

16. 第5回全日本学生フォーミュラ大会参戦車両の カウルの設計・製作

(代表)	塚野 孝俊	(工学部機能機械工学科	4年)
	木村 徹	(工学部機能機械工学科	4年)
	齋藤 浩一郎	(工学部機能機械工学科	4年)
	杉浦 達矢	(工学部機能機械工学科	4年)
	島田 祐介	(工学部機能機械工学科	4年)
	五十嵐 佳介	(工学部機能機械工学科	3年)
	岩崎 真人	(工学部機能機械工学科	3年)
	小松 祝	(工学部機能機械工学科	3年)
	佐田 裕介	(工学部機能機械工学科	3年)
	広瀬 利次	(工学部機能機械工学科	3年)
	福井 龍也	(工学部機能機械工学科	3年)
	水上 勝博	(工学部機能機械工学科	3年)

指導教員

榎本 啓士 (工学部機能機械工学科 熱機関研究室)

研究概要

1. 背景と研究目的

金沢大学フォーミュラ研究会は、2003年から全日本学生フォーミュラ大会に出場している。全日本学生フォーミュラ大会は、日本自動車技術会が主催する、工学を学ぶ学生を対象にしたフォーミュラ大会である。審査は、単にタイムを競うだけでなく、大きく分けて静的審査と動的審査に分けられている。静的審査では設計・製作技術、コスト分析力、プレゼンテーション能力が審査され、動的審査では加速性能、旋回性能、燃費、耐久性能が審査される。

この大会に参戦するに当たって、当チームではフォーミュラカーのカウルを、過去4回製作している。工程のアウトラインはチーム内で確立しているものの、製作者の技術によって仕上がりに大きくばらつきが生じる。さらに、毎年製作責任者が代わる為、チームとしての製作経験ではなく、製作者の技量を向上させることが重要である。実際に現状では、同じ面積と同じ積層回数にも関わらず、製作者によって重量と強度に大きな差を確認している。これらの経験から、昨今では写真や口伝のみでは伝承できない技術として認識している。そこで、FRPの仕組み等を改めて資料として構築すると共に、短期間に幾つかの方法でモデルの製作を行い比較、検討して、今後数年に渡って当チームの財産と成るような製作工程と伝承方法(資料等)を確立する事を目的とする。

2. カウルの概要

学生フォーミュラ大会ではモノコック構造やセミモノコックも許可されているが、コストと製作性から当チームではスペースフレームを利用している。カウルはこのスペースフレームに溶接した数個のブラケットにより締結される。フロントカウルでは 6 箇所程度により締結される。この状態でカウル自身の自重を支え、走行中の空気力に耐えられる剛性と強度を満たさなければならない。さらに出来る限り軽量であり、美観にも優れる事が求められる。

また、カウル以外にもエンジンの吸気系部品やシート等も FRP によって製作している。

3. 過去製作したカウルと問題点

では、過去に製作したカウルとその製作工程の問題点をあげる。

- (1) 脱型不良により、型の破損を招いたり、製品を傷つけてしまった。
- (2) 層間気泡が残り、美観が悪く割れの原因と成ってしまった。
- (3) 安全衛生への配慮が行き届いていなかった。

以上のような問題点を踏まえて製作法を以下のように述べる。



図 1 KF2003



図 2 KF2004



図 3 KF2005

4. FRP 製作法

4.1 材料

(1) 繊維

FRP 構造とその強度を受け持つ。

・ガラスマット(チョップドストランドマット)

ガラス繊維をマット状にしたもので、強度の方向性がなく厚さを必要とする。FRP 成型品には最も経済的な基材として用いられる。主に型に用いている。

・ガラスクロス(ロービングクロス)

ロービングクロスはロービングを織ってクロスにしたもので、ハンドレイアップ用に開発されたものである。強度が強く、厚手の成型品を均一な厚みで積層する事が出来る。カウル製品にはこれを用いる。

・カーボンクロス

剛性に優れるが、高価である。

(2) 樹脂

主な役割として次のようなものがある。

- ① 繊維と繊維を結合させる。
- ② ガラス繊維の表面を保護する。
- ③ FRP に耐水，耐薬品性の特徴をもたせる。
- ④ FRP の物性，熱的性質を変えることが出来る。

(ゲルコート用樹脂)

成型を行う時に，型の表面に 0.3～0.5mm の厚さに着色樹脂だけを塗布し，それが硬化した後，その上にガラス繊維とポリエステル樹脂を積層し，硬化させて一体のものとする。このように作られた FRP 製品の方に接していた表面にはガラス繊維を含まない樹脂だけの層が出来る。そして，この層のことをゲルコート層という。

ゲルコートの目的

(I) FRP 製品の保護

表面にゲルコート層があるので，軽い傷などはこの層だけで済み，補強材であるガラス繊維を傷めることがない。

(II) 耐水，耐薬品性の向上

表面にガラス繊維が露出しない為水や薬液などしみこまず製品の耐水，耐薬品性が向上する。

(III) 耐候性の向上

ゲルコート用樹脂は一般積層用樹脂よりも耐候性があるので FRP 成型品の耐候性が向上する。

(IV) 美観

製品の外表面を仕上げ加工しなくても，光沢のある美しい表面仕上がり状況が得られる。

注意 ポリエステル樹脂の保管

樹脂は冷暗所に保管するのが最も良い，直射日光は絶対に避けること。また，長時間経た樹脂は粘度が高くなり缶の中でゲル化してくる。そして硬化特性が変わってくるから，3ヶ月以上たった樹脂は使用前に必ずテストしたほうが良い。

(3) 硬化剤(触媒)

代表的なメチルエチルケトンパーオキシド(MEKPO) (55%溶液)はポリエステル樹脂の重量に対して，0.5～2.0%で使用する。

FRP の常温硬化の場合に触媒を樹脂に加えてからゲル化するまでの時間を可使時間，ポットライフまたは常温ゲルタイムなどと呼んでおり，一般に温度が 10℃上昇すれば可使時間は約 1/2 弱に短縮される。

触媒，温度によるポリエステル樹脂の硬化特性の他に使用する樹脂の多少によって硬化時の発熱温度が大きく左右される。

※ 一度に幾層もの積層は行わない

比較的小さい面積の成形部分では短時間に相当厚く積層することが出来るために、極端な場合には手を触れることができないほどの発熱を生じ、積層した部分が赤みをおびて、異様な臭いが出てくる。こういった場合、樹脂の性能すなわち FRP としての性能は期待できなくなる。気温、触媒量を考慮して積層は回数を分けて、高発熱を避けて行った方が良く、特に重ね合わせ部やコーナー部は発熱が多くなり易いので注意する。

4.2 雄型製作

まず、一対一で印刷した図面を型紙にして木枠を切り出します。この時、後で上にパテを盛るのを考えて少し小さめに切っておく。それを組んで図4のように型の基礎にする。

これに図5のように、2液式の発砲ウレタンを充填し、固まったら、余計な部分をのこぎり等で切り落とす。

そして、パテを盛ります。ここでは削りやすいポリパテを使います。このパテは厚塗り用と仕上げ用を使い分ける事で、作業時間の短縮をはかる。



図4 木枠



図5 発砲ウレタン充填



図6 パテ成形

4.3 離型処理

まず、型についたゴミやホコリを良く除去しておきます。

そして、ワックスを塗布します。ワックスが凸凹に固まると型が抜けなくなる原因となるので少量を少ない面積に塗布し、繰り返拭いて順次全面に行き渡るようにする。乾燥時間をおいて、何度も繰り返しキズが埋まるまで十分に刷り込む。

次に塗布する PVA は溶剤が蒸発すると薄い皮膜が出来て、これが離型膜となる。出来るだけ薄く塗る方が乾燥が容易であり、ムラや気泡のない綺麗な膜が出来上がる。



図7 離型材



図8 PVA 塗布

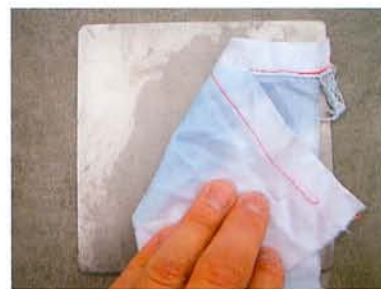


図9 WAX 塗布

4.4 積層

重量比でポリエステル樹脂に硬化剤を混合し型に添って機材に樹脂を染込ませる。この際4.2で述べた様に、一度に多くの層を積層しないようにする。厚いと局所的に発熱が激しくなり、いくら積層時に空気を抜いても固まる際に、樹脂自身が沸騰し発泡する。何層も積相する際は、前の層が固まるのを待って、次の層を積層する。

均一かつ空気が入らないように注意し、積層する。



図10 積層1



図11 積層2

5. 安全衛生

5.1 保護具

ゲルコート吹き付けの際だけでなく、積層時にも有機溶剤用マスクを着用しなければならない。

ガラス繊維機材の裁断、積送品の切断、サンディング等を行う際には防塵マスクを着用する。サンディング時には保護メガネを必ず着用する。

5.2 清潔、清掃

床のチリ、ほこり、泥砂等は積層作業中に履物について積層品の内部に落下したり、飛び散ったりして、欠陥の原因となる。

6. 結論

3.で挙げた問題点の原因を得て対策を含めた工程を構築する事が出来た。具体的には、樹脂の硬化温度の管理、離型剤WAXの塗り方と安全衛生である。しかし、樹脂の硬化温度の管理は定量的な指標を得るまで至っていないので、更なる研究が必要である。

また、この報告書の内容以外にも剛性試験等を行い評価した上でのカウル設計とう行ったが、紙面とまとめの関係上割愛した。

残された課題は、より軽く作るためのバキューム技術の評価やポリエステル以外の樹脂(エポキシ等)の評価である。これらの課題には継続して取り組みたい。