

軌道パッドによる小返り振動減衰効果

九州大学工学部
九州大学大学院工学研究科
九州大学大学院工学研究科
九州大学大学院工学研究科

○学生会員 中村 哲
学生会員 池田 健一
正会員 壇 和喜
正会員 角 知憲

1. はじめに

近代鉄道においていくつかの軌道劣化現象があるが、その一つに波状摩耗という現象がある。その発生要因はいまだ不明確であるが、近年の研究で波状摩耗の発生はレール小返り振動に関係がある可能性が指摘されるようになった。

一方、平成8年のJR長崎本線での実態調査より橋梁区間では波状摩耗が発生していないことに着目し、波状摩耗の発生が小返り振動に対する減衰性能に依存すると推測した。

本研究ではその推測に基づき、小返り振動に対する減衰性能の高い軌道パッドの試作および考察を行った。

2. レール小返り振動

レール小返り振動とは、列車が通過するときの横圧によって、レールがレールベース付近を中心として回転する振動のことである。小返り振動は横方向の振動とねじり振動との連成振動である。

小返り振動とレールの波状摩耗との関係を確認するためには平成8年にJR長崎本線小長井保線区において行われたインパルスハンマーによるレール打撃応答試験から得られたデータを用いた。その結果を図3に示す。図3において実験値をプロットした後に周波数応答関数のプログラムで理論値の曲線を描いた。その際、 K_x :縦方向のバネ定数 K_y :横方向のバネ定数 C :減衰定数 を変数として、実験値の曲線により適合するようにそれらの値を推定した。

波状摩耗の発生していなかった橋梁区間においては、レール締結装置の振動に対する損失係数が0.2程度であったのに対し、波状摩耗の発生していたPCマクラギ区間では0.15程度であった。よって損失係数0.2を目標値として軌道パッドの試作を行った。

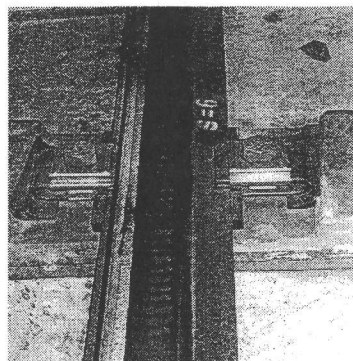
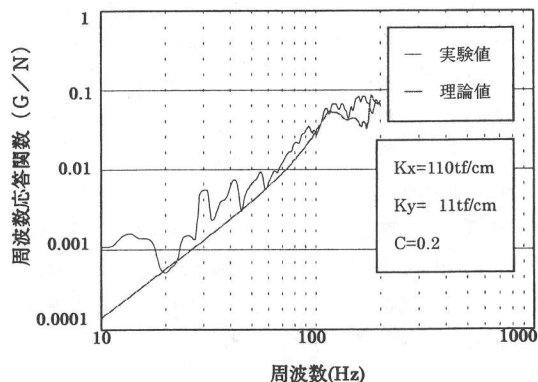
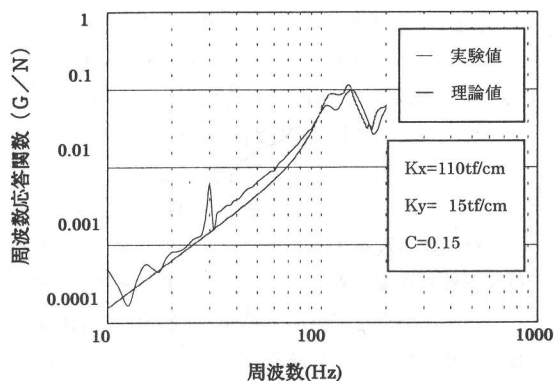


図1：波状摩耗発生軌道

図2：長崎本線における実験値と理論値の適合
(上：PCマクラギ 下：橋マクラギ)

3. 実験概要

3-1 概説

数値計算の結果、レール締結装置の振動に対する損失係数を大きくすることによってレール小返り振動を減衰することができると推測した。そこでレールの下に敷設してある軌道パッドに加工を施し、インパルスハンマーによる打撃試験を行い、損失係数を求めた。実験はレール側面に圧電式加速度計を取り付け、左右方向に加振した。なお、本実験においては実験の精度を高めるために、現場と同じ様にレールを敷設し、その上に周波数を小返り振動の固有振動数である 100Hz 程度にするため鉄板を剛結した。また、軌道パッドの弾性をより引き出すためにレールと締結装置の間に 3mm のゴムを敷いた。その概要を図 3 に示す。

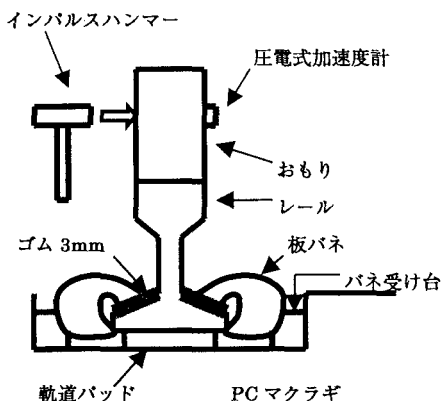


図 3：実験概要

3-2 軌道パッド

本実験では従来品軌道パッドと、その従来品パッドに穴を開け、そこに市販の特殊な粘性材料を詰め込んだ試作パッドで実験、比較を行った。試作パッドは、高い減衰性能を持つ粘性材料を従来品の中に詰め込むことによって、従来品より高い減衰効果を引きだそうとするものである。

4. 減衰性能の推測

本来、小返り振動とは横曲げ振動モードとねじり振動モードの合成されたものである。しかし平成 8 年に JR 長崎本線小長井保線区において行われた打撃試験から得られた結果によると、波状摩耗のピッチと列車速度から求められる周波数に対

応している 110Hz 付近の周波数帯域においては、横曲げ振動による影響は少なく、ねじり振動モードがほとんど小返り振動モードとして影響していることが分かった¹⁾。よって 1 自由度系のねじり振動方程式から周波数応答関数を求め、その結果と実験結果を適合させることによって損失係数を推定した。(図 4)

実験の結果、従来品パッドの縦方向バネ定数を 110tf/cm とした場合、損失係数は 0.1 となる。また試作パッドの実験値に理論値を適合させたところバネ定数が 105tf/cm、損失係数が 0.15 となった。ここで従来品パッドを使用したときの現場でのレール締結装置の損失係数(0.1)と異なる結果となっている。これはレールの小返り振動を 1 自由度のねじり振動方程式だけで表したためと考えられる。また、現場のレールは長手方向に無限長のはりとして考えられるが、実験では一つのマスとして考えたために損失係数に違いが現れたとも考えられる。

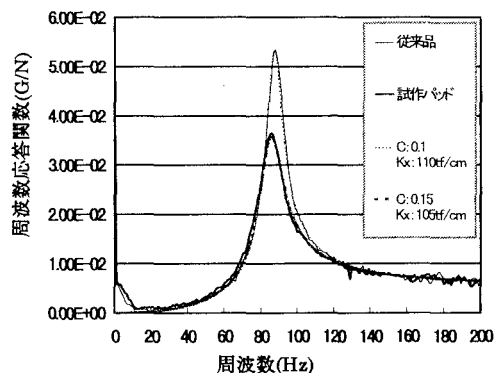


図 4：周波数応答関数

5. 結論

本研究で試作した軌道パッドが従来品パッドよりも高い減衰性能を持つことは確認された。しかし波状摩耗の低減にはもう少し高い減衰性能が必要であると考えられる。今後、さらに高い損失係数を実現させた上で、実際の軌道に試作パッドを敷設しての観察が必要であると考ええる。

1) 池田健一 急曲線内軌レールに発生する波状摩耗の基礎的研究
九州大学卒業論文 1997