

自動車における衝撃吸収材としての CFRP—Steel ハイブリッド材の開発

日大生産工(院) ○飯塚 由佳 日大生産工 金 炯秀
日大生産工 邊 吾一

1 緒言

CFRP(炭素繊維強化プラスチック)は比強度, 比剛性に優れていることから幅広い分野で使用されている. 特に自動車産業においては車体の軽量化により燃費向上, さらに地球環境保護が期待され, また搭乗者の衝突安全性能の向上にCFRP複合材料の役割が大変注目されている. それに伴い研究も盛んに行われている. 著者ら¹⁾は既報で自動車用インパクトビームの代用品としてCFRP薄肉ベルトを用い衝撃応答挙動を明らかにした.

本研究では既報に続き自動車の側面衝突時に有効なエネルギー吸収部材の開発を目的とする. 側面衝突においては限られた変位量で効率よくエネルギーを吸収できる事が重要であり一方向強化CFRPは, その大きな引張り強度で効果的に荷重を受け持つことが期待される. そこで落錘衝撃試験を行う事によりCFRPの大きな引張強度と金属材料の塑性をあわせ持つハイブリッド材特有の挙動を調べる. また有限要素法による数値解析を行い解析結果と実験結果との関連性について言及する.

2 実験

2.1 試験体

試験体はCFRP—Steelハイブリッド材としてsteel材の裏側(非衝突面で引っ張り側)にCFRP積層板を接着した. Steel材には一般冷間圧延鋼材SPCCを使用し圧延方向を試験体の長手方向とした. 積層板にはCFRP—UDプリプレグを4枚積層したものを使用し, エポキシ樹脂系接着剤を用い接着させた.

試験体の寸法は全長320mm, 幅20mm, 厚さ1mmである. Steel材には0.6mmの厚さのものを使用した. CFRP積層板は一方向材($[0]_4$)とクロスプライ($[0/90]_2$)の2タイプを用意した. Steelに一方向材を接着した試験片をTYPE A, 接着しないで重ねただけのものをTYPE Bと称する.

またクロスプライを接着したものをTYPE C, 重ねただけのものをTYPE Dと称する(図1参照). またSteel材(厚さ0.6mm)およびCFRP積層板単体(厚さ0.4mm)のものについても験を行った.

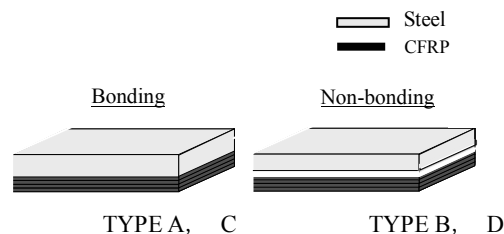


Fig. 1 Specimen configuration

2.2 試験方法

試験には小型落錘衝撃試験機を用い落錘体を自由落下させることによって衝撃を与えた. 落錘体の質量は6.54kgである. 試験体の両端を完全固定させるため両端から50mmの部分で治具により挟み込み固定した. さらに衝撃時の引き抜け防止のための治具の中心部に6mmのピンを通した. 光学式変位計で落錘子の変位を, また落錘子の加速度を計測することにより荷重を計測した. 一方向材を用いて製作した試験片の支持長さは220mm, 落錘体の衝突速度は20km/hとし, クロスプライを用いたものは支持長さ200mm, 衝突速度10.8km/hで試験を行った.

Development of the CFRP—Steel Hybrid Materials Shock Absorption Material in a Car

Yuka IIZUKA, Hyoung-Soo KIM, and Goichi BEN

3. 実験結果

3. 1 CFRP-Steelハイブリッド材(一方向積層板)

図2に一方向積層板を使用したものの衝突直後の荷重変位線図を示す。TYPE Aの方がTYPE Bより衝突直後の衝撃荷重の立ち上がりが比較的に早いことが分かるが、これはSteelとCFRPを接着した子事による為と思われる。TYPE A試験片の衝突直後の挙動は、まずSteelとCFRPの間ではく離が生じ、CFRPが中央で破断。その後Steelが塑性変形で衝撃を吸収している。TYPE Bでは始めにCFRPが中央部で一部破断し、最終的には全破断したが、同様にSteelが衝撃を吸収している。Steel単体では試験体の破壊は見られず塑性変形を起こした。CFRP単体では中央部で繊維破断をした。CFRP単体以外の場合落錘子は跳ね返っている。

ハイブリッド材の最大衝撃荷重値と落錘子の最大変位量を表1に示す。TYPE AがTYPE Bより最大衝撃荷重値が低いのは前述のようにSteelとCFRPの間ではく離が生じることによりCFRP-Steelハイブリッド材に急激な剛性の低下が見られ、引張り側のCFRPに応力の負担が多くなり、TYPE B試験体より低い衝撃荷重レベルで破壊したためと思われる。変位は、TYPE Aが一番抑えられている。また重ねているだけのTYPE BはTYPE Aに比べ変位は29.4%増加し、衝撃を吸収している。

3. 2 CFRP-Steelハイブリッド材(クロスプライ)

CFRPにクロスプライ積層板を使用したものの荷重変位線図を図3に示す。TYPE CはSteelとCFRPの間で剥離が生じ、クロスプライ積層板の中央部で一番上の0°層を残して破断した。TYPE Cでは剥離が進展することによって応力が集中しCFRPは破損するが、TYPE Dでは接着していないので応力が一様にかかりCFRPにはほとんど損傷は見られなかった。CFRP単体のものは中央部で破断した後支持点の両端で破断した。衝撃荷重の立ち上がりについてはTYPE A, Bと同様な説明が出来る。そしてCFRPにクロスプライ積層板を使用した試験では、与えた衝撃エネルギーが小さかったのでCFRPの破断後Steelの塑性変形によって衝撃を吸収したTYPE A, Bと違って、破壊に至らなかったCFRPによって変位は大きく元に戻されている。

4. 解析

実験結果を検証するために有限要素法ソルバーPAM-CRASHを使用し解析を行った。解析モデルおよび解析に使用したCFRPとSteelの材料定数は参考文献²⁾に示す。解析は対称条件を考慮し1/4モデルとし両端を完全固定とし、落錘子に初速度を与えた。実験結果と解析結果を比較すると衝撃荷重の立ち上がりおよび全体的な衝撃応答挙動の傾向はよい一致を示しているがまだ定量的には差がある。

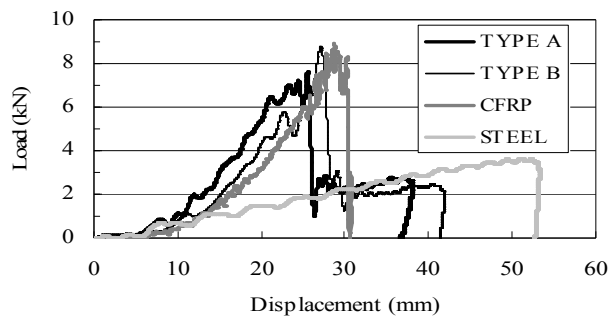


Fig. 2 Load-displacement curves of Steel, CFRP and TYPE A, B

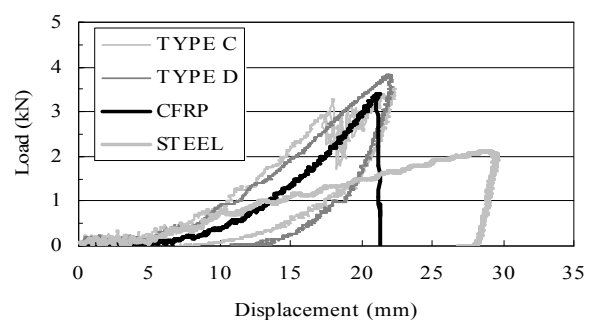


Fig. 3 Load-displacement curves of Steel, CFRP and TYPE C, D

Table 1 Experimental results

	TYPE A	TYPE B	CFRP	Steel
Load (kN)	7.60	8.73	8.89	3.84
Displacement (mm)	38.5	49.8	30.4	53.2
	TYPE C	TYPE D	CFRP	Steel
Load (kN)	3.56	3.83	3.40	2.10
Displacement (mm)	22.0	22.1	21.2	29.5

5. 結言

CFRP-Steelハイブリッド材はSteelに比べ少ない変位で大きな衝撃荷重を受け持つことができる事より、自動車の側面衝突における衝撃吸収部材として有効であると思われる。またPAM-CRASHによる衝撃応答解析も定量的な差はまだあるもの衝撃応答挙動については予測可能であった。

参考文献

- 1) 邊, 外沢, 金, 青木, 三石, 北野「CFRP薄肉ベルトの衝撃応答挙動とその強度」機械学会論文集A編, 70694号(2004年6月)
- 2) 金, 邊, 飯塚, 「CFRP-Steelハイブリッド材の衝撃応答について」第33回FRPシンポジウム講演論文集, pp. 211-212