レール締結装置による小返り振動減衰効果

九州大学工学部 地球環境工学科 学生会員 ○河瀬 庸平
九州大学大学院 工学府 学生会員 松本 剛明
九州大学大学院 工学府 正会員 塩 和喜
九州大学大学院 工学研究院 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．これは，鉄道急曲線区間を中心に波高数ミリ，波長数センチの正弦波状の磨耗がレール頭頂面に発生する現象である．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要因としてレール小返り振動が有力視されている．

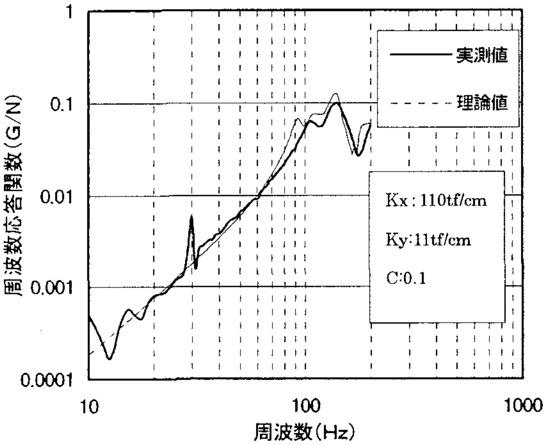
そこで本研究では，小返り振動に対する減衰性能の高い軌道パッドの試作および考察を行った．

2，レール小返り振動と波状磨耗について

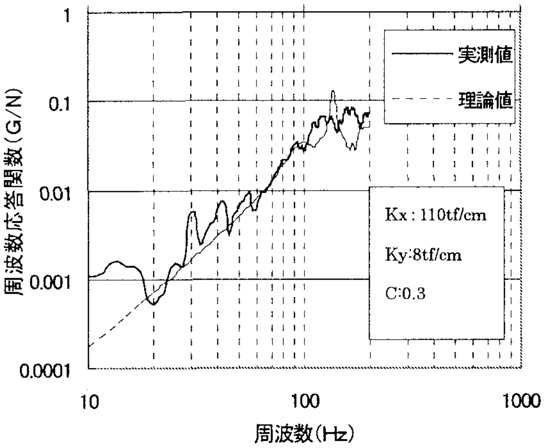
レール小返り振動とは，列車が通過するときの横圧によって，レールがレールベース付近を中心として回転する振動のことである．小返り振動は横方向の振動とねじり振動との二つが合成された連成振動と考えられる．また，PC マクラギ区間においてレールの波状磨耗の固有振動数と考えられる周波数は 110Hz 付近であることがわかっている．

レール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，波状磨耗が発生しているレール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試験から得られたデータを用いた．その結果を図 1 に示す．図 1 において実験値をプロットした後に周波数応答数のプログラム [1]を用いて理論値の曲線を作成した．ここで，Kx：縦方向のバネ定数，Ky：横方向のバネ定数，C：損失係数とする．

波状磨耗の発生して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 0.3 程度であったのに対し，波状磨耗の発生していたＰＣマクラギ区間では損失係数が 0.1 程度であった．そこで，本研究では損失係数 0.3 以上を目標値として軌道パッドの実験，解析を行った．



(a) ＰＣマクラギ区間における実験値と理論値



(b) 橋マクラギ区間における実験値と理論値

図 1：実験値と理論値の適合

3，実験概要

3－1 概説

実際の軌道での打撃応答試験の結果，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の材質を変更し，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 PC マクラギを設置し，そこに急曲線区間用の締結装置を設置した．この際，レールは一締結分(２７cm)に切って敷設し，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．その概要を図２に示す．

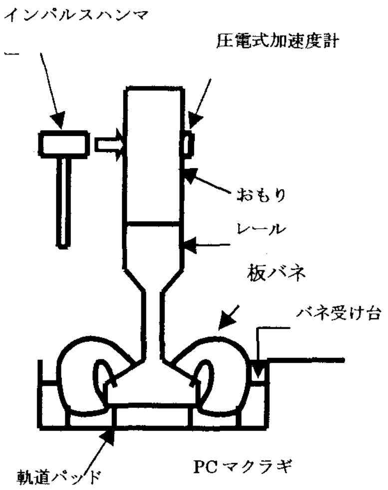
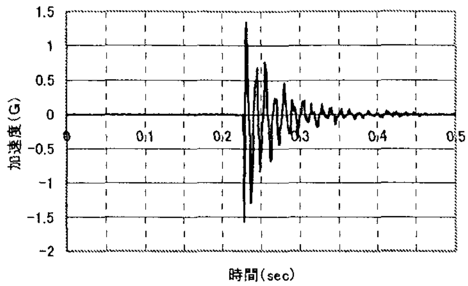


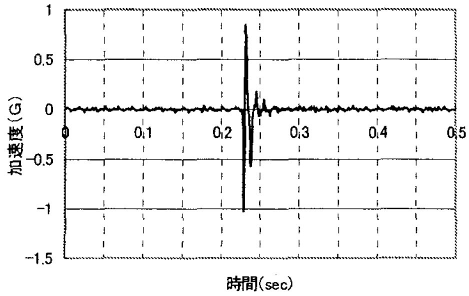
図２：実験概要

3－2　実験結果と考察

実験の結果，図 3 に示すグラフが得られた．この結果，従来品パッドの損失係数は 0.14 となり，試作パッドの損失係数は 0.38 となった．この実験の値から周波数応答関数を求めるため，振動のモデルを作成した．モデルは，レール底部に横方向のバネとねじり方向のバネがあると仮定し，共に複素型のバネ定数として与える．また，周波数応答関数を計算する上で縦方向のバネ定数の値を 110tf/cm として計算を行った．



a) 従来品パッド



(b) 試作パッド

図３：加速度－時間グラフ

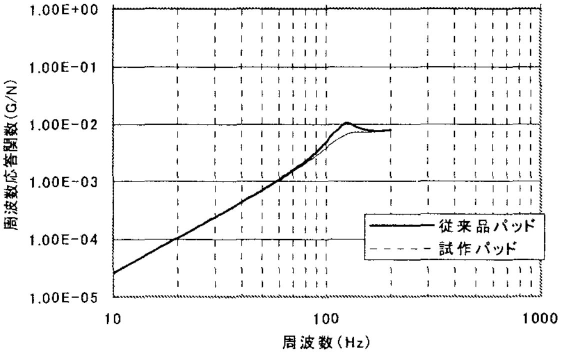


図４：周波数応答関数

4，結論

本研究で試作した軌道パッドの損失係数は0.38として得られた．これは現在使われている従来のパッドに比べて２倍以上大きいもので，目標値として設定した損失係数を上回るものであった．このことから，波状磨耗の発生要因となっているレール小返り振動を抑えることにかなり有効であると考えられる．今後の課題としては，実際の軌道に試作パッドを敷設しての打撃試験，実車走行試験が必要であると考える．