

# 鉄道車両の構造と車体曲げ振動の制振

1998. 8. 25  
鉄道総合技術研究所  
鈴木康文

## 1. はじめに

近年、鉄道車両の高速化、軽量化、車体剛性の低下に伴い車体の曲げ振動により乗り心地が悪化する事例が見受けられるようになってきた。この車体曲げ振動については、車体をはりとしてモデル化し現象を概略表せることが明らかになっている<sup>1)</sup>。車体曲げ振動対策として、床下中央にダイナミックダンパを吊るす方法<sup>2)</sup>、車体の支持系をアクティブに制御する方法<sup>3)</sup>などが提案されている。しかしながらこの場合、車体の軽量性を損なわずに車体の曲げ振動を抑制することが望ましく、そのためには車体自体の振動減衰性を増大させる方法が効果的と考えられる。

ここでは、車両構造、主として車体について概略を示すとともに、車体曲げ振動の制振法として、車体外板の一部に制振材を貼付する方法について述べる。

## 2. 車両構造の概要

車両は一般に乗客が乗る箱状の車体とそれを支える台車からなっている。車体の骨格に相当する構体は、旅客を安全・快適に輸送するための重要な構成部品であり、次に示す荷重に対し十分な強度を持つように設計される。

- (a) 垂直荷重 ((自重+乗客重量) × 1.1)
- (b) ねじり荷重 (車体が不整支持された時に加わる荷重も含む)
- (c) 圧縮荷重
- (d) 気密荷重
- (e) 局部的集中荷重 (機器吊り、ボルスタアンカー受け、ダンパ受け等)

(d)は高速車両において、トンネル走行時の乗客の快適性の観点から車内の圧力変動を抑えるために、構体を気密構造にしていることから発生する荷重である。構体の強度設計における課題の一つは、この圧力荷重に対する疲労強度の確保である。トンネル内の圧力変動の大きさは、車両とトンネルの断面積比、列車速度、列車長、すれ違いの有無などにより変化し、その最大値は列車速度のほぼ2乗に比例する。車体の内外の圧力差が構体にとっての負荷となる。

また、乗り心地確保の点から車体の曲げ固有振動数が低下しないように、構体の剛性を高くする必要がある。その他、構体に対する要求としては、耐候性、遮音性、耐火・耐熱性等がある。

現行の構体材料は耐候性鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金のいずれかであり、薄板と柱を溶接して組み立てられる。図1にアルミニウム合金製構体の例として300系「のぞみ」型新幹線の構体を示す。図2は新幹線車両の軽量化の様子を示す。構体の軽量化は一般に車体曲げ剛性を低下させることとなり、乗心地低下の原因の一つとなっている。

## 3. 車体曲げ振動制振法の概要<sup>4)</sup>

はり自身の振動減衰性を高める方法としては、はりに粘弾性層を貼付し、さらにそのせん断変形による振動エネルギー吸収効果を大きくするために粘弾性層の上に縦弾性係数の大きな拘束層を貼り多層構造とする方法が一般的に用いられる。これを車体に適用すると図1に示すように、車体の曲げの中立軸から離れた部分となる側はりや軒けたあるいはその周辺の外板に制振材を貼ることになる。この場合、車体に対して振動減衰効果を最大限に引き出し、しかも制振材の質量が最小即ち付加する質量