

軌道の簡易な構造改良および保守による鉄道沿線の地盤振動抑制に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○ 佐久間 浩二

東日本旅客鉄道株式会社

佐藤 一 男

1. はじめに

(1) 背景および現場の概要

当社では、木マクラギ使用の抑制と軌道強化を目的として、主に3、4級線のローカル線区に敷設されている木マクラギを、低コストの下級線用PCマクラギ(以下下級線PC)に順次置き換える施策を実施している。下級線PCの特徴として、端部における高さが約150mmと小断面であり、断面・重量の減少によって不足する道床横抵抗力を確保するために、マクラギ側面および底面に50mmの突起を有する点が挙げられ、従来型のPCマクラギとは形状が異なる。

2005年度に下級線PCを挿入した箇所において、沿線住民の方から“PCマクラギ化工事後から地盤振動が激しくなった”旨の御意見を戴いた。下級線PCの挿入前、この箇所は、木マクラギ2本に対して6号PCマクラギ(締結装置は再生パンドロール化:以下6号PC)1本が敷設されたロングレール区間であった。このロングレールは、当社仙台支社管内で、かつて初期コストを低く抑えたロングレールの実現を目的として試験的に敷設された「ローカルロングレール」である。木マクラギ上に敷設されたローカルロングレールは、一般のロングレールよりも道床肩幅・余盛を大きくするほか、道床安定剤を使用して道床横抵抗力を確保することが必要となる。そこで、メンテナンス性を考慮し、今後この区間を一般のロングレールとして管理するためにPCマクラギ化を実施したものである。

(2) 振動試験実施までの経緯

2005年12月にPCマクラギ化を実施し、その直後に地盤振動の御意見を受けたことから、当初はPCマクラギ化の実施によって道床状態が変化し、地盤振動が大きくなったのではないかとこの想定を行った。そこで、2005年1月にMTT、7月に軌陸式8頭TTを使用して道床状態を良好に維持してきた。また、現場のレール溶接部に落ち込みがあったことから、8月には溶接部のレール削正を実施し、レール面の平滑化を図った。しかしながら、

これら一連の対策を経ても体感的な振動が軽減されないとの御意見を継続的に戴いたため、地盤振動悪化の原因が、マクラギ種別の変更による軌道構造の変化そのものにあるのではないかと考えた。PCマクラギ化によって、現地のマクラギ配列は6号PC1本に対して下級線PC2本となり、形状の異なるPCマクラギが規則的に配列された特異なパターンとなっている。そこで、振動の抑制に効果的な軌道構造を検討したが、軌道自体を防振構造とするのは現実的に困難であること、また、迅速な対応が必要となった時間的な制約もあって、選択可能な軌道構造を簡易試験によって比較し、地盤振動の抑制を図る検討を行ったものである。

2. 振動試験の実施

(1) 試験の概要

地盤振動に効果的な軌道構造を検討するために、マクラギ配列、軌道パッド等の組み合わせを変化させた軌道にそれぞれ振動を与え、振動レベルを実測する簡易な振動試験を行った。試験を現地の営業線上で実施することは困難であることから、営業線外の試験線を使用した。

試験の概要は次の通りである。表-1に示すように、3種類のマクラギを現場の状況を考慮した5種類のパターンで配列し、それぞれのパターンにおいてバネ定数の異なる軌道パッド(100, 50, 30 tf/cm)を挿入して軌道構造を再現した。なお、現場には6号PCが敷設されていたが、試験時の材料調達の都合により3号PCマクラギを使用した。現場のマクラギ配列は表-1中のパターン2がPC化施工前、パターン1が施工後の状態にあたる。いくつかの起振方法を試した結果から、試験軌道上の左右レール間に古マクラギを渡し、マクラギ上をタッピングランマーで起振する方法を採った。振動レベルの測定は、現場の当該住居の離隔と同条件となるよう、軌道中心から18m離れた地点とした。さらに、最も振動が低減された軌道構造にマクラギマットを取り付けて追測定し、振動の低減効果を検証した。振動試験の実施状況を図-1に示す。

キーワード：地盤振動，振動レベル，下級線用PCマクラギ，軌道パッド

連絡先 〒983-0853 仙台市宮城野区東六番丁31-2 JR北部現業事務所3F 仙台保線技術センター TEL：022-262-0350

表－1 振動試験におけるマクラギ配列

パターン No.	マクラギ配列						
1 (下級線+3号)	3	下	下	3	下	下	3
2 (木+3号)	3	木	木	3	木	木	3
3 (すべて木)	木	木	木	木	木	木	木
4 (すべて3号)	3	3	3	3	3	3	3
5 (すべて下級線)	下	下	下	下	下	下	下

木: 木マクラギ 3: 3号 PC 下: 下級線用 PC(P5DS)

図－1 振動試験実施状況
(左: 起振風景 右: 測定器具 (リオン VM-52))

(2) 試験結果

振動試験の結果を表－2に示す。PCマクラギ化施工後の軌道構造は、表－1中のパターン1に、2種類のパッドが混在した状態(3号PCに100tf/cm、下級線PCに50tf/cmの軌道パッド)であり、これをパターン1aとして表－2に網掛けで示した。パターン1aを基準とすると、表－2に太字で示したように、ほとんどの軌道構造の組み合わせで振動の低減が認められた。最も振動が低減したのはすべて下級線PC(パターン5)+軌道パッド(50tf/cm)という組み合わせであり、基準となるパターン1aに比較して5dBの振動低減となった。バネ定数が最も小さい30tf/cmの軌道パッドでは、本試験においては振動の低減効果が認められなかった。また、最も振動が低減したパターン5+軌道パッド(50tf/cm)において、マクラギ下面にマクラギマットを貼り付けて再度測定を行ったが、期待された効果は得られなかった。

表－2 振動試験結果 (単位 dB)

枕木マット		無し			有り			無し
軌道パッド		100t	50t	30t	100t	50t	30t	無し
パターン※ マクラギ配列	1 a	49		—	—	—	—	—
	1 b	47	49	51	—	—	—	—
	2	46	45	46	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	45
	4	50	47	50	—	—	—	—
	5	46	44	47	47	47	48	—

※ 表－1に準じる。ただしパターン1において3号PCに100tパッド、下級線用PCに50tパッドを使用した状態を1aとする。

3. 対策の実施と効果の検証

振動試験の結果から、本試験で比較された軌道構造のうち、最も振動の低減が期待されるのは下級線PCに軌道パッド(50tf/cm)の組み合わせであることが分かった。そこで、この軌道構造を現場に適用することとし、平成18年10月にマクラギ交換を実施して6号PCをすべて下級線PCに交換した(L=342m、投入本数185本)。マクラギ交換の前後には、現地で列車通過時の振動レベルを実測し、効果の検証を行った。さらに、マクラギ交換の約5ヶ月後にMTTによる軌道整備を実施したため、軌道整備の前後で再度振動レベルを測定した。これらの測定結果をまとめて表－3に示す。マクラギ交換直後の測定値は測定時間帯が異なるために単純比較ができないものの、交換一週間後の測定値で、交換前から約2dBの振動低減が認められた。また、PC交換後5ヶ月経過時点で1dB程度の振動の悪化がみられたが、MTTの投入により再度初期状態から3dB以上の振動低減を実現することができた。

表－3 振動レベル測定結果 (単位 dB)

測定日	18.7.7	18.10.10	18.10.26	19.3.14	18.3.22
状態	PC交換前	PC交換直後	PC交換一週間	PC交換5ヶ月	MTT投入後
測定値	71.2	(66.5)	69.0	69.9	67.8
変化量 (7.7基準)	0	(-4.7)	-2.2	-1.3	-3.4

測定は16時台の5列車平均・10月10日は14時台に測定

4. おわりに

今回の事例では、複数の軌道構造に実際に振動を与えて地盤振動を測定する簡易試験を実施し、最も効果的と考えられた軌道構造を現場に採用することで、振動の低減に一定の効果を得ることができた。

今後の課題として、一般的に地盤振動の低減に効果があると考えられる低弾性パッドや、マクラギマットについて、本試験においては有効な効果が確認されなかったことから、その原因とこれらの効果的な使用方法について検討する必要があるといえる。

現地においては、今後も地盤振動の変化を継続的に検証すると共に、今回の軌道構造の変更が軌道の保守周期にどのような影響を及ぼすかについても検討を行いたいと考えている。