

レール振動の時間領域数値解析による軌道パッド制振の検討

○鶴秀生 山中高章 瀧川光伸
(日東紡音響) (JR 東日本)

Consideration of damping by rail pad through time domain Simulation of rail vibration.

Hideo Tsuru Takaaki Yamanaka Mitsunobu Takikawa
(Nittobo Acoustic Engineering) (East Japan Railway)

鉄道走行に伴い発生する騒音には、パンタグラフ等の突起物によって発生する風切り音や車輪がレール上を移動することで発生する振動が原因で放射される音である転動音がある。転動音は低速走行でも高速走行でも発生し、おもに車輪とレールから放射される。今回はレールからの放射音を低減するためにレールの制振の効果について数値計算をもとに考察を行った。数値的な予測を行うために、時間領域差分法を用いたレール振動の数値解析を行った。軌道パッドの粘弾性パラメータを変えらることで振動の様子が変わることが数値的に確かめられた。

Key Words: 差分法、Timoshenko 梁、転動音、振動加速度

1. はじめに

列車走行時に放射される転動音は、レールと車輪から放射される音の寄与度が大きいと言われている。今回は列車走行時のレール振動を解析することで鉄道騒音低減対策に対する新たな可能性を考慮することを試みた。今回は移動加振源に対してのレールの振動についての時間領域差分法を用いて解析を行った。衝撃加振実験ならびに実車走行測定データとの比較も行った。

2. レール振動の物理モデル

レールは断面に比較して進行方向にかなり長い形状をしているため、直接有限要素法などを適用するのは困難なので断面形状を一定とおいた1次元弾性問題として振動を取り扱うことにした。振動モードとしては上下、左右の曲げ振動とねじれ振動のカップルした問題として解析を行った。

基礎方程式としては”近藤恭平著の振動論”7章の式を参考に Timoshenko バーの理論を応用した式を用いて計算を行った。時間領域で計算するために粘弾性ならびに流体力学的な減衰係数を導入した。粘弾性としては速度に比例する力が働く Voigt モデルを採用した。

振動の時間発展を調べる数値計算は差分法を用い、解法の数値的安定性を確保するために陰解法

を用いた。レールには図1のような力が働き、振動モードを考慮することにした。座標系としてはレールの断面を x, y 平面として、レールの高さ方向を y 軸とし、長手方向を z 座標とした。解析で用いた基礎方程式を記述するために以下の記号で物理量をあらわす。

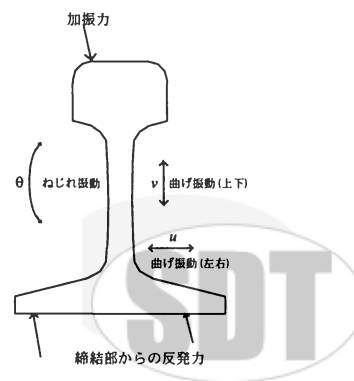


図1 レールに働く力と振動モード

u : x 方向変位, v : y 方向変位,
 θ : 回転角,
 ψ_x : 断面法線ベクトルの x 軸への射影,
 ψ_y : 断面法線ベクトルの y 軸への射影,
 I_x : x 方向断面 2 次モーメント,
 I_y : y 方向断面 2 次モーメント,
 E : ヤング率, ν : ポアソン比,
 κ_x, κ_y : Timoshenko 剪断係数,