

力学機能のナノエンジニアリング
2020 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

高橋 航圭

北海道大学 大学院工学研究院
准教授

ナノ界面の疲労損傷検出と抑制による複合材料の超長寿命化技術

§ 1. 研究成果の概要

昨年度の研究成果として、放射光 X 線 CT その場観察を行うためのピエゾアクチュエーター駆動式卓上疲労試験機を開発した。今年度は、この試験機を使用して炭素繊維と母材樹脂の界面はく離が材料表面から内部へと進展する様子を捉えることを目的として、大型放射光施設 SPring-8 で実験を行った。界面はく離を生じる箇所を限定するため、炭素繊維を 1 本だけ樹脂埋めした試験片を作製し、静的引張試験を行った。結果、ナノ CT 観察により、試験片表面から材料内部へと進展する界面はく離の検出に成功した。

一方で、ナノ CT 撮像を引張負荷後に限った場合には界面はく離はわずかであったのに対し、事前にナノ CT 撮像を行ってから負荷後に再度ナノ CT 撮像をすると界面はく離の開口量が著しく増大する結果が得られた。これは、X 線照射によってエポキシ樹脂の力学特性が劣化したことを示唆している。繰返し負荷試験も同様に行ったところ、予め 25 万回の繰返し負荷を与えたサンプルをナノ CT 撮像した場合にはわずかな界面はく離にとどまったが、負荷前にナノ CT 撮像した後に 25 万回の繰返し負荷を与えると界面はく離に加えて大きな樹脂割れを生じる結果となった。X 線照射による樹脂材料の劣化は従来から懸念されていたが、これまで定量的に評価した事例は見られないことから、非破壊検査手法としての信頼性に関わる重要な知見が得られたと言える。

そこで、X 線のエネルギーを増大させて樹脂への吸収率を低減させることで、劣化を最小限に抑制しながら観察する方法を検討した。吸収率の低減は、X 線透過を過させやすくしていることになるので、CT 像としては見えづらくなってしまう可能性がある。これまで 20 keV としていた X 線のエネルギーを 30 keV としたところ、ナノ CT のイメージにはほとんど変化が無いことを確認した。そこで、R4 年度は 30 keV で改めてナノ CT を撮影し、樹脂の劣化を抑えた状態で繰返し負荷に伴う界面はく離進展を捉えることを目指す。