特集

複合材料利用の現状と将来

⑤ 車両分野における複合材料利用の現状と将来 —鉄道車両—*

鈴木 康 文**

Current Status and Future Trend on Application of Composite Materials to Vehicles —Rolling Stock—*

by Yasufumi Suzuki**

キーワード：複合材料，鉄道車両，車体，台車，FRP，CFRP，構体

1. 緒 言

鉄道車両は大量輸送機関としての使命から安全性や低コストが求められ，その新しい材料の導入に対する考え方は保守的で慎重である。しかし近年，JRをはじめ鉄道各社はバラエティーに富んだ新型車両を多く導入するようになり，高速化，快適な車内設備などの流れのなかで複合材料の使用は多くなっている。

ここでは複合材料（主としてFRP）の使用状況の現状，複合材の適用に関する技術開発の状況及び将来の動向について概説する。

2. 複合材料の使用状況の現状¹⁾

現在，複合材料が実用されているのは，車体の内装，車体設備等の非構造部材としてである。

便洗面所ユニット，水タンク，汚物タンク，壁材，天井材，側窓のキセ，腰掛の背面カバー，ステンレス車体の前頭部などにFRPが使用されている。新幹線の先頭部分の覆い，2階建て車両の前後の妻部分のルーフェンド，空調ダクト兼用の天井，食堂車の空調カバー兼用の側天井，空力騒音低減のために屋根上に取り付けられているパンタグラフカバーなどもFRPである。FRPは軽量化の他に，多様なデザインに対応しやすいこと，清潔感，保守作業の軽減，一体成形による製造コストの低減などの特長を生かし多くの部分に使用されている。

また，万が一の火災事故に対してより安全性の高いフェノール樹脂のFRPによる荷棚，一部の便洗面所ユニットなどが使用されるようになっている。

3. 複合材適用の研究開発

3.1 構 体

車体の強度，剛性を受け持つ主要構造部分を構体という。構体の材料は炭素鋼に替わり，近年ステンレス鋼，アルミニウム合金が多く使用されるようになり，これらの材料置換により構体質量は，炭素鋼製を100とするとそれぞれ約65，約50の割合になり，軽量化が達成されている。更なる軽量化や乗り心地向上などをねらいとして，CFRP構体の開発が行われている。

CFRP構体実用化の課題としては，コスト低減，不燃性（運輸省令「普通鉄道構造規則」で示されるように，構体は不燃性あるいは部分によっては金属でなければならない），リサイクル，飛石の衝撃に対する安全性，架線接触に対する安全性，補修法があげられる。

コスト低減の取り組みとして，ある幅の曲面の外板と補剛材を一体にした断面のCFRPパネルを引き抜き法で成形し，そのパネルをアルミニウム合金のフレームにリベットで接合して，実物断面で長さ6mの部分構体が試作された²⁾(図1)。引き抜きパネルは厚さ2.1mmの曲面板と補剛材を一体にした幅300mmである。垂直荷重試験，ねじり試験，気密荷重試験を行った結果，設計上の改善により，必要な強度を満足する車両構体ができる見通しが得られた。剛性の点でも，アルミ構体と同程度の値が得ら

*原稿受付 平成7年9月20日

** 鉄道総合技術研究所 Railway Technical Research Institute

図 1 CFRP 試作構体

図 2 CFRP 台車枠の構造

れることが分かった。現在では、耐火性に優れたフェノール樹脂の CFRP による同様の構体を試作し、繰り返し気密荷重負荷に対する疲労強度確認試験を行っている。

屋根部のみを FRP 化する試みもなされている³⁾。これは、CFRP の主要部の周囲にアルミニウム合金の枠を接着し、アルミの側構体とはアルミ同士の溶接で接合をするものである。CFRP の部分は従来の構造に類似したタルキ・縦通材構造、タルキ間をウレタンフォームコアのサンドイッチとした構造、タルキをもなくしたサンドイッチ構造の 3 種類の構造でできている。

海外では FRP を面板としたサンドイッチパネルによる構体の開発⁴⁾、フィラメントワインディングによる試験車両用の FRP 構体の製作がなされている⁵⁾。

3.2 台車

台車は車体を支持し、走行安全性に係わる重要な部分であり、その骨格となる台車枠はとくに重要な

強度部品である。台車枠は一般に鋼の厚板を曲げ、溶接で組み立てられている。FRP 製の台車枠はドイツで開発され、長期の走行試験が行われている⁶⁾。我が国では CFRP 製の台車枠が製作されている⁷⁾。図 2 に示す台車枠は側はりには CFRP プリプレグの積層構造で、横はりにはフィラメントワインディングによる。アルミの部品取付座を加えても、鋼製台車枠の約 1t と比較して約 50% の軽量化が達成されている。

側はりと軸ばねの機能を FRP のリーフスプリングで置き換えた独立車輪台車が開発され、構造の変更により大幅な軽量化がなされている⁸⁾。

その他の台車部品についてみると、ブレーキディスクの軽量化のためにセラミックスの粒子をアルミニウム合金の中に分散させた複合材のディスクが開発中であり、現車試験が行われている。また、炭素/炭素繊維複合材ディスクについても研究開発が進められている。

海外では車輪の輪心部を FRP とする車輪について研究されている⁹⁾。

4. 浮上式車両¹⁰⁾

超電導方式の宮崎実験線車両 MLU 002 の先頭部分には曲面加工製の良さから CFRP が用いられた。また台車枠にも CFRP が使用されたが、この車両は火災事故のために消失してしまった。新しく製作された MLU 002 N のそれらの部分はアルミ製に変更された。

超電導磁石に加わる力を台車枠に伝える荷重支持材は、十分な強度、低熱伝導性を兼ね備える必要があり CFRP、GFRP を温度領域で使い分けている。

5. 複合材料に今後求められること

これまで車両において複合材、主として FRP は使用部分により着目する点は異なるものの、軽量化、曲面加工性(デザイン性)、一体成形によるコスト低減、清潔感などの特長を活かす形で適用されてきた。複合材料に今後求められる方向は、従来より多少異なるものと考えられる。

例えば軽量化についていえば、材料置換を始めとして各種の方法により、新幹線「のぞみ」の車両は従来の新幹線車両の約 75% にまで軽量化され、試験電車ではあるが従来車両の約 50% までの軽量化の可能性が実証されている。このように、特に車体については当面の軽量化の要求に応えるだけの技術は

整いつつある。このような背景では、材料に対して軽量性よりむしろ、軽量化された車両でいかに上質の輸送サービスを提供できるようにするか、即ち軽量車体のびびり振動などに対する振動乗り心地の改善、車内騒音の低減、車体の断熱特性の改善、台車の高周波振動の低減などの課題解決に貢献できるかが問われている。

また複合材は内装材など加工性やコスト低減の点が評価される領域では適用の拡大が考えられるが、車内の内装品としてより高級感が得られるような工夫や不燃性など火災時の安全性の向上などが求められる。さらに使用量の増加に伴いリサイクル技術の確立、環境負荷の小さな材料選定が求められる。

6. お わ り に

鉄道を他の輸送機関と比較し魅力あるものとしていくためには、高速性、快適性、安全性、利便性、

経済性など、取り組むべき課題は多い。このような課題を解決する上で材料の果たす役割は大きく、そのなかでも、複合材料には大きな期待が寄せられている。

文 献

- 1) 高林, 強化プラスチック Vol. 39, No. 3 (1993)
- 2) 鈴木, 佐藤, 阿久津, 鉄道総研究報告, Vol. 7, No. 3 (1993)
- 3) 松岡茂樹, 電気車の科学, Vol. 45, 12 (1992)
- 4) World Congress on Railway Research, Proceeding, Vol. 2 (1994)
- 5) Railway Gazette International July (1995)
- 6) 菅原繁夫, 電気車の科学, Vol. 45, 5 (1992)
- 7) 若生, 梅沢, 徳田, 鉄道総研究報告, Vol. 6, 10 (1992)
- 8) 佐藤, 電気車の科学, Vol. 45, 5 (1992)
- 9) 荒井, 宮石, 手塚, 電気車の科学, Vol. 42, 10 (1989)
- 10) 荒井, 中島, 高林, 安井, これからの鉄道車両が求める新素材, 冬樹社 (1990)

FRP 接合継手の現状と問題点

溶接学会溶接構造研究委員会
複合材料接合部強度分科会

目 次

1. 構造用部材としての FRP の接合
2. 異方性材料の変形特性
3. 継手形式の分類
4. FRP 接着継手の各種強度
5. FRP 継手の破壊形態と強度
6. 継手強度向上の試み

定価 1,000 円

お問い合わせ先：溶接学会 TEL 03-3253-0488 FAX 03-3253-3059