

新幹線試験線の発生騒音について

—東北新幹線騒音予測研究 第5報—

今泉 信夫 中村 信一 上原 幸雄

1 はじめに

東北新幹線騒音の予測研究を進めるにあたり、模型実験による検討を併行して行うことにしたので、実験音源のモデルとして新幹線騒音の音源近傍での性状を把握しておく必要があった。幸い小山試験線沿線の騒音伝搬傾向の測定を行った際、国鉄側の協力が得られ、試験線高架軌道近傍において列車直近での測定を行うことができた。これまで東海道、山陽新幹線の騒音調査は各機関で行われその測定結果がまとめられているが、軌道近傍の列車直近の位置での測定は営業線では極めて難しいこともあって参考にできるデータは殆んどなかったといつてよい。本報では小山試験線で少数例であるが、事例として得られた音源近傍音の性状を示すとともに、これを用いて転動音について理論式に用いるみかけのパワーレベルについて計算方法を検討した結果について報告する。

2 試験線の音源近傍における騒音

(1) 軌道内の騒音測定

新幹線走行時の車輛直近の位置での測定として、小山試験線の高架部および橋梁部において逆L防音壁内側の線路直近の位置での録音を行った。マイクロホンは近接側路線の中央から2.3~2.4m側方で、車輛の中心の高さとなるように逆L防音壁の軌道側支柱に堅固にとりつけ、車輛直近の風の影響を避けるため防風スクリーン装着とした。測定地点は次のとおりである。

- ①高架(ラーメン)スラブ軌道 62.63km地点 (東京起点以下同じ)
 - ②高架(ラーメン)弾性マクラギ軌道(逆L防音壁内側吸音処理。以下単に弾性マクラギ軌道とする。)
 - ③橋梁(合成トラス)スラブ軌道 57.86km地点
- 使用測定器は、①精密騒音計: リオン製NA-60型、②データレコーダ: ナグラ製IVS-J型 である

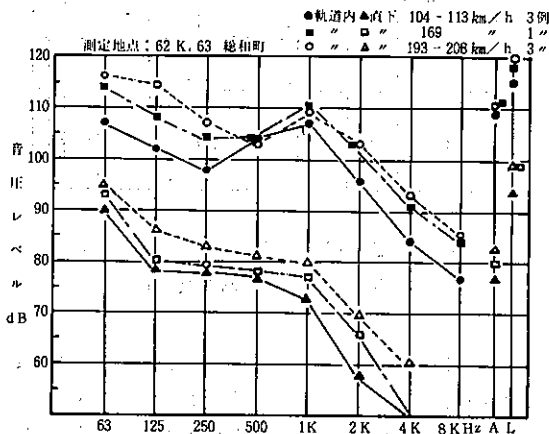


図1 東北新幹線試験線騒音の周波数特性 (スラブ)

り、録音分析はB&K製リアルタイムアナライザ—OKITAC4500システムを用いて行った。

(2) 軌道近傍騒音の分析結果

ア 図1はスラブ軌道近傍の分析結果を各速度域ごとにオクターブバンドレベルの算術平均で示したものである。すなわち軌道付近では110km/h域でA.P.は109dB(A) (Linear 114dB), 210km/h域で111dB(A) (120dB)である。周波数特性は110km/hの場合、1KHzにやや卓越した成分があるが、63, 125Hzの低音成分も大きい。210km/h域では250Hz以下の低音成分の方がはるかに多くなっており、110km/hの場合とはかなりの相違がみられる。169km/hの分析例も参考に記入したが、両者の中間的傾向よりは210km/hの場合に近い傾向となっている。

高速になった場合各バンドの音圧レベルが一様に増加するものと予想したが、図1では500Hzと1K

H_zの音圧レベルは殆んど変化していない。しかし、極めて少数の測定事例であること、軌道付近のマイクロホンの位置も1箇所だけの結果であり断定は難しい。なお、図中にこの高架直下の分析結果も併記した。

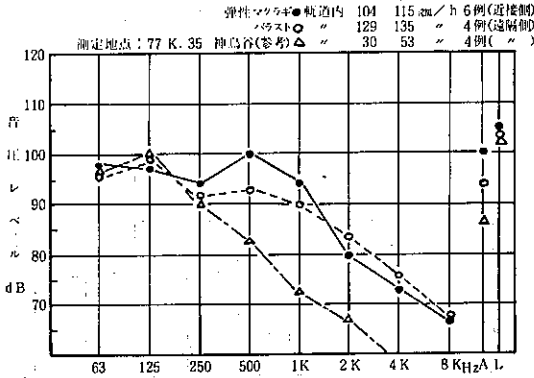


図2 東北新幹線試験線騒音の周波数特性 (弾性マクラギ, バラスト)

イ 図2は弾性マクラギ軌道における軌道付近の周波数特性である。スラブ軌道に比べオクターブバンド音圧レベルが、1 KHz以上で10 dB以上回っており、弾性マクラギが高音域成分の低減に有効であることが分る。したがって、スラブ軌道でみられた1 KHzでの小さなピークに代って500 Hzがピークとなっている。図中の○△印は遠隔側の上り線を走行した場合であり、上り線はバラスト軌道のままであること、マイクロホンから車輛までの距離も異なっているのでそのまま比較できないが参考として記入した。○印は129~135 km/hの場合、△印は30~53 km/hの緩速の場合でも250 Hz以下の低音域の成分は殆んど同じで、500 Hzから上の帯域の成分に差があることが分る。このためにLinearの値は104 dB、105 dBとはほぼ同等であるが、L_Aの値は速度が約1/3になると94 dBから87 dBに低下し7 dB低い結果になっている。

ウ 図3は利根川橋梁の80 mスパン軌道付近、図4は50 mスパン軌道付近の周波数特性である。80 mスパン内のA.P.の値は110 km/h域で、111 dB(A) (Linear 113.5 dB)、210 km/h域で116 dB(A) (118 dB)で、速度2倍増でいずれも1 KHzがやや卓越し、また低音域成分も多い

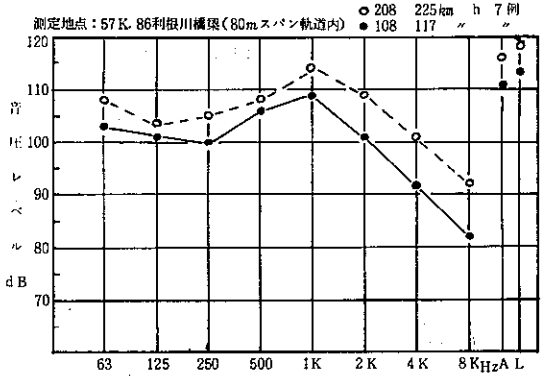


図3 東北新幹線試験線騒音周波数特性 (橋梁)

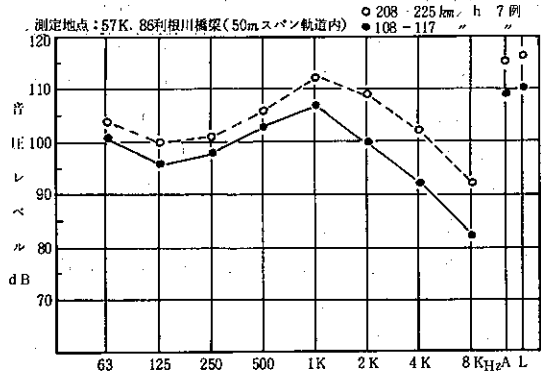


図4 東北新幹線試験線騒音周波数特性 (橋梁)

特性がみられる。210 km/h域になると音圧レベルの増加は低音域側の2~5 dBに比べ、高音域側は10 dB近くになり、やや高音域成分の増加がみられる。

50 mスパン軌道内のA.P.の値は110 km/h域で110.9 dB(A) (110 dB)、210 km/h域で115 dB(A) (116 dB)とこの場合も速度2倍で約5 dB増であり、80 mスパン内よりは全帯域で2~3 dB低く、周波数特性は1 KHzより高音域側は80 mスパン内とほとんど同様であるが、500 Hz以下の低音域側が3~4 dB低くなっている。

3 音源レベルの検討

(1) 試験線のパワーレベル

石井ら¹⁾による在来線高架鉄道からの騒音予測手法案によれば、単位長さあたりの転動音のみかけのパワーレベル L_{w1} と高架構造物音の単位長さあたりのみかけのパワーレベル L_{w2} を高架の近接測定点の騒音レベル測定値から逆算して求め、これを基に有限長線音源の距離減衰の考え方でさらに転動音については高欄による回折補正を行って予測地点の推定値を求める方法を示している。この場合騒音測定値としては、騒音レベルのSlow特性の記録よりピーク値-10dBの間を離散的にのみとったエネルギー平均値を用いている。今回の試験線の測定にはSlow特性ピーク値をよみとっているの、レベルレコーダの記録から上記の方法によるエネルギー平均値を求めなおし、両者の比較を行った例が図5、表1である。試験線の連結数は6輛で、110~210km/h走行では営業線に比べ騒音の継続時間は短かく、また特異音の発生も殆んどないため、各測定点ともピークレベルとエネルギー平均レベルとの差は個別にみるとバラツキはあるものの比較的一定値2~3dBにあるとみられる。そこで以下のパワーレベルの検討にあたっては特にエネルギー平均値への換算は行わずにSlow特性測定のピークレベルによって計算方法の検討を行う。

ア パワーレベルの四つの計算方法とその相互比較

高架沿線の騒音レベルは転動音の外、構造物音、パンタ摺動音、駆動装置音なども関係しているが、この

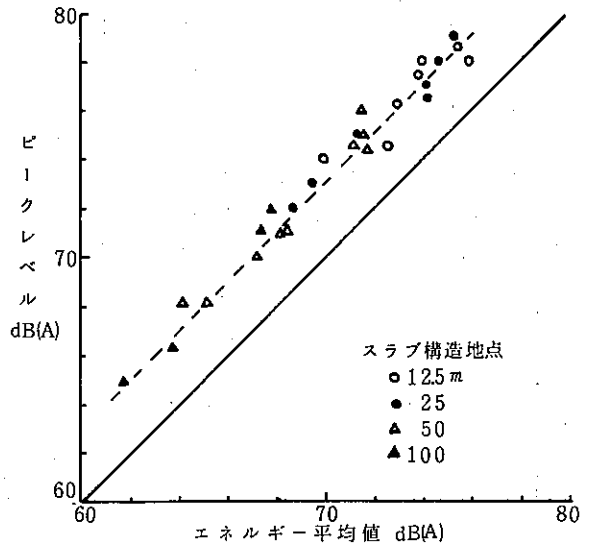


図5 試験線騒音のSlow特性ピーク値
-エネルギー平均値の例

うち最も大きく寄与しているのは転動音であるとして、騒音レベル測定値から逆算し、転動音で代表させたパワーレベルを求めてみる。表2は、62.63km地点のスラブ軌道の測定例により、線路中心に線音源があると仮定したみかけのパワーレベルの試算結果である。表2において L_w は逆L防音壁内の騒音レベル(線路中心から2.3m)実測値から文献¹⁾の方法により有限長指向性線音源として逆算で求めたパワーレベルである。 L_{wa} , L_{wb} , L_{wc} はいずれも沿線の騒音レベル

表1 試験線騒音のSlow特性ピーク値-エネルギー平均値例

| 距離 (m) | | dB | | | |
|--------|----------|------------|------------|------------|------------|
| | | 12.5 | 25 | 50 | 100 |
| 構造 | 高架(スラブ) | 2.9 (0.69) | 3.4 (0.14) | 3.4 (0.56) | 3.2 (0.55) |
| | ”(特殊防音) | 2.7 (0.44) | 2.7 (0.41) | 3.1 (0.95) | 3.6 (0.43) |
| | 横断橋 | 2.8 (0.50) | 2.3 (0.46) | 2.6 (0.51) | - |
| 構造 | 高さ (m) | 4.6 | 8 | 11.5 | 15 |
| | 高架(スラブ)※ | 3.0 (0.56) | 3.1 (0.57) | 2.9 (0.26) | 2.9 (0.77) |

(注) ()内は標準偏差, ※は25m点の鉛直方向測定値による。

(線路中心直下から1.25m点)の実測値から、同様に逆算で求めたパワーレベルである。この場合、逆L防音壁の回折減衰値について、Lwaでは厚み無視の障壁におきかえ在来線用防音壁回折減衰図を用い、Lwbでは逆L防音壁上端の2点回折²⁾としてやはり在来線用防音壁回折減衰図を用い、Lwcでは別途実施の模型実験により得られた新幹線用逆L防音壁回折減衰図³⁾を用いた。なおこの図は模型実験で音源を有限長無指

向性音源として求められているので、これを有限長指向性音源としては近似的に-3dB補正した値によった。表2によると逆L防音壁内騒音レベル実測値をもとにしたLwに比べ、Lwaはかなり低めであり、Lwbではやや近い値になってくるがなお2~4dB低めである。これに対し今回の模型実験から得られた逆L壁の行路差と減音量の関係図を用いて求めたLwcをみると1~2dBの差はあるがLwに最も近い値となる。

表2 試験線のパワーレベル計算例(スラブ)(1)

| No. | 列車速度 | L _{A2.3} | L _w | L _{A12.5} | L _{wa} | L _{wb} | L _{wc} | L _{w-Lwc} |
|-----|----------|-------------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 1 | 113 km/h | 110.8 | 120.5 | 76.0 | 112.0 | 116.9 | 120.1 | 0.4 |
| 2 | 115 | 109.4 | 119.1 | 74.5 | 110.5 | 115.4 | 118.6 | 0.5 |
| 3 | 115 | 107.0 | 116.7 | 74.0 | 110.5 | 114.9 | 118.1 | -1.4 |
| 4 | 169 | 111.4 | 121.1 | 77.5 | 113.5 | 118.4 | 121.6 | -0.5 |
| 5 | 193 | 112.4 | 122.1 | 78.0 | 114.0 | 118.9 | 122.1 | 0 |
| 6 | 208 | 112.0 | 121.7 | 78.5 | 114.5 | 119.4 | 122.6 | 0.1 |

注) L_{A2.3}: 逆L壁内SL (2.3m点)
 L_w: L_{A2.3}より逆算したみかけのパワーレベル (有限長指向性線音源として)
 L_{A12.5}: 沿線SL (1.25m点)
 L_{wa}: L_{A12.5}より逆算したみかけのパワーレベル
 (逆L壁回折減衰量は厚み無視の障壁におきかえ在来線直壁回折値使用)
 L_{wb}: L_{A12.5} "
 (逆L壁回折減衰量は2点回折として在来線直壁回折値使用)
 L_{wc}: L_{A12.5} "
 (逆L壁回折減衰量は新幹線逆L壁回折値使用)

表3 試験線のパワーレベル計算例(スラブ)(2)

-沿線の騒音レベルからの逆算(回折減衰値・逆L壁用)

| No. | 列車速度 | 逆算に用いた騒音レベル | | | | | | | |
|-----|----------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|------------------|--------------------|
| | | L _{A12.5} | L _{A25} | L _{A50} | L _{A100} | L _{AH15} | L _{AH11.5} | L _{AH8} | L _{AH4.6} |
| 1 | 113 km/h | 120.1 | 120.2 | 117.5 | 116.9 | 120.4 | 118.7 | 118.7 | 117.7 |
| 2 | 115 | 118.6 | 117.2 | 115.6 | 115.5 | 118.9 | 116.7 | 116.7 | 115.7 |
| 3 | 115 | 118.1 | 117.2 | 115.4 | 115.5 | 117.9 | 115.7 | 115.7 | 115.2 |
| 4 | 169 | 121.6 | 121.7 | 119.4 | 118.5 | 121.9 | 120.2 | 120.7 | 119.7 |
| 5 | 193 | 122.1 | 122.7 | 122.4 | 121.6 | 122.9 | 121.7 | 121.7 | 121.7 |
| 6 | 208 | 122.6 | 124.2 | 123.4 | 122.5 | 123.9 | 122.7 | 123.2 | 122.7 |
| 7 | 208 | 121.1 | 123.2 | 121.8 | 121.5 | 122.4 | 121.7 | 122.2 | 120.7 |
| 8 | 208 | 121.6 | 122.7 | 122.1 | 121.6 | 121.9 | 120.7 | 121.2 | 120.7 |

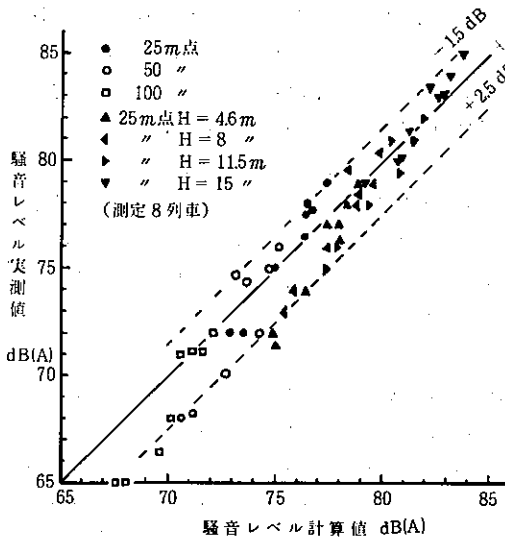


図6 試験線実測値とLw12.5からの計算値

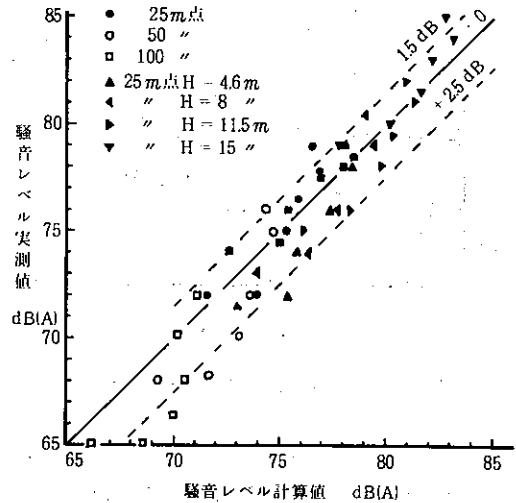


図7 試験線実測値とLw2.3からの計算値

イ Lwcの値の測定間変動

そこでLwcを求めた方法により、各々の観測点の騒音レベル実測値から逆算でパワーレベルを求めた場合どの程度値が異なるかをみるため、同一列車ごとに水平方向4点、鉛直方向4点の実測値を基に算出したパワーレベルを一覧で示したのが表3である。210 km/hの高速域の例では1~2 dB程度の違いではほぼ同等の値が得られており、110 km/hの中速域でもほぼ3 dB程度の差で比較的一致する値となる。

ウ Lwcによる予測値と実測値の適合性

次に、このようにして転動音で代表させたみかけのパワーレベルの値を用い、沿線の騒音レベルの計算値を求め、実測値との適合度を調べた。図6は12.5 m点の実測値から得られたパワーレベルを基に算出した沿線騒音レベルの計算値と各点の実測値との対応を示したもので、計算値の方がやや高めとなるかほぼ-1.5 dB~+2.5 dBの範囲内にあるといえる。図7は逆L壁内の実測値から得られたパワーレベルを基に算出した沿線騒音レベルの計算値と実測値との関係で、計算値-実測値の差は-1.5 dB~+2.5 dBとみられ、この程度のゆらぎを許容するとすれば、転動音で代表させたみかけのパワーレベルを用い、防音壁の効果はLwcの算出に用いた方法を用い、沿線の騒音レベル分布を予測することが可能と考えられる。

エ 同じ計算方法の弾性マクラギ構造への適用

表4 試験線のみかけのパワーレベル計算例 (弾性マクラギ)

| No. | 列車速度 | LA2.4 | Lw |
|------|----------|-------|-------|
| 1 | 115 km/h | 101.2 | 111.1 |
| 2 | 108 " | 102.2 | 112.1 |
| 3 | 106 " | 98.4 | 108.3 |
| 4 | 113 " | 96.4 | 106.3 |
| 5 | 104 " | 99.2 | 109.1 |
| 6 | 108 " | 96.4 | 106.3 |
| Lw平均 | | | 108.9 |

LA2.4: 逆L壁内SL (2.4 m点)

Lw: LA2.4より逆算したみかけのパワーレベル (有限長指向性線音源として)

別の計算例として、弾性マクラギ軌道について逆L壁内の騒音レベルから同様に算出したパワーレベルを表4に示した。この場合にもLwの平均値に対するバラツキはほぼ上記の範囲内にあり、そのレベルはスラブの場合より10 dB程度下回っている。

オ 新幹線騒音のパワーレベル基準値

以上のようにして得られたパワーレベルと列車速度との関係を示したのが図8である。測定例数が少ないが、スラブの例では逆L壁内の騒音レベルから求めた

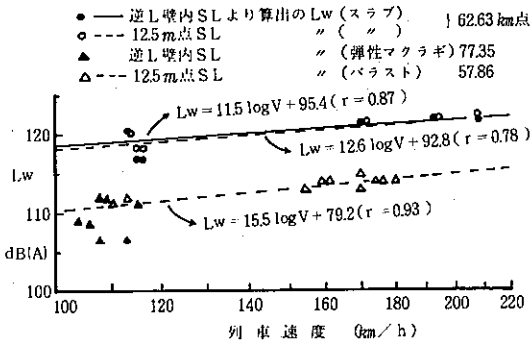


図8 試験線のみかけのパワーレベル(1)

パワーレベルと速度との関係、12.5m点の騒音レベルから求めたパワーレベルと速度との関係がほぼ一致する結果が得られている。また弾性マクラギ軌道の例では、測定例が110km/hのみであったので、参考としてバラスト軌道の例について12.5mの騒音レベルから求めたパワーレベルと速度との関係を点線で示したが、弾性マクラギのデータの上縁と同等となっている。

これらの算出結果より、110km/h走行の場合、単位長あたりのパワーレベルをスラブ軌道で119dB(A)、弾性マクラギ軌道では109dB(A)とし、模型実験の結果の考察に必要な音源レベルとして採用することが可能と考えられる。

その他特殊箇所として図9では利根川橋梁部において同様に測定した軌道付近の騒音レベルから算出したみかけのパワーレベルについて列車速度との関係を示した。この例では橋梁本体のトラス橋となっている80mスパン部とそれに続く50mスパン部(下部に遮音

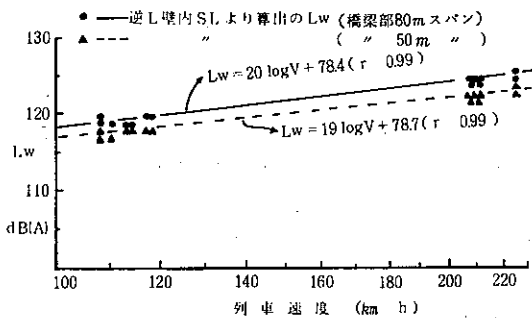


図9 試験線のみかけのパワーレベル(2)

板が施工されている)の2点で測定したのでそれぞれのLwを算定してある。80mスパン部の方が50mスパン部より1~2dB高めとなっているが、速度との関係は両者ともおおむね2乗に比例する同様な傾向(速度2倍で6dB増)となっている。これによるとパワーレベルは110km/h走行では高架スラブ軌道部と同様に119dB(A)程度にみなしてよいが、210km/hの高速の場合はスラブ軌道部(図8)より2dB程度高めにするのが妥当と考えられる。

カ 編成長の影響

この試算で試験線では列車が6両編成であったので、有限長指向性線音源理論式における列車長を150mとして計算したが、営業線で列車編成が長くなった場合の参考として、列車長を300mとしても受音点を100m以内に限るならLwの計算値は殆んど変化なく、音源レベルは同じ値に仮定してよいといえる。すなわち列車長による沿線の騒音レベルの変化を計算で示すと50m点で0.3dB、100m点で0.6dBの増加にすぎない。したがって誤差程度と解してよいが、騒音の継続時間は110km/h走行時、試験線で約5秒であるから、この方は当然10秒と増加することになる。

以上は限られたデータの中から転動音について音源レベルの検討結果であるが、高架軌道走行時には高架構造の振動に伴う音の検討も必要である。今回はそのもとになる高架直下の測定データが乏しかったため、構造体発生音パワーレベルについて検討できなかったが、これについても今後データを集積し検討していくことが望まれる。

(2) 在来線のパワーレベル

新幹線と在来線が複合した場合の検討のための資料として在来線についてもパワーレベルを設定する必要がある。在来線の平坦地走行の基礎データを得るため、北区岸町2丁目において騒音レベル及び列車速度の観測を行った。この地点は東北線の貨物、客車、国電の上り、下り計6本の走行があるが、マイクロホンは最寄線中心から4.4m点に設置して測定した。パワーレベルは列車の転動音を示す指向性有限長線音源の式を用い測定値から逆算した値を用いた。列車速度はおおむね50~80km/h程度で個々の列車ごとによりかなり走行状況が異なるが、得られた結果を貨車、客車(特急、急行、普通)、国電に分けて列車速度とともに示

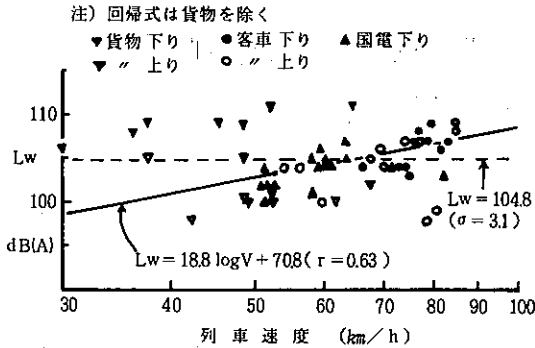


図10 在来線(東北線)のみかけのパワーレベル

したのが図10である。特にパワーレベルの大きい貨物を除いた客車、国電の電車について速度との相関を求めたのが図中の実線で相関式は

$$Lw = 18.8 \log V + 70.8 \text{ dB (A)}$$

となったが、相関はあまりよくない。列車速度にはかなり幅があるが、この54例(貨車を含む)の平均は104.8 dBである。各測定例ごとのバラツキを考えれば、走行速度別に異なるパワーレベルとしないで、特に模型実験結果の新幹線との比較のうえでは在来線について同一の値に仮定してもよいと考えられる。さらに在来線の高架部については石井ら¹⁾によれば、在来線の高架部走行時の転動音パワーレベルとして次式を求め予測の検討が行われている。

$$Lw = 25 \log V + 57 \text{ dB (A)}$$

この式に岸町における観測でえられた平均列車速度(貨物を除く)65 km/hを代入すると102 dB(A)となるが、これはエネルギー平均値という前提があるので、ピーク値で考える場合は両者の差2~3 dB程度を加えると同等となる。以上から模型実験結果の考察などに用いる在来線の音源レベルは105 dB(A)に仮定してもよいと考えられる。

4 ま と め

東北新幹線騒音予測研究における模型実験による検討を進めていくための音源データとして、小山試験線の高架軌道防音壁内軌道直近の騒音性状について極めて少数事例ではあるが、得られた結果はつぎのとおりである。

(1) 110 km/h 走行時の騒音レベルはスラブ軌道と弾性マクラギ軌道と(図1と図2との差)では後者の方が10 dB程度低い。利根川橋梁部では高架スラブ部とほぼ同じレベルであった。

(2) 110 km/h 走行時の周波数特性は、スラブ軌道で1 KHz にピークがみられるのに対し、弾性マクラギ軌道では500 Hz に小さなピークが生じ、両者にかんがりの相違があるといえる。

(3) 転動音に関し有限長指向性線音源の理論式から算出したみかけのパワーレベルを用い、沿線騒音レベルの計算値を求め実測値と比較すると、その差は±2.5 dB程度の範囲内にあり、この程度のゆらぎを許容すれば、転動音で代表させたみかけのパワーレベルを予測に応用できよう。

(4) 今回の軌道近傍の騒音レベル測定例による試算結果では110 km/h 走行時の単位長あたりのみかけのパワーレベルをスラブ119 dB(A)、弾性マクラギ109 dB(A)とにおいて模型実験の考察に供してよいと考える。

(5) その場合在来線については、速度の通常範囲内でパワーレベルを105 dB(A)程度に設定して予測計算に用いることができよう。

参 考 文 献

- 1) 石井聖光ほか：在来線高架鉄道からの騒音予測手法案について、騒音制御, Vol 4, No 2, (1980).
- 2) 日本音響学会編 騒音・振動(上) P.147.
- 3) 中村信一ほか：東北上越新幹線騒音予測に係る模型実験—東北新幹線騒音予測研究第4報—, 東京都公害研究所年報(1982).