

高架道路から発生する 低周波空気振動の伝搬状況について*

住 友 聰 一** 辻 本 三郎丸** 池 沢 正**

1. はじめに

昭和40年代の後半から、人間の耳には聞きとり難い低周波空気振動が、新たな公害問題として注目され始めた。その後、行政及び多くの機関で調査研究が行われ、関係学会でも議論が活発にかわされた。

昭和59年12月、環境庁が「低周波空気振動の実態と影響」として昭和51年からのまとめを報告した¹⁾。それによれば、一般環境中に存在するレベルの低周波空気振動では人体に影響を及ぼすことの証明をすることはできないとし、また、戸、家具などのがたつきについては、発生は認められるものの、取り付け状況、低周波空気振動の周波数等によって変化するため、音圧レベルだけでは判断できないという結果を報告した。

低周波空気振動の発生源は、公害として見れば工場機械類からのもの、及び交通機関（とくに高架道路）からの2つに大別できる。前者については対策事例が多く報告されており、理論的に裏付けられた対策が取られたものも多い²⁾。しかし、高架道路については、ジョイントの段差の解消、橋梁の剛性を高めるなど、対策案としてはいくつかあるものの、未だ実現されたものは少ない。

兵庫県では、昭和58年から高架道路沿道の低周波空気振動について調査を行ってきた。調査の対象は、平面道路に併設された高架道路である。

本報では、過去6年間調査を行ってきたこの高架道路沿道における低周波空気振動の伝搬状況について、いくつかの知見がまとまったので報告する。

2. 調査方法

調査対象の高架道路は、4車線（1部6車線）で交通量7～10万台／日、大型車混入率20～30％という

大規模道路である。高架道路は、8車線の平面道路の中心に併設されており、両者を合わせた交通量は約17万台／日である。

測定は、低周波空気振動の伝搬状況について把握するため道路端及び建物の背後等で行った。

低周波空気振動の評価方法については未だ定まった手法がないが、兵庫県では、測定周波数範囲は1～90 Hzとし、測定値の評価については、A. P. 値をもって代表値とし、指示値が不規則大幅に変動する場合は、 L_5 、 L_{50} 、 L_{95} で表示している。また、測定器の動特性は、騒音計のslow（1 sec）に準じた。

風の影響については、検討すべき点が残されているが、低周波空気振動の周波数分析を行えば、風による影響がある程度明らかになるため、そのような場合にはデータとして採用していない。

測定に用いた機器及び系は、図1に示すとおりである。

3. 調査結果

3・1 沿道における低周波空気振動レベルの大きさ ここで示す測定地点は、道路構造の異なる3地点

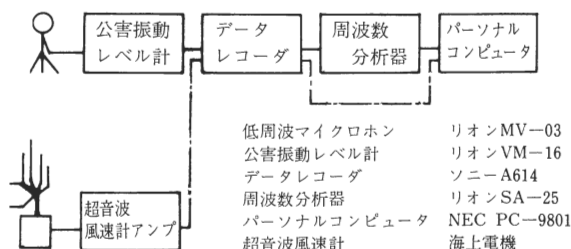


図1 測定機器と測定系

* Outdoor Propagation of Low Frequency Noise from The Elevated Road

** Satokazu SUMITOMO, Saburomaru TSUJIMOTO, Tadashi IKESAWA（兵庫県立公害研究所）The Environmental Science Institute of Hyogo Prefecture

で、地点1は、ボックス桁構造4車線（支間長約33m、路面までの高さ約16m）、地点2は、I桁構造4車線（支間長約38m、路面までの高さ約13m）、地点3は、I桁構造6車線（支間長約29m、路面までの高さ約14m）の道路構造で測定地点はいずれも道路中心から25mである。測定地点付近には、とくに大きな建物もなく、低層の家屋、事業所等が建ち並んでいる地域である。図2に対象道路の標準断面及び測定点の概略を示す。

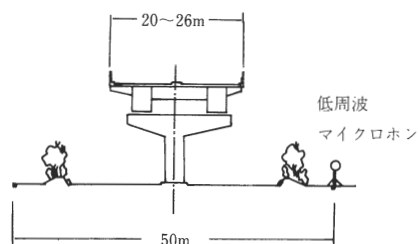


図2 対象道路と測定点位置の概略

低周波空気振動の大きさは、表1に示すとおりで、時間帯別（ L_{50} ）の平均値で示している。音圧レベルの大きさは、いずれの時間帯においても80dBを超え朝及び昼間が最大となっている。

次に、図3は、地点1における音圧レベルの経時変化で、交通量とともに示している。音圧レベルは、朝から午前にかけて最大となり、午後から夜間にかけて漸減傾向を示し、深夜2:00～4:00に最小となる。この傾向は交通量の変化とも一致しており、低周波空気振動の発生が自動車交通に起因していることを物語っている。

図4は昭和58～63年まで調査地点1において6年間の傾向を見たものである。年度によって若干のばらつきはあるものの、ほぼ横ばいの状況が続いている。

3・2 平面分析

調査は、前に述べた地点1～3とは異なる、道路に面して建てられた2階建て一般住宅、低層ビル（3階建て、高さ約10m、幅約60m）及び中層ビル（7階建て、高さ約25m、幅約90m）の道路端及びその背後

表1 道路端における低周波空気振動音圧レベル（ L_{50} ）dB

時 間 帯	地点1	地点2	地点3
朝（6:00～8:00）	78	85	86
昼（8:00～18:00）	87	85	87
夕（18:00～22:00）	85	81	84
夜（22:00～6:00）	85	80	81

地点1：昭和63年6月、地点2：昭和58年6月、
地点3：昭和59年6月。

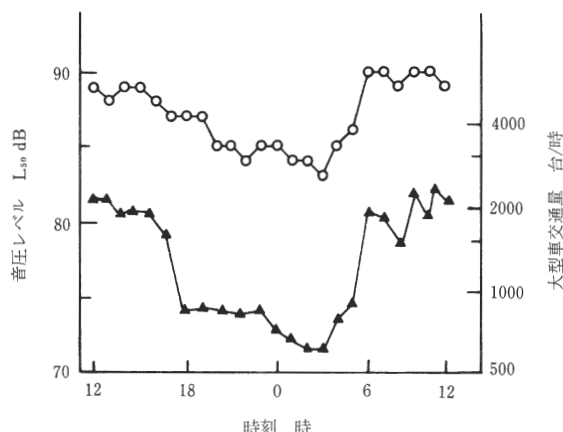


図3 低周波空気振動レベル及び交通量の経時変化

○ ○：低周波空気振動レベル
▲ ▲：大型車交通量（昭和59年10月）

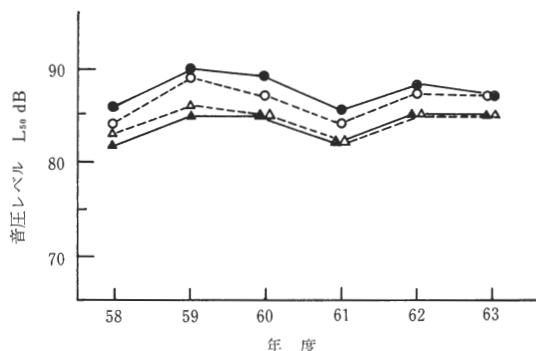


図4 低周波空気振動レベルの経年変化

●：朝（6:00～8:00） ○：昼間（8:00～18:00）
△：夕（18:00～22:00） ▲：夜間（22:00～6:00）

において行った。

図5は、2階建て住宅が並んでいるところでの周波数分析波形で、道路端、及び道路端から約100m離れた地点の道路の見通せるところ、見通せないところの結果である。A.P.レベルを道路端と離れた2地点で比べると、見通せる所では11dB、見通せない所では13dB減衰しており、後者の方が大きい減衰を示した。とくに3.15Hz付近のピークに比べて8Hz以上で大きい減衰を示している。

図6、図7は道路端と低層ビル及び中層ビル裏側での測定結果である。両者共道路端からの距離は25m程度しか離れていないにもかかわらず、中層ビル裏側の方が大きな減衰を示し、周波数分析波形でみても3.15Hzのピーク及びそれより高い周波数成分も大きな減衰を示すことが明らかとなった。

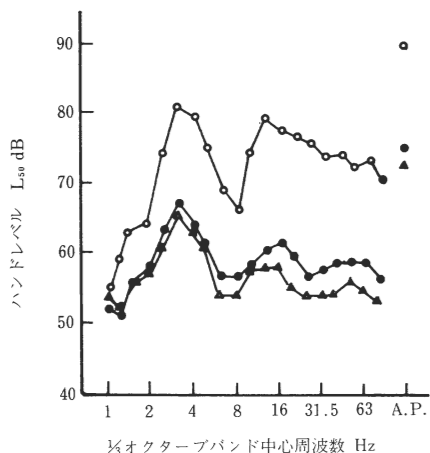


図5 平面分布周波数分析結果(2階建家屋)

○：道路端 ●：100m地点(道路が見える)
▲：100m地点(道路が見えない)

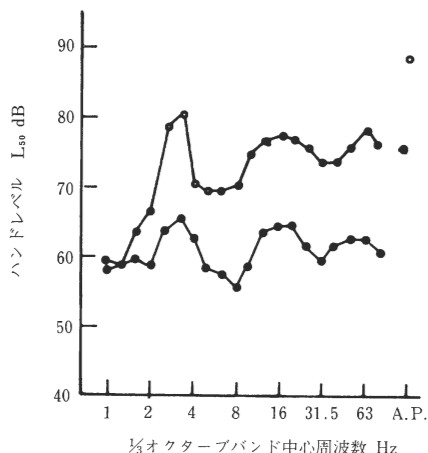


図7 平面分布周波数分析結果(中層ビル)

○：道路端 ●：中層ビル背後(道路端より25m)

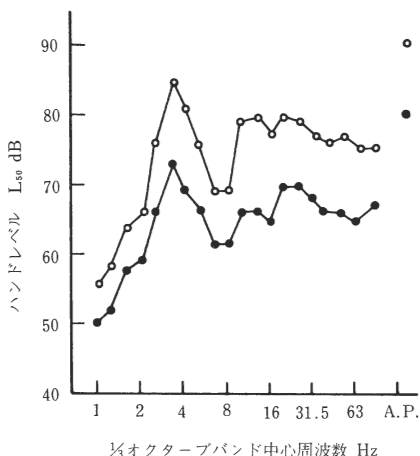


図6 平面分布周波数分析結果(低層ビル)

○：道路端 ●：低層ビル背後(道路端より25m)

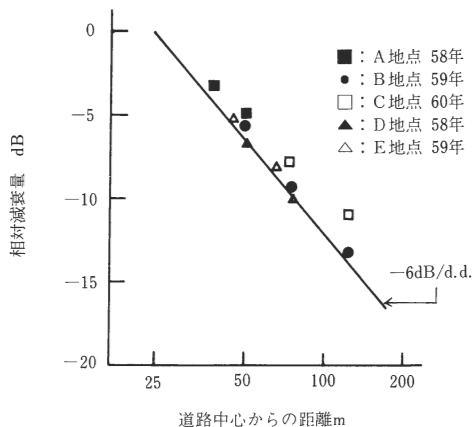


図8 低周波空気振動の距離減衰(道路端を0 dB)

3・3 距離減衰

図8は、道路端測定点(道路中心から25 m)を起点とした距離別の相対減衰量である。測定点は、いずれも道路と直角に交差した付近に大きな建物のない道路上で、高架道路の見通せる地点である。図中に -6 dB/d. d. の直線を示したが、得られた結果はほとんどこの直線上にあり、低周波空気振動の減衰傾向は、道路端から約100 m付近までは -6 dB/d. d. に近い減衰を示すことが明らかである。

3・4 音圧レベルと交通量の関係

高架道路から発生する低周波空気振動の大きさは、床版の振動エネルギーに比例すると考えられるため、高架道路交通量と発生する音圧レベルの関係について

相関を求めた。

図9は高架道路交通量と音圧レベルの関係で、(1)は、(大型+小型)、(2)は(大型のみ)との関係を示す。用いたデータは道路端(道路中心から25 m)で測定した結果である。図9の(1)及び(2)において、両者の関係は、相関係数を見ても明かなように交通量として大型交通量のみを用いた方が高い相関を示している。すなわち、重量物が走行することによって床版が振動し、低周波空気振動が発生していることを物語っている。

3・5 低周波空気振動測定値に及ぼす風の影響

低周波空気振動を測定するとき、測定値が風による影響を受けることがある。そこで低周波空気振動と同時に測定している風速のデータを用いて風が測定値に及ぼす影響について検討した。

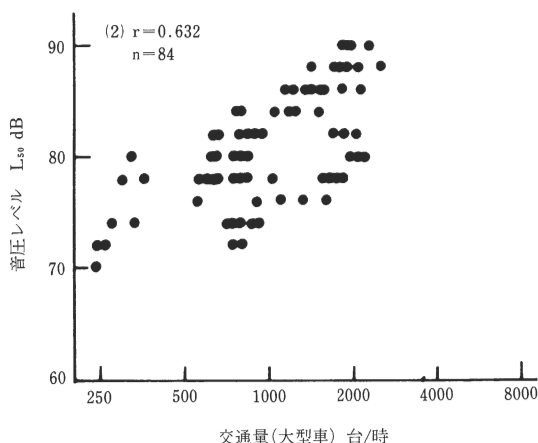
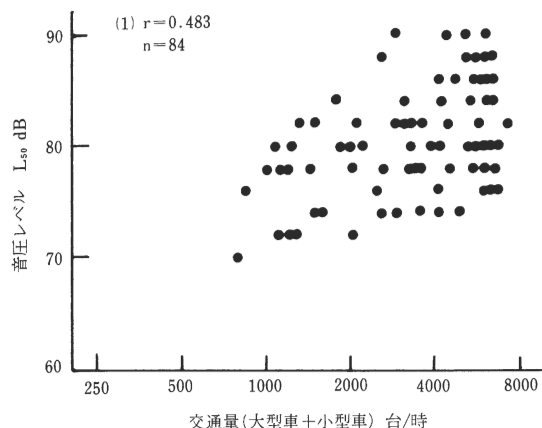


図9 低周波空気振動レベルと交通量の関係
(昭和58年度～61年度のデータから)

- (1) 交通量：大型車+小型車
(2) 交通量：大型車

す

風の雑音としての音圧レベルは、いくつか報告されており³⁾、著者らも図10に示す結果を報告した⁴⁾。図10において両者の関係は、風速4.0 m/sまでの範囲ではほぼ比例しており、風速2.0 m/sの時風雑音レベルは75～80 dBである。

通常、屋外測定においては、風速は平均風速で測定することが多い。また、測定する低周波空気振動が統計値であるため風速についても統計値を求める必要がある。そこで、ここでは平均風速と瞬間風速の関係について検討した。

まず、風速は平均風速が無風から2.0 m/s位まで変化しても含まれる瞬間風速はほぼ対数正規分布をしていることが明らかになった⁴⁾。そこで、平均風速に対する瞬間風速2.0 m/s以上の風が含まれている割合を求めると図11に示すようになる。

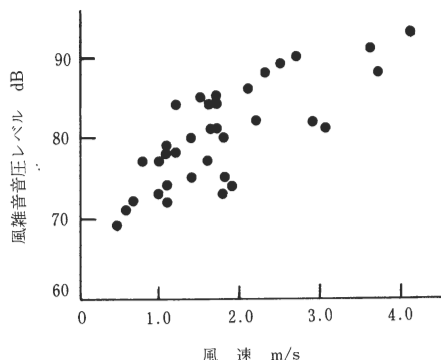


図10 風雑音音圧レベルと風速の関係(昭和59年7月)

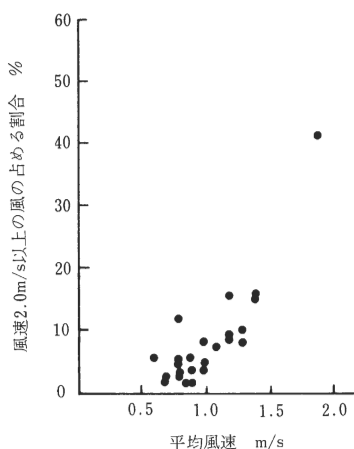


図11 平均風速と風速2.0m/s以上の風が含まれている割合の関係(昭和59年7月)

図11において、平均風速が1.0 m/sの時には2.0 m/s以上の風は10%以下であるが1.5 m/sになると20%程度になる。すなわち、低周波空気振動がなくても測定時の平均風速が1.5 m/sあると75～80 dB以上の風雑音音圧レベルが20%程度存在していることになる。したがって、たとえば対象となる低周波空気振動の音圧レベルが75～80 dB程度のときには平均風速が0.5 m/s以下で測定すればまったく風の影響を受けない値を得ることができると思われる。

4. 考 察

4・1 道路沿道における低周波空気振動

高架道路から発生する低周波空気振動は、橋梁の固有振動数、車両のパネ上、パネ下振動数にほぼ一致しているといわれている⁵⁾。

道路端で測定した低周波空気振動の周波数分析結果

は、図5, 6, 7で示したようにいずれの地点においても卓越周波数は、3.15, 4, 12.5 Hzに見られ、8 Hzで谷になり、周波数が大きくなるとともにレベルも大きくなる傾向を示した。このうち、3.15, 4 Hzの成分は橋梁の固有振動数、車両のバネ上振動数にほぼ近く、12.5 Hzの成分はバネ下振動数にほぼ一致するものである。

低周波空気振動の道路周辺への伝搬状況は、距離減衰でみるとほぼ -6 dB/d. d. となっている。また、図7で示したように、中層ビル等大きな障害物の背後では波長の長い3.15 Hzの低周波成分であっても建物による遮音効果が十分得られることが明らかとなった。

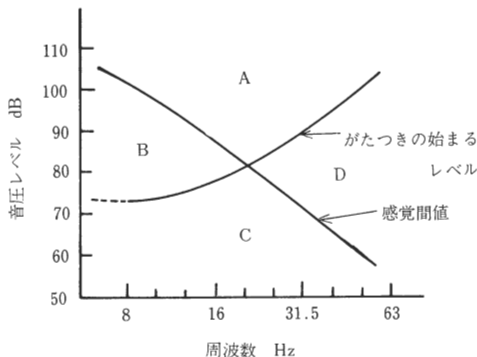


図12 低周波空気振動による影響発生の目安

4・2 低周波空気振動の影響

図12は、これまでにいくつか報告されてきた低周波空気振動の感覚閾値⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾の平均と、戸、障子のがたつきの始まるレベル¹¹⁾を重ねたものである。ここで、4つに分けられたA～Dの領域は次のようなことを意味している。

- ・Aは、人間の感覚閾値以上で、かつがたつきを生じる領域。
- ・Bは、人間の感覚閾値以下ではあるが、がたつきを生じる領域。
- ・Cは、人間の感覚閾値以下で、がたつきも生じない領域。問題の無い領域。
- ・Dは、がたつきは生じないが、感覚閾値以上であり、しかも可聴領域。

この図を低周波空気振動による影響の生じるおおよその目安とし、調査結果で述べてきた内容をあてはめると、

道路端付近では、3.15 Hzの超低周波部分がB領域に、12.5 Hz以上の成分がB領域とD領域、若干A領域にかかる程度の値を示している。このことは、道路端付近の家屋では、ところによっては戸、障子にがたつきを生じている可能性があることを物語っている。

また、道路から100 m離れた地点(図5)ではレベルも小さくなり、逆に、道路からの距離は近くても中層ビルの裏側では減衰も大きくなるためほとんどがC領域、D領域に入り、影響も少なくなっているものと考えられる。

5. ま と め

高架道路沿道の低周波空気振動を6年間にわたって測定した。得られた結果をまとめると次のようになる。

- ①調査対象のような大規模道路では沿道の低周波空気振動音圧レベル(L_{50})は常時80 dB以上の大きさである。
- ②中層ビルの裏側では、超低周波成分であってもかなりの減衰が見込まれる。
- ③道路端からの低周波空気振動の距離減衰は、100 m付近までは -6 dB/d. d. の傾向を示した。
- ④高架道路の交通量と音圧レベルの関係は、全交通量との関係よりも大型台数との関係の方が相関が高い。このことは、発生する橋梁振動が重量のある大型車に起因していることを示唆している。
- ⑤沿道に及ぼしている影響は、道路端付近の家屋では、戸、障子などのがたつきの発生している可能性が考えられる。

最後になりましたが、6年間のデータを取りまとめるにあたり、神戸大学名誉教授前川純一先生に多大な御教示を賜りました、ここに厚く感謝致します。

—引用文献—

- 1) 環境庁大気保全局：低周波空気振動調査報告書，1984。
- 2) たとえば、岡田健，中野有朋：日本騒音制御工学会講演論文集，p. 129-130，1978。
- 3) たとえば、大熊恒晴，福原博篤：日本騒音制御工学会講演論文集，p. 173-176，1975。
- 4) 住友聰一，辻本三郎丸，池沢 正：日本音響学会講演論文集，p. 467-468，1985。
- 5) 足立義雄：土木技術資料，22-1, p. 26-31，1980。
- 6) D. L. Johnson: Inter-noise 75 Proceedings, p. 475-482, 1975。
- 7) 岡井 治，斉藤正夫，多気昌生，望月篤子，西脇仁一，森卓支，藤尾 昇：日本騒音制御工学会講演論文集，p. 129-130，1978。
- 8) 文谷耕一，雨宮利彦，山田伸志：日本騒音制御工学会講演論文集，229-232，1979。
- 9) 武田真太郎：環境技術，VOL. 18, NO. 1, p. 48-54 1979。
- 10) 中村俊一，時田保夫：日本音響学会講演論文集，p. 371-372，1978。
- 11) 落合博明，小見茂光，山下充康：騒音制御，Vol. 4, NO. 4, p. 33-36，1980。