

IV-405

衝撃輪重及びレール継目部に対するラダー軌道の動的負荷特性

鉄道総研 正会員 奥田広之 鉄道総研 フェロー会員 涌井 一

1. はじめに

「横マクラギ方式軌道における車輪フラットの衝撃作用」に関する基礎的研究の結果、従来の疑似静的荷重に対する応答よりもむしろ、衝撃のパルスに対する動的応答がコンクリートマクラギの耐荷性能に極めて重要な意味を持つことが明らかにされた。この研究の延長線上で新たに限界状態設計法を導入することにより、横マクラギ方式と同等の線路延長当たり重量を有する超軽量のラダー型マクラギ（図1参照）を開発した。本研究では、鉄道総研構内のループ線に敷設したバラスト道床型ラダー軌道に対して、車輪フラットによる衝撃作用を模擬した落錘衝撃試験を行い、ラダー軌道の動的負荷特性の概要を明らかにした。また、あわせて敷設したバラスト道床弾性型ラダー軌道（マクラギ中央にレール継目部あり）に、列車を走行させて、一般部とレール継目部の縦梁曲げモーメントを実測した。

軌道は50Nレール、10mmの連続軌道パッド、パンドロール締結装置、ラダー型マクラギ及びバラスト道床から構成されている。また、バラスト道床弾性型とは縦梁下面に20mmのマクラギパッドを貼付したラダー型マクラギである。

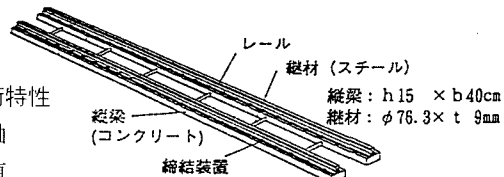


図1 ラダー型マクラギの全体構造と断面諸元

2. 落錘衝撃試験におけるラダー型マクラギの動的負荷特性

山手線における車輪フラット試験により測定された軸箱加速度の波形から作用時間として1～8ms、ピーク値として最大400kN程度の広範囲な三角パルス状衝撃輪重が、車輪フラットにより作用し得ると推定された。この衝撃輪重がラダー型マクラギに及ぼす作用を明らかにするため、鉄道総研構内のループ線に敷設したラダー軌道に対する落錘衝撃試験と有限要素解析を行った。試験及び解析結果を横マクラギ軌道（3号PCマクラギ）に対して行った同様な解析結果と比較して図2に示す。この図に示すように、三角パルス状衝撃輪重の作用時間と縦梁曲げモーメントとの関係として、線路方向一様支持状態の場合、作用時間6～8msにおいて静的負荷に対して1.29倍程度、線路方向不支持区間32.5cmと仮定した場合、作用時間8～10msにおいて静的応答に対して1.71倍程度増加する動的負荷特性の結果を得た。なお、横マクラギ（線路直角方向に一様支持）のレール下断面では作用時間1～2msにおいて静的負荷に対して1.8倍程度であった。この動的負荷特性は、三角パルス荷重に対する共振増幅現象と、軌道パッドのバネ定数増大に伴うレール圧力の増加との相乗効果によるものと考えられる。また、不支持区間の増大とともに縦梁曲げモーメントも増大することが考えられ、マクラギの設計にも影響する可能性があるため、今後詳細な検討を行う必要がある。

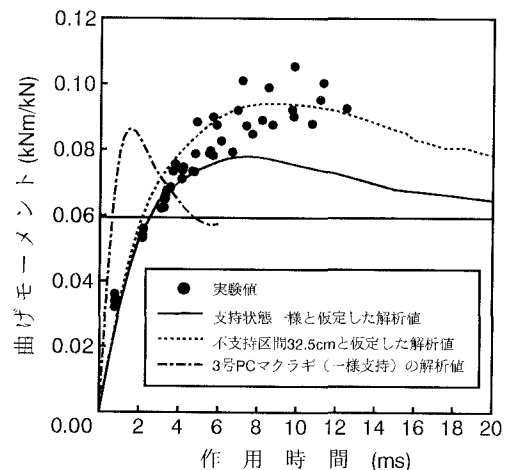


図2 縦梁曲げモーメントと作用時間との関係

3. バラスト道床弾性型ラダー軌道上の車両走行試験

クハ103形電車（走行速度43.5km/h）がバラスト道床弾性型ラダー軌道を走行した際の一般部とレール継目部の縦梁曲げモーメントの代表的な実波形を図3に示す。測定結果から、レール継目部では一般部の3

～1 倍の縦梁曲げモーメントが発生していることがわかる。なお、複数の種類の列車について同様な測定を行っている。

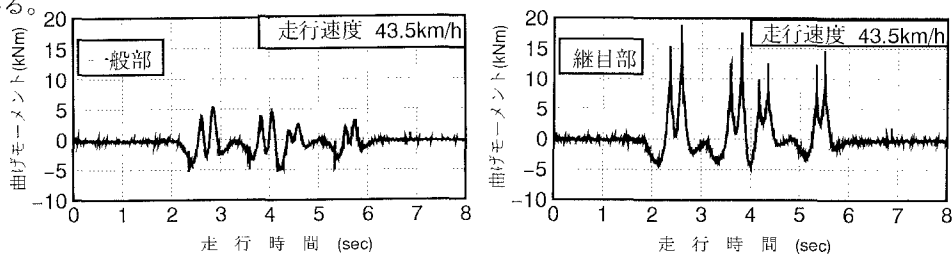


図3 電車の縦梁曲げモーメントの実波形

クハ103形電車が同軌道上を走行したときの一般部及びレール継目部の縦梁曲げモーメント（正・負の各最大値）と走行速度の関係を図4に示す。この図に示すように、一般部の正・負の縦梁曲げモーメント及びレール継目部の負の縦梁曲げモーメントは走行速度に関係なくそれぞれ約±5kNmである。レール継目部の正の縦梁曲げモーメントは走行速度の増加により15.5から19.5kNmへと増加傾向にあり、走行速度43.5km/hで最大値19.5kNmである。なお、ラダー型マクラギの設計ひび割れ発生曲げモーメントは25kNmであり、今回の走行試験ではマクラギにひび割れの発生はないと考えられる。

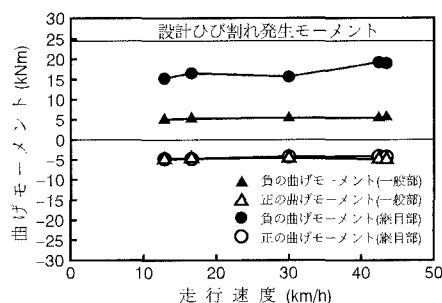


図4 縦梁曲げモーメントと走行速度の関係

図5は図3の実波形を時間軸に拡大し、一般部とレール継目部の縦梁曲げモーメントを重ねて表示したものである。この図に示すように、レール継目部の正の曲げモーメントは、一般部の縦梁曲げモーメントにレール剛性低下分と継目部の衝撃作用分の縦梁曲げモーメントを加えたものと考えられる。また、一般部、レール継目部及び衝撃成分を除いたレール継目部負荷の正の縦梁曲げモーメントの各最大値と走行速度の関係を図6に示す。この図に示すように、レールの剛性低下分の曲げモーメントは走行速度に関係なく一定値の6kNmであるが、レール継目の衝撃作用分の曲げモーメントは走行速度の増大により4.5から8.5kNmに増加し、走行速度43.5km/hで最大値8.5kNmとなっている。

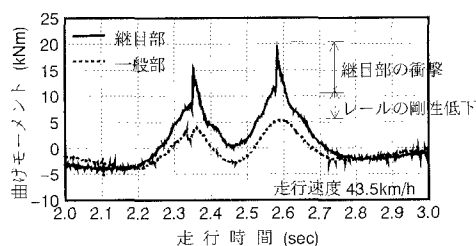


図5 縦梁曲げモーメントの時間軸拡大実波形

4. むすび

列車走行によりラダー型マクラギのレール継目部には一般部の3～4倍の縦梁曲げモーメントが発生していることがわかった。しかし、その曲げモーメントは今回の測定では走行速度43.5km/hで最大19.5kNmであり、設計ひび割れ発生曲げモーメント25kNm以下であった。このように、ラダー型マクラギのレール継目部に発生する曲げモーメントについて概ね定量的に明らかにすることができた。今後は、設計に影響を与えると考えられる、不支持区間のラダー軌道の動的負荷特性について深度化する必要がある。

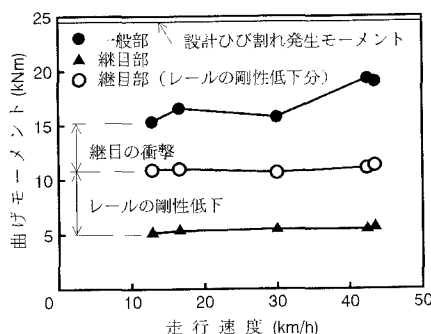


図6 レール継目部の縦梁曲げモーメントと走行速度の関係