

CFRTP 製自動車用部品の最適構造設計

日大生産工(院) ○大高 元喜 日大生産工 染宮聖人 日本生産工 平山 紀夫

1. 緒言

航空機や自動車の燃費向上を目的として、比強度・比剛性に優れる炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(以下、CFRTP)の開発が活発に行われている。しかしながら、CFRTPの成形では金型を使用したプレス成形や射出成形が一般的であるため、成形が可能な成形形状が限定されている。

近年では、複雑な3次元形状の製品に対して、3次元CADデータをもとに立体造形できる3Dプリンタが注目されている。特に、PA6をマトリックスとし、長繊維の炭素繊維を積層造形の強化繊維とする3Dプリンタが開発されており、それをを用いた試作結果も報告されている¹⁾。

筆者らは、CFRTP製自動車用構造部品の1つであるサージタンクを有限要素法 (Finite Element Method, FEM) を用いて構造設計し、3Dプリンタで作製した結果、36.7 %の軽量化を実現した。一方で、自動車の出力特性の向上を実現するためには、サージタンクの大型化が要求されるが、現在の設計ではサージタンク内部に発生する負圧によって、サージタンクが破損する可能性がある。

そこで本研究では、汎用的なFEMソフトに具備されている形状最適手法を用いて、補強リブ付きサージタンクの剛性最大化を目的とする。本報告では、容積の異なる2種類のサージタンクを対象とした静的構造解析を実施し、サージタンクに生じる最大相当応力が設計要件を満たすかどうかを調査した。

2. 自動車用部品の概要

本研究では、学生フォーミュラで使用されるサージタンクを設計対象とした。この自動車用サージタンクは、エンジンの吸気系において吸気脈動を抑制して出力特性を安定させるために、スロットルバルブとインテークマニホールドの間に設置されるタンクである。サージタンク内はほぼ負圧に保たれており、空気が貯まり正圧になることはほとんどない。

3. 解析方法

3.1. 設計条件

サージタンクは、第22回学生フォーミュラ日本大会のレギュレーションに基づき、上部及び下部の2分割部品と締結用のボルトのモデリングを行った。また、サージタンク内部に発生する圧力は、アクセルをオフにした際の負圧のみと仮定した。この負圧は、スロットルバルブが完全に閉じないため、101.3 kPaを超える圧力は発生しないという前提で設定した。さらに、サージタンクは繰り返しの荷重がかかる自動車用部品であるため、安全率は5とした。

3.2. 解析モデル

現在の学生フォーミュラに搭載されているサージタンクをFig.1に示す。Fig.1に示すように、サージタンクの容積は約1.25 Lである。一方で、学生フォーミュラ用エンジンの出力が最大となるサージタンクの容積は2.5 Lであるため、本研究ではFig.1のサージタンクの容量を拡大し、2.5 Lのサージタンクを設計した。

Optimal Structural Design of Automotive Components using CFRTP

Genki OTAKA, Masato SOMEMIYA and Norio HIRAYAMA



Fig.1 Surge tank for student formula

3.3. 解析条件

本研究では、FEM解析においてANSYS Workbench 2024 R1を使用し、静的構造解析を実施した。解析対象は、サージタンクの容積が1.25 Lと2.5 Lの計2種類のモデルである。境界条件は、サージタンクの内面全体に506.5 kPaの負圧を与えた。また、拘束条件はスロットバルブおよびインテークマニホールドとの接続部2箇所を完全に固定した。CFRTPナイロンにマイクロカーボンを充填させたOnyx（Markforged社製）を使用した。Onyxの材料物性値をTabel 1に示す。

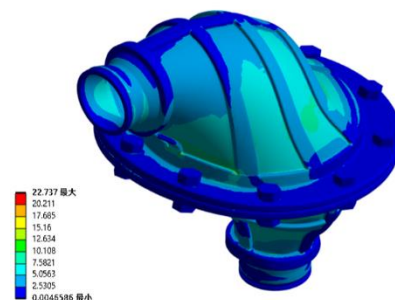
Table 1 Material properties of CFRTP

Modulus of elasticity	1.4 GPa
Poisson's ratio	0.3
Yield stress	30 MPa
Density	1.2 g/cm ³

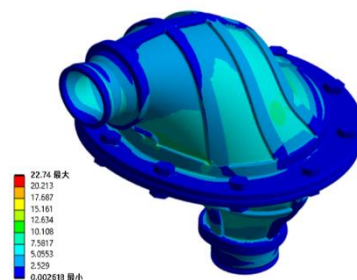
4. 解析結果

サージタンクの容積が1.25 Lと2.0 Lのモデルに対して、静的構造解析を実施し、その相当応力のコンター図をFig.2に示す。Fig.2(a)に示すように、サージタンクの容積が1.25 Lモデルの最大相当応力は約22.7 MPaであった。同様に、Fig.2(b)に示すように、サージタンクの容積が2.0 Lモデルの最大相当応力も約22.7 MPaであることがわかった。また、どちらのモデル

でも、サージタンクの上部で最大相当応力が発生していることが確認できた。



(a) Surge tank with 1.25 L volume



(b) Surge tank with 2.5 L volume

Fig.2 Contour diagram of equivalent stress

5. 結言及び今後の展望

本研究では、容積の異なる2種類のサージタンクに対して構造解析を実施した。その結果、どちらのモデルも、Onyxの降伏応力である30 MPaを下回っていることが確認された。今後は、形状最適手法を用いて補強リブ付きサージタンクの剛性最大化を実施する。

参考文献

- 1) MarkForged Company, US,
<http://markforged.com/>
- 2) F. V. Klift, Y. Koga, A. Todoroki, M. Ueda, Y. Hirano, R. Matsuzaki, 3D Printing of Continuous Carbon Fibre Reinforced Thermo-Plastic (CFRTP) Tensile Test Specimens, Open Journal of Composite Materials, Vol.6, No.1(2016).