

K6-9

CFRP と HME-GFRP 製クラッシュボックスのエネルギー吸収特性 Energy Absorption Characteristics of Crash-Box Made by CFRP and HME-GFRP

加藤優作¹, ○村田聖憲¹, 青木義男²
Yusaku Kato¹, *Kiyonori Murata¹, Yoshio Aoki²

Abstract: In automobiles, Fiber Reinforced Plastics (FRP) has a possibility of weight reduction in automotive structures which can contribute to improve mileage and then reduce carbon dioxide. On the other hand, the safety of collision should be also examined to apply the FRP to automotive structures. In this paper, an HME-GFRP crash-box using high strength glass fiber with excellent productivity and strength were developed, then compared to the crashworthiness experiment of a conventional metallic crash-box. From the crashworthiness experiments, it was found that HME-GFRP is superior to CFRP in an energy absorption amount against impact load.

1. 結言

環境保全を目的とした自動車の排気ガス規制は厳しさを増し、燃費向上に大きく貢献する軽量化な車体設計が要求されている。同時に、交通事故死傷者数ゼロを目指した運転支援システムや高性能な衝撃吸収部材の開発と実用化も求められている。しかし、それに伴う電子部品点数の増加や保安装置の追加は車体重量を増加させ、軽量化を妨げている。この背反する 2 つの要求を両立させるため、本研究では軽量高強度な CFRP (炭素繊維強化プラスチック) を衝撃吸収部材として用いるための検討を重ねてきた。本報告では、強化繊維のコスト低減のために新開発された高強度ガラス繊維を用いた HME/EPOXY 製クラッシュボックスを大量生産可能なフィラメントワインディング(FW)法で成形し、CFRP クラッシュボックスと共に落錘衝撃試験を行った。その結果から、高強度ガラス繊維を用いた HME-glass/EPOXY 試験体(GFRP 試験体)と炭素繊維を用いた CFRP/EPOXY 試験体(CFRP 試験体)のエネルギー吸収特性を比較・検討した結果について報告する。

2. 衝撃吸収部材の特徴

Figure1 にクラッシュボックスのスチール角管と FRP 角パイプの衝撃圧壊時の典型的な荷重-変位線図を示す。スチール角管では、材料が折りたたまれた Progressive Folding という連続塑性座屈破壊を生じるのに対し、FRP では Progressive Crashing と呼ばれる連続脆性破壊挙動を示す。スチール、FRP いずれもほぼ一定の支持荷重値を保ちながら変位が増加するため、エネルギー吸収 (Energy Absorption)量が高いものとなる。特に FRP の比強度はスチールに比べて高いため、単位質量あたりエネルギー吸収量はスチールより高く

なり軽量化とエネルギー吸収の要件を両立できる。

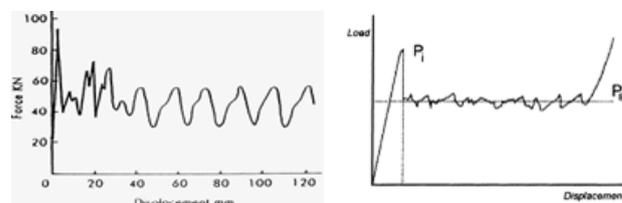


Figure1. Load-displacement diagram of Steel and FRP

3. 落錘衝撃試験

3. 1 試験体概要

試験体の寸法は実際のクラッシュボックスを想定し、長さ 135mm, 外径 103mm, 内径 99.8mm とした。また成型軸に対して任意に ± 0 の配向角度で繊維を積層する FW 法により薄肉円筒形状に成形した。配向角度は $\pm 30^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 75^\circ$, $\pm 90^\circ$ 材の 5 種類とし積層数は 2ply (但し、 $\pm 90^\circ$ のみ成形条件により 4ply) とした。繊維には HME ガラス繊維 (日東紡績), 炭素繊維 (東レ, T700SC-24K) の 2 種類を用いた。マトリックス樹脂にはエポキシ樹脂 XNR 6805, 硬化剤 XNH 6805, 促進剤 XNA 6805 (ナガセケムテックス) を使用した。

3. 2 落錘衝撃試験概要

落錘衝撃試験は日本大学理工学部船橋校舎テクノスペース 15 内の落錘衝撃試験装置を用い、自動車の全面衝突を模擬して質量 200kg の落錘子を高さ 2.46m (衝突速度: 25km/h) より自由落下させることで、FRP 試験体の軸方向に衝撃圧縮荷重を負荷した。そして軸方向圧縮荷重は試験体下部に設置されたロードセルにて計測し、試験体変位は高速度カメラ画像の画像解析により算出した。また、圧壊後の断面を観察し、破壊様相に関して考察した。

1 : 日大理工・院(前)・精機 2 : 日大理工・教員・精機

4. 落錘衝撃試験の結果及び考察

4. 1 エネルギー吸収量及び行過ぎ量

各配向角度で成形した CFRP 試験体と GFRP 試験体のエネルギー吸収量とオーバーシュートの程度を表す行過ぎ量を Table 1 に示す.そしてエネルギー吸収量が最大となったのは, 双方の繊維で±45°材となり, ±30°材が最低値を示した. また, 行過ぎ量が小さかったのは±45°材の GFRP 試験体と CFRP 試験体であった. (4ply の±90°材は, 他の試験体と繊維含有率が大きく異なるためエネルギー吸収量の比較は行わない.)

±30°材を除いて CFRP 試験体よりも GFRP 試験体のエネルギー吸収量が高いのは, 初期破壊を起点とした連続的な局部座屈破壊が進行した CFRP 試験体に対して, GFRP 試験体では繊維の破断伸びの大きさが優位となる破壊過程と破壊形態を示した為と考えられる.

Table 1. Energy absorption characteristics of each specimen

CFRP・HME-GFRP 試験体				
配向角度 (°)	EA 量 (J)		行過ぎ量 (%)	
	CFRP/HME-GFRP	CFRP/HME-GFRP	CFRP/HME-GFRP	CFRP/HME-GFRP
30	2270	2247	71	162
45	3338	3975	27	5
60	3035	3535	45	34
75	2806	2898	34	90

4. 2 荷重-変位線図

荷重-変位線図の一例として, ±30°材と±45°材の結果を Figure2 に示す.

±30°材では, 落錘子が試験体に衝突後, 荷重が上昇し, 最大荷重到達後に大きく低下する挙動を示した. また, 材料による破壊モードに相違はなく, 初期破壊のクラックが, Figure 3 のような強化繊維に沿った大きな亀裂の進展に繋がり, 薄肉円筒形状が崩壊したことでエネルギー吸収量が低かったと考えられる.

±45°材では CFRP・GFRP 試験体共に, 材料別のエネルギー吸収量では最も高い値を示した. しかしながら Figure 4(a), (b)に注目すると双方, 破壊様相は大きく異なっていることが分かる. CFRP 試験体は, 初期破壊を起点とした, 連続的な繊維破断と層間剥離による座屈破壊で繊維が粉碎されている. 一方, GFRP 試験体は, 落錘子衝突直後, 初期破壊は発生せず局部たわみが 2 箇所が発生し, それを起点に繊維が折れるように, 積層形状を保持した状態で破壊が終了している. GFRP 試験体は CFRP 試験体に比べて円筒全体の剛性

が低い為, 局部的に脆弱な部分の破壊が先行し, 特異な破壊形態を示し, 圧壊時の支持荷重は CFRP 試験体より大きくなった. GFRP 試験体では, HME ガラス繊維の破断伸びが大きい為, 動的変形に対する追従性能が優位にはたらし, 円筒剛性の低下を防いだことが想定される. しかしながら, CFRP 試験体の様な連続的な局部座屈ではない為, 連続的な圧壊時に大きな荷重振幅が発生した.

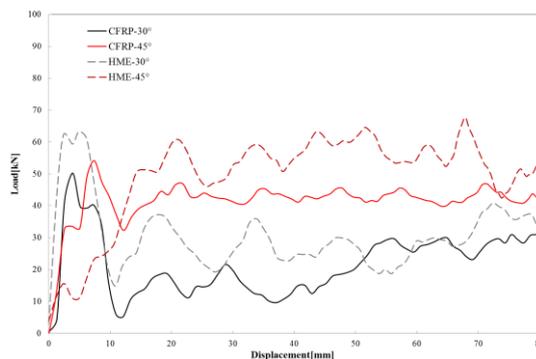


Figure2. Load-displacement diagram of ± 30 °and ± 45 °

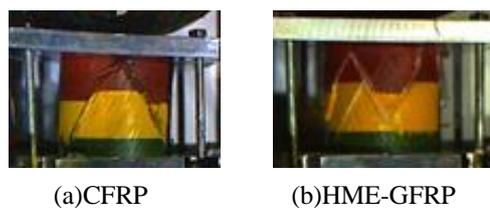


Figure 3. Destructive aspect of ± 30 °

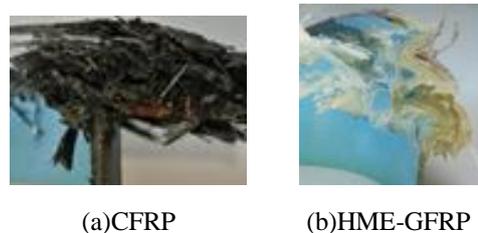


Figure 4. Destructive aspect of ±45°

5. 結言

HME-GFRP は従来の E-glass に対して剛性, 強度の面で優れており, 破断伸びは CFRP の 4 倍近くあるため衝撃荷重に対するエネルギー吸収特性は優れていることが判明した.

配向角度によってもたらされる初期破壊は, その後の破壊モードの起点となる傾向が認められた.

6. 参考文献

[1] 金, 邊, 青木:「自動車フロントサイド用 CFRP 角柱の衝撃実験と解析」, 日本複合材料学会誌, 34, 2(2008), 51-59.