

K-62

## E-GFRP 製クラッシュボックスのエネルギー吸収特性に及ぼす配向角度の影響 Effect of Orientation Angle on Energy Absorption Characteristics of Crash-Box Made by E-GFRP

村田聖憲<sup>1</sup>, ○保戸塚敬太<sup>1</sup>, 青木義男<sup>2</sup>Kiyonori Murata<sup>1</sup>, \*Keita Hotozuka<sup>1</sup>, Yoshio Aoki<sup>2</sup>

Abstract: In automobiles, the 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 made clear in the case of employing the FRP to automotive structures. In this paper, we developed an E-GFRP crash-box using high strength glass fiber with excellent economy and strength and conducted an alternative experiment of a conventional metallic crash-box. From the impact experiment, it was found that the orientation angle of 45 ° 60 ° is superior in the energy absorption characteristics against impact load.

### 1. 緒言

近年、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、燃費向上に大きく起因する軽量化車体設計が急務を要している。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安全装備の充実化も喫緊の課題として挙げられている。しかし、それに伴う電子部品点数の増加や車体骨格強化は車体重量を増加させ、軽量化の妨げを招いている。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、CFRP より低コストである高強度ガラス繊維を用いた E-GFRP 製クラッシュボックスの円筒殻モデル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、落錘衝撃試験を行った。さらに、FW 法では配向角度の可変設定が可能のため、E-GFRP の層ごとに配向角度を変化させ積層し、エネルギー吸収特性を比較した結果について報告する。

### 2. 衝撃吸収部材の特徴

スチール角管と FRP 角パイプの衝撃圧壊時において、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。このときの典型的な荷重-変位線図を Figure1 に示す。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破壊が進展するため、エネルギー吸収 (Energy Absorption)量は高いものとなる。また 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設計要件を両立できる。

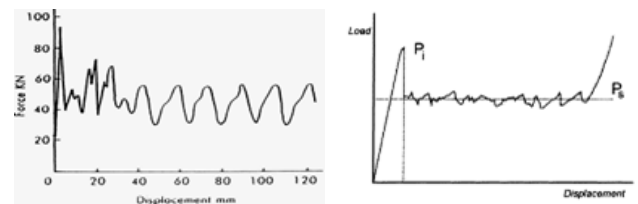


Figure1. Load-displacement diagram of Steel and FRP

### 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 $\pm\theta$  の配向角度で繊維を積層するフィラメントワインディング法により薄肉円筒形状に成形した。配向角度組合せは 1 層目を内, 2 層目を外とし [内 $\pm 45^\circ$ , 外  $90^\circ$ ], [内 $\pm 60^\circ$ , 外  $90^\circ$ ], [内 $\pm 75^\circ$ , 外  $90^\circ$ ], [内 $\pm 45^\circ$ , 外 $\pm 60^\circ$ ] の 4 種類とし積層数は 2ply とした。繊維には E ガラス繊維 (日東紡績) 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プレース 15 内の落錘衝撃試験装置を用い、自動車の前面系衝突に相当する質量 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 円筒殻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、破壊モードに関して考察した。

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

各配向角度組合せで成形した E-GFRP 円筒殻のエネルギー吸収量と,圧壊時平均荷重に対するオーバーシユ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,内±45°,外±60°材となり,内±45°,外 90°材が最低値を示した.また,行過ぎ量が小さかったのは内±75°,外 90°材の円筒殻であった.

Table 1. Energy absorption characteristics of each specimen

E-GFRP 円筒殻		
配向角度 [内・外](°)	EA 量 (J)	行過ぎ量(%)
±45 90	2473	32
±60 90	2537	55
±75 90	2560	1
±45 60	3216	23

4. 2 荷重-変位線図

荷重変位線図の一例として,[内±45°,外 90°],[内±60°,外 90°],[内±75°,外 90°],[内±45°,外±60°]の結果を Figure.2 に示す.

荷重変位線図の安定荷重領域(26mm~80mm)での最大振り幅はそれぞれ,17kN,21kN,9kN,12kN となった.配向角度を組合せることで,円筒殻内側層と外側層の交点にずれが生じる.それぞれの繊維層が交点を起点にたわみながら繊維破壊が起こったため,単体配向角度円筒殻より振幅が抑えられたと考えられる.そして,組合せの中でも内側層と外側層の配向角度の差が小さい[±45°,±60°]や[±75°,90°]で振幅が小さくなる傾向を確認できた.

外側層が 90° の円筒殻では層間剥離が確認できた.90° 層は落錘子衝撃方向に対し垂直なため,衝撃はせん断方向にかかる.そのため円筒殻上部の 1 点から破断が始まり,y 軸方向 1 直線上に破壊が進行するため,繊維の引張を活かし破断する,±45°, ±60°, ±75° 層の内側層とはく離したと考えられる.

外側層が 90° の 3 種類の円筒殻では層間剥離と内側層での繊維破断でエネルギー吸収をするのに対し,±45°, ±60° 円筒殻では層間剥離が少なく,上部からの繊維破断が主なエネルギー吸収となった.そのため本検討の円筒殻では一番高いエネルギー吸収量となった. Figure3 より±45°,±60° 単体配向角度円筒と比較しても,エネルギー吸収量,安定荷重領域での変動幅

が小さく,最も理想に近い値を示した.

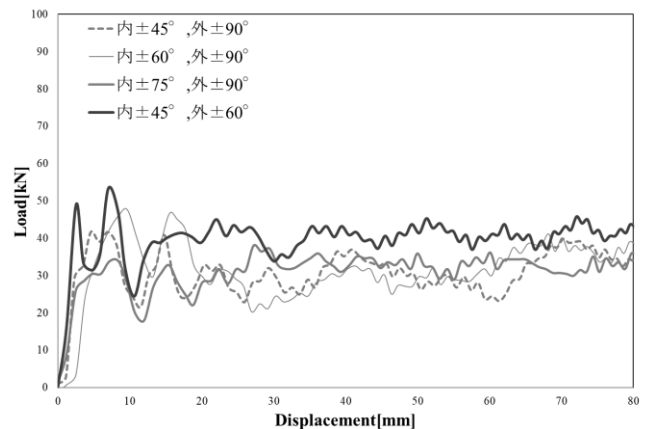


Figure2. Load-displacement diagram of ±45°, ±90° and ±60°, ±90° and ±75°, ±90° and ±45°, ±60°

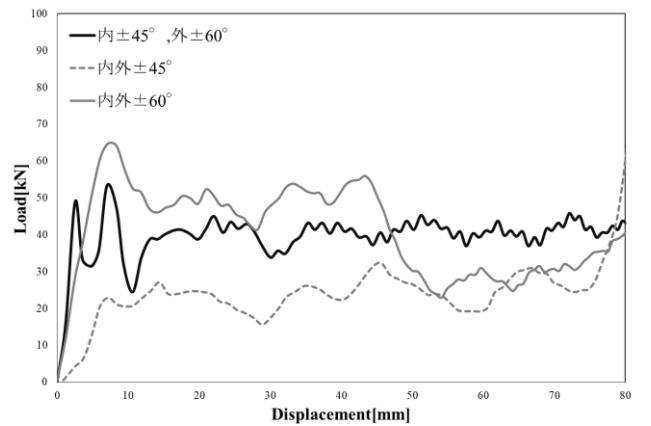


Figure3. Load-displacement diagram of ±45°, ±60° and ±45° and ±60°

5. 結言

E-GFRP では異なる配向角を組合せることで,±45°, ±60° 単体の試験体より圧壊荷重がより安定することが判明した. 今回の検討の中では内±45°,外±60°が吸収量,安定荷重領域での変動幅において最も理想に近い値を示した.

6. 参考文献

[1] 坂田憲泰, 平山紀夫 “高強度ガラス繊維を用いたFW円筒のエネルギー吸収特性” 自動車技術会, Vol. 64, No. 5, pp. 212-217, 2018.  
 [2] 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, Vol. 34, No. 2, pp. 51-59, 2008.  
 [3] 日本複合材料学会 編:「複合材料ハンドブック」, (1989).