

VII-203

道路交通振動を用いた沿道家屋の振動伝達関数推定方法

○（株）エスタ 正員 藤原敏彰

阪神高速道路公団 正員 徳永法夫

大阪市立大学 正員 西村昂

大阪市立大学 正員 日野泰雄

1. まえがき

都市内高速道路は、都市内の土地の有効利用を考慮して高架橋構造が採用されるが、居住空間と近接して建設されることが多いため、道路交通振動をはじめとする種々の環境問題が生じている。公害問題は発生源対策・伝播経路対策を優先すべきことは論を待たないが、適切な対策工を選定するためにも沿道家屋の振動特性は必要不可欠な調査対象項目である。ここでは、道路交通振動源を用いることによって、デジタル信号処理を行い沿道家屋の振動伝達関数を求める方法と、その分析結果を紹介する。

2. 沿道家屋の振動特性推定方法

建築の振動特性を求める一般的な方法として、電磁加振器を家屋内で作動させ、その結果得られる共振曲線から固有振動数や、減衰定数（通常はハーフパワー法）を求める方法が用いられている。しかし、この方法では家屋の振動特性が質点系モデルで表現され、明確な共振曲線が求められることを前提としている。しかし、道路交通振動問題が発生している、その地表面上の道路交通振動を信号源として使用し、家屋内の振動との適切な処理を行えば、より簡便・適切に家屋の振動特性を求められる。さらに、この伝達関数に任意の信号を畳込むことにより、家屋内の振動をシミュレートし、沿道家屋の最適な振動対策手法を検討可能となる。ここでは、音響学等でよく用いられるデジタル信号処理技術¹⁾を用いて、家屋の振動伝達関数を求める。

図-1に示すように、家屋内において測定される振動は、家屋の振動応答（道路交通振動と家屋の振動伝達関数との積和）以外に、道路交通振動とは無関係に発生する振動および測定機器に混入する電磁波等の影響を受ける。

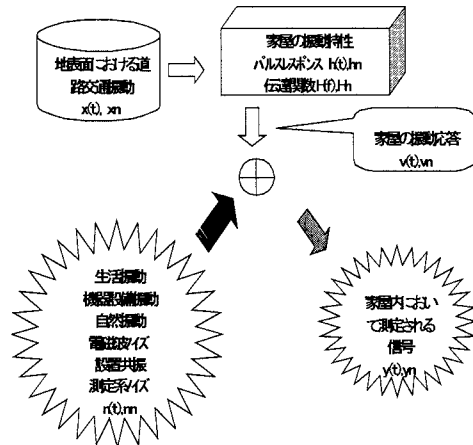


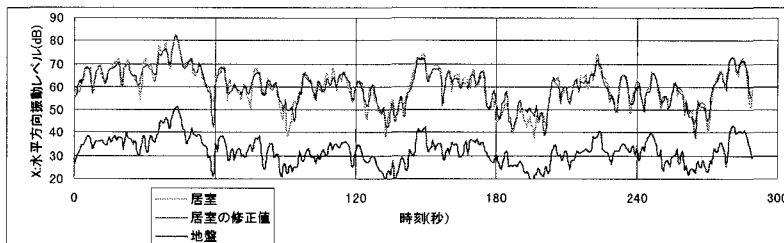
図-1 家屋内振動伝播モデル

したがって、道路交通振動による家屋の振動増幅を適正に評価するためには、これらの外乱要因を排除する必要がある。次式は、家屋の振動伝達関数を求める式である。ここで $(\quad)_m$ は、 x_n と y_n を N サンプルずつとって作った $(\quad)$ 内の量の m 番目のものを表す。

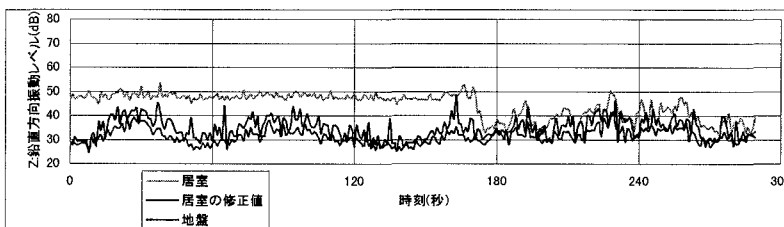
$$H_k = \frac{\lim_{M \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (X_k^* Y_k)_m \right] - \lim_{M \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (X_k^* N_k)_m \right]}{\lim_{M \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (X_k^* X_k)_m \right]}$$

ただし、分子の第2項は道路交通振動とインコヒーレントな雑信号（生活振動をはじめとする外乱要因）との積和であるため、加算回数 M が増大するにつれて消滅する。すなわち、ある伝達系の入力信号 $x(t)$ （道路交通振動）と出力信号 $y(t)$ （家屋内の振動）のサンプル値系列（デジタル値） x_n と y_n とが得られれば、雑信号が混入する場合でも、雑信号が x_n （道路交通振動）と無関係ならば、系の伝達関数（道路交通振動に対する家屋の振動応答）が入出力信号のクロススペクトルと入力信号のパワースペクトルの各々の加算結果の比として求められる。

¹ 「デジタル信号処理入門」城戸健一著 丸善株式会社 P.47



図－2 分析例その1(共振現象が顕著な建築物... ペンシルビル7F 床面)



図－3 分析例その2(外乱要因が顕著な建築物... RC 造3F 床面)

3. 高架橋道路沿道家屋の振動伝達特性

上記の方法を実際に適用するにあたり、地表面および居室内に振動ピックアップを設置し、振動レベル計本体の振動加速度出力をデータレコーダに記録し、後にA/D変換処理を行った。サンプリング周波数は、通常公害振動の対象となる振動数成分を考慮して200Hzとし、FFT分析の周波数分解能を0.1Hz程度とする目的(共振周波数特定のため)から、FFTポイント数を2,048(約10秒間)とし、1秒間隔毎に処理範囲をシフトさせ、加算回数 M を290回(総時間長5分間)とした。

3.1 分析例その1(共振現象が顕著な建築物)

まず地盤振動との共振現象が顕著な建築物の例を図－2に示す。図－2には、地盤における水平方向振動レベル波形、居室内で観測される水平方向振動レベル波形の実測値と、上記の伝達関数に地盤の振動加速度を畳込んで作成した修正計算による水平方向振動レベル波形を示す。

この建築物は、鉄骨造9階建ペンシルビルであり、建築物自体の固有振動数(約2.6Hz)が、沿道の高架橋の固有振動数(約2.4Hz)と同程度であるため、明らかに共振現象を生じており、増幅量は約30dBに達している。この場合には、修正計算による振動レベル波形は忠実に居室内の振動レベル波形を再現している。

3.2 分析例その2(外乱要因のある建築物の場合)

図－3は、RC造3階建の家屋の分析例である。堅牢なRC造であるにもかかわらず、実測では定常的に50dB程度の鉛直方向振動レベルが観測されたが、水平方向振動レベルにはこのような現象は生じていないため、外乱要因によるものと判断した。このような場合でも伝達関数に地盤の振動加速度を畳込んで作成した修正計算により、本来あるべき振動レベル波形が求められている。

4. まとめ

道路交通振動を用いて、建築物の振動特性を求める方法を検討し、その分析を試みた。家屋における振動測定は、その困難さから、一般的に敬遠されてきたきらいがあるが、その振動特性を明確にすることは、道路交通振動問題にとって重要・不可避な問題である。この手法によれば、電磁加振器等の機器を用いずに、しかも現実の問題となっている家屋自体をその場所における道路交通振動そのものによって適正に評価できるため、対策工の選定や有効性の検証に役立つものと思われる。今後は、分析事例を増すとともに、各種振動対策工との連携を模索していくものである。