

CFRP による最適自動車構造の検討

Study on optimal automotive structure made by CFRP

学籍番号 090863

後藤 壮滋

指導教員

高橋 淳

(平成 23 年 2 月 3 日提出)

Keywords: 自動車, 軽量化, 有限要素法, CFRP, CFRTP

1. 序論

近年、ますます地球環境問題が深刻化し、中でも特に石油依存性の高い運輸部門のエネルギー消費が問題視されている。運輸部門におけるエネルギー消費のほとんどは自動車輸送であり、今後ますます増える自動車輸送に対して、現在様々な省エネルギー技術が検討されており、その一つに車体の軽量化による燃費の向上がある。

そこで、車体に使われる基礎素材の比較検討を行った結果、高い比強度、比剛性に加えて量産性、リサイクル性に優れた CFRTP が車体の軽量化を行う上で最良の材料であることがわかった。そのため本研究では CFRTP を用いた自動車のボディの強度や剛性について解析し、その最適な材料形態や軽量化率について検討した。

2. 鉄鋼車体の特性評価

2.1 FEM 解析モデル

本研究では、計算時間なども考慮し、シェル要素による単純なモデル(Fig.1)を用いた。このモデル(鉄鋼では合計 350kg)はパネル部材とフレーム部材からなり、ここではまずその割合が車体特性に及ぼす影響を検討した。

2.2 部位別の鉄鋼の材料特性

パネル部材には降伏応力 250MPa、強度 450MPa、破断ひずみ 30%、フレームには降伏応力 350MPa、強度 600MPa、破断ひずみ 22%の材料を用いた。

2.3 評価項目と各基準値の決定

車体特性の評価項目は、ねじり剛性、曲げ剛性、衝突強度の 3 点とした。

(1) ねじり剛性の評価

車両の前先端部の両側にそれぞれ上下の集中荷重をかける。この解析で得たたわみ量をホイールベース間距離の 3 乗で割り、車体サイズに依存しないねじり剛性の評価を行う。なお各種文献よりこの値が 100 前後となることが車体として満足すべき基準値であるとした。

(2) 曲げ剛性の評価

ホイールベースの中央に集中荷重をかける。このとき得たたわみ量をホイールベース間距離の 3 乗で割り、車体サイズに依存しない曲げ剛性の評価を行う。なおこの値は 100~300 を基準とした。

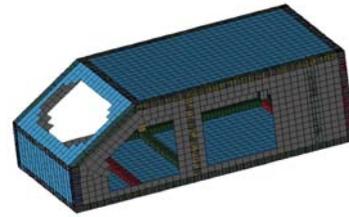


Fig. 1 FEM analytical model.

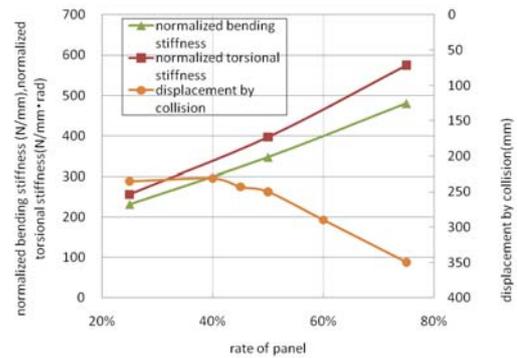


Fig. 2 Relationship between weight-rate of panel and mechanical properties of steel body.

(3) 衝突強度の評価

車両の側面から重量 950kg の物体を 11m/s (≒ 40km/h) で衝突させる。これを受けた車体の、衝突された部分のパネルのたわみ量で評価する。

2.4 解析結果

鉄鋼 350kg のボディの解析結果を Fig.2 に示す。ねじり剛性はパネル重量の割合がどの値でも基準を大きく超え、このモデルはねじりに強い構造であるといえる。曲げ剛性に関してもほぼすべての割合で基準値をクリアしている。衝突を受けた部分の変位に関してはパネル重量の割合が 40% になるまではほぼ横ばいであるが、これを超えると徐々に変位が大きくなっていった。

以上のことから、今回の解析では、剛性は十分確保されているため衝突強度を最重要視して、さらにできる限り剛性が高い点を最適割合とした。Fig.2 から、鉄鋼 350kg のボディではパネルが 40% の時が最適割合となる。

このときの曲げ剛性と衝突変位を以下の解析での剛性と衝突強度の基準とした。

3. CFRTP 材料特性の評価実験

ボディに CFRTP を適用するためにはその性質について知る必要がある。そこで解析を行うために必要な物性を得るために、CFRTP(Vf=47%)の3点曲げ試験、引っ張り試験を行った。

3.1 3点曲げ試験の結果

応力ひずみ線図 (Fig.3) はややバラツキを示すものの、強度は350~400MPa、弾性率は約26GPaであった。また、降伏後は応力が徐々に下がっていったが、これは最大荷重後に一気に荷重保持力が低下するCFRPとの大きな違いであり、弾性変形後の材料特性が影響する衝突強度においてCFRPよりも優れた結果が期待できる。

3.2 引っ張り試験の結果

応力ひずみ線図 (Fig.4) はややバラツキを示すものの、強度は約350Pa、弾性率は約34GPaで、曲げモードと異なり最大荷重後は破断した。

4. CFRTP 車体の特性評価

4.1 解析モデル、解析に用いる材料特性

モデルは Fig.1 のものを引き続き利用した。材料は実験で得たデータを利用し、剛性は34GPa、強度や降伏後の応力ひずみ線図は、3点曲げ試験の実験データを使った。

4.2 解析結果

重量160kg、180kg、200kgのCFRTP車体に関する曲げと衝突の解析結果を Fig.5 に示す(本解析で用いたモデルはねじりには十分に強い構造なので、結果の表示は割愛する)。CFRTPは鉄鋼材料に比べ比強度も比剛性も高いが、特に比強度のほうが高いため、衝突に強かった。そのためパネルの割合が高い場合でも衝突に十分耐えることが出来た。つまり、剛性設計の観点だけならばパネルだけ(すなわちモノコック構造)がボディを最も軽くできるが、鉄鋼パネルは衝撃をほとんど受け持たないため衝突安全基準を満たすためにフレームが多くなり車体が重くなっていたのに対し、CFRTPパネルはある程度衝撃も受け持つことから、単なる材料置換以上の軽量化効果が期待できることがわかった。

例えば、このグラフの点の中で、曲げ剛性300N/mm以上と衝突変位230mm以下という基準を満たす最も小さい車体重量は180kg(パネルの割合は75%)で、これは鉄鋼車体の約半分である。

5. 結論

本研究では、CFRTPを車のボディに適用した場合の鉄鋼ボディに対する軽量化率について検討を行った。CFRTPは比強度が高いため、車体形状は鉄鋼の車体よりもモノコックに近い形に

なる。また、現時点の材料を用いて車体を作れば50%の軽量化が実現できる。今後は、材料の改良や、車体構造の最適化、CFRTPの異方性の利用により更なる軽量化が実現できると考える。

(紙面の都合上、参考文献は割愛する)

謝辞

本研究は経済産業省-NEDOプロジェクト「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」(平成20~24年度)の一環として行われたものであり、開発中の試料ならびに評価装置の提供等、関係各位のご協力に謝意を表します。

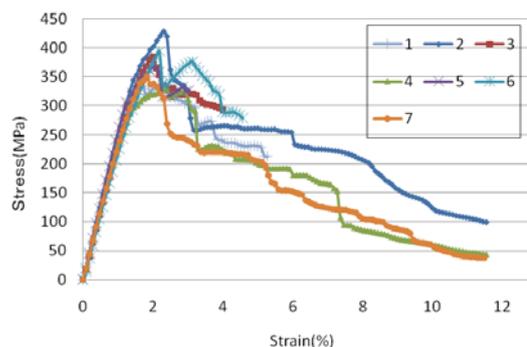


Fig. 3 Experimental results of 3 points bending.

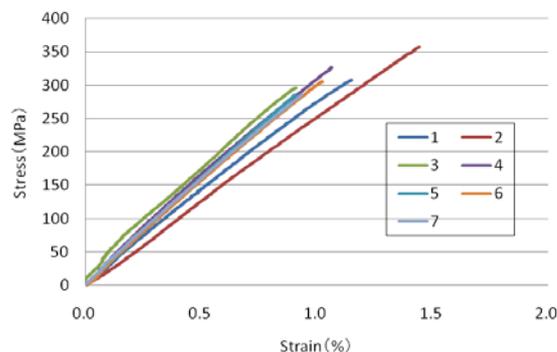


Fig. 4 Experimental results of tensile test.

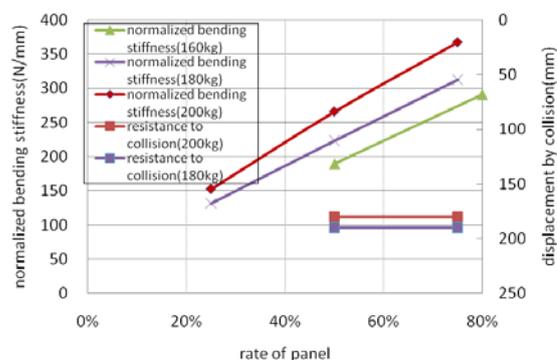


Fig. 5 Relationship between weight-rate of panel and mechanical properties of CFRTP body.