

## 東海道山陽新幹線騒音振動測定の一考察

中村 信一 上原 幸雄 今泉 信夫

### 1 はじめに

新幹線鉄道は運行中の東海道、山陽新幹線に引つづいて東北・上越新幹線が計画されその建設工事が進められてきている。この新幹線の運行に伴う騒音振動公害は、特に東海道の沿線においてその運行頻度の増加とも相まって深刻化したため、その対策の基礎として環境庁は1975年7月に環境基準を設定し基準値と路線別の達成目標期間を明確にし、音源対策の強化、障害防止対策の推進、土地利用の適正化など総合的施策を実施することとされた。従って今後建設される新幹線については事前の環境対策がより重視されることになってきており、そのためには開通後の騒音振動の予測は欠かせない。これは当然鉄道事業者が行うべき課題ではあるが、関係の自治体の立場からも通過予定地域の状況を把握しておく必要がある。そこでここでは東北新幹線騒音振動予測研究に着手したが、本稿ではその基礎資料とするため実施した東海道、山陽新幹線の騒音振動調査結果について報告する。

### 2 東海道新幹線騒音測定

東海道新幹線の高架構造における騒音の距離減衰および騒音と列車速度の関係など基礎資料を得るため、1977年7月～10月に新横浜駅付近において測定を実施した。

#### (1) 測定場所(図1参照)

神奈川県横浜市港北区新横浜1丁目

#### (2) 軌道構造(図2参照)

ア 構造 コンクリートラーメン高架橋 軌条面高さは、地表面から9.5m

イ 軌道 バラスト軌道

ウ 防音壁 コンクリートブロック積み直壁 高さ1m

#### (3) 測定地点概要

測定場所は新横浜駅から新大阪方へ約300m離れた地点で、従来水田であったものを埋立、区画整理を行った

地区である。測定地点は新幹線上り線側で、線路から約130m付近まで空地または畑地などとなっており、平坦な地形である。また主要道路が線路より約170m離れて新幹線と並行している。

#### (4) 測定方法

上下線中心線に直角な法線を測線とし、この測線に沿って上下線中心からそれぞれ16m, 25m, 50m及び100m地点を測定点とした。これら4地点に精密騒音計を設置しデータレコーダーを用いて列車騒音を録音した。列車速度はストップウォッチを使用して、列車が基準点を通過するのに要する時間を求め、この所要時間で列車長(一輛25m, 16輛編成, 全長400m)を除いて求めた。騒音レベルは録音されたテープを再生し分析器にかけ、レベルレコーダに記録(ペンスピードslow)させて求めた。周波数分析は録音テープを再生し、電子計算システムに組みこまれた分析システムを用い処理した。

#### (5) 使用機器

ア 精密騒音計 ブリュエルケア製2203型2台、及びノード製2101型2台

イ データレコーダー ナグラ製NS型、及びNSJ型

ウ レベルレコーダー リオン製LR03型

エ 分析器 ブリュエルケア製3347型を含むオキタック4500分析システム及びブリュエルケア製1614型

#### (6) 測定結果とその検討

##### ア 騒音レベル

騒音レベルはレベルレコーダの記録からピークレベルを読み取り求めた。これらのデータを列車速度域別に区分し、さらに各測定点毎に平均したものが表1である。表中の25m地点における高速域の値は、国鉄の調査結果と大きな相違がないように思われる。表2は通過列車が測点側と反対側のそれぞれの場合における騒音レベルを比較するために同速度における測定例を示したものであ

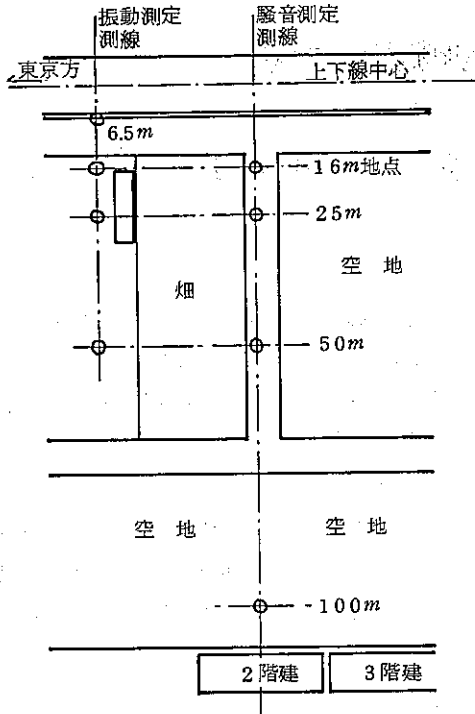


図1 新横浜測定点概要

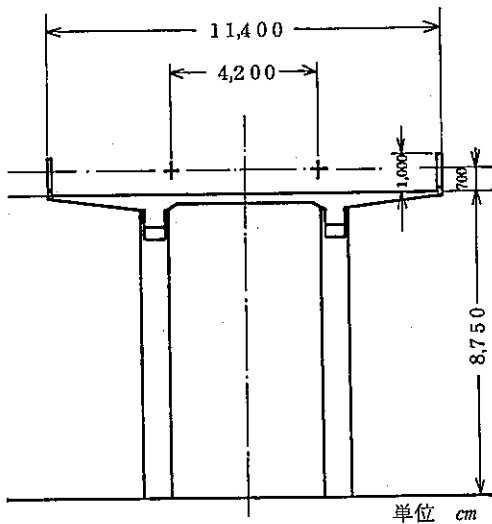


図2 新横浜駅付近構造概要

る。これによると測点側の騒音レベルの方が高く、他の測定例においてもほとんどの場合4dB程度の差がみられる。

イ 騒音レベルの距離減衰

上り(測点側)列車と下り(反対側)列車とでは騒音

表1 速度域別騒音レベル

		騒音レベル dB(A)			
		16m	25m	50m	100m
速度区分	50 km/h	70	68	64	62
	~64 km/h	(65~72)	(64~70)	(61~66)	(59~63)
	157 km/h	78	77	74	72
	~206 km/h	(75~81)	(73~80)	(70~78)	(71~73)

表2 騒音レベルの上下線比較 dB(A)

測定地点		16m	25m	50m	100m
57 km/h	上り	71	69	64	62
	下り	67	66	62	60
62 km/h	上り	71	69	65	62
	下り	67	66	62	61
200 km/h	上り	80	80	79	73
	下り	70	75	73	70

注・上り=測定点側, 下り=反対側

表3 測定点別騒音レベル

列車速度区分	走行線別	騒音レベル dB(A)				列車速度範囲 (km/h)
		16m	25m	50m	100m	
高速域	上り	81 (0.96)	80 (0.57)	78 (0.67)	73 (0.50)	197~206
	下り	78 (0.83)	77 (0.83)	74 (0.83)	72 (0.47)	182~206
低速域	上り	71 (0.28)	69 (0.60)	65 (0.90)	63 (0.66)	51~64
	下り	67 (0.87)	66 (0.87)	62 (0.50)	60 (0.82)	50~62

注・上り=測定点側, 下り=反対側

( )内数値は標準偏差

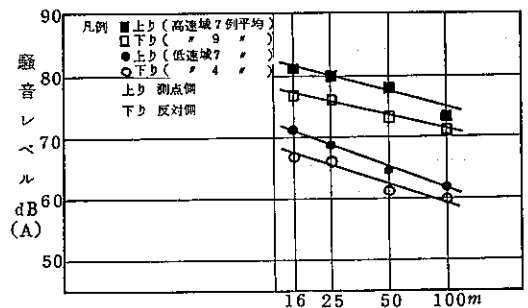


図3 東海道新幹線騒音距離減衰例

レベルに差があるので上下線別に騒音の距離減衰について整理したのが表3, 図3である。16m地点から25m地点では1~2dB, 25m地点から50m地点では3~4dBの減衰である。また50m地点から100m地点では2~5dBの減衰となっている。無限長線音源の音圧レベル距離減

衰は倍距離3 dBであるが、本測定例でも全体としてはほぼ類似した傾向がみられる。

ウ 周波数特性

周波数分析のデータは1列車毎に0.5秒間隔で分析し、列車通過時における各周波数バンドそれぞれの最大値を求めた。これらの値を測定点別、列車速度域別に平均値で示した結果が図4から図11である。標準偏差は全体的に大きな相違がなく、 $\sigma = 3$ 程度となっている。各図と

も63Hzにおけるバンドレベルが最大となっており、周波数が高くなるに従いレベルが減少し低音域に主勢力のあるほぼ同様の傾向とみられる。

高速域と低速域のパターンを各測定点毎に比較すると、16m地点におけるスペクトラムパターンはほぼ同じであるが他の測定点においては、高速域のスペクトラムは低速域の場合より1 KHz以上の高周波成分が多いようである。

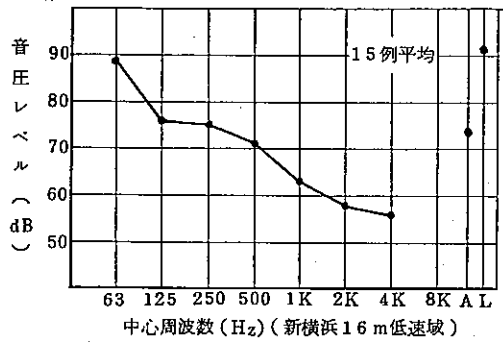


図4 東海道新幹線騒音周波数分析結果

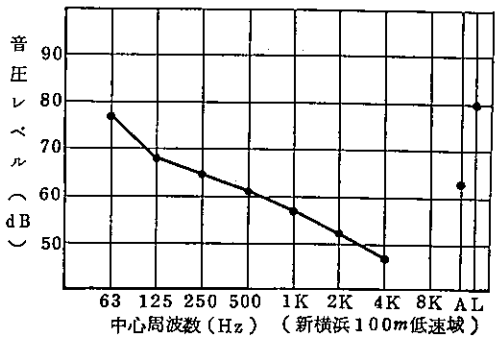


図7 周波数分析結果

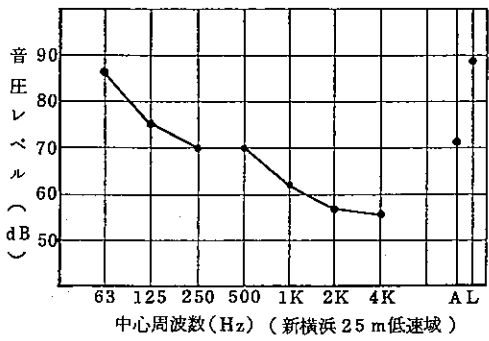


図5 周波数分析結果

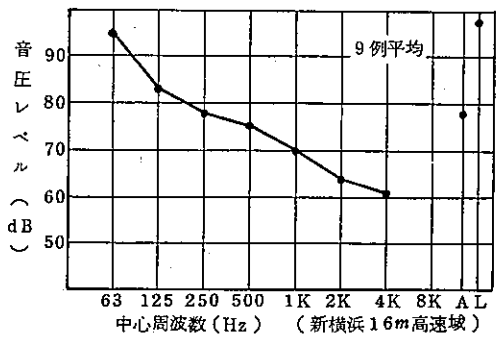


図8 東海道新幹線騒音周波数分析結果

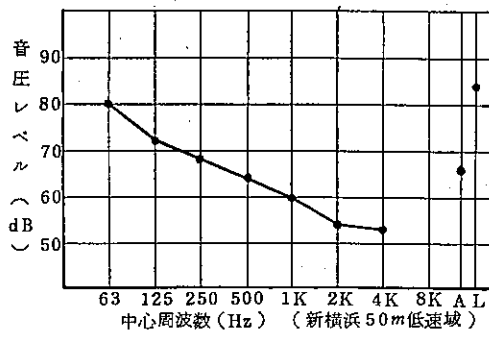


図6 周波数分析結果

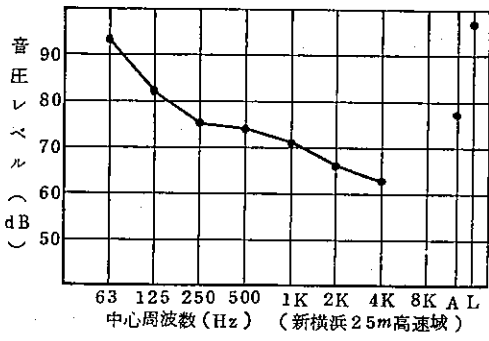


図9 周波数分析結果

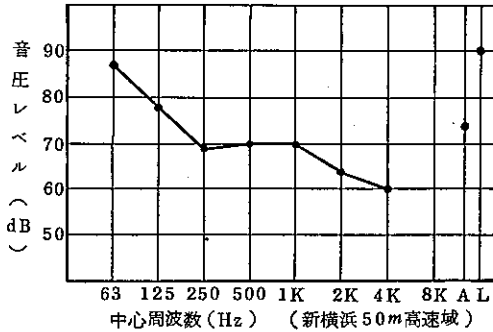


図 10 周波数分析結果

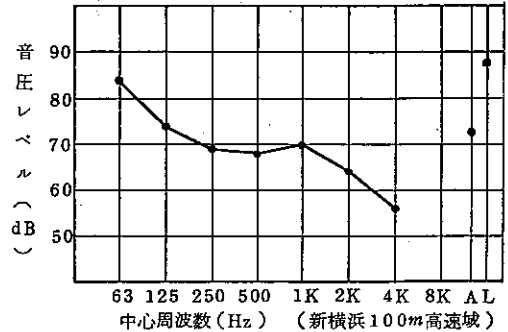


図 11 周波数分析結果

エ 騒音レベルと列車速度の関係

本測定地点では新横浜に停車する「こだま」及び同駅を通過する「ひかり」とがあり、それぞれ速度域が異なり、比較的広い速度範囲での騒音レベルの測定値が得られた。そこで騒音レベルは概ね列車速度の2乗則にあてはまると言われている<sup>2)</sup>ので、今回得られた測定値から騒音レベルと列車速度との回帰式を求めてみた。その結果が表4である。表中  $\log v$  の係数は、 $a=183\sim 241$  となっており、従来の傾向とほぼ同様の結果となった。

表 4 騒音レベルと列車速度関係式係数

測定点	走行線別	騒音レベル: $SL=a \log v + b$			
		a	b	相関係数	標準誤差
16m地点	上り	18.3	38.6	0.989	0.15
	下り	20.2	31.1	0.992	0.48
25m "	上り	20.2	33.5	0.988	0.32
	下り	20.6	29.1	0.980	1.46
50m "	上り	24.1	22.3	0.981	0.73
	下り	22.0	22.8	0.990	0.66
100m "	上り	22.2	22.2	0.984	0.62
	下り	23.4	18.9	0.999	0.065

注・上り=測定点側, 下り=反対側

3 東海道新幹線振動測定

東海道新幹線高架構造における振動の距離減衰について基礎資料を得るため、騒音調査とあわせ新横浜駅付近において実施した。

(1) 測定場所及び軌道構造 (図1, 2参照)

前述の騒音測定地点と同様である。

(2) 測定地点概要

測定地点は騒音測定を実施した地点から約30m程度新横浜方へ移動した地点で、従前建設工事宿舍として使用

されていた場所である。従って地面は十分踏み固められていると考えられる。地形は平坦な地形である。

(3) 測定方法

騒音レベル測定と同様に上下線中心からそれぞれ62m, 16m, 25m及び50mの4点を測定点とした。これら4地点に振動ピックアップを設置し、振動レベル計とレベルレコーダーを用いて測定した。測定振動方向はZ(鉛直)方向とし、レベルレコーダーのペンスピードはVL・slowを使用、測定値はピークレベルを求めた。

(4) 使用測定機器

- ア 振動ピックアップ リオン製P V 83型4台
- イ 振動レベル計 リオン製V M 3型2台
- ウ レベルレコーダー リオン製L R 01 D型4台

(5) 測定結果

表5は対象全列車の測定値を上下線別、列車速度域別及び測定点別に平均値で示したものである。表から上下線の振動レベルを比較すると、低速域では上り(測定点側)線と下り線(反対側)ともほぼ同じレベルとなっている。一方、高速域では上り列車による振動レベルが下り列車と比較して2~4 dB程度高い値となっている。

図12は振動の距離減衰を表わしたものである。図をみると各速度域ともに倍距離約5 dB程度減少している。この値は過去における在来線測定例における距離減衰倍距離約3 dB<sup>3)</sup>と比べやや減衰の大きい結果となった。

4 山陽新幹線騒音測定

山陽新幹線は各種の防音・防振対策を考慮して建設されている。このうち東北上越新幹線の都内通過地域と運転条件が近いところで、高架構造、軌道床がスラブとバラストの地点で1978年10月~11月に測定を行った。

表5 測定点別振動レベル(平均値)

速度減	上下線別	振動レベル				列車速度(平均値) 速度範囲(km/h)
		6.2m	16m	25m	50m	
低速	上り	60 (0.94)	56 (0.54)	47 (0.65)	43 (0.93)	$\bar{v}=62.8$ 57.1~68.6
	下り	60 (1.28)	53 (1.39)	47 (0.35)	42 (1.20)	$\bar{v}=58.8$ 50.0~67.0
中速	下り	66 (1.10)	60 (2.39)	54 (2.19)	50 (1.10)	$\bar{v}=146$ 120~164
高速	上り	72 (0.50)	65 (0.50)	60 (0.40)	58 (1.27)	$\bar{v}=201$ 195~206
	下り	70 (0.17)	63 (0.55)	58 (0.84)	54 (0.84)	$\bar{v}=198$ 190~206

注. 上り=測定地点 下り=反対側  
( )内数値は標準偏差

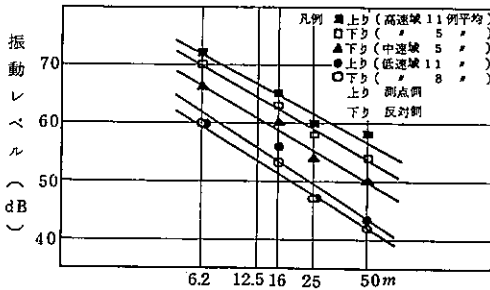


図12 東海道新幹線振動距離減衰例

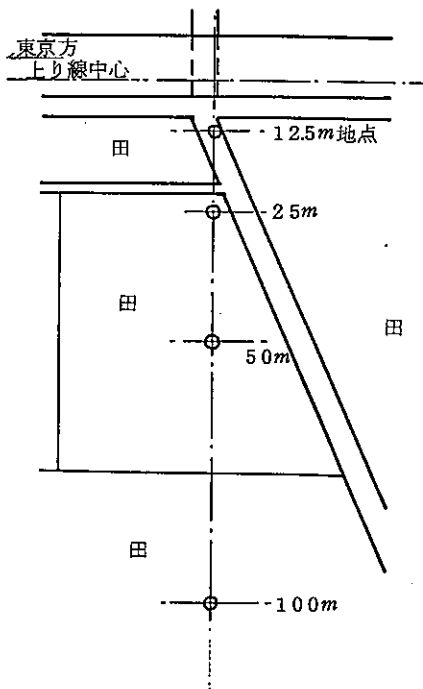


図13 福岡市名子測定点概要

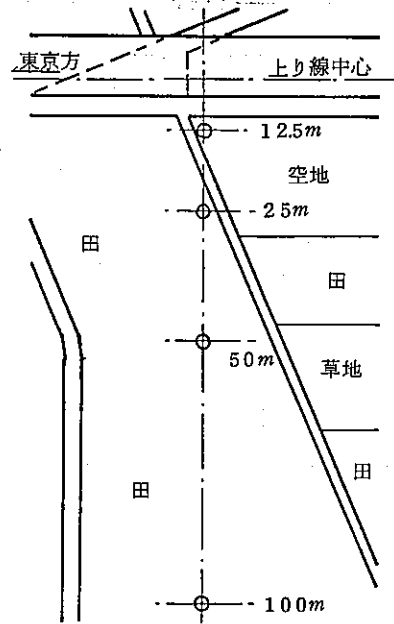


図14 福岡市多ノ津測定点概要

(1) 測定場所 (図13, 14 参照)

- ア 福岡市東区大字名子(東京から 1065 km)
- イ 福岡市東区多ノ津 (東京から 1064.5 km)

(2) 軌道構造(図15, 16 参照)

- ア 名子 高架(6.9m) ラーメン構造 バラスト道床直壁防音壁(高さ2.4m)
- イ 多ノ津 高架(9.5m), ラーメン構造, スラブ道床逆L防音壁(高さ2.5m)

(3) 測定地点概要

ア 名子

開放平坦地で稲刈の終わった水田上と農道上で測定を行った。

イ 多ノ津

開放平坦空地で、稲刈の終わった水田と草地で測定を行った。12.5m地点近くに道路がありこの交通騒音の影響を受けたが、新幹線の騒音とは10dB以上の差があるため測定には支障がないと考えられる。

(4) 測定方法

近接路線に直交する線上に最寄線中心から12.5m, 25m, 50m, 100mの4地点に騒音レベル測定と周波数分析のための精密騒音計2台, テープレコーダをそれぞれ配置して 同時測定, 同時録音を行った。なお, 列車速

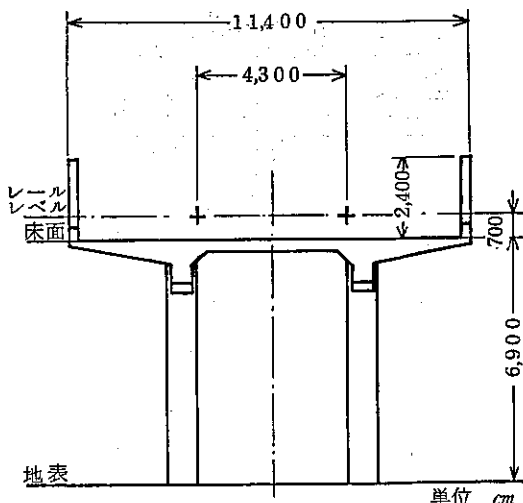


図 15 福岡市名子付近構造概要

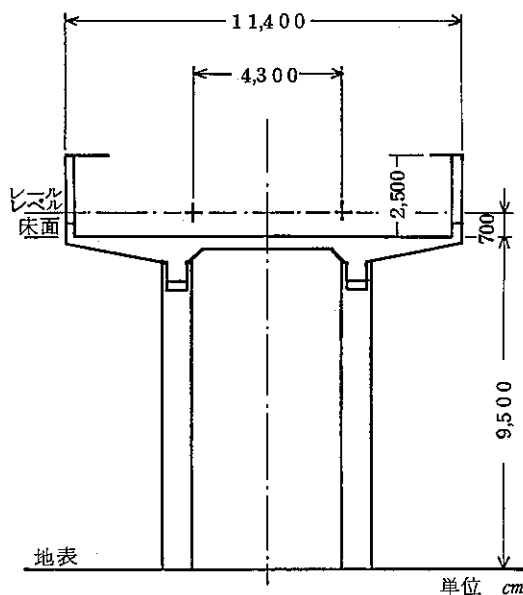


図 16 福岡市多ノ津付近構造概要

度はストップウォッチで列車通過時間を測定して算出した。

(5) 測定結果

ア 列車速度と騒音レベル

列車速度と騒音レベルとは関係が深いですが、本調査で測定した列車の速度は、名子が91~104km/h、多ノ津が92~131km/hであり、この範囲の速度では測定された騒音レベルにバラツキがあまりみられなかった。

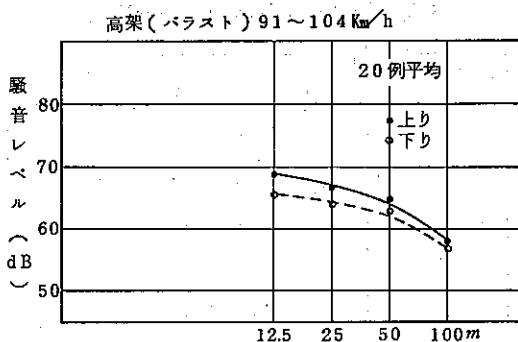


図 17 山陽新幹線騒音距離減衰例

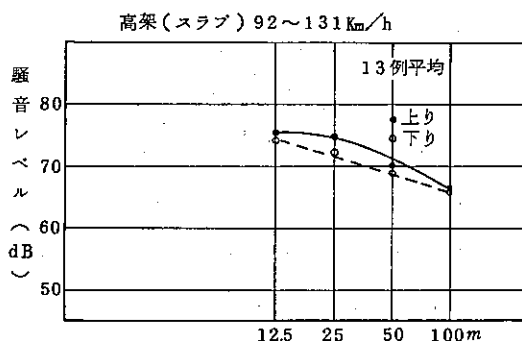


図 18 山陽新幹線騒音距離減衰例

(6) 騒音レベルの距離減衰

騒音レベルと距離の関係を図 17, 18 に示す。図中の騒音レベルは地点別、上下線別の算術平均である。

これによると、バラスト軌道では上り線で50m までが倍距離 2 dB の減衰を示し、100m が50m に対して7 dB 近くの減衰がみられた。また下り線も上り線とほぼ同じ減衰状態であった。スラブ軌道のり線線で12.5m~25m では減衰傾向を示さず、50m が25m に対して5 dB 100m が50m に対して4 dB 程度の減衰を示した。下り線では、距離倍で3 dB 程度の減衰を示している。

バラスト軌道とスラブ軌道を比較してみると表 6 に示すとおりスラブ軌道がバラスト軌道より約6 dB 程度高いとみられる。

表 6 道床による山陽新幹線騒音比較

路 床 構 造	騒音レベル dB (A)			
	12.5m	25m	50m	100m
バ ラ ス ト	69	67	65	58
ス ラ ブ	75	75	70	67

高架構造 速度110km/h程度 開放平坦地

(7) 周波数分析結果

周波数分析は東海道新幹線と同様の方法で分析した。測定した列車速度がほぼ一定しているので、周波数分析結果も騒音レベルの測定値と同じく各バンドとも大きなバラツキがなかった。図19~26は2地点の上り線各列車の騒音を1オクターブごとに分析して、その値を算術平均し、12.5m、25m、50m、100mの地点ごとに示し

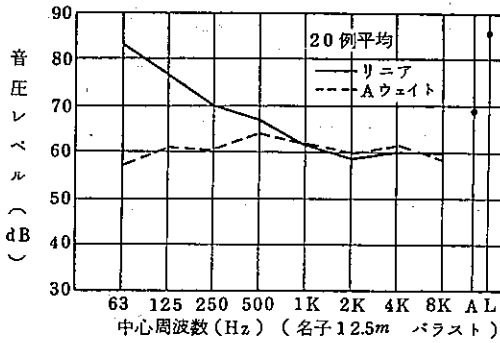


図19 山陽新幹線騒音周波数分析結果

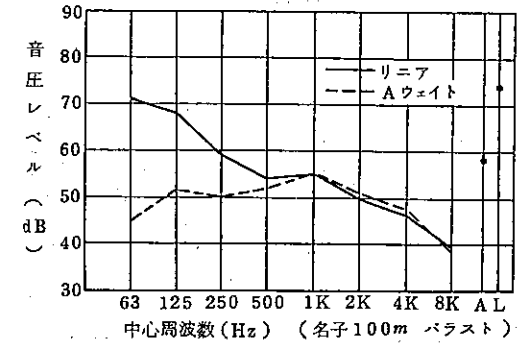


図22 周波数分析結果

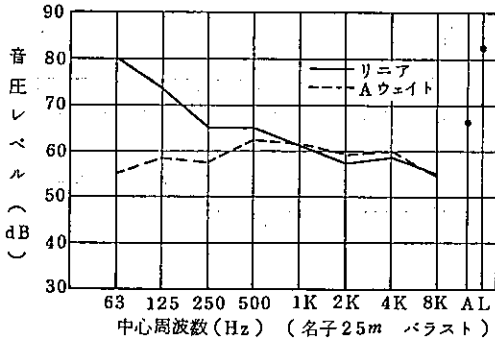


図20 周波数分析結果

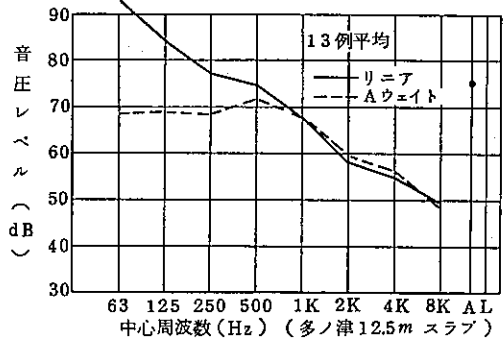


図23 山陽新幹線騒音周波数分析結果

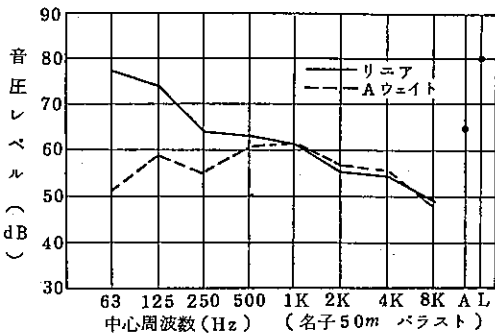


図21 周波数分析結果

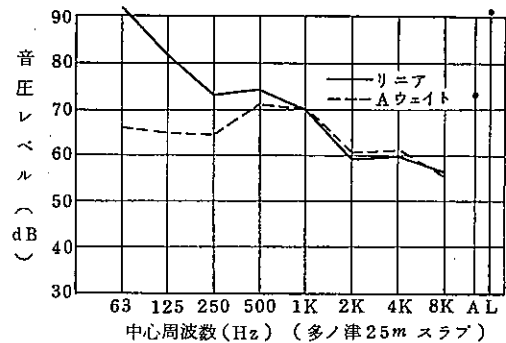


図24 周波数分析結果

た。またこの分析はリニアで行ったが、これにA特性補正を行った結果も点線で示した。

リニアの分析結果では、バラスト、スラブ軌道の各測定地点ともほぼ同様パターンで周波数が高くなるにつれ減少していく傾向がみられる。分析結果のA特性補正値をみると、オクターブバンドレベルはバラスト、スラブ軌道とも12.5m、25m地点で500Hzがやや高く、50m、100m地点では1KHzがやや高い傾向がみられた。

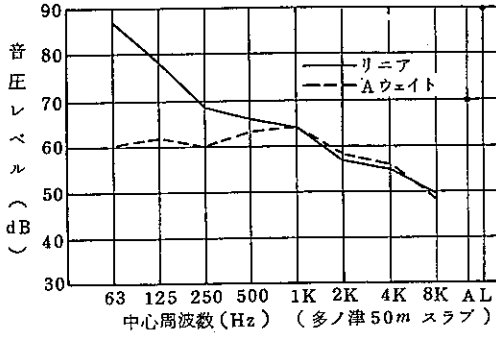


図 25 周波数分析結果

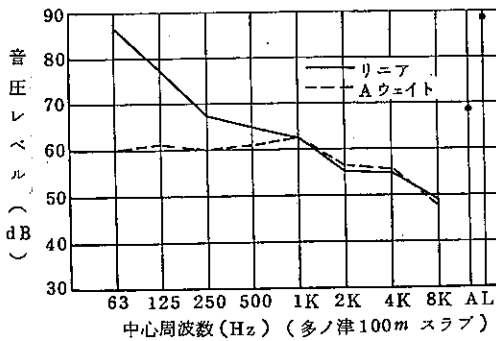


図 26 周波数分析結果

5 文献による騒音算出式の検討

新幹線鉄道騒音予測研究を進めていく上での参考として既存文献資料にある騒音算出式を用い、今回の測定条件をあてはめて実測値との適合状況について検討を試みた。

(1) (財)計量計画研究所で行った報告<sup>4)</sup>によれば、新幹線騒音のシュミレーション手法として実測データの解析から求められる式と理論式を用いる方法のうち、理論式では一部の軌道構造で音源の指向性、地上高さによる屈折、地形による屈折等から必要な精度を期し難いとして次のような対数距離の2次関数を採用している。

$$SL = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log r + \beta_2 \cdot (\log r)^2 \dots (1)$$

ここで係数  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  はスラブ ( $H < 7m$ ,  $H > 7m$ )、無道床、有道床、盛土 ( $H > 4m$ ,  $H < 4m$ )、平坦、切取りなどの軌道構造別に、さらに対策後の係数として、防音壁、近接遮音壁、近接遮音壁+消音バラストに分けて当時収集した実測例の回帰計算結果から提示している。なお、計算における速度補正は  $\Delta SPL = 20 \log \frac{V}{200}$  としている。先づ多ノ津(スラブ)の測定条

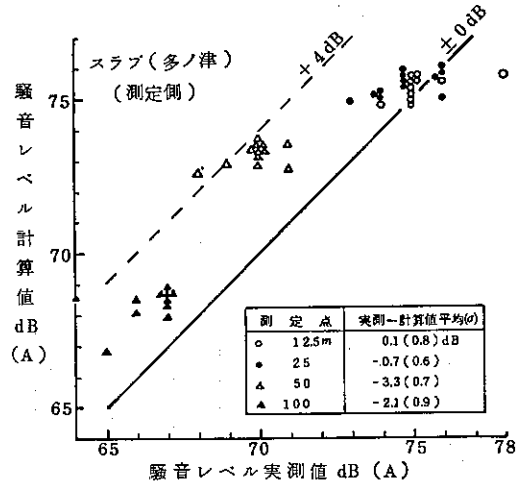


図 27 山陽新幹線騒音・実測値と計算値(2式)

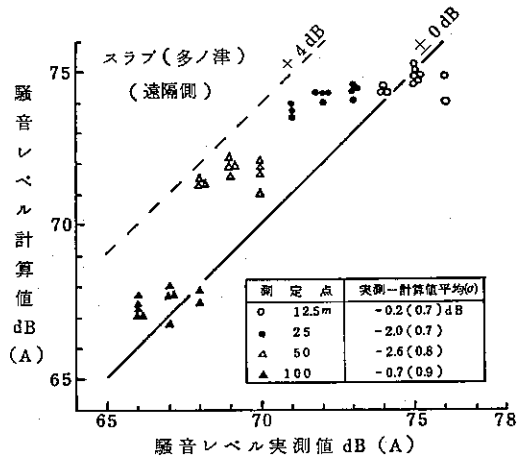


図 28 山陽新幹線騒音・実測値と計算値(3式)

件について(1)式の係数をあてはめ計算値を求めてみる。逆し防音壁の係数は明示されてないが、近接遮音壁の係数が最も近い値とみてこれを用い試算したところかなり実測値より低目の値となり、特に遠隔側では10dB以上の差となって妥当でない。そこで単一防音壁の係数をあてはめ計算値を求めてみることにした。従ってこの場合の算出式は次式となる。

$$\text{測定側 } 57.8 + 37.0 \log r - 14.3 (\log r)^2 + 20 \log \frac{V}{200} \dots (2)$$

$$\text{遠隔側 } 63.1 + 26.4 \log r - 11.0 (\log r)^2 + 20 \log \frac{V}{200} \dots (3)$$

実測値と(2), (3)式による計算値との対応を示したのが図 27, 28 であり、測定側では12.5m, 25m, 遠隔側で



は125m, 100m 地点は実測に近い値となったが, その他の地点では2~3 dB 計算値の方が高目という結果となった。

次に名子(バラスト)の測定条件について近接遮音壁+消音バラストの係数を用い試算したところ, 実測値-計算値の平均は測定側で125m 地点-22dB, 25m地点-0.7dB, 50m 地点14dB, 100m 地点1.6dBと50m以上では計算値の方がやや低目という結果となったが, 遠隔側では計算値が5 dB 以上も低目となり妥当でないと思われた。

(2) (株)エフ・アイ・ビーでまとめた報告<sup>5)</sup>によれば新幹線沿線の都道府県の実測データ841件を用い, 防音壁有のケースについて東海道, 山陽の線別にさらに高架鉄桁, 橋梁及び盛土に分けて回帰分析から騒音推定式を提示している。このうち高架の推定式である次式を用い, 今回の東海道, 山陽の測定条件により試算してみることにする。

東海道(高架・防音壁有)

$$SL = -0.357H + 0.052V - 16.0R + 94.8 \dots (4)$$

山陽( # # )

$$SL = 0.119H + 0.062V - 14.7R + 88.5 \dots (5)$$

H: 路線の高さ(m)

V: 速度 (km/h)

R: 距離 (m)

東海道の場合の計算値は測定側, 遠隔側ともおおむね

計算値の方が高目となったが, 例えば16m地点で5 dB以上の開きとなりこの現場にあてはめるのは無理があるとみられた。

山陽新幹線の(5)式をスラブの場合の推定式として多ノ津の測定条件をあてはめ計算値を求め, 実測値との対応を示したのが図29, 30である。測定側, 遠隔側とも12.5m 地点では3 dB 以上計算値の方が高目のものがあるが, 25m, 50m, 100m 地点ではほぼ2dB 以内におさまっており, この範囲では近似式とみなしてよからう。

(3) 新幹線騒音は転動音, 構造物音, パンタ摺動音, 車体風切り音等から構成されると考えられているが, このうち最も主体となるのは転動音とみられる。鉄道の転動音は指向性, 有限長線音源と考えた場合受音点の転動音による騒音レベル $L_A$ として次式<sup>6)</sup>があげられている。ただし実際にはこれに防音壁等の遮へいによる回折減衰量加わる。

$$L_A = L_w - 8 - 10 \log r + 10 \log \left[ \frac{\ell/2r}{1 + (\ell/2r)^2} + \tan^{-1} \left( \frac{\ell}{2r} \right) \right] \dots (6)$$

$L_w$ : 列車の転動音を指向性有限長線音源と仮定したときの単位当りのパワーレベル dB(A)

$\ell$ : 列車長

$r$ : 軌道中心(レールレベル高)と受音点との距離

(6)式を用い $\ell = 400m$ として多ノ津のケースにおける

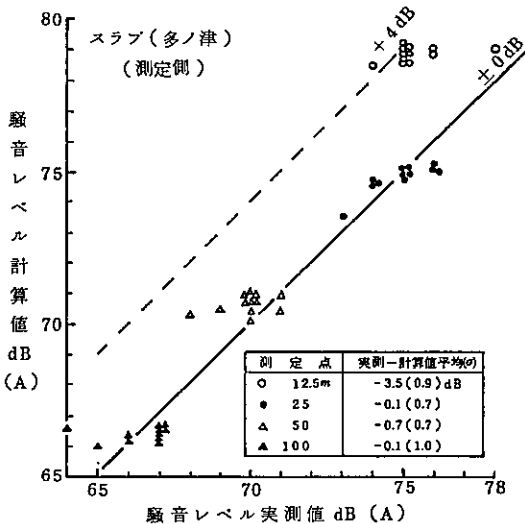


図29 山陽新幹線騒音・実測値と計算値(5式)

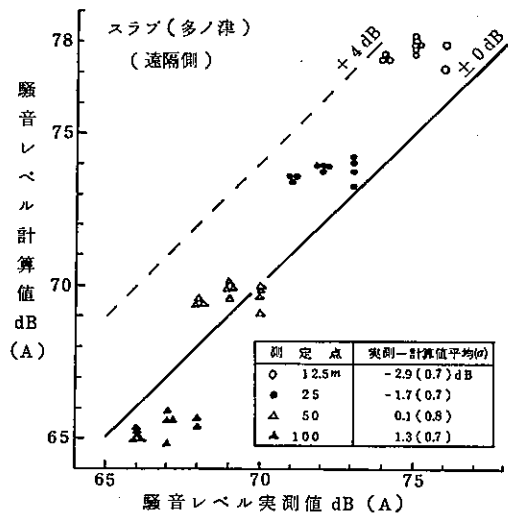


図30 山陽新幹線騒音・実測値と計算値(5式)

各測定点の相対レベル差を計算すると表7のようになる。

表7 指向性有限長線音源式による相対レベル (山陽(多ノ津))

測定点	12.5 m	25 m	50 m	100 m
測定側	0	-2.2	-5.1	-8.1dB
遠隔側	0	-2.0	-4.5	-7.5

前述のように(2), (3)式による計算値が12.5m地点では実測との対応が比較的好かったので, この計算値を用い表7との相対レベル差を差引いて25, 50, 100m地点の計算値とし, 実測値との関係を示したのが図31, 32であり, 比較的对応のよい結果となった。防音壁の回折減衰量は軌道からの距離により異なるものであり, その他構造物音等の要素も加味すべきであるが,  $\pm 2$ dB程度のバラツキを前提とすれば, 高架の開放平坦地における距離減衰は, 基準点レベルをおさえることにより(6)式の指向性有限長線音源の理論値の応用による推定も可

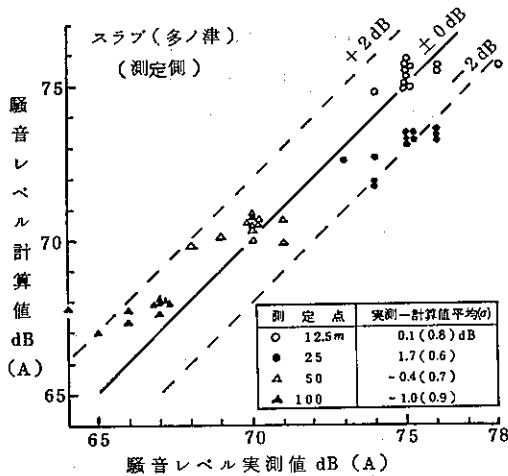


図31 山陽新幹線騒音・実測値と計算値(2), (6)式)

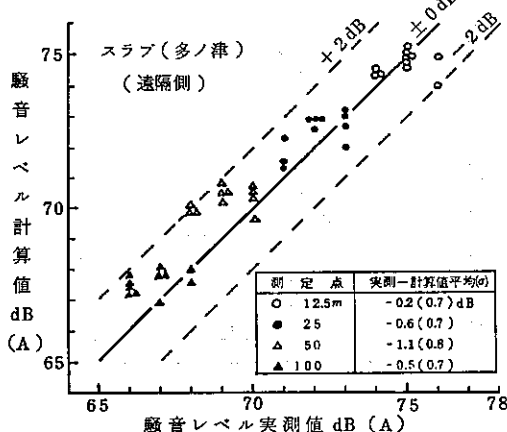


図32 山陽新幹線騒音・実測値と計算値(3), (6)式)

能ではないかと考えられる。

6 まとめ

東北新幹線が都内を通過した場合の騒音振動予測研究の基礎資料とするため東海道, 山陽新幹線高架部の開放平坦地における測定を行った結果をまとめるとつぎのとおりであった。

(1) 東海道新幹線騒音の距離減衰は, 16mから100mの範囲では線音源的減衰に類似した傾向がみられた。騒音レベルと列車速度の関係は, ほぼ速度2乗に比例するというこれまでの研究と同様の傾向にあった。

(2) 東海道新幹線振動の距離減衰は, 距離倍で5dB程度で, 高速域で60dB以下になるのは25m近辺である。

(3) 山陽新幹線騒音の距離減衰は, バラスト軌道がスラブ軌道より減衰量が大きく, 12.5mと100mを比較するとバラストが約11dB, スラブが8dBの減衰量であった。また, 12.5mでバラストが69dB(A), スラブが75dB(A)でありバラストの方が防音上有効といえる。

(4) 文献による検討では, 高架の開放平坦地における距離減衰は基準点のレベルを求めることにより, 指向性有限長線音源の理論値の応用による推定も可能と考えられる。

参考文献

- 1) 日本国有鉄道 新幹線騒音振動レポート(1) (1973. 10)
- 2) 二村忠元他 東北新幹線に伴う騒音等に関する考察 (1973. 3)
- 3) 宮本俊二他 東京都内における鉄道振動調査結果 公害研究報告書(騒音編)(1976)
- 4) (財) 計量計画研究所 高速輸送機関防止調査報告書(1973. 3)
- 5) (株) エフ・アイ・ピー 環境庁委託業務結果報告書  
- 1977年度振動規制実態調査(解析) P. 161
- 6) 井川他 鉄道技術研究所報告 №738 1971. 1  
及び  
石井他 日本騒音制御工学会技術発表会講演集 1979. 9 P. 45