

課題名(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. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

橋梁・トンネルなどのインフラ構造物は主にコンクリートと金属で構成されており、その内部の劣化や欠陥、初期施工不良等を非破壊で検知する為の手法として、高速中性子ビームを用いた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合成床版について、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

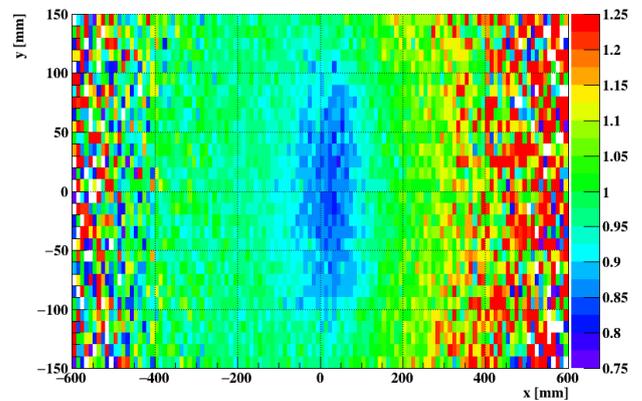
中性子ビーム技術開発チームが管理・運用している RANS および RANS-II 加速器を用いて、中性子ビームを発生させ、所定の位置に合成床版のサンプルおよび、検出器(位置感応型ヘリウム3比例計数管)を設置した場合の応答をモンテカルロシミュレーションにより見積もりを行った。

計算には欧州原子核研究機構(CERN)で開発された GEANT4 と呼ばれる粒子輸送コードをライブラリとして用いて主に C++を用いて開発を行った。超並列演算システム(BWMP)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

高速中性子ビームを合成床版サンプルに照射し、内部で散乱され、最終的に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。水、空隙といっ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。欠陥が水の場合は、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。空隙の場合は欠陥周辺部では正のピークが表れることも判明した。この正負のピークの積分値を用

いる事で、3mm 厚の空隙の検知が可能であると判明した。さらに、欠陥を横切るようにビームを複数箇所へ照射するビームスキャン法を新たに開発した。空隙と照射位置の間隔に対する中性子強度比分布の変化を用いる事で、空隙の場所が誤差 6cm 以下の精度で判定できるという事が判明した。



合成床版内部に空隙がある場合の中性子収量比分布。

青色(赤色)は比が1以下(以上)の領域。

4. まとめ

コンクリート、金属で構成される複合材料に対する中性子ビームを用いた欠陥検出法を高度化するために、超並列演算システム(BWMP)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。サンプル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少な欠陥の検知が可能であることが示唆された。

5. 今後の計画・展望

RANS、RANS-II 加速器を用いて、実際の床版サンプルに対するビーム実験を行う。その際には、シミュレーションで得られた最適な測定条件を再現する様に、ビームコリメータの設計や、検出器・サンプルの設置位置の最適化などを行う。また、ビームスキャン法を行う際にはビームの照射位置、スキャンの間隔等の測定条件をシミュレーション結果に合わせるように実験計画を立てる。

2020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, 野田 秀作, 井田 博之, “散乱中性子を用いた床版内欠陥の非破壊検査システム”, 第11回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp47-52,2020.

【口頭発表】

1. K.Fujita, C.Iwamoto, T.Takanashi, Y. Otake, “Defect detection for bulk samples via neutron scattering imaging”, RAP-JCNS Joint Workshop, 2020.06.22, online.
2. 藤田 訓裕, 岩本 ちひろ, 高梨 宇宙, 大竹 淑恵, 野田 秀作, 井田 博之, “散乱中性子を用いた床版内欠陥の非破壊検査システム”, 第11回道路橋床版シンポジウム, 2020.10.29, オンライン
3. 藤田 訓裕, ”小型中性子源 RANS,RANS-II を用いたインフラ構造物の散乱イメージング”, 理研シンポジウム 2020年度光量子工学研究センターシンポジウム, 2021.03.09, 和光市 オンライン