定量評価が可能であることが示された

5. 今後の計画・展望

このシミュレーション結果をもとに、RANS-IIを用いた実験が行われ、微小な空隙・水分のイメージングに成功した他、体積の定量評価にも成功した。この結果を材料学会の第 21 回コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウムへ論文投稿を行った。また、12 月 1 日にはこの論文

2021年度 利用報告書

についてのプレスリリースも行った。今後はプレストレストコンクリート内部の鋼材の腐食や、シーす内部のグラウト未充填といった物の可視化を目指した開発を行う予定である。

2021年度 利用研究成果リスト

【雑誌に受理された論文】

1. 藤田訓裕, 岩本ちひろ, 高梨宇宙, 大竹淑恵, "小型加速器を用いた中性子散乱イメージングによる橋梁構造物の非破壊検査", 中性子線を用いたコンクリートの検査・診断に関するシンポジウム論文集, 2021, pp. 196-201
2. 藤田訓裕, 岩本ちひろ, 高梨宇宙, 大竹淑恵, 野田秀作, "散乱中性子イメージング法を用いた道路橋床版の滞水・土砂化検知システム", 第21回コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム論文集, 第21巻, pp. 484-489

【口頭発表】

1. 藤田訓裕, 岩本ちひろ, 高梨宇宙, 大竹淑恵, "現場実証機 RANS-II によるインフラ構造物内部劣化の非破壊可視化の成功", 2021 理研シンポジウム, 2021. 5. 13, オンライン開催(和光市)
2. K.Fujita, C.Iwamoto, T.Takanashi, Y. Otake, "Experiment RANS-II towards RANS-III: backscattering imaging with fast neutron", 5th RAP-JCNS Joint Workshop, 2021.06.09, online(Wako-shi, Japan).
3. 藤田訓裕, 岩本ちひろ, 高梨宇宙, 大竹淑恵, "RANS-II によるインフラ非破壊計測", 中性子産業利用の研究会 茨城県中性子利用研究会 第2回 iMATERIA 研究会, 2021. 9. 21, オンライン開催(茨城県)
4. 藤田訓裕, 岩本ちひろ, 高梨宇宙, 大竹淑恵, "小型加速器を用いた中性子散乱イメージングによる橋梁構造物の非破壊検査", 中性子線を用いたコンクリートの検査・診断に関するシンポジウム, 2021. 9. 27, オンライン開催(東京都)
5. 藤田訓裕, 岩本ちひろ, 高梨宇宙, 大竹淑恵, 野田秀作, "散乱中性子イメージング法を用いた道路橋床版の滞水・土砂化検知システム", 第21回コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム, 2021. 10. 15, オンライン開催(京都市)

【その他(著書、プレスリリースなど)】

プレス発表

1. 藤田訓裕, 大竹淑恵, 岩本ちひろ, 高梨宇宙, 野田秀作, "橋梁の床版内部土砂化・滞水の新たな検知法", 2021. 12. 1