

IV-274

転動音低減のためのレール振動と放射音に関する基礎実験

鉄道総合技術研究所 正員 須永陽一

鉄道総合技術研究所 正員 金尾 稔

1. はじめに

新幹線の高速化の実現のためには沿線騒音の適正な維持を図る必要があり、転動音も可能なかぎりの低減が要求されている。転動音の発生源対策として最も効果的なのはレール削正である。しかし、レール表面の凹凸が完全に平滑化された場合でも、レールは振動し、音を放射する。これを低減する手法を見いだすために、レール振動と放射音に関する基礎的な検討を行った。以下に、その結果明らかになった事項を報告する。

2. レール振動に関する検討

(1) 車両走行時におけるレール振動の周波数特性

車両走行時におけるレール振動の周波数特性は、図1に示すように得られる。レールフランジ端部を主体とした上下方向の振動速度は近傍騒音と類似し、騒音レベルに影響の大きい周波数は1kHz付近となる。レール左右方向の振動速度は周波数全般にわたって約10dB小さいので、騒音にはほとんど影響しないと考えてよい。

(2) 輪軸落下試験におけるレールの振動特性

レール断面内各部位におけるレールの振動特性を検討するための基礎実験として、実荷重に近い一定の加振力が得られる輪軸落下試験¹⁾を行った。この試験の結果、レール断面各部における上下方向のレール振動加速度の周波数特性は図2のように得られた。図でレールフランジ端部振動は、レール底部やレールフランジ中央部の振動に比べ1200Hz以上の周波数で大きく、1400Hz付近の周波数数では2倍以上の差となる。

つぎに、50Nレールと60kgレールの振動伝達特性は図3の通りとなる。図はレールフランジ端部の単位励振力に対する加速度振幅の比（アクセラランス）で表した周波数応答関数を示している。60kgレールの縦剛性は50Nレールに比べ1.6倍大きいので、60kgレールの振動が小さくなると予想されたが、50Nと60kgレールの周波数応答関数はほとんど差のない結果となった。この原因としては、レールフランジ幅の影響が予想以上に現れたことも考えられる。このレールフランジの振動モードの影響等を含め、今後詳細な検討を進める必要がある。何れにしろ、輪軸落下試験によるレール断面内各部位の振動は、レールフランジ端部が最も大きく、50Nと60kgレールのフランジ端部振動には差がないものと考えられる。

3. 輪軸落下試験によるレール放射音

一般に振動する固体表面からの音の放射を予測するためには、放射係数（放射効率）を算定する

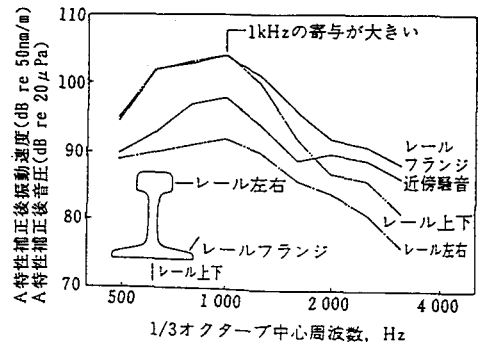


図1 車両走行時のレール振動加速度と近傍騒音（走行速度：200km/h）

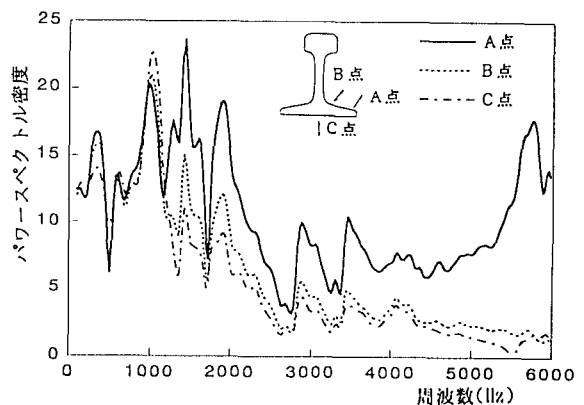


図2 輪軸落下試験におけるレール断面各部のレール振動特性

必要がある。レール等の梁要素を円柱体と仮定した場合には、放射係数 σ は次式により与えられる²⁾。

$$\sigma = [kr \{J_1'(kr)^2 + N_1'(kr)^2\}]^{-2} \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 J_1' ：1次のベッセル関数の導関数、

N_1' ：1次のノイマン関数の導関数、 k ：音響波数、

r ：円柱の半径である。また、文献3)では(1)式および実験結果に基づき、レールの放射係数 σ_r は周波数 f をパラメータにし、(2)式により近似できている。

$$\sigma_r = 2/[1 + (630/f)^3] \dots\dots\dots(2)$$

ここで、図1に示したようにレール左右振動の影響は小さいので、レール上下振動についてのみ着目すれば、文献3)より平均音圧パワー $\langle P^2 \rangle$ は、(3)式により得られる。

$$\langle P^2 \rangle = [\sigma_r(h+b)(\rho c)^2/4d]\langle v^2 \rangle \dots\dots\dots(3)$$

ただし、 $\langle v^2 \rangle$ ：平均的なレール振動速度の $\wedge$ パワー、 ρc ：音響インピーダンス、 h ：レール頭部幅、 b ：レール底部幅、 d ：音源までの距離である。

輪軸落下試験は過渡振動を取扱うので、定常応答による(3)式をそのまま適用できないが、最近音響インテンシティ法に過渡応答を応用した解析手法も提案されている⁴⁾。ここでは、輪軸落下試験による基礎的な検討として、60kgレールのレールフランジ端部の振動速度と直近の騒音の比較を試行した。この結果は図4に示すように、約600Hz以上の周波数領域において、両者の周波数特性は非常に類似することがわかった。この時のレールの放射係数は図5に示すように、600～1200Hz間で0～1dB（放射係数；約1），1600～5000Hz間で約9dB（同；約3）となり、600～1200Hz間では(2)式とよく一致した。

4. おわりに

以上の解析結果から、レール振動および放射音の抑制のためには、レール上下方向、特にレールフランジに着目した検討が必要とされることが分かった。今後解析手法の深度化を図り、レール部材における低減策に関する検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 佐藤吉彦，須永陽一，第34回土木学会年次学術講演会，1979.10
- 2) Bailey J.R., Fahy F.J., ASME J. of Engineering for Industry, 94, 1972
- 3) Remington P.J., Rudd M.J., Ver I.L., UMTA-MA-06-0025-75-10, 1975.5
- 4) Yano H., Hidaka Y., Tachibana H., J. Acoust. Soc. Jpn., (E)11-2, 1990.3

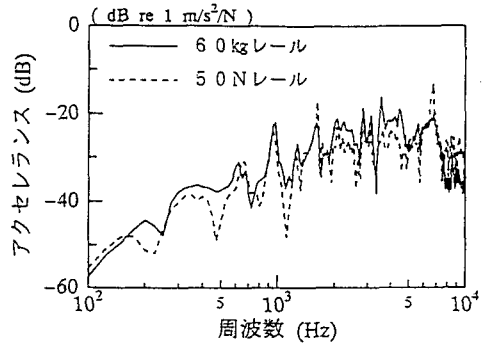


図3 輪軸落下試験による周波数応答関数

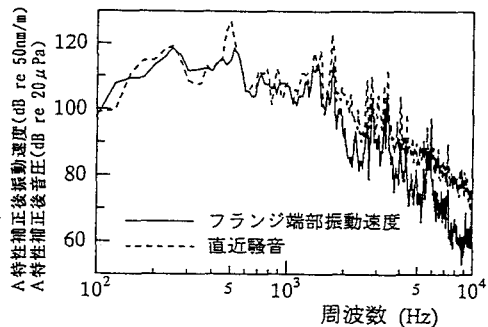


図4 レールフランジ端部振動速度と直近騒音

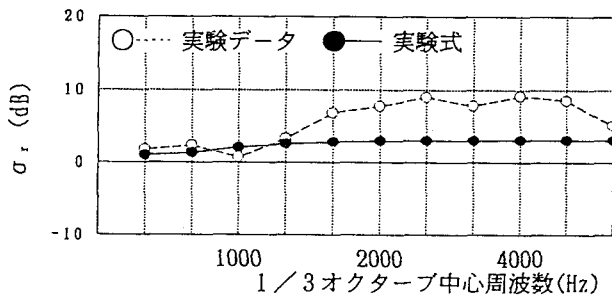


図5 輪軸落下試験における放射係数