日大生産工(院) ○外島 亘 日大生産工 坂田 憲泰 日大生産工 平山 紀夫

1. 緒言

近年、地球温暖化による環境問題の解決に向け、自 動車業界では車体の軽量化に取り組んでいる.繊維強 化プラスチック(FRP)は金属材料と比較して比強度, 比剛性に優れているため、自動車の構造部材への適用 が検討されている. さらに, FRPは高いエネルギー吸収 特性を有しているため、衝撃吸収部材としても注目さ れている. 自動車事故においては、大きく前面衝突と 側面衝突に分けられ,欧米ではポール側面衝突に対す る安全性が注目されている¹⁾. また, 側面衝突では自動 車事故発生時に死亡事故に繋がる割合が最も多い事故 形態となっているため、側面衝突における安全性の向 上が求められている. ドアインパクトビームに関する 研究はこれまでに数多く行われているが、そのほとん どが金属製となっている.FRP製ドアインパクトビー ムに関する研究としては、Cheonら²⁾によるFRPと高強 度鋼を静的および動的3点曲げ試験で比較したものが あり、FRPにすることで約30%質量を低減できること を示している.また, 邉ら3は衝撃曲げ負荷を受けるア ルミニウム合金とCFRPからなるハイブリッドビーム の実験を行い、ハイブリッドビームが現行のスチール 製インパクトビームより優れていることを明らかにし ている.本研究では,軽量で高いエネルギー吸収特性 を有するFRP製ドアインパクトビームを開発すること を目的にフィラメントワインディング(FW)法でGFRP 円筒を成形し、巻き角度およびマトリックスがFW製 GFRP円筒の静的および動的横圧縮特性に及ぼす影響 について調査した結果について報告する.

2. 使用材料及び供試体

強化材にはEガラス繊維(RS110QL-520AS,日東紡) を用いた.マトリックスには汎用エポキシ樹脂(ナガ セケムテックス)と高靭性エポキシ樹脂(ナガセケム テックス)を用いた.高靭性エポキシ樹脂(T-EP)は 汎用エポキシ樹脂(N-EP)に改良を加え,靭性を高く したもので,T-EPの破壊じん性値はN-EPの約2.9倍とな っている.T-EPとN-EPの樹脂板の引張試験における応 力-ひずみ線図をFig.1に示す.N-EPとT-EPのヤング率 の平均値はそれぞれ4.12 GPaと3.10 GPaとなっている. N-EPの応力-ひずみ線図は,破断まで線形的に推移し, 引張強さの平均値は66.5MPaとなった.一方,T-EPの破 断ひずみは5%以上であった.ひずみ5%までの最大応 力は69.8MPaで,N-EPと概ね同じ値となっている.

GFRP円筒の成形にはFW装置を用い,外径25mmのマ ンドレル上に約15Nの張力を掛けたロービングを所定 の角度で巻き付けた.供試体の長さは静的試験用では 500mm,動的試験用では1000mmとし,板厚は約4mm とした.以降,供試体はマトリックスと巻き角度で区 別し,N-EPで成形したものをNE_45,NE_60,NE_90と 呼び,T-EPで成形したものをTE_45と呼ぶ.



3. 実験方法

静的曲げ試験には万能試験機を用い,供試体は支持 治具に支点間距離350mmで設置した.支持治具および 圧子の形状は円筒でΦ30mmとなっている.また,供試 体と支持治具および圧子が接触する部分には供試体の ずれを防止するために支持部分に厚さ5mm,圧子部分 に厚さ3mmのラバーをそれぞれ挟み込んだ.試験速度 は5mm/sとし,試験本数は各3本とした.

動的曲げ試験は供試体を支持治具に支点間距離 800mmで設置し,飛散防止のやめにナイロン製ベルト で両端部を押さえ,落錘衝撃試験を行った.衝撃荷重 は,供試体両側の支持部に組み込まれているロードセ ルで計測した.供試体の変位は高速度ビデオカメラ(ナ ックイメージテクノロジー,HX-7S)で撮影した動画を 画像解析することにより計測した.落錘子の質量は 100kg,試験速度はポール側面衝突基準速度である 32km/hとした.

エネルギー吸収量 E_a は荷重-変位線図の面積より次 式を用いて算出した.

$$E_a = \int P du \tag{1}$$

ここで*P*は荷重,*u*は変位を示し,積分範囲は静的試 験時に 0~50mm,動的試験時時に 0~150mm とし た.

Effect of Matrix on Static and Dynamic Lateral Compression Properties of GFRP Cylinders Wataru TOSHIMA, Kazuhiro SAKATA and Norio HIRAYAMA

実験結果と考察

4.1 静的曲げ試験

静的曲げ試験における代表的な荷重-変位線図を Fig.2 に,エネルギー吸収量の比較を Fig.3 に示す.N-EP で成形した供試体では,NE_45 が最も高い荷重を示 し,エネルギー吸収量は 154J となった.試験後の供試 体を Fig.4 に示す.エネルギー吸収量が最大となった NE_45 では,荷重 5kN 近傍で圧縮応力が作用する供試 体上部からの破壊となり,引張応力が作用する供試体 下部にき裂は確認できなかった.NE_60 では 3kN を超 えた付近から引張応力側にき裂が発生し,その後,最 大荷重 (3.47kN)まで緩やかに増加する挙動を示した. また,NE_90 ではき裂の発生と同時に供試体が破壊し たため,エネルギー吸収量は最も低い値となった.

次に、マトリックスの影響を確認するために、NE_45 とTE_45の比較を行う.荷重-変位線図を比較すると、 最大荷重は同等程度の値となったが、最大荷重に到達 するまでの変位はTE_45の方が大きく、最大荷重到達 後の荷重低下も緩やかであった.このためエネルギー 吸収量はTE_45の方が高く160Jとなった.

4.2 動的曲げ試験

最も高いエネルギー吸収特性を示した TE_45 と現行 のスチール製インパクトビーム ³⁾の動的円筒曲げ試験 における比エネルギー吸収量の比較を Fig.5 に示す.比 エネルギー吸収量とはエネルギー吸収量を質量で除し た値である. TE_45 の比エネルギー吸収量は 2.17kJ/kg となり,現行のスチール製インパクトビーム(1.17kJ/kg) と比較して優れた値を示した.

5. 結言

GFRP 円筒の巻き角度およびマトリックスが横圧縮 特性に与える影響を調査するために, FW 法で GFRP 円筒を成形し,静的および動的円筒曲げ試験を行った 結果,以下の結論を得た.

静的円筒曲げ試験においてエネルギー吸収量は巻き角度±45°のときに最大となった.

2) GFRP 円筒のマトリックスのじん性が高いほどエ ネルギー吸収量は高い値となった.

3) 動的円筒曲げ試験において TE_45 の比エネルギー 吸収特性は現行のスチール製インパクトビームより高 い値を示し, 優位性を確認することができた.

参考文献

- 細川,米澤,谷口:車両同士の側面衝突時の乗員 保護に関する研究,自動車安全研究領域,(2005)
- Cheon, Lee, Jeong : Composite side-door impact beams for passenger cars, Composite Structures, 38, 1-4, (1997), pp.229-239.
- 3) 邉, 杉本, 青木, 金, 飯塚: 衝撃曲げ負荷を受けるアルミ合金CFRPハイブリッドビームの応答挙動,日本複合材料学会誌,34,6 (2008), pp.211-218

謝 辞

末筆ながら、本研究の遂行にご協力とご助言をいただ いたナガセケムテックス株式会社の高馬俊浩様と若松 洋輔様に深く感謝の意を表します.





Fig.5 Specific energy absorption values