

IV-44 軌道に生ずる高周波振動について

東京大学生産技術研究所 正員 岡本 舜三
 東京大学大学院 正員 佐藤 吉彦

列車の通過によって軌道に発生する振動に関する従来の研究は、主として数百 cps までの範囲について行われて来た。これに対して、道床沈下等の軌道劣化、都心を走行する列車の騒音、レールの疲労、レールと枕木の締結の際に用いるゴムパッドの役割等の立場から、数百 cps より高く 1000 cps を越えるような振動(これを軌道の「高周波振動」と名付ける)教領域における軌道の挙動を研究する必要が強調されて来た。著者等はこのような背景のもとに、実物大模型軌道を用いて軌道に高周波振動の発生する可能性を示し、営業軌道のレール歪を測定してレールに高周波振動が存在することを明らかにして来た。

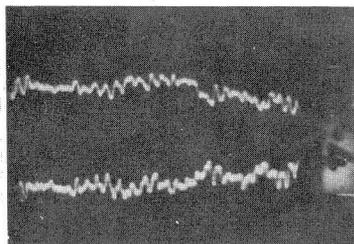
ここでは以上のような背景のもとに軌道に存在する高周波振動の特性と、これに対して軌道各部が果している役割について述べる。

軌道に存在する高周波振動の分布を求めて、帝都高速度交通管田地下鉄銀座線(オノ表参照)において列車走行時の軌道振動を測定した結果によれば、この軌道に卓越する高周波振動は約 1800 cps を中心として 1000 ~ 2500 cps の範囲にわたる振動であり、レールではレール腹部垂直方向歪として最も卓越し、レール頭部長手方向には認められるが、レール底部においてはみられず、枕木振動としては最大 4.8 G という値を有している振動である。構築底盤ではその存在は認められなかった。

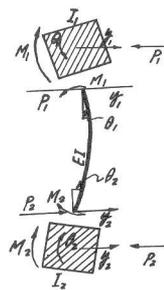
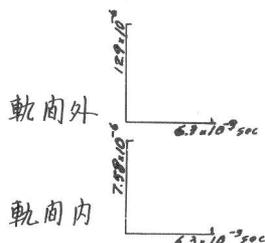
レール	PS 5059 長さ 84 m
枕木	650 x 200 x 150 木枕木が大部分で 16 本おいてレールをつないだ枕木がある。
	間隔 平均値 59.5 cm
レールと枕木の締結	鉄釘レール並型、ゴム釘レール地下鉄 12 号型をそれぞれ大針と小針
道床	コンクリート道床 厚さ 230 mm
構築	鉄骨 703 型

オノ表 軌道条件

このような事実は昨年度報告した東海道本線大船—辻堂間において測定したレール歪に関する研究とも合致した。そこで、この高周波振動の性格を明らかにするために、2 現象ブラウン管オシログラフによって、レールの同一断面で軌道内外の腹部垂直方向歪、頭部および底部の長手方向歪の各々の組合せについて同時測定した結果から、レール歪として測定される高周波振動はレール腹部の軌道内外に対する曲げ振動になっている(オノ図参照)ことが明らかにされた。これに引続き、レールの断面に関する固有振動数を検討の結果、軌道に観察される約 1800 cps を中心とした 1000 ~ 2500 cps の振動は、レールをオノ図のモデルが表わした場合の固有振動に概当り、物理的にも妥当であると推定された。



オノ図 枕木中間レール腹部長手方向歪



オノ図 V-W のモデル

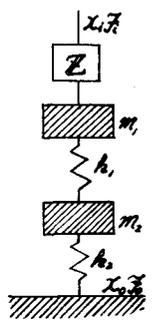
軌道のレールに発生している高周波振動について考えるためには、レールの特性と同時にこのレールを支持するレール支持系についてその特性を知る必要がある。そこで、レール支持系について従来設けられていたモデル(オ3図参照—ここで Z はゴムパッドを表わす伝達マトリックス³⁾でその成分は Z_{ij} である)をとり、この頭部で単位変位を加えた場合にその力の応答である支持インピーダンス Z (オ1式)を求め、これをオ4図のようなゴムパッドモデルについて

$$Z = \frac{\frac{1}{k_1}(Z_{21} - m_1 \omega^2 Z_{22}) + (1 - \frac{m_2 \omega^2}{k_2}) \left\{ \frac{Z_{11}}{k_1} + Z_{12} (1 - \frac{m_1 \omega^2}{k_1}) \right\}}{\frac{1}{k_2}(Z_{11} - m_1 \omega^2 Z_{12}) + (1 - \frac{m_2 \omega^2}{k_2}) \left\{ \frac{Z_{11}}{k_1} + Z_{12} (1 - \frac{m_1 \omega^2}{k_1}) \right\}} \quad (1)$$

数値計算した結果(オ5図)、レール支持系は支持インピーダンスに関して3組の特異点(零点と極点)を有して、これらが質量を中心としたレール支持系各部の役割に対応することが明らかにされた。

これについて検討の結果、高周波振動の領域では、ゴムパッドの役割が重要であり、これに想定される固有振動数より低い振動数領域ではゴムパッドはバネとして働くのに対し、これより高い振動数領域では振動遮断材としての役割を果たすことが明らかにされた。このような固有振動数はオ5図に示したパッドの場合約4000cpsである。

軌道の高周波振動については、はじめに述べたような立場から今後さらに検討を必要とされているが、以上はレールにおける測定を中心とした立場から軌道各部がこの振動に対して果している役割を、現在の研究段階において述べたことである。

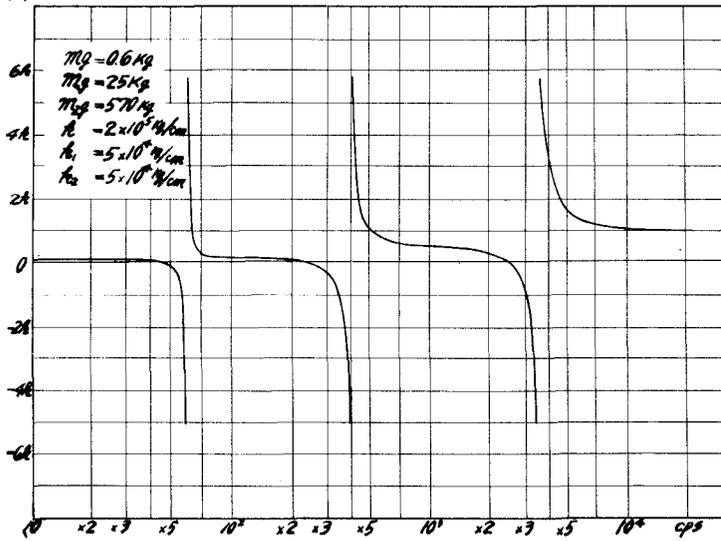


オ3図 レール支持系のモデル



オ4図 ゴムパッドのモデル

この研究にあたって御協力頂いた国鉄本社保線課、帝都高速度交通官団工務部、日本保線協会の各位に対して厚く御礼申し上げる次第である。



オ5図 レール支持系モデルの支持インピーダンス

文 献

- 1) 岡本舜三、佐藤吉彦、梁の衝撃曲げによって生ずる変位の反力について(模型軌道の衝撃加振)昭和31年土木学会年次学術講演会。
- 2) 岡本舜三、佐藤吉彦、レールに生ずる高次振動 昭和34年土木学会年次学術講演会。
- 3) 高橋利衛「機械振動とその防止」オム文庫 1953年