

ハイブリッドクラッシュボックスの CAE 解析手法開発

総合理工学研究科 准教授 梶原 伸治

1. はじめに

自動車には衝突安全性の向上が求められており衝撃吸収部材には、軽量化と優れた衝撃エネルギー吸収性能の両立が必要とされている。そこで本研究では衝撃 CAE 解析ツールを用いて、カーボン短繊維を混練した PA66 射出プラスチックを射出成形によって作成した単体モデルとアルミ板およびカーボン長繊維を貼付けたハイブリッドモデルの荷重・総エネルギーを比較し、高衝撃吸収性能を有する衝撃吸収部材を明らかにすることを目的とした。

2. 衝撃吸収部材および解析方法

供試体については、一般的な自動車生産のタクトタイムの 1 分で作成できる形状・手法を検討した。衝撃吸収部材を図 1 に示す。主要素材は、熱可塑性樹脂にカーボン短繊維を混練したもの（以下、Short Fibers CFRP と略す）を用いた。比較材として PA66 の単体モデルと平面部に A5052, CFRP(long fibers), それ以外に PA66, CFRP(short fibers)を使用したハイブリッドモデルを用いた。

衝撃 CAE 解析は、MSC 社製 Dytran 2008r1 を使用した。なお、三次元シェル要素を用い、要素数は約 1000、解析時間は Dell 製 T5500(CPU:Xeon5360)メモリ 4GB で約 10 時間であった。また、衝突速度は垂直落下式試験と対応させ 4.5 m/s と設定し、それぞれの吸収エネルギーを比較するため、変位を 30mm とした。

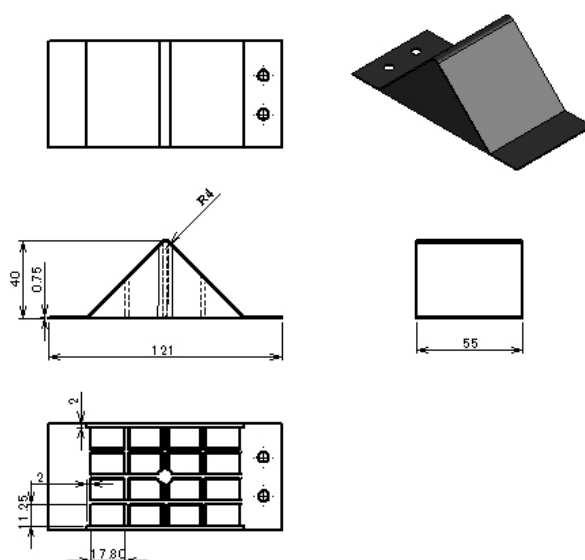


図 1 衝撃吸収部材

3. 衝撃吸収部材の作製方法および作製条件

3.1. 衝撃吸収部材の作製手法

衝撃吸収部材の成形プロセスを図2に示す。成形プロセスは、まず、熱可塑性長繊維 CFRP またはアルミ板 (A5052) を金型にセットし (i), Long Fibers CFRP を加熱する。ただし、アルミ板 (A5052) は加熱なし。次に、型締め (iii), Short Fibers CFRP または PA66 を射出成型 (iv) し、型開き (v), 製品の取出し (vi), である。

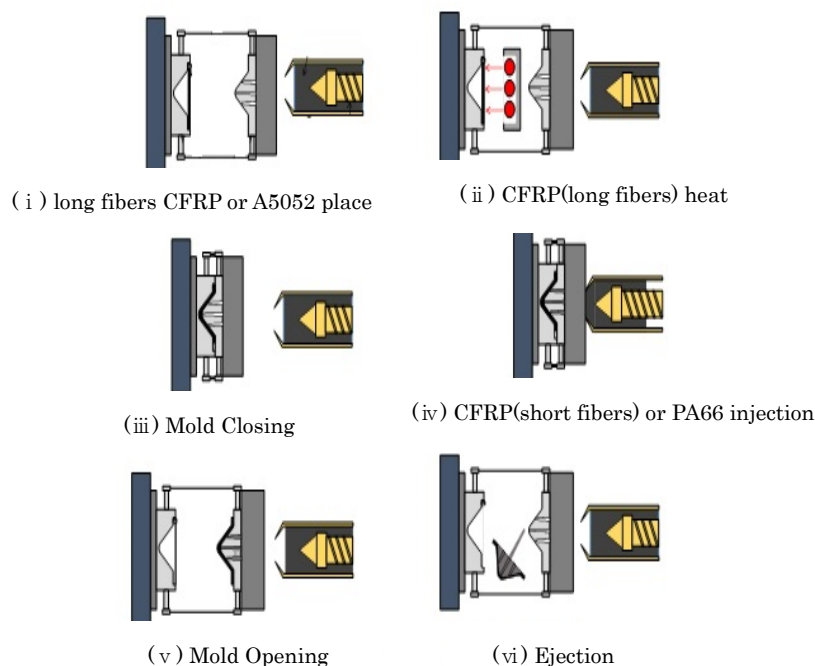


図2 成形プロセス

3.2 作製条件

衝撃吸収部材の作製条件を図2に示す。基本材料である short fibers CFRP および PA66 モデルの作成条件を表1に示す。PA66-A5052 モデルの作成時には PA66 モデルに比べて冷却時間が 10 秒余分にかかる。すなわち、CFRP(short fibers)-CFRP(long fibers)モデルの作成時には CFRP(long fibers)の加熱時間が発生するため CFRP(short fibers)モデルに比べて 90 秒かかることがわかる。

Table 1 Making Condition

	Short Fibers CFRP	PA66
Injection Speed, mm/s	60	40
Max. Injection Pressure, MPa	80	60
Pressure Keeping, MPa, sec	60MPa 3sec	40MPa 3sec
Cycle Time, s	25	25

4. CAE 解析結果および考察

4.1 衝撃吸収時の形状

CAE 解析により得られた衝撃吸収の形状例として, Short Fibers CFRP と Long Fibers CFRP のハイブリッドモデルの変形図を Fig. 3 に示す. この図より変位が 20 mm, 30 mm と大きくなると上部の Long Fibers CFRP の影響でペントルーフの斜面部分が外側に変形していることがわかる.

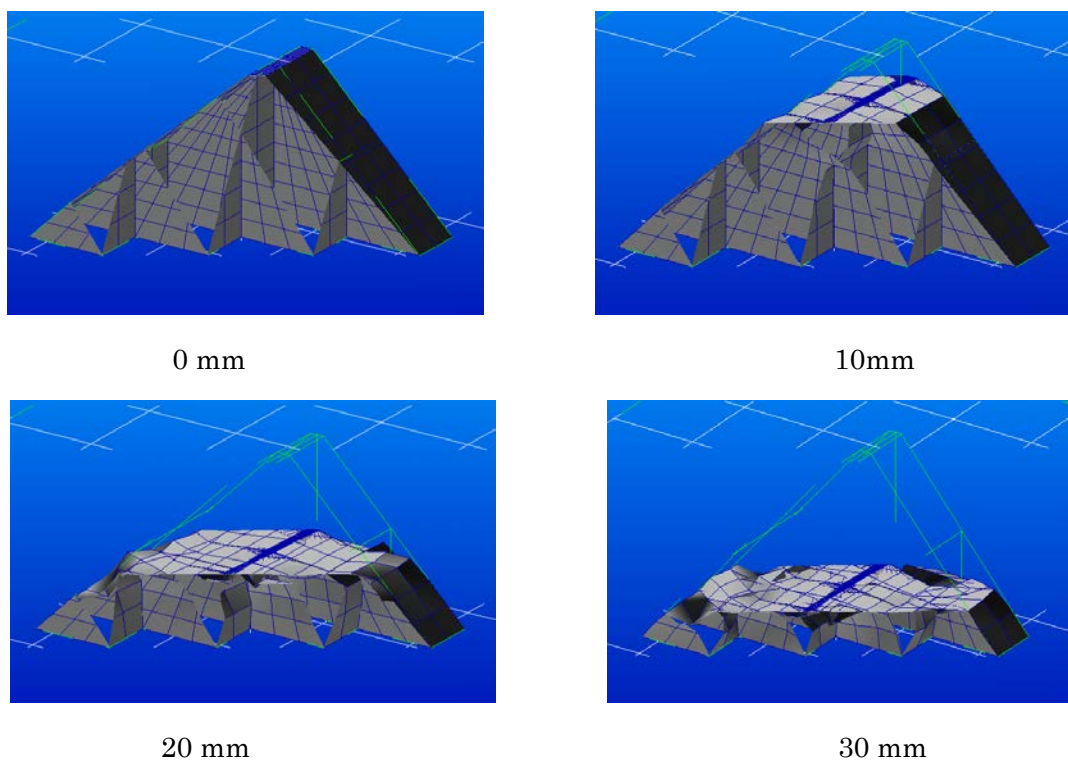


図3 CAE 解析結果(Short Fibers CFRP–Long Fibers CFRP)

4.2 衝撃吸収荷重と総エネルギー

4 つのモデルの荷重と距離の関係を図 4 および総エネルギーを Fig. 5 にそれぞれ示す. Fig. 4 より, PA66 モデルと PA66–A5052 モデルを比較すると, 荷重は PA66–A5052 モデルが PA66 モデルよりも荷重が大きいことがわかる. さらに, ①–②間では, 短いリブに衝突しているが, その際の荷重は PA66 が 28.5kN から 53.0kN に約 86.2%の上昇に対し, PA66–A5052 では 31.9kN から 50.5kN へと約 58.3%の上昇と変化は小さくなった. これはアルミの延性がカーボンの脆性破壊の衝撃を吸収することであると考える. さらに Fig. 5 より, Total Energy は PA66 に対して PA66–A5052 は約 13.2%吸収エネルギーが大きいことがわかった. すなわち, PA66–A5052 の方がエネルギーを安定に吸収でき, エネルギー合計も大きいので PA66 より優れていることがわかった.

さらに, CFRP における荷重を比較すると, Short Fibers CFRP–Long Fibers CFRP モデルが荷重が大きい. ①–②間で短いリブへの衝突時に発生する荷重上昇率は Short Fibers

CFRP-Long Fibers CFRP が 82.0kN から 113kN への約 37.7%であった。一方, Short Fibers CFRP モデルでは, 77.8kN から 106kN へと約 36.3%変化へと小さくなった。また, 図 5 の Total Energy を比較すると Short Fibers CFRP-Long Fibers CFRP モデルが約 18.7%大きいことがわかる。

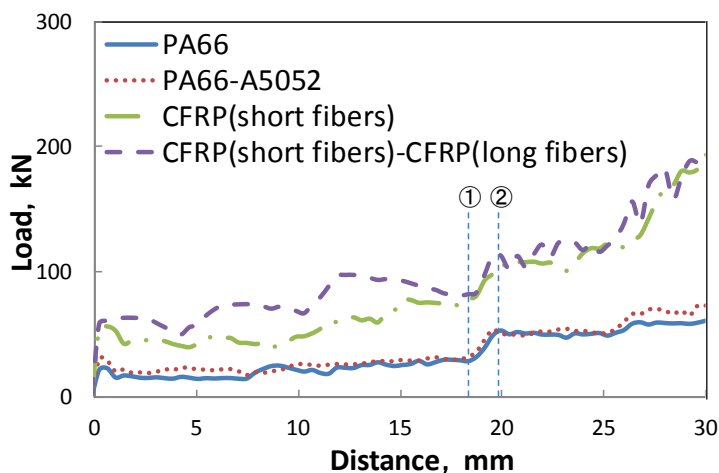


図 4 PA66, PA66-A5052, CFRP(short fibers) and CFRP(short fibers)-CFRP(long fibers)

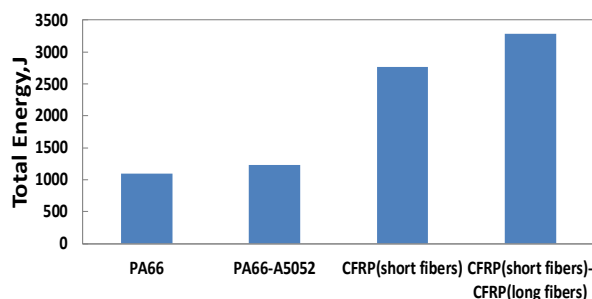


図 5 Comparison of The Total Energy

5. おわりに

衝撃 CAE 解析ツールを用いて, カーボン短繊維を混練した PA66 射出プラスチックを射出成形によって作成した単体モデルとアルミ板およびカーボン長繊維を貼付けたハイブリッドモデルの荷重・総エネルギーを比較した。得られた知見を以下にまとめて記す。

- (1) 衝撃 CAE 解析によって自動車用ハイブリッドクラッシュボックスの解析が可能となった。
- (2) 単体モデルに比べてハイブリッドモデルの方が優れていることがわかった。
- (3) 今後, クラッシュボックスの設計では傾斜角を検討し, 短いリブに衝突した際により安定した衝撃吸収が可能になるような素材・形状を検討する必要がある。

6. 参考文献

1. 中井智彦, 梶原伸治, カーボン/アルミを用いた衝撃吸収性能の実験的解析, 2014年度学生自動車技術研究会講演論文集, Vol. 31, pp. 58-59, 大阪, 2015年2月
2. 川原福次郎, 梶原伸治, 自動車用ハイブリッドクラッシュボックスのCAE解析手法開発, 2014年度学生自動車技術研究会講演論文集, Vol. 31, pp. 58-59, 大阪, 2015年2月
3. 成田航, 梶原伸治, カーボンを用いた自動車用クラッシュボックスに関する実験的研究, 2013年度学生自動車技術研究会講演論文集, Vol. 30, pp. 90-91, 大阪, 2014年2月
4. 高田浩輝, 梶原伸治, カーボンを用いた自動車用クラッシュボックスに関する研究, 2013年度学生自動車技術研究会講演論文集, Vol. 29, pp. 22-23, 寝屋川, 2013年2月
5. Shinji Kajiwara, New Suspension Mechanism Using Camber Thrust for a Formula Car, International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering, Vol. 8, No. 2, pp. 180-187, 2014
6. Shinji Kajiwara, Improvement of Car Performance Limits Through Camber Control, International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 3, No. 5, pp. 1221-1226, 2014
7. Shinji Kajiwara, Parameter Study of a Step-climbing Machine for Heavy Load Carrier, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 26, No. 3, pp. 341-348, 2014
8. Shinji Kajiwara, Automobile Collision Behavior Using Mechanism CAE Analysis, International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 3, No. 5, pp. 935-939, 2014
9. Shinji Kajiwara, Effect of the check ball and inlet position on hydraulic L-shaped check ball behavior, Journal of Fluids and Structures, Vol. 48, pp. 497-506, 2014
10. 梶原伸治, 田中達也, 油圧L字配管チェックボール挙動の実験的解析, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 44, No. 1, pp. 23-28, 2013
11. Shinji Kajiwara, Experimental Observations of the Fluid Flow Within the L-Shaped Check Valve Design, The International Journal of Fluid Power, Vol. 14, No. 1, pp. 17-24, 2013
12. Shinji Kajiwara, Tatsuya Tanaka, Experimental Analysis of Check Ball Behaviors for L-shaped Pipe, International Journal of Fluid Power System, Vol. 6, No. 1, pp. 1-7, 201