

令和6年3月29日

令和5年度 学生自主研究成果報告書

教 育 本 部 長 様

学生自主研究グループ名	パイプフレーム製作グループ	
研究課題名	CFRPパイプを利用したエコランカーの製作	
研究代表者 (学生)	学籍番号	B24N020
	氏 名	北野 京介
指導教員	学 科	知能メカトロニクス学科
	氏 名	小谷 光司

学生自主研究の報告書を別紙のとおり提出します。

CFRPパイプを利用したエコランカーの製作

システム科学技術学部 機械工学科

1年 小野寺 友弥 腰塚 陽斗

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

2年 北野 京介 野呂 航平 米倉 泉希

指導教員 システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

教授 小谷 光司 助教 小宮山 崇夫

機械工学科

教授 水野 衛

1. 緒言

走行距離を競う電気自動車のエコラン競技では、タイヤの転がり抵抗が成績に影響を与える。転がり抵抗はタイヤに加わる荷重に比例して増加するため、走行距離を延ばすためには軽量な車体であることが望ましい。軽量な車体を実現するために、最も理想的なのはF1レーサーなどでも用いられているCFRP一体形成のモノコックフレームであるが、作成が容易ではなく(高度な技術が必要)、コストも高い(大型のオートクレープによる硬化処理が必要など)。一方、規格品のパイプを組み合わせて構成するパイプフレームは、汎用性と高いコストパフォーマンスを兼ね備えている。本学の物づくりサークルS.E.I.M.でエコラン競技に出場している車体は、アルミ角パイプを用いた車体であり、数々の輝かしい成績を収めている。しかしながら、アルミニウムを用いていることで、CFRPフレームに比べると重量面での優位性はない。そこで、CFRP材料の軽量性とパイプフレームの汎用性・コストパフォーマンス性を兼ね備えたエコランカー向けフレーム構造として、既製品のCFRPパイプを組み合わせたパイプフレームの可能性を検討したいと考え、前年の自主研究では必要な強度と重量バランスによる最適なCFRPパイプの寸法検討や、パイプ同士の接合方法の検証を行い、CFRPパイプフレームがエコランカーの車体の材料に適しているという結論が出すことができた。

そこで、前年の研究結果を基に誰でも乗ることができるというコンセプトをもとに車体をして製作し、CFRPパイプの特性をさらに理解することを目的として本自主研究を実施した。

2. CFRPパイプの選定

前年と同様にたわみと重量からパイプを選定した。両端支持の集中荷重で加える力を700Nとし、選定したパイプの詳細を表1に示す。また、CFRPのヤング率と密度はそれぞれ $E=102.6\text{ GPa}$ 、 $\rho = 1.7 \times 10^{-6}\text{ kg/mm}^3$ である。

表 1. CFRP パイプの詳細

外径 D (mm)	内径 d(mm)	長さ L (mm)	たわみ量 δ (mm)	質量(kg)
28.0	26.0	200	0.147	0.029
28.0	26.0	500	2.296	0.072
34.0	32.0	600	2.174	0.106
40.0	38.0	300	0.165	0.062
42.0	38.0	900	2.056	0.385

D=28.0 mm , d=26.0 mm, L=300 mm のパイプは車体前方の縦部分に使用し、L=500 mm は後方の下の箇所を使用した。D=34.0 mm , d=32.0 mm, L=600 mm のパイプは車体前方の側面の下に使用した。D=40.0 mm , d=38.0 mm, L=300 mm のパイプは車体の前方の縦部分に使用した。D=42.0 mm , d=38.0 mm, L=900 mm にパイプは車体後方の側面の上下に使用した。

3. 車体の製作

今回のCFRPパイプ同士の接合は前年の研究を基に行うこととした。

Step1. CFRP フレーム同士を接合するために切断用の展開図を書く。展開図はプログラムを用いて製作した。展開図を図1に示す。

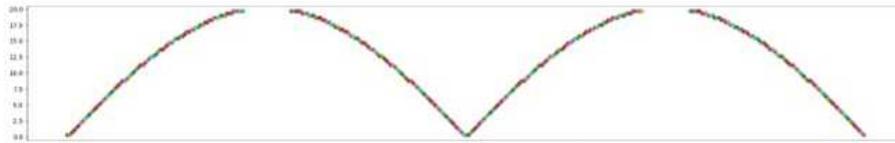


図1 切断用の展開図

Step2. CFRP パイプに展開図を貼り、手でだまかに削った後にヤスリで形状を整える。

Step3. CFRP 同士の接合には DENATITE XNH 3324 という 2 液混合式の接着剤を使用した。

Step4. 接合部の接着剤が硬化したら、カーボンクロスを巻きやすくするために接合部の横にパテ盛りを行う。今回使用したパテは LUC LS カーボンファイバーパテである。硬化剤はパテブラウン硬化剤を使用した。主剤と硬化剤を 100:2 で混ぜ、均一にしてパテ盛りをする。

Step5. パテが硬化したらヤスリで削って形を整え、エポキシ樹脂を含浸させた 1K の CFRP シートを巻きつける。更に、CFRP シートの上に余分なエポキシ樹脂を吸収するためにピールプライクロスを巻きつけ、最後にビニールテープで圧着させる。エポキシ樹脂が硬化したら接合完了である。完成品を図2に示す。



図2 完成した車体 ([左] 車体全体, [右] 車体前部)

4. 強度試験

強度試験では、車体下部のパイプにひずみゲージを貼り、体重70kgの人が乗った時に十分な強度を得ることが出来るかを試験した。1回目の試験では、後方からのパイプから1番目をCH1とし、CH4までを測定した。2回目の試験では、1回目の試験のCH2とCH3をそれぞれCH1、CH2とし、足元のパイプを後方からCH3、CH4とし測定した。測定したパイプを図3に示す。また、測定の様子を図4に示す。



図3 測定したパイプ



図4 強度試験中の様子

ひずみゲージはKYOWAのPCD-400Aシリーズの測定器を用い、ソフトウェアは、DCS-100A ダイナミックデータ収録ソフトウェアを用いた。

5. 実験結果

今回の試験で得られた実測値と試験と同様の条件で算出した理論値が大きく乖離していたので、0秒時点で計測された数値を0として、実測値と 1.0×10^{-2} の積を得られた試験結果としてグラフを作成した。

1回目

試験の結果を図4に示す。

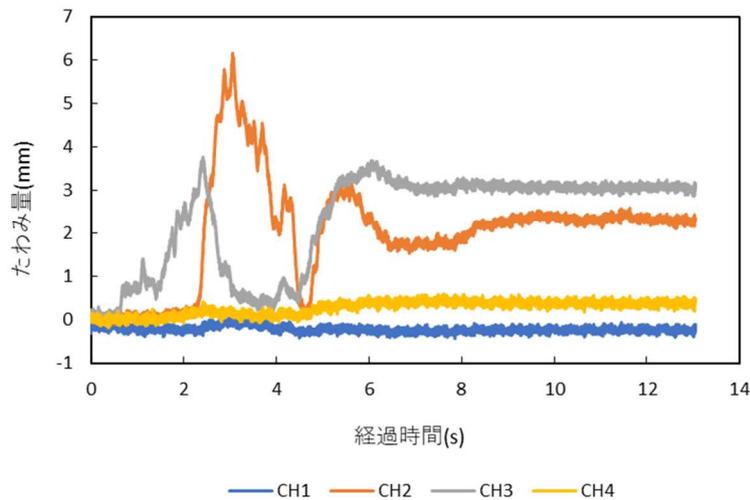


図4 1回目の実験結果

図4からCH1のたわみ量は終始ほぼ0mmであり、8秒以降ではCH2は平均2.3mmのたわみ量、CH3は平均3.0mmのたわみ量、CH4は0.40mmのたわみ量で安定していることが分かる。また、8秒以降でCH3に70kgの荷重がかかったと考え、理論値と比べると、理論値では、2.296mmとなっており理論値より大きくたわんでいることが分かる。

2回目

試験の結果を図5に示す。図5のCH1、CH2は図4のCH2、CH3と同じパイプである。

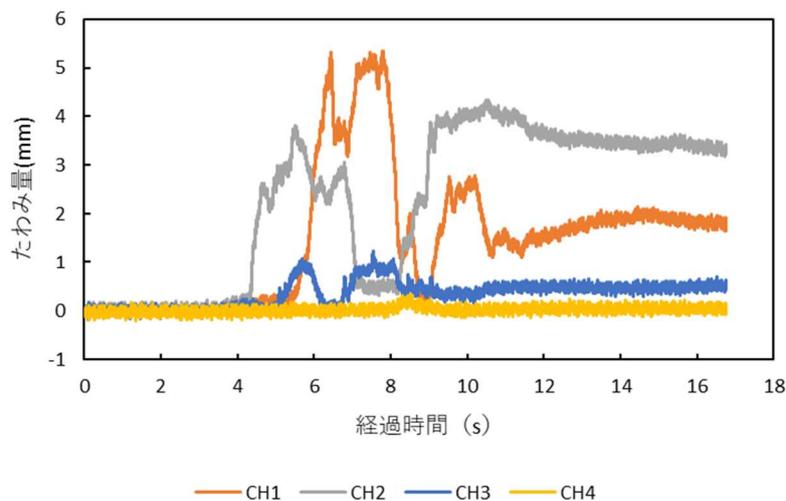


図5 2回目の実験結果

図5からCH4のたわみ量は終始ほぼ0mmであり、12秒以降CH1は平均1.5mmのたわみ量、CH2は平均3.5mmの

たわみ量、CH3は平均0.50mmのたわみ量で安定していることが分かる。また、12秒以降でCH2に70kgの荷重がかかったと考え、理論値と比べると、理論値では、2.296mmであるが、計測値は、約3.5mmであり、1回目の試験と同様に理論値より大きくたわむ結果となった。

6. 考察

破壊の時に見られる上向きの曲線が試験時間後半に見られず、図4と図5のグラフから最後の方のたわみ量が一定になっていることから、ひずみ量が時間経過で変化しなくなったということが分かる。したがって、この車体は70kgの荷重をかけても十分に耐えることが出来る車体であることが考えられる。

7. 結言

今回製作した車体は、70kgの荷重を十分に耐えることが出来る車体であることがわかった。また、従来の車体と作製した車体の比較を表2に示す。

表2 車体の比較

Vehicle name	新車体	旧車体	差
Length(mm)	1450	2350	-900
Width(mm)	560	Upper 520 Lower 300	
Height(mm)	390	220	170
Wheelbase(mm)	300	300	0
Front track(mm)	640	910	-270
Weight(kg)	6.2	7.0	-0.8

従来のアルミフレームよりも約0.8kg軽く車体を作ることができた。従来のアルミフレームを図6に示す。



図6 従来のアルミフレーム

本学生自主研究を通して、エコランカーの車体フレームを軽量化することに成功した。今後のエコランカー製作を行うに当たって今回製作した車体を活用し、学んだことを活かしていきたい。また、今回製作した車体で走行できるようにカウル、足回りなどを製作していきたい。

8. 謝辞

本研究を終えるにあたり、自主研究という貴重な活動の場を与えて下さいました指導教員である小谷光司教授及び小宮山崇夫助教授及び水野衛教授に深く感謝の意を表します。また、試験装置を快く貸し出して下さった野村光由准教授に深く感謝の意を表します。最後に、学生支援スタッフの中村太一氏に感謝の意を表して、本研究の謝辞といたします。

9. 参考文献

実践材料力学, 中原一郎, 養賢堂, 2018年第12版

やさしく学べる材料力学, 伊藤勝悦, 森北出版株式会社, 2019年第3版