



学生フォーミュラ 「安全設計特別賞」について

塚野 孝俊（金沢大学 工学部 機能機械工学科 4年）

1. はじめに

私たちは車輛の回頭性能向上を目指し、車輛全体のヨー慣性モーメントを減少させようという目標を掲げて、車両の重心から遠い位置に搭載されるインパクトアッテネータ（以下 IA と表記）に注目した。

レギュレーションで規定される要件を確実に満たし、より軽量の IA を開発する事を目指した。

そこで CFRP モノコック IA を新たに開発し、過去に製作した鋼管スペースフレーム IA, アルミモノコック IA と比較して本年度搭載する IA を決定した。

なお、CRRP モノコック IA の開発は工学部人間機械工学科を昨年卒業した平野栄治が担当したが、今回は代表して塚野が執筆した。

2. 検証法

2.1 レギュレーションの解釈

レギュレーションにより定められている条件を以下に示す。

3.3.6.4 インパクトアッテネータデータの要求について

チームは使用するインパクトアッテネータを総質量 300 kg (661 lbs) の車両の前部に装着し、硬くて座屈しない衝突バリアに 7 m/s (23.0 ft/s) で衝突させた時に車両の平均減速度が 20 G を越えないことを示す計算または試験データを提出しなければならない。

2.2 方法論

2.1 で述べたレギュレーション 3.3.6.4 項の規定により平均荷重が

$$F_{\max} = M \times 20G = 300 \times 20 \times 9.81 = 58.86 \text{ [kN]} \dots (1)$$

を超えない範囲で、

$$E = \frac{1}{2} MV^2 = \frac{1}{2} \times 300 \times 7.0^2 = 7.35 \text{ [kJ]} \dots (2)$$

のエネルギーを吸収できることを証明する。

その証明方法として、動的に破壊する試験が困難な為、衝撃圧潰試験に代えて万能試験機による静的圧潰試験による荷重値やエネルギー値を代替した。

図 1 にその様子を示す。突然の大きな音と共に潰れていく IA を恐る恐る観察しながら試験していました。



図 1 試験風景

3. CFRP モノコック IA の開発

3.1 予備試験

図 2 に CFRP モノコック IA の静的圧潰試験前と試験後の状態を示す。図 2 より CFRP モノコック IA の圧潰時には試料壁面が試料の内側及び外側に変形し、同時に材料内に細かな破壊が発生していた。本試験で用いた 6 層積層モデルの発生荷重を断面積で除すことで単位断面積当りの発生荷重を求めた。



(a) 圧潰前



(b) 圧潰後

図 2 予備試験モデル

3.2 荷重-変位曲線の予測

試料の肉厚が試料上部から下部へ向かって断面積が一定の比率で増加するテーパ形状と仮定して、3.1 で求めた単位断面積当りの発生荷重から、仮定した形状のCFRPモノコックIAの荷重-変位曲線を計算した。さらに、仮定した形状を再現して上部から順に積層数を増加させたCFRPモノコックIAの試料を作り、静的圧潰試験を行った。計算結果および試験結果を図3に示す。また、図3より変位の増加に伴い、荷重も増加していることがわかる。計算結果と試験結果は同様の荷重変化を示していることから、断面積を変化させることで圧潰時の荷重変化を任意に設計することができると思われる。これにより数を断面積のみに限定でき、成形自由度の高さから断面積を容易に変えることのできるCFRPモノコックIAは、設計の容易さという面からも優れていると考えた。

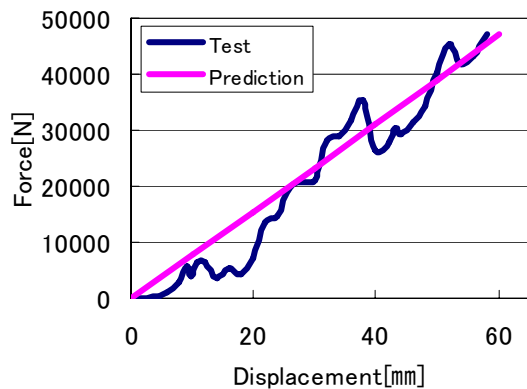


図3 荷重-変位曲線

3.3 車輻搭載モデルの設計1

上記3.1と3.2で得られた情報から車輻搭載モデルを設計した。コスト削減と軽量化の為にカウルと一体構造とした。

積層数は均一としたIA (Case A) を試作、圧潰試験を行った。その結果、先端部分の強度が高すぎるため、取付部から破壊が進行し、予測した荷重-変位曲線を得ることができなかった。

3.4 車輻搭載モデルの設計2

Case Aの反省から、以下の改良を行ったIA (Case B) を設計した。

- ・ nose headの積層数を小さくする。
- ・ 取付部積層数を大きくする。
- ・ 継ぎ目は角ではないところにつける。

このCase Bの結果、変位が150 mmを超えるまでは、取付部からの破壊は起こらず、2007 FSAE rulesを満足する結果を得た。実験後のIAの図4に示す。

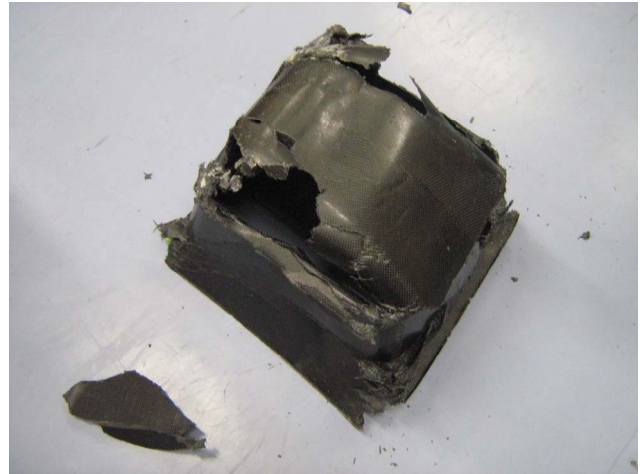


図4 実験

4. 比較

表1に私どもが過去に製作したIAの重量と吸収エネルギーを示す。これから、最軽量で2.で揚げた必要な吸収エネルギーを確保していることが分かる。したがって、本年度車輻にこのCFRPモノコックIAを搭載する事を決めた。

表1 IA比較

	重量[g]	吸収エネルギー[J]
アルミモノコック	2040	2042
鋼管スペースフレーム	1500	7362
CFRPモノコック	560	7991

5. 今後の課題

より最適な減速加速度曲線が得られる積層数の組合せを形状と出来る可能性が十分にある。

また、実際に車輻に搭載する際は、ボルトで4点で取り付けたが、衝突した際にこれが十分な強度を確保出来ているかを検証しきれてない。

6. 受賞の感想

受賞の一声を聞いた瞬間は、本当に全く予想して無くて驚くばかりでした。ただ単純に安全性能のみを重視したのではなく、衝突安全と車輻性能を両立させようとしたコンセプトに、このような評価を頂いた事が大変うれしく今後の開発への一つの指針を頂いたように思います。

IAなど個々の部品の性能だけでなく車輻全体としての安全性能の実現を目指した設計を後輩に期待します。

参考文献

- (1) 2006 Society of Automotive Engineers : 2007 Formula SAE Rules