

切土道路における振動伝搬性状

ハンマー加振実験による道路交通振動伝搬性状の把握

Vibration Propagation Characteristics on a Cut Road.

Part1. Vibration Propagation Test for Road Traffic by Hammer Excitation.

成瀬治興[†], 佐野泰之[†]
Haruoki NARUSE, Yasuyuki SANO

Abstract Complaint is caused by noise and low frequency sound emitted from the natural refrigerant (CO₂) heat pump water heater for residential. This problem has been reported in the news of NHK and filed in court. Have been surveys and studies to solve this problem. In this paper, we introduce these initiatives

1. はじめに

日本騒音制御工学会の道路交通振動予測式作成分科会では、物理的に説明できる予測モデルを提案構築することを目的とし、平成 12 年度から活動を行っている。2004 年 6 月には「INCE/J RTV Model 2003¹⁾(以下 2003Model とする)」を発表した。このモデルは、今現在、平面道路のみに適用可能であり、盛土道路、切土道路、高架道路については、未対応である。2003Model 発表後は、有限要素法(以下 FEM とする)による数値解析などにより、検討を進めてきたが、地盤性状や路面性状まで含めた実測データが集まらず、適用範囲の拡大に至っていない。盛土・切土道路は、法尻の部分による回折の影響を受ける可能性がある。この部分の影響を実測・実験し、予測式に反映するために、検討を行う。

本報告では、インパクトハンマーにより加振実験した結果について報告する。

2. 実験方法

実験の対象とした道路の横断面図を図 1 に示す。道路は、片側 2 車線の計 4 車線道路であり、側道が併設されている。地盤は、地表面が砂礫地盤であり、地表面から深度 10m まで *N* 値が 10 程度であり、それ以下は *N* 値 50 程度の支持層となっている。

道路軸は東西方向となっており、法高は、北側 4.0m、南側 2.2m である。振動の測定点配置は、図 1 に示す通りであり、13 点で測定している。振動の測定方向は 3 方向測定しており、道路軸と直交方向を *X*、道路軸方向 *Y*、鉛直方向を *Z* としている。

実験装置を、図 2 に示す。加振源にはインパクトハンマーを採用している。インパクトハンマーの加振力をデータレコーダに記録している。受振点は振動レベル計とラップトップコンピュータベースの 32ch 計測装置と、4ch データレコーダを組み合わせ 13 点×3 方向の計 39ch

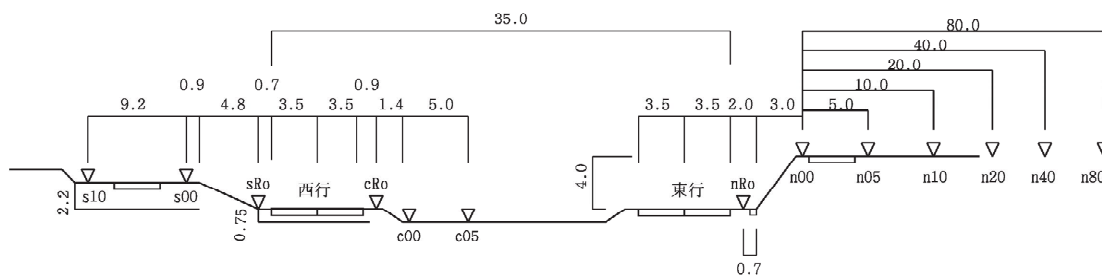


図 1 道路横断面図及び測定点配置図

[†] 愛知工業大学 工学部 建築学科 (豊田市)

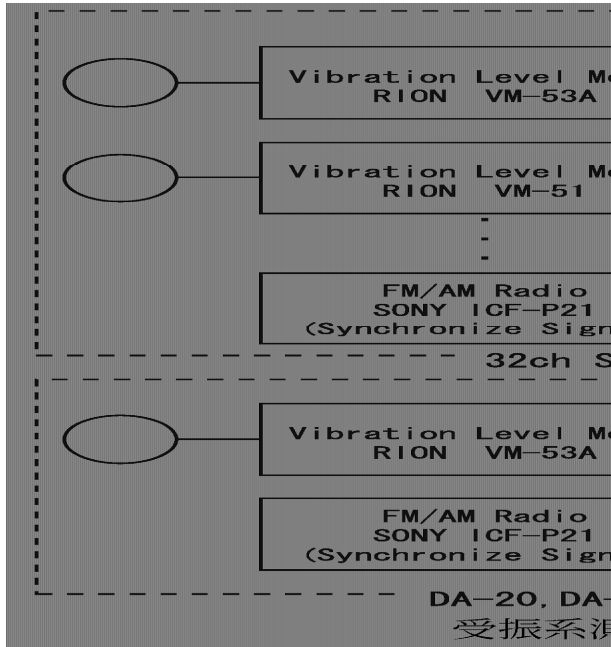
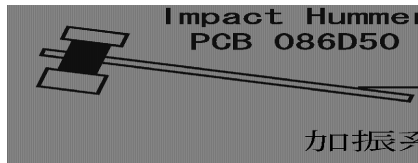


図 2 実験装置

の振動を測定している。データレコーダ間の同期は空きチャンネルに AM 放送を録音し、後日相互相関関数を求めることにより取っている。完全な同期にはなっていないため、位相にずれが生じる可能性があるが、振動レベルの分析には影響ないものと考えられる。

インパクトハンマーで各車線の中央を鉛直方向に加振し、各点への振動伝搬を測定している。この他に、総重量 245kN(25tf) のリーフサスペンションの大型試験車を走行させた走行実験も行っている。

3. 測定結果

3・1 試験車走行の結果

試験車走行による、各測定点における振動加速度レベルを図 3 に示す。VL は振動感覚補正を行った振動レベルを、VAL は全帯域の振動加速度レベルを示す。平面道路では、水平よりも鉛直方向の振動が大きくなることが多い。この測定事例でも、鉛直方向が大きくなる傾向が認められる。ただし、断面北側の路肩の測定点 n00 では、10Hz~31.5Hz の帯域で道路軸と直交方向である X 軸方向の振動が大きくなっている。

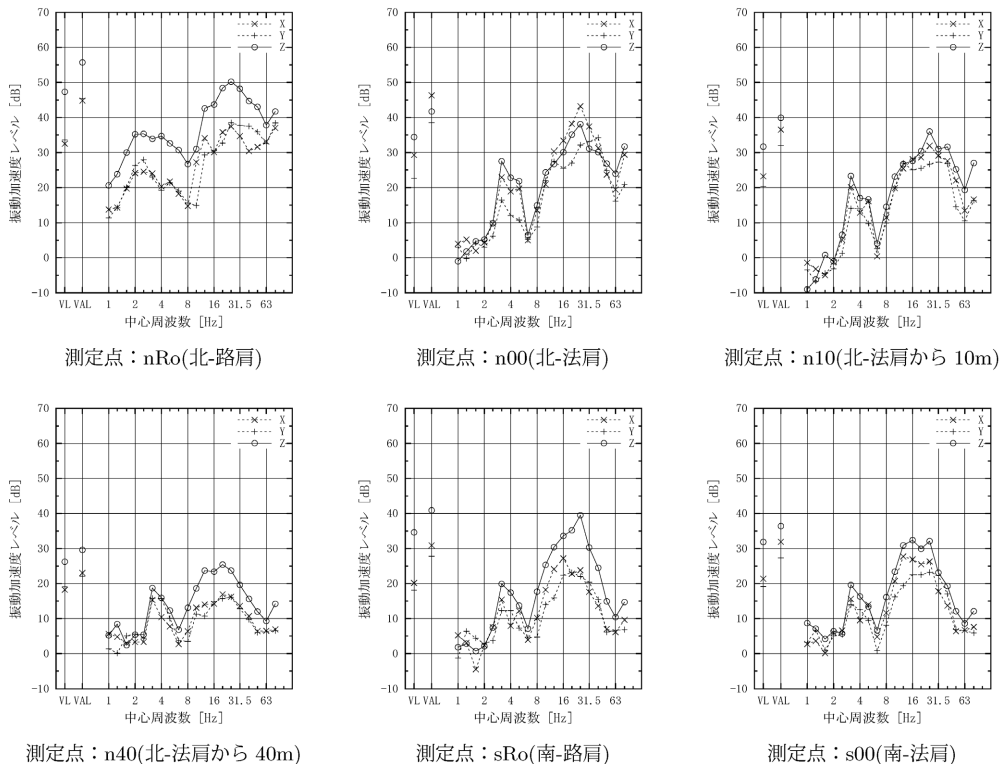


図 3 試験車走行による振動加速度レベル

3・2 周波数応答関数

東行き走行車線中央を鉛直方向にインパクトハンマーで加振して求めた周波数応答関数 (Accelerance) を図 4 に、コヒーレンスを図 5 に示す。

コヒーレンスは、周波数応答関数の精度検証に使われる。1 に近ければ、伝搬系が線形系であり、ノイズなどの影響を受けていないと考えられる。10Hz 以上の帯域はコヒーレンスが 0.8 以上であり、ある程度信頼できると考えられる。南側の測定点である s00 や s10 は加振点から 35m 以上離れているため、北断面(n00~n10)よりも 10Hz の帯域で劣っているが、概ね信頼できる値が得られている。

3・3 振動伝搬

図 4 の周波数応答関数を、1/3 オクターブバンド(以下 1/3Oct. バンドとする)毎に合成し、各バンドに単位加振力 (1kN) を与えた際の各測定点における加速度応答を求めると、横軸を水平距離とした場合の距離減衰を、図 6 に示す。

塗りつぶし文字 (▲など) は東行き車線の、白抜き文字 (△など) は西行き車線の加振結果である。距離 3m 以内の測定結果は、道路端の結果である。▽,▲印は切土(法尻)、□,×印は盛土(法肩)である (×印は中央分離帯のくぼみ部)。盛土と切土の道路端の拘束を比較すると、切土は法面の荷重がかかっているが、盛土はこれよりも拘束が少ない。道路端の結果を比べると、双方差はあまりなく、同程度の値となっている。

図の破線等は、式(1)に示される Bornitz の距離減衰曲線を示す。 n は幾何減衰係数(1.0:実体波,0.5:表面波)、幾何減衰係数 α は、測定対象の地盤性状を考慮し、0.0311/m を採用し計算している。 L_{Va} は予測した振動加速度レベル、 L_{Va0} は基準点の振動加速度レベル、 r は予測点までの距離、 r_0 は基準点までの距離である。

$$L_{Va} = L_{Va0} - 20n \log_{10}(r/r_0) - 8.68\alpha(r - r_0) \quad (1)$$

道路 A の N 値から、S 波速度を推定²⁾すると 170m/s 程度になる。10Hz の 1 波長は 17m、20Hz の 1 波長は 8.5m、40Hz の 1 波長は 4m、80Hz の 1 波長は 2m 程度となる。道路 A の北側の測定点 n00~n80 は、路面よりも 4m 高くなっている (距離 3m 付近の値は路肩(nRo 等)の結果であり、道路との高低差は無い)。どの周波数帯域の距離減衰の結果も、Bornitz 距離減衰曲線上に集まっているわけではない。高低差が大きい、▲印に着目すると、回折減衰の影響の無い路肩は、曲線の上の方に、回折減衰が小さ

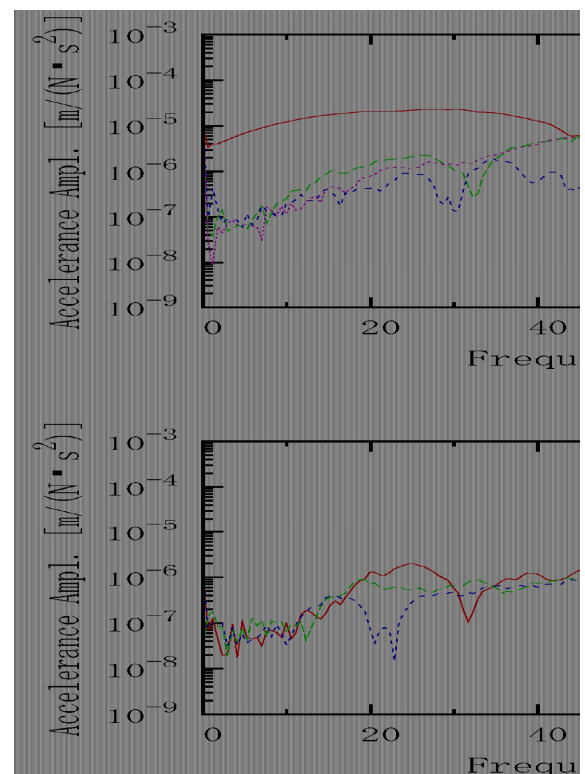


図 4 周波数応答関数

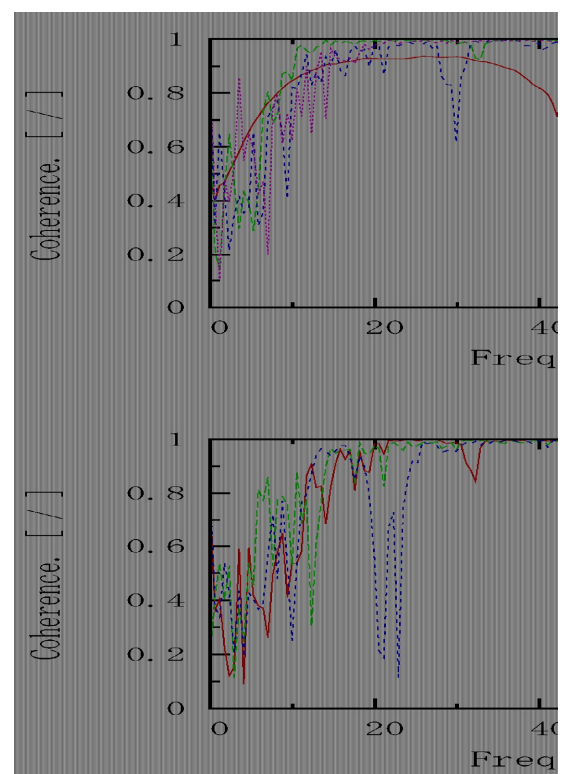


図 5 コヒーレンス

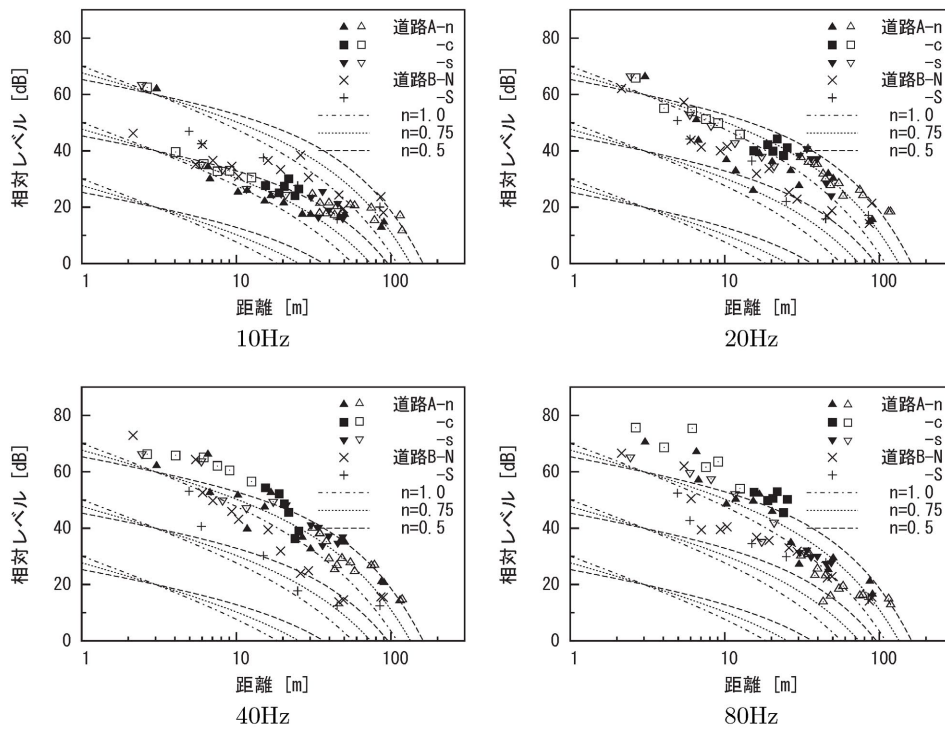


図 6 1/3 オクターブバンドレベ (水平距離,Z 方向)

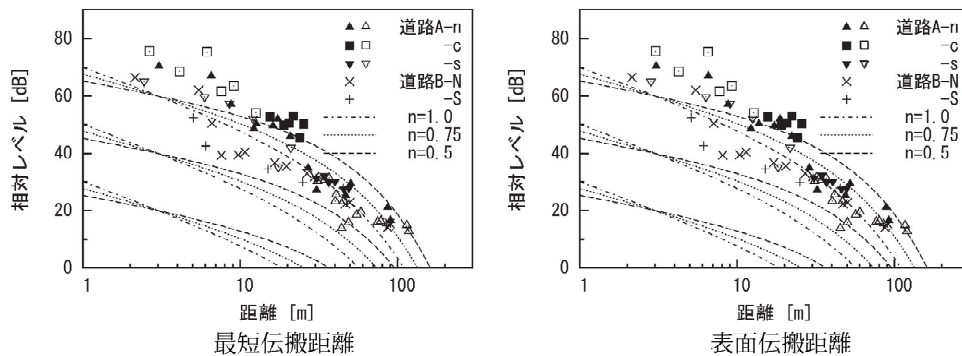


図 7 1/3 オクターブバンドレベ (80Hz,Z 方向)

くなると考えられる遠方についても曲線の比較的上の方向になる傾向が認められる。音の場合、周波数が高くなると、回折減衰量が大きくなる。図 6 の結果を見ると、振動数と減衰の関係は顕著に表れていない。

距離を最短伝搬距離とした場合と地表面に沿った伝搬距離とした場合を図 7 に示す。距離の取り方を変えても、両者の距離は大きく変わらないため、横軸を水平距離とした場合と同様な傾向となっている。

3・4 ハンマー加振による振動の方向

大型試験車走行の結果、図 3 に示す通り、法高が 4m である法肩の測定点 n00 は、鉛直方向よりも、X 方向 (道路軸と直角方向) の振動の方が大きい値を示す帯域が認

められている。この測定点の周波数応答関数を図 8 に示す。この結果も大型試験車走行と同じく、10Hz~30Hz の帯域において X 方向の振動が大きくなっている。

3・5 加速度リサージュ

道路 A の東行き走行車線の路面中央を、鉛直方向に加振した際の各測定点の加速度のリサージュを図 9 に示す。X 軸は北が正、Z 軸は上が正となるように、ピックアップを設置している。測定点 n00 で X 方向が大きくなる原因について考察するため、10Hz~30Hz のバンドパスフィルターをかけた結果を示している。加振点に最も近い路肩の測定点 nRo は、鉛直方向の振動が大きい傾向が認められる。法肩の測定点 n00 については、法面の

切土道路における振動伝搬性状

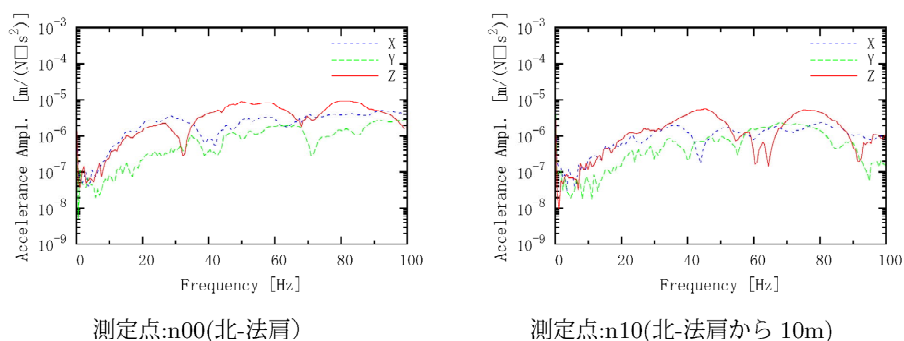


図 8 周波数応答関数 (振動方向の比較)

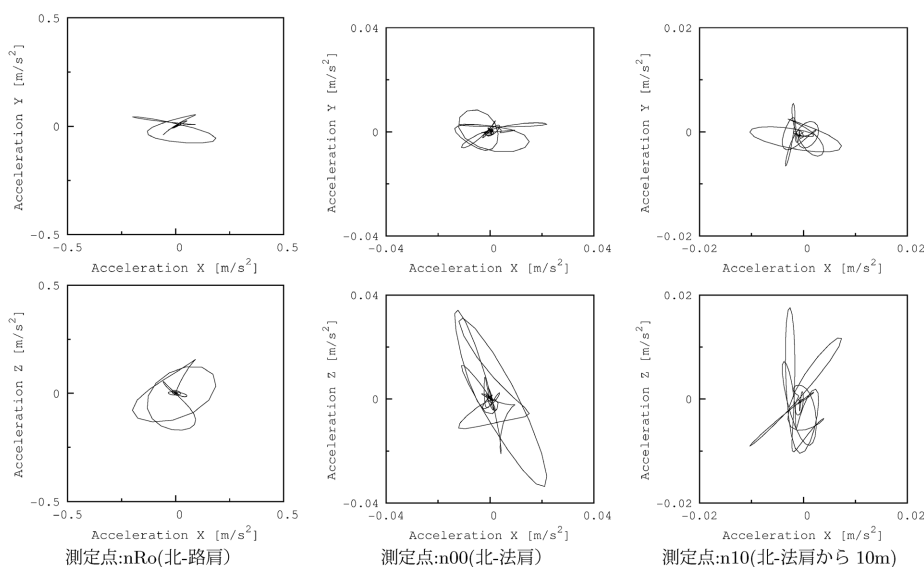


図 9 加速度リサーチ

法線方向と、地盤面の法線方向を合成した方向の振動が大きくなっている。路肩から 10m 離れた測定点 n10 については n00 よりも振動の方向が鉛直方向に傾いた振動となっている。地盤振動が、法面表面を通り、地表面を伝搬していくような性状が認められている。法肩では、平面地盤と比較して水平方向の拘束力が弱くなることから、斜め方向の振動が主要になるものと考えられる。

4. おわりに

盛土・切土道路において、道路交通振動を予測可能とするために、法尻部などにより生じる回折現象などを把握するために、種々検討を行った。道路交通振動の主要な帯域では、振動の波長が 10m 程度になる。波長が法高よりも長い、行路差が大きい場所においては、振動伝搬量が小さい傾向が認められた。試験車走行の結果、鉛直よりも、道路軸と直交方向となる X 軸方向の振動の方

が、大きい値を示した。インパクトハンマーによる加振実験でも同様な傾向が認められた。また、加速度リサーチを見ると表面波であるレイリー波が主要である傾向が認められた。法肩部分では、水平方向の拘束が小さいため、斜め向きの楕円運動を示すことが明らかになった。今後は、さらに解析を進め、回折などの効果の計算方法を提案する予定である。

謝辞 本研究は科研費(基礎研究(C),課題番号:21510093)の助成を受けたものである。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本騒音制御工学会道路交通振動予測式作成分科会：道路交通振動予測計算方法，騒音制御, Vol.28 No.3, pp.207--216 (2004.6)
- 2) 太田裕, 後藤典俊, 横波速度を推定するための実験式とその物理的背景, 物理探査, Vol.31, pp.8-17(1978.2).