

補助事業番号 2024M-476
補助事業名 2024年度 界面を考慮した異種材料に対する材料モデリング技術の開発
補助事業
補助事業者名 山梨大学 大学院総合研究部 工学域 杉山裕文

1 研究の概要

異種材料の接合技術として接着剤は広く使用されており、異種材料による構造物の強度評価を高精度に行うためには接着部の挙動を考慮した数値シミュレーションが重要である。従来手法では、材料試験のデータを用いて最大強度までの挙動を取り扱うことが主な目的となることが多く終局挙動の評価は不十分であった。そこで、接着剤内部で起こる破壊だけでなく接着界面の破壊挙動までを考慮した数値シミュレーション手法を提案することで、金属材料と樹脂材料からなるような異種材料に向けたモデリング技術の開発を行ってきた。

2 研究の目的と背景

近年、温室効果ガス排出量削減は国際的に達成すべき目標として様々な分野で取り組まれている。これに併せて工業分野では、SDGsの達成による環境負荷低減・持続可能な社会の実現を目指したものづくりが行われており、中でも輸送機器業界では繊維強化樹脂や高強度鋼を用いた開発・製品化が進められている。その一方で、製品開発の高速化にともない製品設計・評価にかけられる時間は短くなっており、CAEを活用したものづくりが不可欠となっている。マルチマテリアル化を進めた製品として実用化されつつあるが、樹脂と金属など異種材料の接着接合界面については強度のバラツキといった材料特性を評価の難しさが指摘されている。これを実現するためには、材料特性を精度良く評価するだけでなく構造部材としての強度評価まで含めて接着接合界面を精度よく取り扱える数値シミュレーションの開発が必要であると考えられる。そこで、数値シミュレーションにより異種材料の接着接合界面までを取り扱える材料モデリング技術の開発を目的とする。

3 研究内容 <http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/okazawa/sugiyama/research.html>

(1) 損傷モデルを用いた接合部のき裂進展シミュレーション手法の開発

異種材料の接合部に損傷モデルを導入するにあたり、これまでは単一材料を対象としていたコードについて異種材料へ対応できるように拡張を行った。また、強度評価を行うために連続体損傷力学に基づく損傷モデルを用いて損傷値を破壊基準として、接着接合部、母材と一括して取り扱える手法の開発に取り組み検証を進めた。

図1に示すように構築した手法を用いて突合せ継ぎ手に対するき裂進展シミュレーションを実施した。き裂の発生条件を変えた2パターンの解析を行い、図2に示すような荷重変位関係が得られた。き裂の発生により荷重が低下する挙動が再現できている。また、それぞれの解析条件のき裂進展の様子が図3と図4のようになる。この結果より、接着材

と材料海面付近からき裂が発生して試験体を横断するよういき裂の進展する様子が確認できる。

(2) 損傷モデルの表現能力向上手法の開発

従来の損傷モデルを用いた結果より目的の達成には損傷モデルの改良が必要であることがわかった。特に接合部の界面付近では材料の特性が大きく異なるだけでなく厚みまでもが違いため損傷状態としては一括して扱う場合に計算が不安定となった。そのため、損傷モデルの理論に立ち戻り、損傷を評価する領域についてハット型の関数を導入し周囲の情報を考慮した損傷の進展挙動を再現できるように修正を行った。図5に示す重ね合わせ継ぎ手の結果を比較する。荷重変位関係は図6のように従来手法では要素の分割に依存していた問題を回避できていることがかくにんできた。また、図7、8に示すように従来の結果では一部分の損傷だけが局所的に進展しまう問題点を回避した損傷値の分布が確認できた。

本手法により異種材料に対して接合部まで考慮した解析が行える基盤技術の検討ができた。今後さらに界面情報を反映するような各種パラメータの同定、き裂進展解析手法の開発を進めていきたい。

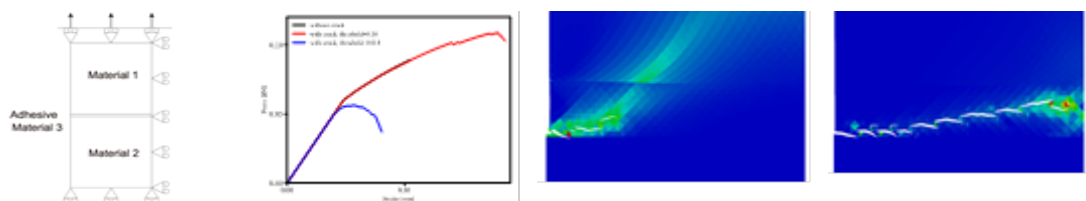


図1 突合せ継ぎ手

図2 荷重変位関係

図3 解析条件1

図4 解析条件2

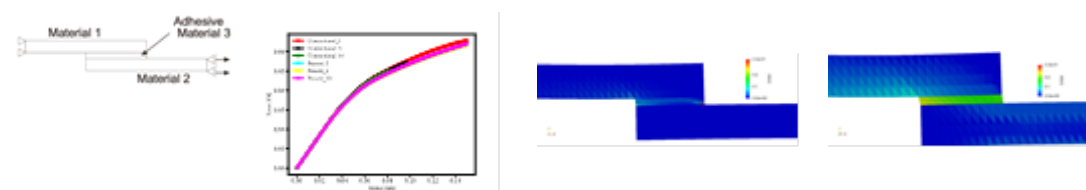


図5 重ね合わせ
継ぎ手

図6 荷重変位関係

図7 従来手法

図8 提案手法

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本補助事業では、異種材料に対する接着接合部を考慮した数値シミュレーション手法を開発した。汎用ソフトウェアによる評価手法も多種多様なものがあるが、破壊が発生した後の終局挙動の評価が不十分である。これに対して、今回開発した手法は全てインハウスのコードで作成されているため汎用的な問題へ適用には課題を残している。これらの解消を目的と

して汎用ソフトウェアへの導入やオープンソフトウェアとの融合などが考えられる。これらを実現することで広く提案手法を利用できる環境を提供することが今後の産業界へ貢献できると考えている。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでに、JKA補助事業により樹脂材料に対するモデリング手法の開発を行ってきた。また、金属材料に対する材料モデリング手法の開発にも取り組んできており、今回の補助事業ではこれらの異なる材料を結びつける接合部へアプローチする取り組みとなっている。それぞれの材料特性だけでなく接合部としての挙動を評価するためこれまでに得た知見を活用しつつ手法の開発に取り組んだ。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表】

杉山 裕文, 岡澤 重信, 損傷モデルを用いた接合部のき裂進展シミュレーション, 自動車技術会秋季大会, 10/24, 2024.

【ワークショップ発表】

Hirofumi Sugiyama, Shigenobu Okazawa, Crack propagation simulation for the adhesive region between different materials, 4th International Workshops on Advances in Computational Mechanics (IWACOM), 9/20, 2024. [招待あり]

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

【予稿集】

公益財団法人自動車技術会 2024年秋季大会学術講演会予稿集

<https://tech.jsae.or.jp/paperinfo/ja/content/p202402/>

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学 工学部（ヤマナシダイガク コウガクブ）

住 所： 〒400-8511

山梨県甲府市武田4-3-11

担 当 者： 助教 杉山 裕文（スギヤマ ヒロフミ）

担 当 部 署： 機械工学コース（キカイコウガクコース）

E - m a i l： hirofumis@yamanashi.ac.jp

U R L： <http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/okazawa/sugiyama>