

カーボンモノコックフロアの製作

システム科学技術学部 機械知能システム学科

2年 伊藤 淳

2年 佐藤 宏大

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 御室 哲志

機械工学科

助教 施 建

1. はじめに

昨年度、自主研の正式メンバーには入らなかったが、WEMカーやソーラーカーの開発に参加し、CFRPパーツの製作を行ってきた。現在主力の車体はアルミスペースフレームにCFRPの薄いカウルを被せる構造である。CFRPを構造部材として使うためには、強度をきちんと確保できるよう、構造設計と品質の安定した製造技術が必要である。かつて使用されていたCFRPサンドイッチパネルのフロアを持った車体のフロア中央部が壊れて放置されているので、そのサンドイッチパネルを昨年度学んだ知識を活かして、人が乗っても大丈夫なフロアに仕立て、再び走れるところまで制作する。

2. 実施内容

研究初期（6～7月）においては、部材としてのサンドイッチパネルの仕様を選定し、大物パネルをVaRTM法で製作した。研究中期（8月）には、製作したサンドイッチパネルを加工してフロア構造を製作した。研究中期(9～10月)には、バッテリーカーとして走れるように電気系を整備した。研究後期(11～12月)では、フロア構造を分断して作成したために発生したたわみを解消するために車体の補強を行った。研究後期(1～3月)には、より優れたサンドイッチパネルの仕様を検討するために強度試験を行った。

3. 強度試験

フォーマックとは、アクリル系樹脂の独立気泡体で、白色硬質の板状断熱構造材であり、建材、構造材、パネル材、船舶・車輛材などに用いられる。ハニカムとは、接着あるいは、溶接により成型した、六角柱を多数集めて蜂の巣状に成型したもので本実験では、ペーパーハニカムを心材に使用した。

INSTRON3365を使用し、3点曲げ試験を行った。

フォーマックは0～3層、ハニカムは、1～3層のCFRPサンドイッチパネルから試験片を作成し、固定スパンを64mmとして、毎分2mmずつ変位するように荷重をかけ、5mmに達するあるいは破断するまで行った。

下記に試験片の詳細を示す。

表1 フォーマック0層

	質量(g)	長さ(mm)	厚さ(mm)	幅(mm)	密度(kg/m ³)
1	0.6	80.50	10.50	9.55	74.32975
2	0.8	80.20	10.10	10.35	95.42318
3	0.7	80.30	10.00	10.15	85.88483
4	0.7	79.80	9.95	10.70	82.39262
5	0.6	79.60	10.00	10.55	71.44728

表2 フォーマック1層

	質量(g)	長さ(mm)	厚さ(mm)	幅(mm)	密度(kg/m ³)
1	1.9	80.75	10.90	10.20	211.6335
2	1.9	80.60	10.95	10.00	215.2804
3	1.8	80.80	10.90	9.65	211.7909
4	1.8	80.10	10.85	10.20	203.0533
5	1.9	80.40	10.90	10.00	216.8059

表3 フォーマック2層

	質量(g)	長さ(mm)	厚さ(mm)	幅(mm)	密度(kg/m ³)
1	2.0	80.00	11.50	10.50	207.0393
2	2.0	79.90	11.40	10.00	219.5727
3	2.0	79.85	11.35	10.00	220.6781
4	2.0	79.70	11.35	10.00	221.0934
5	2.0	79.70	11.45	10.00	219.1625

表4 フォーマック3層

	質量(g)	長さ(mm)	厚さ(mm)	幅(mm)	密度(kg/m ³)
1	2.5	79.40	11.90	10.00	264.5895
2	2.3	80.20	12.00	9.90	241.3999
3	2.6	80.40	11.80	10.35	264.7860
4	2.3	80.45	11.90	9.30	258.3282
5	2.6	79.80	12.00	10.20	266.1883

表5 ハニカム1層

	質量(g)	長さ(mm)	厚さ(mm)	幅(mm)	密度(kg/m ³)
1	1.6	79.60	9.80	10.70	191.6689
2	1.3	79.55	9.80	10.40	160.3407
3	1.2	79.90	9.80	9.30	164.7879
4	1.4	79.70	9.90	9.90	179.2253
5	1.4	79.80	9.80	9.60	186.4781

表6 ハニカム2層

	質量(g)	長さ(mm)	厚さ(mm)	幅(mm)	密度(kg/m ³)
1	2.4	80.60	10.30	10.50	275.3276
2	3.1	80.80	10.00	9.90	387.5388
3	2.5	79.85	10.20	9.80	313.2123
4	2.8	80.40	10.35	10.80	311.5573
5	2.2	80.45	10.30	10.80	245.8304

表7 ハニカム3層

	質量(g)	長さ(mm)	厚さ(mm)	幅(mm)	密度(kg/m ³)
1	2.8	79.50	10.70	9.70	339.3403
2	2.9	80.40	10.70	10.40	324.1342
3	2.7	80.50	10.80	9.90	313.6960
4	2.8	80.50	10.60	10.30	318.5804
5	2.9	80.50	10.80	9.60	347.4619

図1に各構造の最大荷重が最も高い試験片の荷重-たわみ線図を示す。

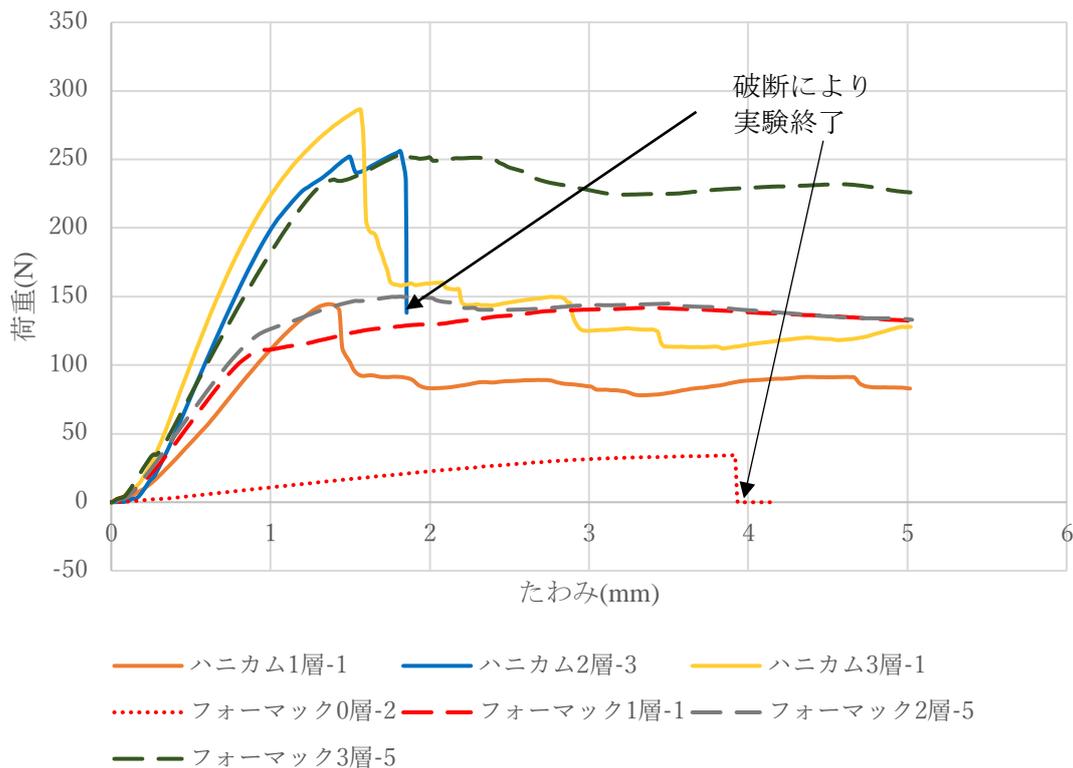


図1 荷重-たわみ線図

図1より、たわみが大きくなった時に荷重が大きくなっているフォーマック3層が最もフロア構造部材に適していると言える。また、フォーマック0層と1層を比較すると荷重が大きくなっている。このことより、CFRP サンドイッチパネルは、高強度軽量部材の製作が可能であると言える。

本実験において、フォーマック1~3層のすべての試験片は破断しなかったのに対して、ハニカム1~3層は、いずれの構造においても、いくつかの試験片が破断した。これは、荷重により、ハニカムからCFRPが剥がれたためであると考えられる。このような製造不良が発生した原因は、製造段階でエポキシ樹脂が過剰に浸透しないよう少量で製作したことや均一に塗布出来なかったことが考えられる。このことから、ハニカムを心材としたサンドイッチパネルは、製作が容易でないと言える。

4. 車体フロアの構成と接合部補強

図2に全体フロア形状を示す。



図2 全体フロア形状

技術力の不足により、フロアを3分割して3分割の中央部のみ製作したため、中央部と後部の接合に大がかりな補強が必要となった。図2に補強箇所周りの写真を示す



図3 車体の補強

5. 自主研究のまとめ

壊れた車体を再び走らせるという当初の目標は、潮風祭で小さな子どもを乗せて走らせることができたことから達成できたと言えるが、技術力の不足により、フロア全体を一枚の板で製作することが出来ず、3分割の中央部のみ製作したため、中央部と後部の接合に大がかりな補強が必要となった。このことから、大きな一体物のパネルの製作が今後の課題となる。

強度試験から、フォームック3層が最も強度が高く、製造が容易であるため、フロアに最も適していると考えられる。また、ハニカムを心材としたサンドイッチパネルは、製作が難しいことがわかった。CFRP サンドイッチパネルは、フォームック0層と1層との比較から、高強度軽量部材の製作が可能であると言える。

自主研究という貴重な活動の場を与えてくださり、ご指導賜った御室哲志教授、施建助教授に感謝致します。境英一助教授には、強度試験を行うにあたって、多大な助言を賜りました。感謝致します。また、CFRP サンドイッチの製作方法など多大な助言を賜った学生支援スタッフの増淵陽支氏、菊地幸太氏をはじめとする多くの先輩方に感謝申し上げます。