

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 27-135
補助事業名 平成27年度 衝撃変形で曲げ剛性が急増する柔軟CFRPの開発
補助事業
補助事業者名 金沢大学 理工研究域 機械工学系 樋口理宏

1 研究の概要

本事業では、軟質エポキシ樹脂を母材とすることで、低速変形時は曲げ剛性が低く柔軟で高い引張強度・剛性を有する一方、衝撃変形時のみ曲げ剛性が急増する革新的なCFRP（炭素繊維強化プラスチック）を開発する。同CFRPが実現できれば、装着性に優れた軽量なスポーツ用プロテクタや、違和感なく着用できる日常生活用の保護具など、これまでに無い装着性と安全性を備えた防具への応用が期待できる。

2 研究の目的と背景

CFRPは、軽量かつ高強度・高剛性な複合材料として幅広く利用されており、車体の大部分をCFRP化した自動車の量産販売も開始され、今後益々の需要増加が見込まれる。一般に、CFRPは高い比強度・比剛性を得るために、熱硬化性の硬質エポキシ樹脂が母材に用いられる（近年、熱可塑性樹脂も大きな注目を集めている）。

このように硬質CFRPの需要が高まる中、申請者はゴム状になるように調整した軟質エポキシ樹脂を母材としたCFRPに着目し、「柔軟CFRP」の実現を検討している。本事業に先立ち、軟質エポキシは低速変形下ではシリコンゴムと同等の柔軟性を示す一方、衝撃変形下ではPCやABS樹脂といった硬質樹脂と同様に硬質なガラス状態となることを見出している。すなわち、軟質エポキシ樹脂をCFRPの母材とすることで、低速変形時は曲げ剛性が低く柔軟で、衝撃変形時のみ曲げ剛性が急増するCFRPが実現できる可能性がある。

本事業では、軟質エポキシ樹脂を母材としたCFRPを成形し、引張に対して高強度・高剛性であるが曲げに対して顕著な柔軟性を示すための母材特性と積層構成を準静的試験により明らかにする。そして、衝撃曲げ試験機を設計・製作し、衝撃変形下における曲げ剛性を測定し、柔軟CFRPの性能を評価する。

3 研究内容

衝撃変形で曲げ剛性が急増する柔軟CFRPの開発

(<http://ads.w3.kanazawa-u.ac.jp/higuchi/jka/jka27-135.pdf>)

本研究では、アミン系硬化のエポキシ樹脂の主剤・硬化剤の配合比を化学量論比から硬化剤過多にすることで、低ひずみ速度下では低い弾性率、高ひずみ速度下では高い弾性率を示す軟質エポキシ樹脂を用いて、柔軟CFRPを成形し、機械的特性の評価を行った。

図1は作製した柔軟CFRPの一例であり、手で簡単に曲げられるほど柔軟である様子がわかる。

図2は低速3点曲げ試験、中速3点曲げ試験および高速（衝撃）3点曲げ試験により得られた曲げ弾性率とたわみ速度の関係を示している。硬化剤過多となる母材（100:100および100:80）を用いたCFRPは、汎用的な母材（jER828）を用いたCFRPと比較して、低速曲げ変形で柔軟（曲げ弾性率が極めて小さい）であり、変形速度の上昇にともない、曲げ弾性率が急増し、汎用的なCFRPに近い曲げ剛性を示していることがわかる。すなわち、軟質エポキシ樹脂を母材とすることで、低速変形時は曲げ剛性が低く柔軟である一方、衝撃変形時のみ曲げ剛性が急増するCFRPの開発に成功した。



図1 柔軟CFRP

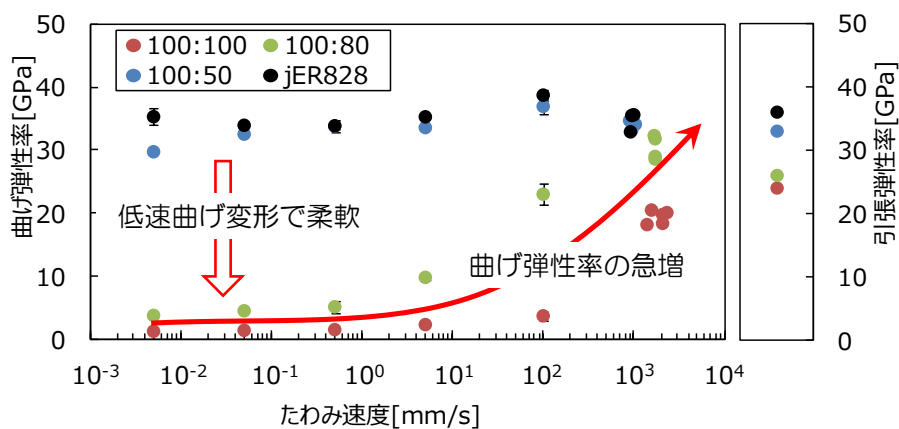


図2 柔軟CFRPの曲げ弾性率とたわみ速度の関係

4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

本研究において、低速変形時は曲げ剛性が低く柔軟である一方、衝撃変形時のみ曲げ剛性が急増する柔軟CFRPの開発に成功した。開発したCFRPをベースとして、装着性に優れた軽量なスポーツ用プロテクタや、違和感なく着用できる日常生活用の保護具など、これまでに無い装着性と安全性を備えた防具への応用が期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者は、材料力学・材料強度に関連した教育・研究活動を行ってきており、特に最近では、高分子材料の機械的特性のひずみ速度・時間依存性に着眼して新たな機能発現を検討してきている。本事業で行った柔軟性CFRPの開発は、研究代表者が対象とする研究領域において、主要テーマの一つとして位置付けており、引き続き各種防具への応用について検討していく予定である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表論文】

鈴木崇也, 樋口理宏, 立矢宏, 炭素繊維強化軟質エポキシ樹脂の機械的特性評価, 日本機械学会 M&M2015 材料力学カンファレンス CD-ROM論文集, #0S1005-396, pp. 1-2, (2015年11月).

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

HPにて本研究で開発したCFRPの仕様および試験結果を公開している。

(<http://ads.w3.kanazawa-u.ac.jp/higuchi/jka/jka27-135.pdf>)



The image shows a screenshot of a website page. On the left, there is a header for Kanazawa University and a title '衝撃変形で曲げ剛性が急増する柔軟CFRPの開発' (Development of flexible CFRP with a sharp increase in bending stiffness during impact deformation). Below the title, it lists '金沢大学 理工研究域 機械工学系' (Kanazawa University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering) and '樋口理宏' (Rihiro Higuchi). There is also a 'RINGIRINGI' logo and a note about research funding. On the right, there is a section titled '研究の概要と目的' (Summary and Purpose of Research). It contains text explaining the research goal: to develop a flexible CFRP that is soft and has high tensile strength at low strain rates, but becomes stiffer during impact deformation. It also mentions that this material is intended for use in lightweight sports protectors and daily life protective gear. Below the text is a diagram showing the chemical structure of the epoxy resin with labels for '柔軟剤' (softener) and '硬化剤過多' (excess hardener). To the right of the diagram is a graph showing 'Work/Strain Energy, mJ/m², J/m²' on the y-axis (log scale from 10⁰ to 10³) versus 'Strain rate, 1/sec' on the x-axis (log scale from 10⁻³ to 10²). The graph shows two data series: 'Compos ratio 100/0' (open circles) and 'Compos ratio 100/50' (filled circles). Both series show an increase in energy with increasing strain rate, but the 100/50 ratio shows a much steeper increase at higher strain rates. Below the graph is a caption: '圧縮弾性率とひずみ速度の関係' (Relationship between compressive modulus and strain rate). At the bottom of the right section, it says: 'エポキシ樹脂の主剤・硬化剤の配合比を化学量論比配合からずらすことで、低ひずみ速度下で柔軟、高ひずみ速度下で硬質となる' (By adjusting the ratio of epoxy resin main agent and hardener from stoichiometric ratio, it becomes soft at low strain rate and hard at high strain rate).

HPのスクリーンショット

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 金沢大学 理工研究域 機械工学系 機械機能設計研究室
(カナザワダイガク リコウケンキュウイキ キカイコウガクケイ
キカイキノウセツケイケンキュウシツ)

住 所： 〒920-1192
石川県金沢市角間町

申 請 者： 准教授 樋口理宏 (ヒグチマサヒロ)

担 当 部 署： 機械工学系 (キカイコウガクケイ)

E-mail： higuchi-m@se.kanazawa-u.ac.jp

U R L： <http://ads.w3.kanazawa-u.ac.jp/higuchi/index.html>