

IV-407

音弾性法によるレール軸力の評価

東日本旅客鉄道㈱ 正会員○丹治 淳一
 東日本旅客鉄道㈱ 正会員 小山 弘男
 東日本旅客鉄道㈱ 正会員 中川 昌弥
 和歌山大学システム工学部 戸田 裕己

1. はじめに

レール継目部は、軌道の高低狂いや騒音の発生源となる等、軌道保守の上での弱点箇所となる。それを解消するために、ロングレール化が推進されている。ロングレールにおける張り出しやレール破断の防止のためレール軸力の把握は重要項目であり、簡便で正確な軸力の測定法の開発が求められている。

これまでの測定試験では、音弾性法を用いてレール軸力を評価することが可能であることを確認することができた。

ここでは、以後測定の精度の向上を図るべく行っている測定試験の結果について報告する。

2. 音弾性レール軸力測定の概要

音弾性とは、弾性体を伝播する超音波の音速が伝播経路の応力状態に依存して僅かに変化する現象（音弾性効果）のことである。これに基づき、レール中に超音波を伝播させその伝播時間の変化からレール軸力を算出する。尚、軸力算出には予め初期値として、敷設前の伝播時間を測定しておく必要がある。

2.1 音弾性レール軸力測定法

音弾性によるレール軸力測定への適用については、クリーピング波を用いる方法¹⁾やSH波を用いる方法²⁾が報告されているが、本開発では、レールの長さ1 m程度の平均軸応力を評価することを目指し、レールの軸方向に伝播し腹部対向面で一回反射するV字反射縦波に着目した。この超音波はレール温度に関する温度変化率が小さい、減衰がクリーピング波に比べ圧倒的に小さく1 m以上の伝播距離が得られる、などの特徴がある。

また、測定部位については、車両通過による塑性変形や磨耗、経年による材質や形状の変化等を考慮し、レール腹部としている。

2.2 測定装置の概要

測定装置概略を図-1に示す。測定装置は、1 m間隔で超音波送・受信子を設置し、レールの腹部に超音波を伝播させ、その伝播時間を測定するものである。レール腹部面と送・受信子間は水を介する水浸法を用いている。

これまでに測定装置にはより正確な伝播時間を測定するため、軌道内のノイズ防御対策、装置のバッテリー駆動化と小型軽量化等の改良を加えてきた。

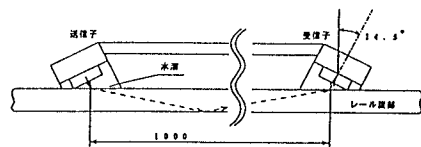


図-1 測定装置概略

3. 測定試験結果

新しくロングレール交換を行った箇所について、敷設前、敷設直後、2ヶ月後の軸力の測定を行った。音弾性測定の評価はひずみゲージによる測定と対比させる方法で行った。測定地点は伸縮継目側に密に、ロングレール中央部に向かって徐々に間隔を広くし400m区間に合計10箇所を設定した。

敷設直後、および2ヶ月後の測定結果をそれぞれ図-2、図-3に示す。音弾性法とひずみゲージの測定値は定性的には似ているものの、両者の値は大きく異なった。これは、敷設前の伝播時間を測定する際レー

ル温度が 0℃近くまで低下したためレール面と送・受信子間を浸す水に影響を及ぼし、V字反射縦波の信号レベルを極端に小さくしてしまった為ではないかと思われる。

4. 測定装置の改良

この測定結果から、再度改良を加え測定試験を実施することとした。主要な改良点を以下に示す。

4.1 レールの低温対策

これまでレール面と送・受信子間は水を使用してきた。そのためレール温度が 0℃になると水が凍り、超音波の屈折角を変化させV字反射縦波の受信信号を極端に小さいものにしてしまっていた。

この問題を克服するため、水の代わりに稀薄不凍液を使用することにした。この稀薄不凍液を使用することにより、0℃以下の低温レールでも強度の大きい受信信号が得られ高精度の測定が可能になった。

4.2 水中伝播時間の除去

従来の測定ではレール温度は測定していたが、水温までは測定せずレール温度と同じであると仮定し、温度補正を行っていた。そのため水中伝播時間の変化分が測定誤差となっていた。そこで、水中伝播時間を測定できる装置をつけ加えた。

5. 再試験結果

再試験には新たなロングレール交換場所を選定したが、測定方法等の条件は変更せずに行った。敷設直後、2ヶ月後の軸応力をそれぞれ図-4、図-5に示す。音弾性法とひずみゲージの両測定法で求めた軸応力はほぼ一致し、両者の差異は5MPa以下であった。音弾性による軸応力がレール長さ 1,000mmの平均値であるのに対し、ひずみゲージでは 3mmの局所的な値であることを考慮すれば、両者はよく一致しているといえる。

6. おわりに

測定装置の改良を重ね今回初めて音弾性軸力測定の新レールへの適用が可能になり、まだ実施例が少ないもののレール軸応力を5MPa程度の誤差内で測定できる可能性があることが確認された。今後測定精度を向上させるためには、さらに測定試験を重ねデータを蓄積する必要がある。特に、レール軸力が伸縮継目方向へ圧縮している状態での測定を行う必要があると考える。

〔参考文献〕

- 1) 粕谷：磁気センサによるレール軸力測定，鉄道技術研究所報告，No. R82101，(1990)
- 2) J. Deputat, J. Szelazek, A. Kwaszczyńska-Klimek, A. Miernik: Residual Stress in Rails, O. Orringer et al. (eds.), Kluwer Academic Publ. Vol. 1, pp. 169-183, (1992)
- 3) G. A. Alers, et al., Reviews of Progress in QNDE, Vol. 9, D. O. Thompson (ed.), Prentice Hall Press, pp. 1757-1761, (1990)

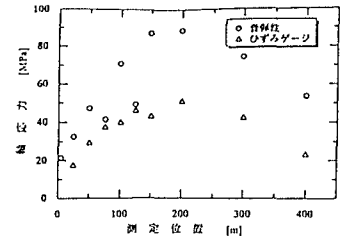


図-2 敷設直後の軸力測定結果

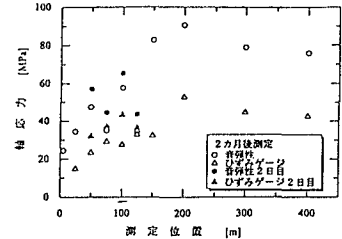


図-3 2ヶ月後の軸力測定結果

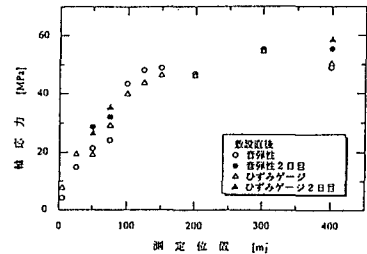


図-4 敷設直後の軸力測定結果

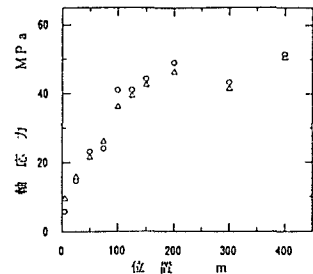


図-5 2ヶ月後の軸力測定結果