

強制外力による地盤・構造物の振動・騒音 (Ⅲ)

— 走行車両による影響 —

桜井敏夫*・田中千秋*・野坂弥蔵***

林隆一****・平佐隆文*****

Toshio SAKURAI, Chiaki TANAKA, Yazo NOSAKA, Ryuichi HAYASHI
and Takafumi HIRASA

Noise and Vibration of the Ground and Structures
Excited by External Forces (III)

—Influence by Running Cars on Roads. —

1 緒 言

走行車両によって引き起こされる道路の振動は、これに近接する多くの家屋に日夜多大の振動公害を与えつゝある。

従来道路の動力学的考察は、そのほとんどが舗装版、路床、路盤中を伝播する波動から各層の耐力を知ろうとする方向に展開された。したがって、走行車両のような動的外力による道路の挙動は、それが破壊の直接的な大きな原因には成り得ないとの考え方、ならびにその関係因子が多数で解析が困難であるために、今日まで見るべき成果があがっていない。

また一方、木構造物の振動特性は、地震動に関するかぎりある程度わかっている。すなわち、その第1は木構造物の固有振動数は、振巾と共に増大するということ。その理由は、木構造の仕口は塑性的で変形性に富むために、一度変形を受けると固有振動数が増大する。第2は振動減衰性が一般に大であること。これはある振動を受けても、共振振巾が増大せず危険を免れることができるという利点である。第3には変形の復原性が大きいということ。以上3点が木構造物の特長である。

一般に固有振動数は真壁構造の場合1.5~2.5%、洋風・和風の場合3.0~3.5%程度と言われている。また、車両走行に基づく地盤振動の周期が木構造物の振動周期と合致するとき、共振現象が一時的に起こるが年月と共に変化することもあり得る。

以上のことなどから、本報告は道路の動的挙動と木造建物の振動特性を知ることの主目的を置いて行なった調査測定であるが、一方公害性の見地からもその振動の強弱を評価する必要があった。しかし、これを律する尺度はまだ決められていないので、計測値が加速度 (cm/s² = gal) で計られることから、地震動の震度階を用いて評価することにした。

気象庁の震度階を要約すれば次のとおり。

0……無感：0.8gal 以下。

I……微震：0.8~2.5gal 注意深い人にも感ずる。

II……軽震：2.5~8.0gal 大ぜいの人が感じ、戸障子がわずかに動く (本文では2.5~5.0をII₁、5.0~8.0をII₂とした)。

III……弱震：8.0~25.0gal 戸障子が鳴動し、つり下げ物が相当にゆれる。

IV~VIIは省略。

また、Fig. 1の中で振動方向を示すために次の記号を使った。上下方向……● 水平方向……⊥ (道路に直角)、// (道路に平行)

2 基礎実験

外力に基因する地盤と構造物の振動に関する基礎的知見を得る目的で、モデルによる地盤と木構造物のインパルス応答を実験した。

木構造物のモデルとしては Fig. 1 のように木製の脚を地中に約 11cm 埋めて固定したものを用いた。脚の中心から 2m の地面に鋼製円板を固定し、その直上高さ 50cm の位置から重量 7.26kg の丸鋼の錘を自由

※ 木材加工学研究室

※※ 教育学部技術科研究室

※※※ 鳥根県木材研究所

落下させ、それによって生ずる地盤と機の水平および上下方向の振動加速度を、機の中央とその真下の地面に固定した各2個の加速度変換器で検出した。また、錘が落下して円板に衝突した時点も電氣的に検出し、電磁オシログラフに同時に記録した。Fig. 2, 3で ACCELERATION と記した曲線がこれである。(・は錘の衝突時点、○は衝突後反発した錘が再落下した時点)。これら加速度曲線をカーブトレーサで数値化し、電算機 FACOM 270-20 で積分して求めた速度と変位を図示した。Fig. 2, 3 から次のことがわかる。

(1)錘が衝突してから約0.05秒後に地盤が、約0.08秒後に機が振動を始め、0.2~0.3秒で静止する。

(2)加速度が大きい時点で変位は、必ずしも大きくない。一般に変位は加速度より遅れて大きくなる。ことに機では遅れが大きい。

(3)加速度の変動は急であるが変位は穏やかである。た

だし、これに比較的速い変動分が重畳している。特に機の水平方向の変位や速度には、その固有振動数と思われる約 20Hz (周期0.05秒)の変動分が顕著に重畳している。

(4)加速度の最大値を比較すると、地盤では上下方向が水平方向より約3倍大きい。変位にはそれほど差がない。機では上下方向が約8倍大きく、変位も約10倍大きい。

(5)地盤と機の加速度の最大値を比較すると、上下方向は約10倍、水平方向は約4倍も機の方が大きい。変位の最大値を比較すると、上下方向では機が約10倍大きく水平方向では差がない。

3 調査測定条件

A 測定点

• 道路……変換器設置点までの水平距離 (R L) は、道路の中央を原点とし、設置する箇所は未舗装道路……路肩、歩道のない舗装道路……舗装端、歩道のある舗装道路……車道の末端、ガードレールのある道路……ガードレール下などである(写真参照)。

• 建物……変換器設置の位置は、道路中央点よりの水平距離 (HL) と地表面からの垂直距離 (GH) で示すことにする。一般に私的な建物が対称となるために変換器の設定場所を事前に決めることは不可能。

B 測定用計器

• 振動検出部
国道以外は容量± 5g の加速度変換器3個 (1g 当りの歪量は 600×10^{-6} 程度)。国道は路床構造が耐振的であり軽微であるので±2g 3個 (1g 当りの歪量は 1500×10^{-6} 程度) の良感度のものを使用した。

• 拡大部
共和電業KK製のDPM-6

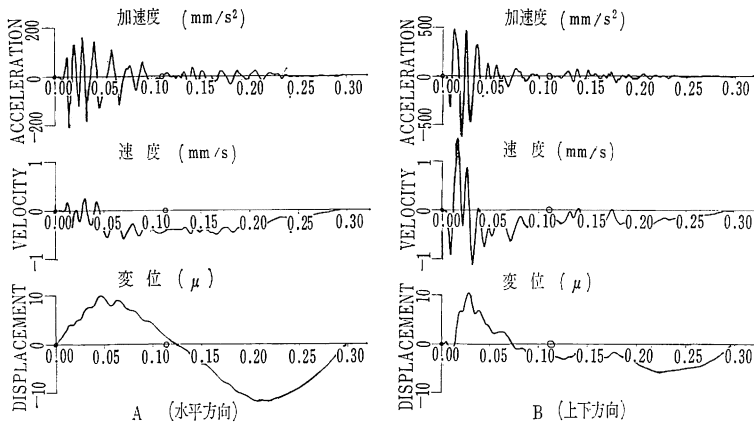


Fig. 2 基礎実験による地盤の振動

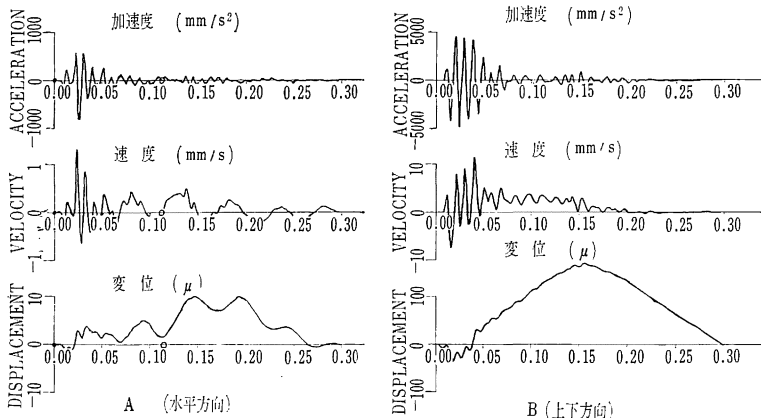


Fig. 3 基礎実験による機の振動

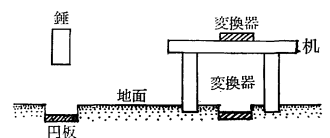


Fig. 1 地盤振動の基礎実験装置

Table 1 振動計測の場所と期日

場 所	家 屋	年月日 (時間)
出雲市	塩冶町市道 一階瓦葺き	46.10.20 10~16
	〃 〃 〃	46.10.28 11~15
	〃 〃 〃	47.8.17 10~15
松江市	北本町国道 ナ シ	47.8.23 14~16
	西川津町県道 二階瓦葺き	47.8.26 14~18
	忌部町 〃 〃	47.9.3 10~11
	八幡町国道 二階工場	47.9.8 13~15

ATの動歪計，および新興通信工業KK製のDS6/MTY型を主として使用した。いずれも6 channel であるから6点同時計測可能。

一般に地盤・構造物の振動周波数は低い。したがって以上の変換器，動歪計はいずれも現象に対し充分正確に応答するものとする。

・ 記録部

電磁オシロは，共和電業KKの「ラピコーダー」，RMV型および，三栄測機KKのFR/301を用いた。後者は記録紙巾が15cm であり，6現象の同時記録（道路および建物の各3方向）も可能。検流計の固有振動数はいずれも100c/s。記録紙の送り速度は緩急2速度すなわち5mm/1sと10mm/0.1sとである。



・ 調査測定した道路と木構造物を Table 1 に示す。

4 測定結果

A 道路の振動

300秒間に通過した走行車両により発生した振動(ピーク値)を，Fig. 4 に上げる。道路振動の発生数ならびにその強さは，国道は一般に小，市道・県道は大である。その原因は道路面下の耐振構造の程度によるものと考えられる。

本調査全測定結果を一括すると，上下振動に関するかぎりほゞ次のような傾向が認められる。

- ・ 震度階(Ⅲ)に相当する振動は1時間で12回程度
- ・ 震度階(Ⅱ₁)の2.5~5 galまでに相当するものが96回，(Ⅱ₂)の5.0~8.0gal が60回(したがってⅡに相当するものは計156回)。
- ・ 震度階(Ⅰ)に相当する0.8~2.5 gal までのものが168回であった。乗用車などはいずれも震度階(Ⅰ)で，無感覚領域であるから回数中にははまらない。

方向別の振動は上下方向が最も強く，路面に直角の水平方向がこれに次ぐ。

測定結果によれば上下動1.00とした場合，水平方向のうち直角方向は0.45~0.62，道路に平行方向は最小で0.28~0.48であった。

Fig. 5 にダンブ，トラック車による方向別の振動波形(例)を上げる。

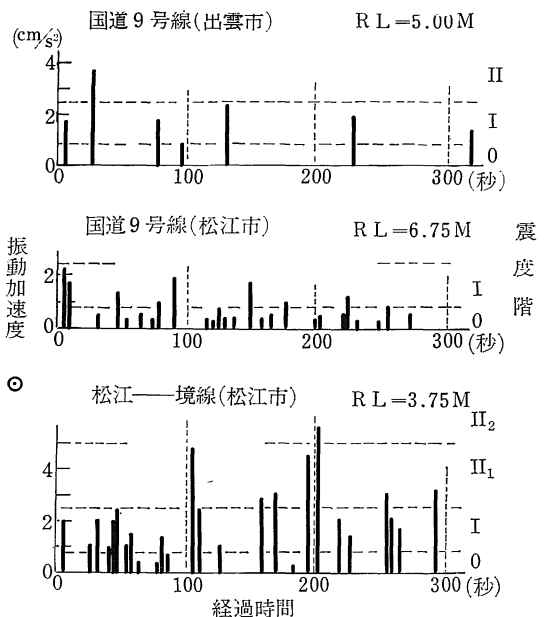


Fig. 4 道路の上下振動の発生数と強さ

B 木造家屋の振動

300秒間に通過した車両により発生した振動（ピーク値）を Fig.6に上げる。また、建物の3方向の振動波形を Fig. 7 に上げる。

一般に木構造物の振動は、周波数の多い小振巾の振動と大きな周期の振動とから成り立つと称されているが、基礎実験と同様、本測定結果もこの傾向を明確に示して道路振動波形と異なる。また、上下方向より水平振動が大きい。実測結果から方向別の振動比を求めると、上下方向を1.00とした場合、道路に直角な水平方向は0.66~0.85, 平行方向は0.75~2.00で大きな振動を示す。

C 道路と木構造物の振動

市営バス、ミキサー車による道路と構造物の加速度波形を Fig. 8, 9（同時計測）に上げる。上下振動などで道路より建物が小なのは、距離（道路と家屋の測点間隔）2m による振動の距離減衰に基づく。道路に平行方向は道路振動の2.5~8.5倍の振動を示し、本建物の特徴を示す。

また Fig. 10 は300秒間に通過した各種車両による道路と家屋の振動発生状況を取りまとめたもの（同時計測）で、道路振動の加速度が弱く（3方向の振動加速度

の自乗の和の平方根=ベクトル)、変位の大きなものほど家屋振動の倍率は高く、7~8倍に達するものもある

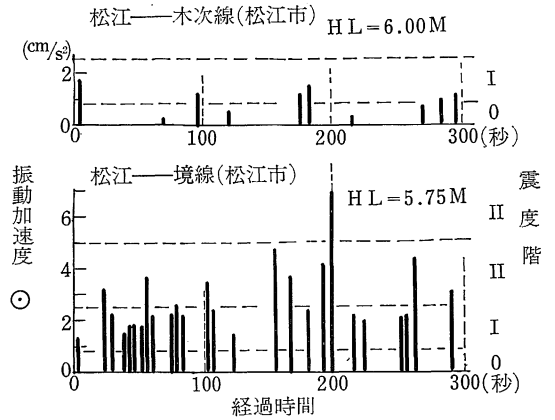


Fig. 6 木造家屋の振動の発生数と強さ

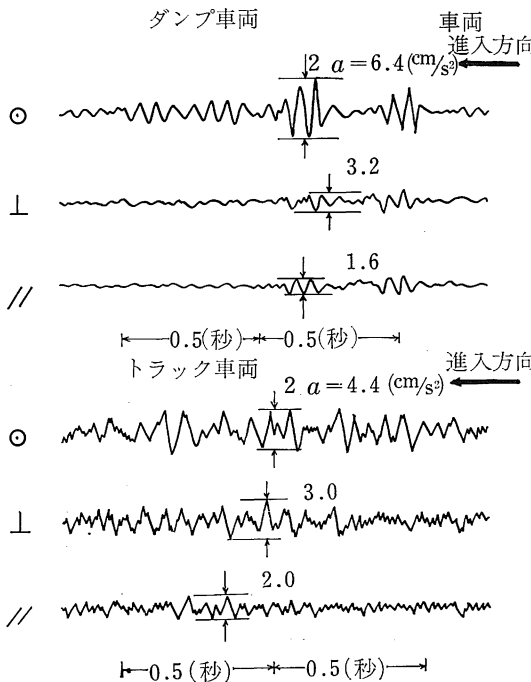


Fig. 5 車両による道路振動 (松江—境線 RL = 3.75m)

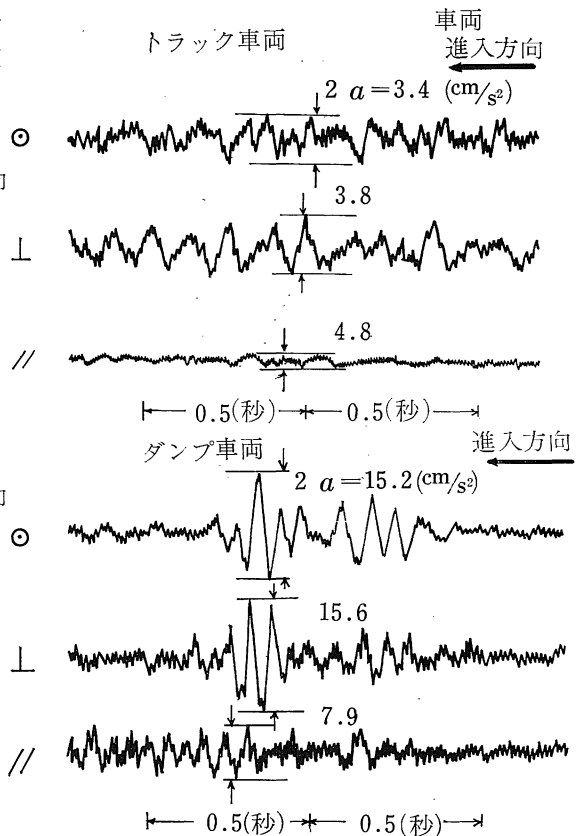


Fig. 7木造家屋の振動波形 (HL=5.75m)

る。上下方向は平均3.1倍、水平方向のうち道路に直角方向は2.4倍、平行方向は5.5倍程度であった(加速度は周波数の自乗に比例する)。

D 変位振巾について

測定された加速度波形は、重車両による衝撃的波形(周波数は大)以外は、一般にいずれも周期性がある。

記録波形の周期を正確に知るには、周波数分析法によらなければならないが、しかし、大体の周期——この場合建物振動に表われる高調の周期波形は、変位振巾が著しく小となるので問題とならない。——を現象波形から推定することもまた可能である。Fig. 11 は加速度・周波数・変位換算図表を利用して、加速度と周波数% (推定) から変位振巾(mm) を求めた図である。この結果によれば変位振巾の最大値は木造家屋においては 50μ 、道路においては 25μ 程度である。

5 おわりに

基礎実験から得られた知見以外、本調査測定から得られた結果を要約すれば次のとおり。

1) 道路の振動は最高 $10\sim 15\text{gal}$ (cm/s^2) で、ほとんど微震、軽震程度である。振動方向は、上下方向が最大で道路に直角の水平方向の振動がこれに次ぐ。

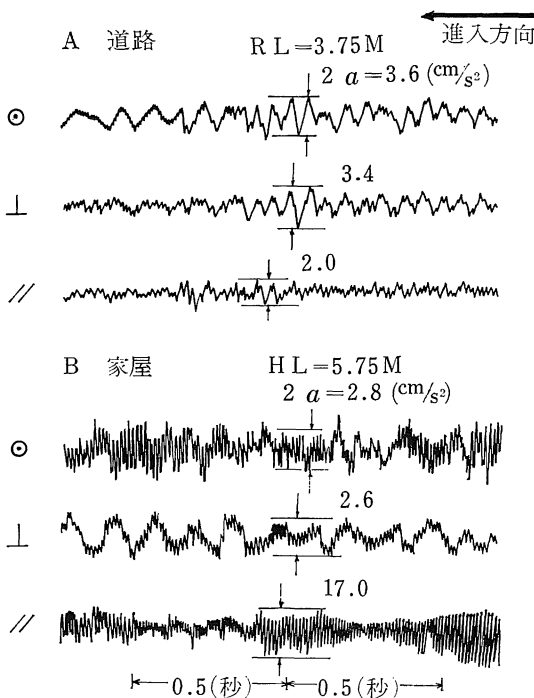


Fig. 8 市営バス車両による道路と家屋の振動(同時測定)

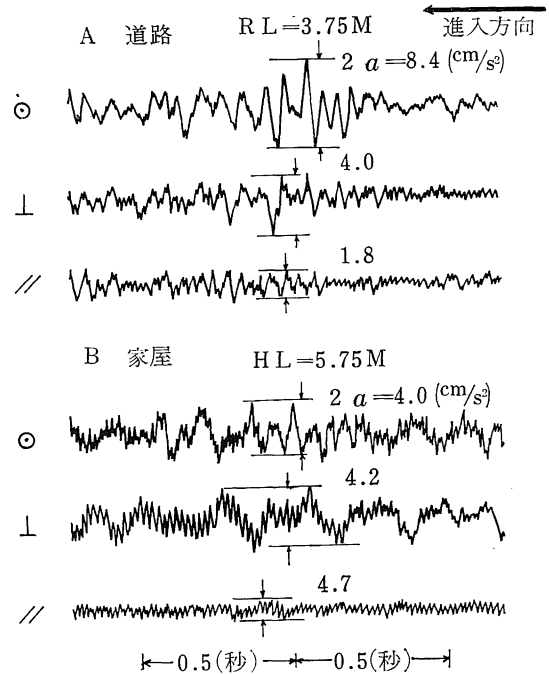


Fig. 9 ミキサー車による道路と家屋の振動(同時計測)

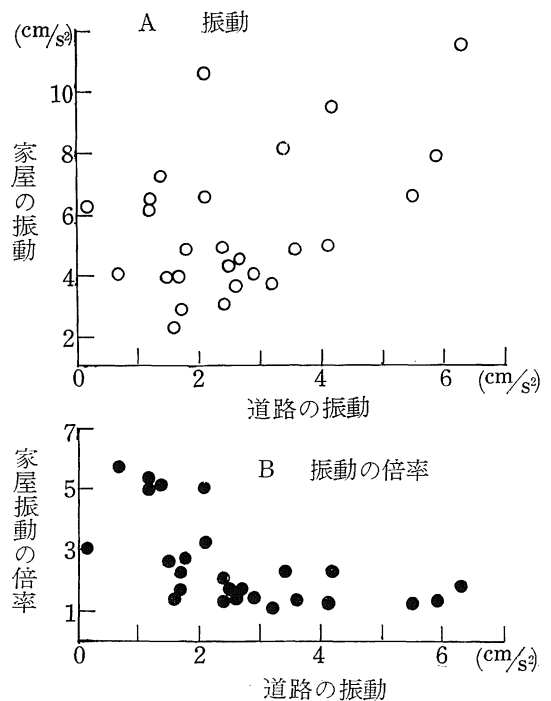


Fig. 10 道路一家屋の振動(松江一境線)とその倍率(測点間隔 2.00m)

2) 木構造物の振動は、道路の振動加速度が小なるほど倍率が大きくなり、時に7~8倍に達することもある。振動方向は、本建物の場合上下振動が3.1倍、道路に直角の水平振動が平均2.4倍、道路に平行の振動が平均5.5倍。

3) 路面下の路盤構造が防振的に作られている国道の振動加速度は一般に弱く、県道・市道などの道路の振動加速度は大きい(騒音はこの逆)。

4) 防振対策上必要である変位振巾を加速度波形から推定すれば上下方向の場合

道路……20 μ 以下

建物……60 μ 以下

なお、建物に対する振動じょ限度は我国ではまだ定められていない。R. Wostwaten の建物のじょ限度は、最大 200 μ 、許容値は 70 μ 程度を提案しているが、木構造を主体とする我国では、それ以下におさえる必要があると考えられる。

本報告を行なうについて、ヤンマーゼーデルKK技術研究所の野崎氏、島大電子計算センターの堀江氏の助力を得た。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

1. 野坂弥蔵・桜井敏夫・田中千秋・林隆一：島根教育

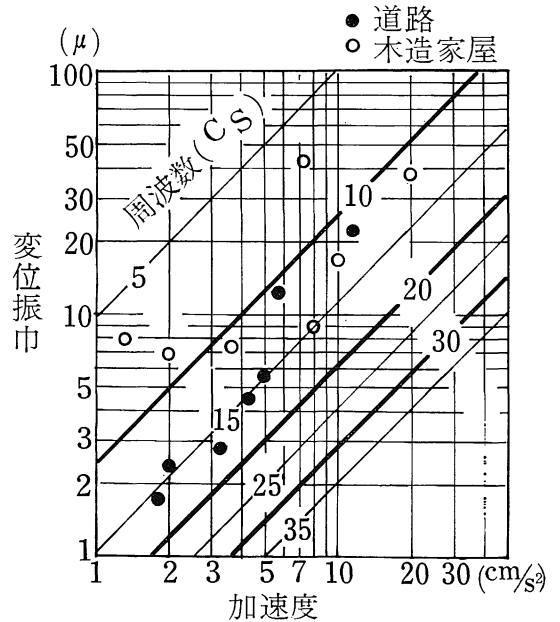


Fig. 11 道路・家屋の変位振巾(上下振動)

紀要 5 : 15-29, 1971.

2. 桜井敏夫・野坂弥蔵・田中千秋・林隆一：島大農研究報告 5 : 95-100, 1971.

3. 竹山謙三郎：木構造 丸善 東京 280-283, 1951.

Summary

This paper deals with the vibration of roads and wooden houses caused by traffic. Accelerations in the three principal directions of roads and wooden houses were measured with the aid of six accelerometers, six amplifiers and an electromagnetic oscillograph.

Obtained results are as follows,

- 1) Vertical acceleration of road is the most intensity in three direction and the values of 10-15 cm/s² were measured.
- 2) Horizontal acceleration of wooden house is the most intensity in three direction.
- 3) Acceleration amplitudes of wooden houses is larger than the value of road.