

## HME ガラス繊維強化プラスチック製インパクトベルトのエネルギー吸収特性

### Energy Absorption Characteristics of the Impact Belt Made by HME Glass Fiber Reinforced Plastic.

○吉田健人<sup>1</sup>, 伊丹一希<sup>1</sup>, 青木義男<sup>2</sup>\*Kento Yoshida<sup>1</sup>, Kazuki Itami<sup>1</sup>, Yoshio Aoki<sup>2</sup>

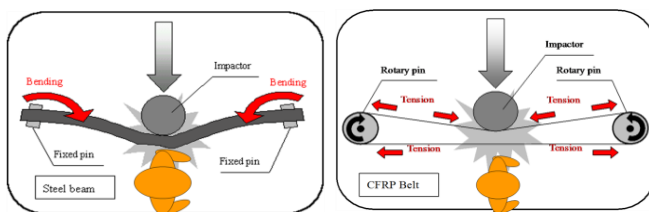
Abstract: In automobiles, the GFRP has a possibility of weight reduction in automotive structures which can contribute to improve mileage and then reduce carbon dioxide. On the other hand, the safety of collision should be also made clear in the case of employing the GFRP to automotive structures. In this paper, we developed an GFRP Gardner Belt using HME glass fiber with excellent economy and strength, and conducted an experiment to replace the conventional steel door guard beam. As the experimental relation of impact load to displacement for HME-GFRP guarder belt agreed well with that of numerical result, the numerical method developed here is quite useful for estimating impact behaviors of HME-GFRP guarder belt.

#### 1. 緒言

近年、環境問題への配慮から二酸化炭素の排出量低減のための燃費向上を目指した車体の軽量化と衝突事故の増加に伴う車体の安全性向上が同時に求められている。本研究ではクラッシュアブルゾーンが少ない側面衝突に着目し、少ない変形量で多くの衝撃エネルギーを吸収するために、自動車ドア内部に装着されているスチール製インパクトビームに替わる軽量かつ高強度部材を使用したインパクトベルトを提案している。本報告では、新たに開発された高強度ガラス繊維を用いたHME/EPOXY製インパクトベルトを試作し衝撃吸収特性について述べる。

#### 2. 衝撃吸収部材の特徴

従来のインパクトビームは曲げ変形により衝撃時のエネルギーを吸収する方法がとられている(Figure 1(a)).インパクトベルトは薄肉ベルト状に成形した一方強化材を回転自由の2支点間で固定することで、乗員方向への衝撃荷重をドア面内方向の引張荷重に変換することができる。そのためFRPの持つ弾性特性と引張強度を活かして衝撃エネルギーを効果的に吸収することが期待でき、乗員の安全性が向上すると考えられる(Figure 1(b)).従来のインパクトビームは、側面衝突に対するクラッシュアブルゾーン 150mm でエネルギー吸収量 1900J の性能を有している。



(a) Door guarder beam (b) FRP guarder belt

Figure 1. Energy absorption mechanism

#### 3. 落錘衝撃試験

##### 3.1 試験体

試験体の寸法は自動車ドア内部に装着することを想定し、スパン800mm、ベルト幅50mm、コーナー部半径20mmとした

(Figure 2).またコーナー支持部は、支持具との接触圧による応力集中を軽減させるために3層積層補強を施した.HME/EPOXY 複合材には日東紡績(株)製 HME-ガラスを強化繊維に用いた一方 HME/EPOXY プリプレグ(UD)と E-ガラスクロス材のプリプレグを使用した.母材にはエポキシ樹脂を用いた.製作した試験体は Table1 に示すように A-Type は各繊維の引張強度に優れた特性を活かすために強化繊維を(長手方向 0°)に揃え、各層間に厚み 0.03mm のガラススクリュウムを挟み積層した[0°].これは、衝撃吸収の過程で強化繊維の離散を防ぐことを目的としている.B-Type と C-Type は A-Type を基準として積層枚数を 5 枚に統一し、引張破断時の繊維の離散をさらに防ぐ為に、90°方向に強化を施した[UD90°,クロス材]積層構成となっている。



Figure 2. HME-GFRP guarder belt specimen

Table 1. Types and characteristics of specimens

試験体	積層数	積層構成
A-type	5ply	{UD0°+ガラススクリュウム}×4ply+UD0°
B-type	5ply	UD0°×2ply+UD90°+UD0°×2ply
C-type	5ply	UD0°×2ply+クロス材+UD0°×2ply

##### 3.2 試験方法

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、質量 100kg の落錘子を落下高さ 12m より自由落下させ、自動車アセスメントで定められている衝突時速 55km/h でインパクトベルトに衝突させた。そして試験体支持端部に取り付けたロードセルより得られた衝撃伝達荷重 P 及び、インパクトベルトの衝突から破壊までの落錘子の変位 δ より以下の式で衝撃エネルギー吸収量 E を算出し、破壊様相、荷重変位線図と併せて衝撃吸収特性の検討を行った。

$$E(\delta) = \int P(\delta) d\delta \quad (1)$$

#### 4. 落錘衝撃試験の結果および考察

Figure 3 に上から A-Type~C-Type の破壊様相, Figure 4 に試験時の破壊形態, Figure 5 に落錘子が試験体に衝突し, 試験体が完全に破断するまでの荷重-変位線図, Table 2 に各試験体から得られたエネルギー吸収量の測定結果を示す。

Figure 3 から A-Type はコーナー部から破断が起こっているがベルトの形状は維持できていることがわかる。また Figure 5 から A-Type は B-Type, C-Type に比べて最大荷重と伸びが大きく, Table 2 からインパクトビーム同等の 1900J のエネルギー吸収も得ることができた。これはインパクトベルトの衝撃メカニズムが FRP の引張により変形の生じる形状のため, 全てを引張方向に繊維を積層することが引張強度に優れた特性を活かし, 高い衝撃を吸収できると考えられる。

次に B-Type は A-Type と比べ低い荷重となっている。これは主要因として層間剥離が影響していると考えられる。その要因は強化繊維の離散を防ぐことを目的とした 3 層目にある。3 層目は 90° 方向 UD プリプレグを積層し, これが 2 層目と 4 層目の 0° 方向と直交しているため, 層間せん断強度が劣ることで層間剥離を起こしてしまったと考えられる。また, Figure 3 から B-type の方が A-type に比べて繊維の離散が多く生じていることがわかる。これは, 日東紡績(株)製 HME ガラス UD プリプレグが中間素材として試作の段階のため, 繊維の配列が一定ではなく, 繊維間に隙間が出来たため, 繊維の離散が起き, エネルギー吸収が得られない要因として考えられる。

最後に C-Type は 90° 方向だけでなく 0° 方向にも強度を持つクロス材を積層したが, 全ての試験体の中でエネルギー吸収が得られなかった。この主要因として層間剥離と HME ガラス繊維の離散が影響していると考えられる。3 層目にクロス材を積層しているため, B-type と同じように層間せん断強度が劣ることで層間剥離が先行していることが分かる。また HME ガラス繊維の離散によりベルト形状が維持できていないことも分かる。B-type と同じく試作段階の中間素材であることも要因として考えられるが, 90° 方向の補強が B-type と比べて少なくなったことで, 破壊時の繊維が長手方向に伸び, 断面積が収縮することで樹脂の圧壊が先行したことも一要因と考えられる。



Figure 3. Destructive state of each specimen



Figure 4. Fracture mode of the specimen in the impact test

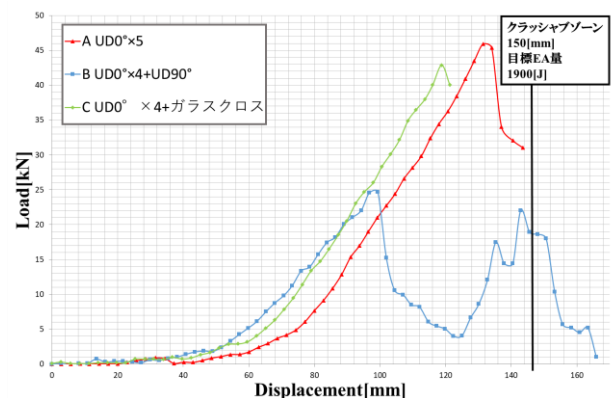


Figure 5. Comparison of experimental load-displacement curve for FRP guarder belt

Table 2. Comparison of shock absorption characteristics by each specimen

試験体	破壊変位	最大荷重	エネルギー	比エネルギー
HMEガラス	[mm]	[kN]	吸収量[J]	吸収量[kJ/kg]
A-type	131	44	1911	10.6
B-type	100	25	1480	8.6
C-type	119	43	1435	7.9

#### 5. 結言

- (1) 繊維の離散を防ぐために 90° に繊維を強化するのではなく, 引張方向(UD0°)のみに積層させた試験体が引張強度の高さを活かした破壊形態を呈することが確かめられた。
- (2) 高強度な HME ガラス繊維プリプレグを用い, ドライ成形でエネルギー吸収量の目標値を達成できる試験体が試作でき, 経済性にも優れたインパクトベルト開発の可能性を示すことができた。

#### 6. 参考文献

- [1] 杉本, 邊, 平山: 「高速引張試験によるカーボンおよびガラス繊維織物を用いた FRTP と FRP の 45° 方向の特性」, 日本複合材料学会誌, 42, 6(2016), 1-8
- [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, 34, 2(2008), 51-59.