

高減衰性能を有するレール締結装置に関する研究

九州大学工学部	学生員	○北川	聖子
九州大学大学院	学生員	山口	泰
九州大学大学院	正会員	壇	和喜
九州大学大学院	正会員	角	知憲

1. はじめに

近代鉄道に於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、近年の研究でレールの小返り振動が原因ではないか考えられるようになってきた。そこで本研究では小返り振動を低下させるため、従来のレール下の軌道パッドのみの減衰力に加え、粘性や摩擦減衰を働かせる装置の試作を行った。

2. レール小返り振動と波状摩耗について

レール小返り振動とは、レールが列車通過時に伴う横圧によってレールベースを中心に回転運動をする振動のことである。つまり、横曲げ振動とねじり振動の二つが合成された連成振動と考えられる。P Cマクラギではレールの波状摩耗の固有振動数と考えられる周波数 110Hz 付近で、ねじり振動モードが横曲げモードの 10 倍の大きさである。

レール小返り振動と波状摩耗の関係を確認し、レール小返り振動モデルを具体的に設定するため、平成 8 年に J R 長崎本線小長井保線区においてレール打撃応答試験を行った。この実験は波状摩耗の発生していない橋梁区間と発生している P Cマクラギ区間の二つの場合でレールの打撃試験を行い、周波数応答関数を求め、現場の各物性値から締結装置の損失係数を求めた。その結果によると、橋梁区間ではレール締結装置の振動に対する損失係数は 0.2 程度あったのに対し、P Cマクラギでは 0.15 であった。波状摩耗の発生の有無は、レール締結装置の小返り振動に対する減衰力、つまりレール締結装置の損失係数が影響を及ぼしていて、レールのねじり振動に着目する必要があると推測できる。そこで P Cマクラギの損失係数を 0.2 以上に高めることを目標に減衰装置を試作し、従来の軌道パッドのみの場合と比較検討した。

3. 実験概要

図-1 に実験概略を示す。

従来の軌道パッドを半分に切って P Cマクラギの上に載せ、その上に今回試作した減衰装置を設置する。レールとの一体化を図るため、減衰装置との間に特殊粘性材料を挟み込んだ。また、レール締結装置とレールの間には締結装置の横剛性を下げる目的で 3mm ゴムを挟んである。

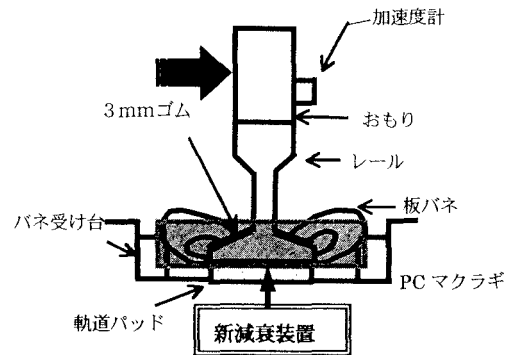


図-1 実験概略

実験はレール側面に圧電式加速度計を取り付け、インパルスハンマーで図-1の矢印のように打撃試験を行い、データレコーダーに記録した後、FFTアナライザーにより周波数応答解析を行う。また、実際の現場と同じ状況でレールを敷設し、その上に周波数を小返り振動の固有振動数である 100Hz 付近にするために鉄板を剛結した。

4. 試作装置について

減衰装置に関しては、以下のような効果があるものと推測し、以下の a)、b)の方法を考えて試作、実験を行った。

(a) 特殊粘性材料を利用した装置 (図-2 参照)

レールと一緒に動く部分 (A) と、マクラギに固

定されている部分（B）からなり、AとBはお互いに特殊な粘性材料（厚さ 0.1mm）によって接着してある。なお、AとBは厚さ 3mm の同じ鉄板を使用した。レールが振動すると同時にAが振動することにより、固定してあるBとの間で特殊粘性材料がずり運動をする。このことを利用して、レールの小返り振動のさらなる減衰を目指す。

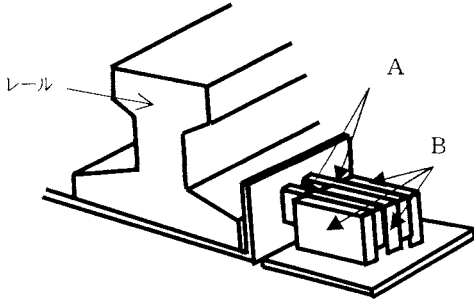


図-2 特殊粘性装置

(b) 金属の摩擦力を利用する。(図-3 参照)

装置の仕組みは（a）と同じである。用いた金属はA,B共にステンレスである。レールの振動に合わせてAの部分が振動し、固定してあるBの部分との間にレールの振動とは反対向きの外力、いわゆる摩擦力が生じる。その力を利用して小返り振動の減衰を目指す。

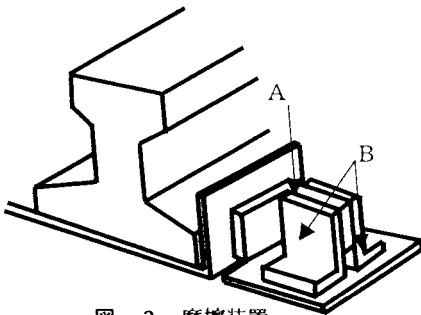


図-3 摩擦装置

5. 減衰装置の性能

周波数応答関数を求めるため、ねじり振動のモデルを作成し、今回試作した実験装置の結果を適合させることにより損失係数を求めた。

1) 粘性材料を利用した装置について

グラフより従来品の軌道パッドは、縦方向バネ定数が 110tf/cm、損失係数は 0.103 になる。一方今回の実験値に理論値を適合させると、縦方向バネ定数は変化しなかったが、損失係数は 0.14 に達した。

なお、従来品の場合と粘性装置の場合で周波数応答関数の最大値を示す周波数の値が違うのは、回転慣性が増加したためである。

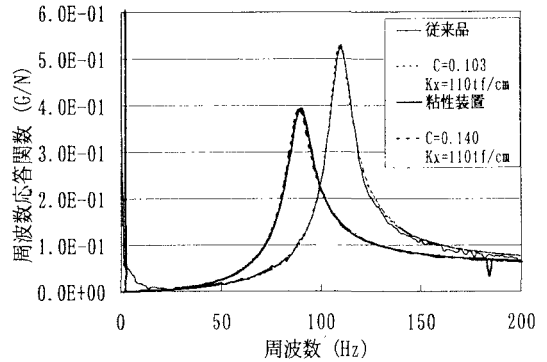


図-4 周波数応答関数

2) 金属の摩擦力を利用した場合

従来の軌道パッドの縦方向バネ定数、損失係数は 1) と同じである。摩擦を利用した装置は、縦方向バネ定数は変わらず、損失係数が 0.123 に達した。摩擦装置は左右一対であるが、これを増加させれば減衰機能を向上させることができる。最大値を示す周波数が違うのは 1) と同じ理由である。

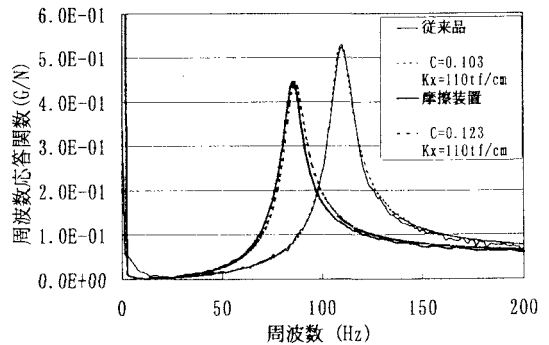


図-5 周波数応答関数

6. 終わりに

これまでの実験の結果より粘性材料のせん断力や金属の摩擦力は、小返り振動を減衰させるのに効果があることが推測できる。しかし、どちらの場合も損失係数はまだ 0.2 に届いていない。今後は試作装置について詳しく検討して実験を繰り返し、損失係数の向上を目指す予定である。