

高架道路等からの振動伝搬特性について

樋田昌良, 古田修一

Propagation Properties of Vibration from Elevated Highway and Railway

Masayoshi Toida,

Shuichi Furuta

高架道路や高架鉄道の周辺地盤における水平振動の測定と水平振動の家屋増幅を測定して、振動の伝搬特性や周波数特性を解析し建物への影響などをまとめた結果、高架道路からの交通振動は、水平方向に比べ垂直方向が大きく、その主成分は12.5Hzでジョイント部通過時に卓越する傾向がみられた。鉄道振動は、交通振動と同様に水平方向に比べ垂直方向が大きく、その主成分は在来鉄道が30~60Hzで、新幹線鉄道では16Hz付近に卓越する傾向がみられた。また、加えて建物内に伝わる際の家屋増幅の傾向も一部見受けられた。

はじめに

高架道路を大型車が通るときや高架鉄道を列車が通過する際に発生する水平振動が、付近の建物に影響(安眠妨害)を与えていると考えられる事例が発生している。公害振動は、鉛直方向(Z方向)の振動について規制がされており、水平方向(X,Y方向)の振動は対象外である。そのため、水平振動が建物や人に与える影響等についての調査はあまり行われていない。また、発生源で起きた振動は、減衰しながら地盤を伝搬していくが、建物内に伝わると家屋増幅して大きくなる傾向がある。本報告では、高架道路や高架鉄道とその周辺の地盤や建物において水平振動調査を行い、振動の伝搬特性や周波数特性を解析し建物への影響を調べた結果を報告する。

調査方法

高架道路や高架鉄道からの振動の特性を把握するため、その直近及び数メートル離れた地点(12.5m等)で自動車、鉄道通過時の振動(水平(X,Y), 鉛直(Z)方向)を測定した。測定状況を Fig.1, Fig.2 に示す。

なお、振動は特にことわりのない限り測定及び表記はX, Y, Zともに加速度レベル L_{VA} である。

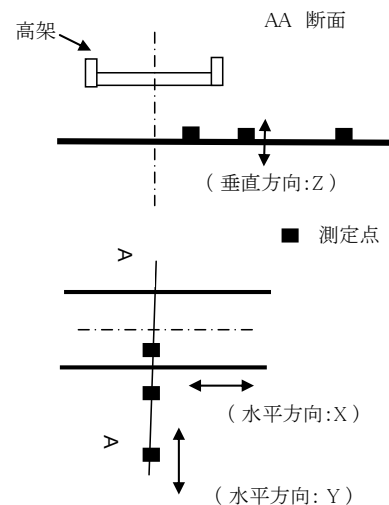


Fig.1 測定状況例 その1

(1) 高架道路



(2) 高架鉄道



Fig.2 測定状況例 その2

結果及び考察

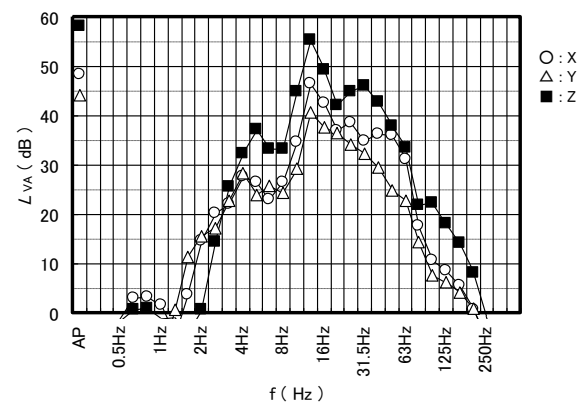
高架道路や高架鉄道とその周辺の地盤や建物において水平振動調査を行った結果として、高架道路および高架鉄道からの振動伝搬例、屋外から屋内への振動伝搬傾向を以下に示す。

1. 高架道路からの振動伝搬例

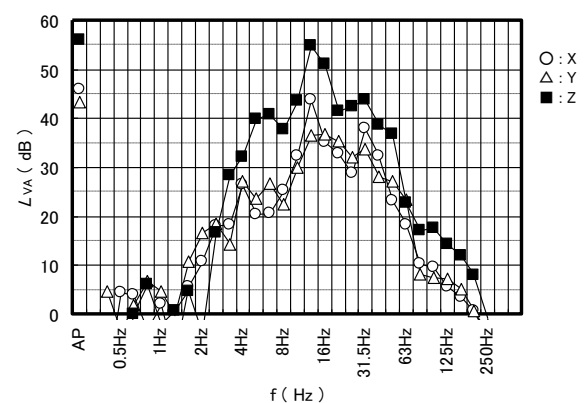
高架道路からの振動の伝搬例として高架下、近接側走行車線中心より 12.5m、25m 地点での振動周波数スペクトルと距離減衰傾向を示す。

Fig.3(1)~3(3)には、12.5Hz 付近で卓越した成分が検出された例を示す。加えて 80%レンジ上端値 L_{10} の例を Fig.3(4)~3(6)に示す。

(1) 高架下 (12.5Hz 卓越)



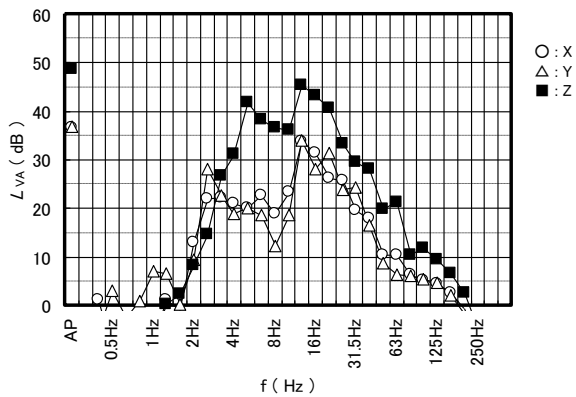
(2) 12.5m (12.5Hz 卓越)



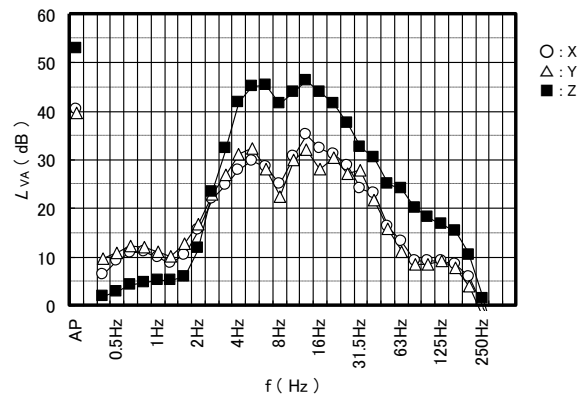
(周波数スペクトル)

Fig.3 高架道路振動伝搬例

(3) 25m (12.5Hz卓越)



(6) 25m (L_{10})



(周波数スペクトル)

(4) 高架下 (L_{10})

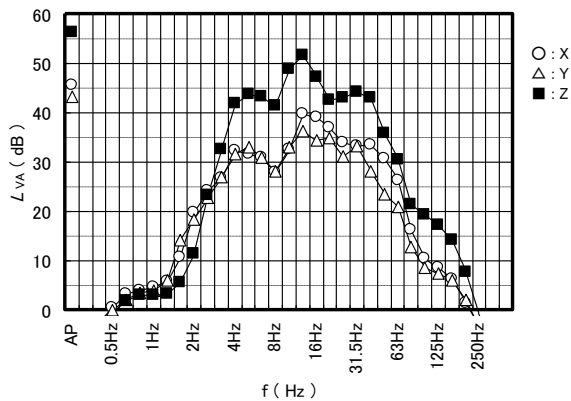
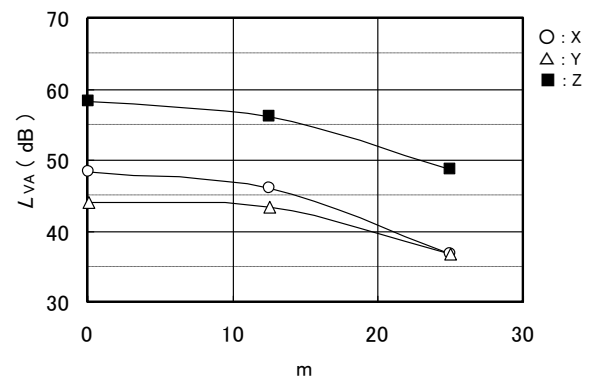
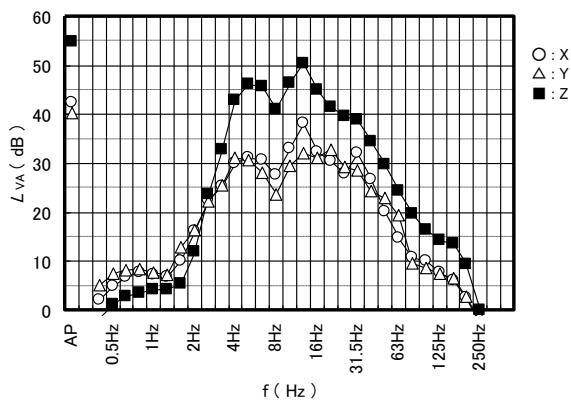


Fig.3 高架道路振動伝搬例

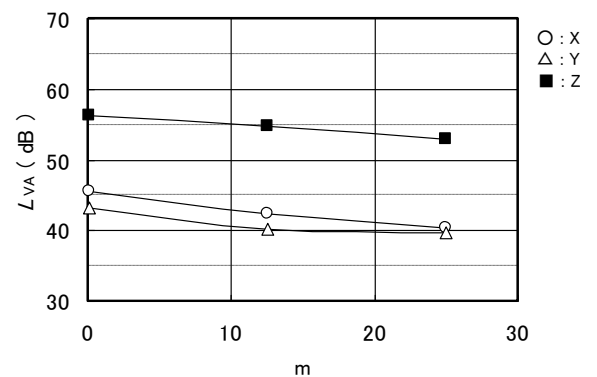
(1) 12.5Hz卓越時



(5) 12.5m (L_{10})



(2) L_{10}



(周波数スペクトル)

Fig.3 高架道路振動伝搬例

(距離減衰傾向)

Fig.4 高架道路振動伝搬例

振動は垂直方向（Z）が水平方向（X，Y）に比べて大きいことがわかる（Z：50～60 dB，X，Y：35～50 dB）。

また、12.5 Hz が卓越した場合、この成分は L_{10} に比べ高架下から 12.5m で 2～5 dB 大きくなっているが、25m と離れた地点ではその差がなくなっていることがわかる。

この 12.5 Hz 成分卓越時と L_{10} の振動距離減衰傾向を Fig.4(1)～4(2)に示す。

12.5 Hz 成分卓越時の距離減衰が L_{10} に比べて大きい（12.5 Hz：7 dB， L_{10} ：2 dB（12.5m～25m））傾向がみられる。

この 12.5 Hz 成分はジョイント部分通過時（30 Hz 以下）により発生するもの¹⁾と考えられる。

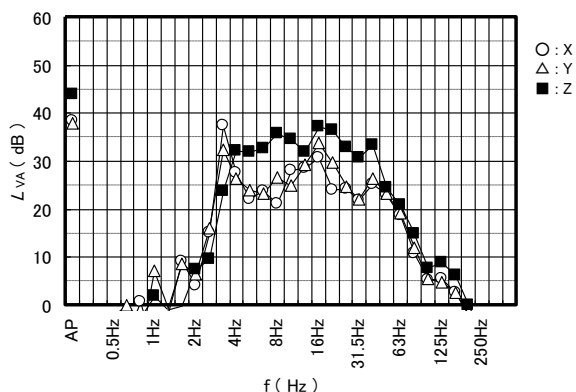
また、この成分は比較的距離減衰が大きいとも考えられる。

次に、高架道路からの振動として検出された特徴的な例を示す。

Fig.5 は水平方向（X，Y）振動で 3.15 Hz の卓越成分が検出された際の振動周波数スペクトル例を示す。

この例は水平方向レベル（ L_{VA} ）としては 40 dB 程度と低いですが、3.15 Hz で垂直方向（Z）より大きく、卓越していることがわかる。

この 3.15 Hz の成分は床版の固有振動（3～5 Hz）によるものと考えられる¹⁾。

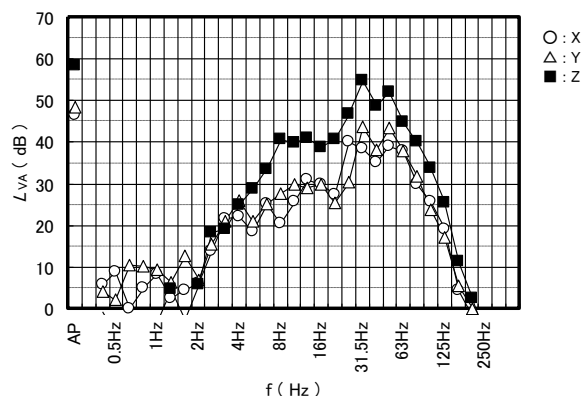


（水平振動 3.15 Hz 卓越の場合：官民境界）
Fig.5 高架道路振動例（周波数スペクトル）

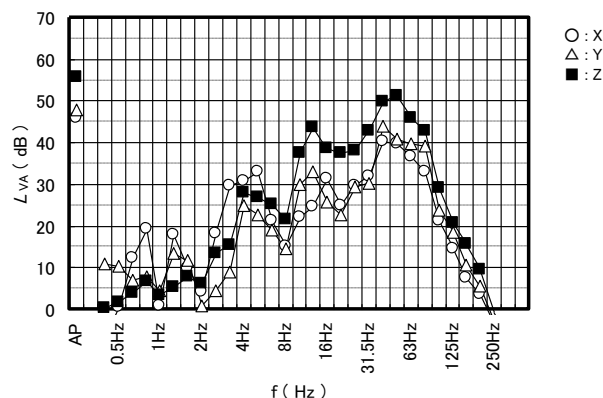
2. 高架鉄道からの振動例

高架鉄道からの振動例として、在来鉄道と新幹線鉄道の振動周波数スペクトル例を示す。在来鉄道の振動周波数スペクトルを Fig.6(1)～6(2)に、新幹線鉄道について Fig.6(3)に示す。

(1) 在来鉄道A（高架近接軌道中心より12.5m）



(2) 在来鉄道B（高架近接軌道中心より12.5m）



(3) 新幹線鉄道（高架近接軌道中心）

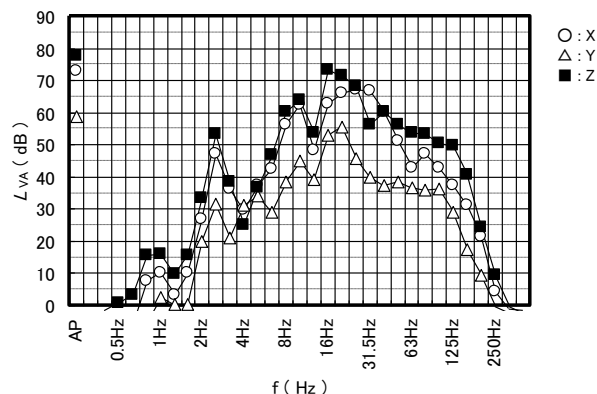


Fig.6 高架鉄道振動例（周波数スペクトル）

高架鉄道からの振動は高架道路振動と同様に垂直方向（Z）が水平方向（X，Y）に比べ大きいことがわかる。（在来鉄道 Z：55～60dB，X，Y：45～50dB，新幹線鉄道 Z：80dB，X，Y：60～75dB）

また、在来鉄道の振動は30～60Hzの成分が卓越している傾向がみられる。

この成分は固定軸間距離の繰り返しによる振動の2倍の高調波や車輪とレールの連成振動に起因していると考えられる²⁾。

一方、新幹線鉄道の振動は16Hz付近で卓越した成分をもっている傾向となっている。加えて、3.15Hz付近の成分も現れていることがわかる。

16Hz付近の成分は200km/h程度の速度走行時の高架での特徴で、3.15Hz付近の成分は台車と車両長に起因するものと考えられる²⁾。

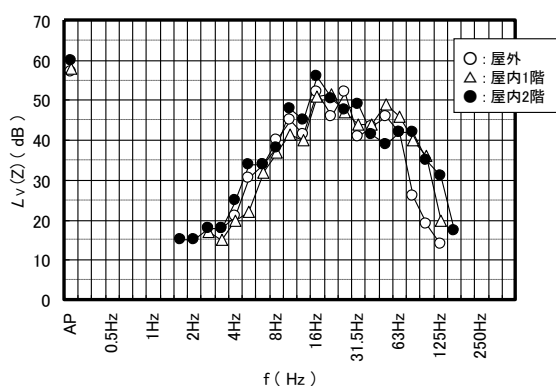
3. 屋外から屋内への振動伝搬傾向

屋外から屋内への振動伝搬例を以下に示す。

はじめに、家屋への振動増幅例として振動周波数スペクトル（垂直方向（Z））と垂直、水平方向のレベルを示す。

Fig.7 は高架鉄道からの振動周波数スペクトルで屋外および屋内（1階，2階）の場合を示している。図中の振動は垂直方向の振動レベル（ L_v ）を示す。

この例は前述したように16Hz付近の成分で卓越した傾向がみられる。また、特定周波数での増幅はみられないが、屋内（2階）において振動レベル（ L_v ）で2～3dBの増幅傾向がみられる。

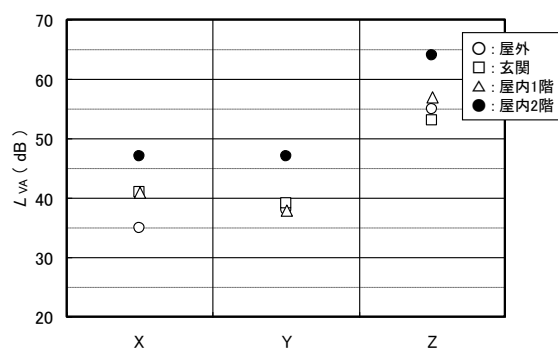


（高架鉄道周波数スペクトル）

Fig.7 屋外から屋内への振動伝搬例

Fig.8 は高架鉄道からの屋外と屋内の振動水平方向（X，Y）および垂直方向（Z）のレベルを示す。

水平方向（X，Y），垂直方向（Z）共に屋内（2階）において9dB～12dBの増幅傾向がみられる。



（水平（X，Y）及び垂直（Z）方向レベル）

Fig.8 屋外から屋内への振動伝搬例

次に床版の固有振動に起因した水平方向の3.15Hz成分が増幅傾向を示す例をFig.9に示す。

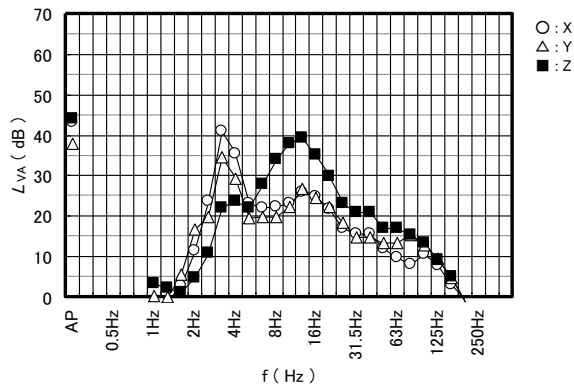
地上での振動周波数スペクトル（X，Y，Z）をFig.9(1)に、屋内（3階）でのそれをFig.9(2)に示す。

3.15Hz付近の成分が地上で40dB，屋内で58dBと屋内で顕著な増幅傾向を示していることがわかる。

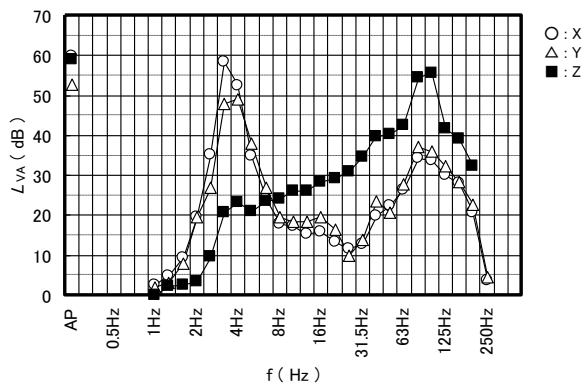
レベルは水平方向（X，Y），垂直方向（Z）共に屋内（3階）において15dB程度増幅しており、100Hz付近の成分も増幅していることがわかる。

これは、高架道路等において道路構造の共振により、地盤上で鋭尖な卓越を示す例で、家屋と固有振動が一致した場合に水平方向が増幅されたケースと考えられる。

(1) 屋外 (地上)



(2) 屋内 (3階)



(水平方向の 3.15z 成分増幅例)

Fig.9 屋外から屋内への振動伝搬例

結 語

高架道路や高架鉄道の周辺地盤における水平振動の測定と水平振動の家屋増幅を測定して、振動の伝搬特性や周波数特性を解析し建物への影響などをまとめた結果は以下のとおりである。

高架道路からの交通振動は垂直方向 (Z) が水平方向 (X, Y) に比べて大きい (Z : 50~60dB, X, Y : 35~50dB) 。その主成分は 12.5Hz で、比較的距離減衰が大きい傾向がみられた。この 12.5Hz 成分はジョイント部分通過時 (30Hz 以下) により発生するもの¹⁾と考えられる。

また、水平方向 (X, Y) 振動で 3.15Hz の卓越成分が検出された例がみられ、床版の固有振動 (3~5Hz) によるものと考えられる¹⁾。

高架鉄道からの振動は高架道路振動と同様に垂直

方向 (Z) が水平方向 (X, Y) に比べ大きい。(在来鉄道 Z : 55~60dB, X, Y : 45~50dB, 新幹線鉄道 Z : 80dB, X, Y : 60~75dB)

このうち、在来鉄道の振動は 30~60Hz の成分が卓越している傾向がみられ、この成分は固定軸間距離の繰り返しによる振動の 2 倍の高調波や車輪とレールの連成振動に起因していると考えられる。

一方、新幹線鉄道の振動は 16Hz 付近で卓越した成分をもっている傾向となっている。加えて、3.15Hz 付近の成分も現れていることがわかる。

16Hz 付近の成分は 200km/h 程度の速度走行時の高架での特徴で、3.15Hz 付近の成分は台車と車両長に起因するものと考えられる²⁾。

屋外から屋内への振動伝搬としては、屋内 (2 階) において振動レベル (L_v) で 2~3dB の増幅傾向がみられ、 L_{vA} で水平方向 (X, Y) 、垂直方向 (Z) 共に屋内 (2 階) において 9~12dB の増幅傾向がみられる。

一部で床版の固有振動に起因した水平方向の 3.15Hz 成分が増幅傾向を示す例として、3.15Hz 付近の成分が地上で 40dB、屋内で 58dB と屋内で顕著な増幅傾向を示し、そのレベルは水平方向 (X, Y) 、垂直方向 (Z) 共に屋内 (3 階) において 15dB 程度増幅しているケースもみられた。

これは、高架道路等において道路構造の共振により、地盤上で鋭尖な卓越を示す例で、家屋と固有振動が一致した場合に水平方向が増幅されたケースと考えられる。

文 献

- 1) 佐野泰之: 道路交通振動の特性, 騒音制御, 35 (2), 117-122 (2011)
- 2) 横山秀史: 鉄道振動の特性, 騒音制御, 35 (2), 123-127 (2011)