

金沢工業大学大学院 学生員 ○ 山田 幹雄
金沢工業大学 正 員 小野 一良

列車通過時に軌道および路盤に生じる振動については、これまでに多くの理論的研究および現場測定が行われ発表されている。理論的研究においては車輛のばね下質量の下にレール、まくらぎ、道床および路盤を代表する質量を置き、これら質量は間にばねをはさんで上下に連結されていると仮定し、車輪によってレール面に打撃が加えられたときにこの振動系に発生する自由振動を計算する場合と車輪・レール間の凹凸によって誘起される強制振動に重点を置く場合とがある。現場測定においては軌道および線路構造物の各所に振動加速度計を配置し、振動加速度が取り出されている。また場合によっては騒音との関連が追及されている。

今回の測定においては、レールに加えられる打撃によって軌道および路盤に生じる振動および騒音を解析するために、図-1に示すようにレール継目部の近くでレール、まくらぎおよび路盤に振動加速度計を取り付け、また軌道中心より4 m、12 m の位置に精密騒音計を設置した。測定現場は北陸線東金沢-森本駅間下り線、平坦、直線で田面に約50 cmの盛土がなされている。50 kg Nレール、PCまくらぎが62 cm間隔に配置されているが、とくにレール継目はささえ継ぎとし、大盤の木まくらぎが使用されている。

レール継目部の軌道中心より4 mの位置で測定した騒音をデータレコーダに録音し、これを実験室で再生して1/3オクターブバンドの周波数分析を行なった。図-2には、測定現場を66~82 km/hで通過した3本の特急電車の編成に含まれているモハ型車輛の前、後台車通過時に発生した騒音の分析値36個の中央値が記入されている。また土尾線に向かうディーゼル動車についても同様にして整理し、その結果を記入した。この図に示すように、車輛の種類にかかわらず常に中心周波数50 Hzにおいて最高の音圧レベルが認められた。この測定とは別に、プレートガーダーまたはトラス橋上の線路のレール継目部付近で騒音を測定した場合にも50 Hzに卓越周波数が認められ、レール継目部の打撃音に特有の周波数であると考えられる。図-2によれば、500 Hz付近に第2の山があるが、とくに卓越周波数というほどのものでもない。この前後の周波数を持つ騒音は、軌道を構成する各部材の振動より発生する騒音および車体より発生

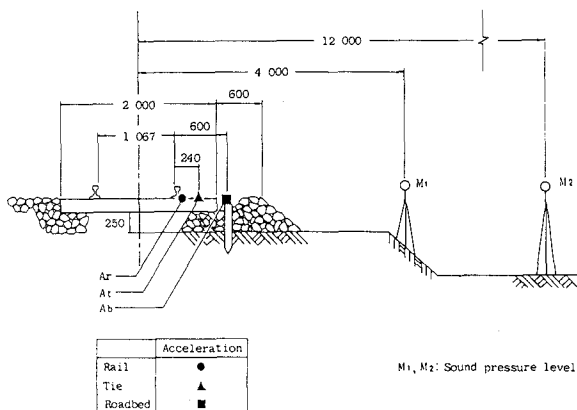


図-1 測定計器配置図

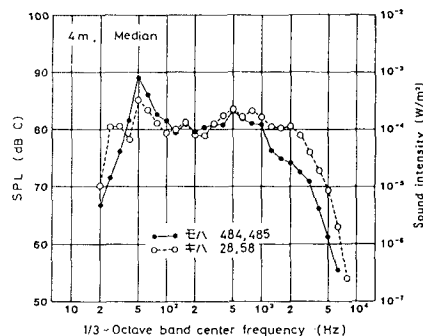


図-2 列車通過時における騒音の周波数分析

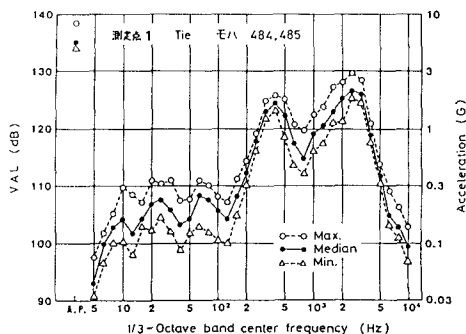


図-3 まくらぎに生じる振動加速度の周波数分析

する騒音が合成されたものとされている。電動車とディーゼル動車の分析結果を比較した場合、31.5Hz以下と1000Hz以上の音圧レベルに差が認められるが、これは車体または動力装置より発生する騒音の差によるものと考えられる。

つぎに電動車通過時に継目まくらぎに生じた振動加速度について周波数分析を行ない、90%レンジの最高値、中央値および最低値を求めた結果を図-3に示した。また図-4には、継目まくらぎより順次1、2、4、6本目のまくらぎおよび17本目のまくらぎ(測定点1、2、3、4、5)に生じた振動加速度の中央値を示した。これらの図によれば、315~400Hzと2500~3150Hzに卓越周波数の存在することが示されており、騒音の分析結果において示された50Hzの卓越周波数は明らかでなく、むしろ63.5Hzに山が認められる。

これらの図と図-2に示した騒音の分析値とを比較するとその形状は大きく異なり、とくに振動加速度において200Hz以上の分析値が大きいことに注目される。この原因として振動加速度は高周波振動が強調される傾向にあることを考えて、振動加速度を振動速度に換算した結果を図-5に示した。この場合には、中心周波数50Hzあるいは63.5Hzの振動速度は300Hz付近の振動速度に等しいか、またはいくらか大きくなり騒音の分析値にほぼ相似している。振動速度に換算したときに10Hz以下の低周波数において大きな値を示す原因は、車輪が測定点を通る時間間隔の逆数がこの近くにあるためと考えられる。

同様にして路盤において測定した振動加速度について周波数分析を行ない、これを振動速度に換算した値を図-6に示した。この場合にも63.5Hzに卓越周波数があり、これより高い周波数に向かうにしたがって振動速度は減少するが、500Hz付近に第2の山の存在する形は騒音の分析結果とよく一致している。騒音の大きさをあらわすSPL(dB C)は毎秒1m²を通過する音波のエネルギーを代表しているの、騒音の発生源とされる振動においても振動のエネルギーを代表する指数、すなわち振動速度と比較した場合に相対度の高くなることが理解される。

これまでに行なわれた多くの研究においては振動加速度に重点が置かれ、振動加速度の大小が軌道の破壊に直接関連するように論じられる場合が一般的であった。しかしながら、むしろ振動速度を振動のエネルギーを代表する指数とし¹⁾、振動速度の大小によって軌道の破壊との関連を論じることが適当であると考えられる。理論的考察によれば、長さ有限の連続した構造物には無限に多数の振動モードが存在し、この構造物の1点に衝撃を加えた場合に発生する振動においては高い次数になるほど大きな振動加速度を持つ傾向がある。したがって、鉄道線路において最大の振動加速度を測定しようとする努力には限界が設けられないと考えられる。

1) 小野一良:運動工ルギの分配に関する法則,土木学論文集第33号,1956.

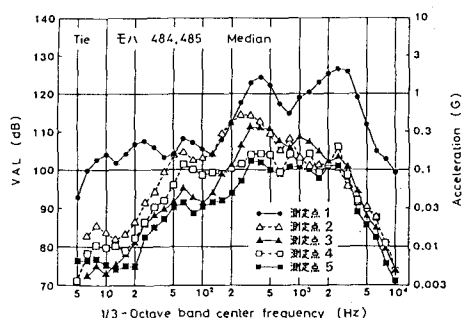


図-4 まくらぎに生じる振動加速度の周波数分析

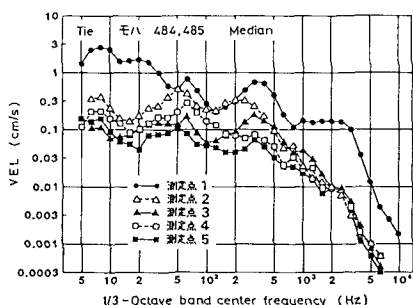


図-5 まくらぎに生じる振動速度(振動加速度より換算)

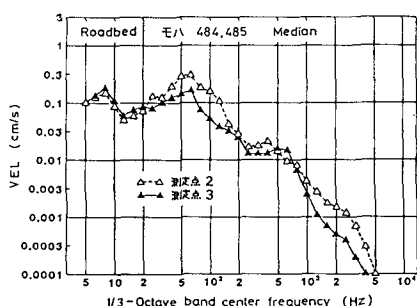


図-6 路盤に生じる振動速度(振動加速度より換算)