

Ⅶ-8

土木構造物の Time-Stretched Pulse による吸音率測定*

北海道大学工学部衛生工学科 正会員 長谷部正基
学生会員 近者敦彦

土木構造物に吸音処理がされる場合、実際の使用条件に対応した施工された状態での斜め入射吸音率測定が可能、また施工された状態での測定が出来る可能性を持つ Time-Stretched Pulse による吸音率測定を行った。戸外で施工後の土木構造物に対する斜め入射吸音率の測定に適当な方法であると考えられる。

1.はじめに

現在、土木構造物の音響特性、特に吸音性を明らかにするためには、施工前に材料のサンプルを使用して、残響室において吸音率測定を行うか、または管内法により垂直入射吸音率を測定することが一般的に行われている。しかしこれらの方法では、施工された状態での吸音率測定が出来ない、また、施工後の経年変化を観測することが出来ないことなど、不便な点がある。また道路交通騒音対策として、吸音材を使用する場合は騒音源である自動車から吸音材に入射する音波の吸音材の面に対する角度が一定、すなわち斜め入射であるため、従来、吸音材の評価方法として主に使われている残室法吸音率や、管内法による垂直入射吸音率を評価値として使用することには問題があるとされてきた。

一般に、吸音率は音波の入射条件によって変わる。音波の入射条件としては、3種あり、材料面に対して全ての方向から等しい確率で音波が入射するときのランダム入射吸音率(残響室法吸音率)、入射角 0° 、すなわち垂直に入射するときの垂直入射吸音率、及びある有限な一定角度で入射するときの斜め入射吸音率である。

道路交通騒音を例にして考えると、遮音壁、高架道路裏面での音波の反射など、現場で発生する騒音の反射現象はある一定角度で音波が入射する斜め入射の場合が多い。このため斜め入射吸音率測定を用いて評価することが必要とされる。そこで本研究では斜め入射吸音率測定として Time-Stretched Pulse¹⁾を用いる方法をコンクリートを素材とする吸音材料の斜め入射吸音率の測定に適用することを試みた。

2. Time-Stretched Pulse による斜め入射吸音率測定について

斜め入射吸音率を測定しようとして、点音源から音波を吸音材表面に対して放射する場合、定常音を使用すると、音源からの直接音が吸音材からの反射音と重なり合い、そのままでは反射音のみのデータが得られない。インパルス音、すなわち非常に継続時間の短い音波を使用すると、受音点に到着するまでの時間差から直接音と反射音の分離が可能となるが、安定したインパルス音の発生及び、そのパワーを大きくすることが困難なことから実際的ではない。そこで本研究の方法では、インパルス音をデジタル信号処

* Measurement of sound absorption coefficient of a construction by a time-stretched pulse;
M.Hasebe and A.Konja

理によって擬似的に引き延ばした音 (Time-Stretched Pulse) を試験信号とする方法を採用した。この方法では信号音を土木構造物に対して放射し、それが反射されて受音点において収録された信号を圧縮してインパルス音として、直接音と反射音の分離を行い、反射音のパワースペクトルを得る。その後、完全反射面での反射音のパワースペクトルを用いて吸音材の斜め入射吸音率を計算した。

なお、実際にはパーソナルコンピュータ内で生成した Time-Stretched Pulse を任意波形信号発生器 (Arbitrary wave generator) に送り込み、アナログ信号を得てそれをパワー増幅し、スピーカーを駆動することになるが、その任意波形信号発生器内で発生した信号波形を図 1 に示した。これはスウィープ信号的な音であり、通常使用されるダイナミック型スピーカーへは印加電圧を上げると十分な音圧をスピーカーから得ることは容易である。その信号を圧縮処理したインパルス波形を図 2 に示した。

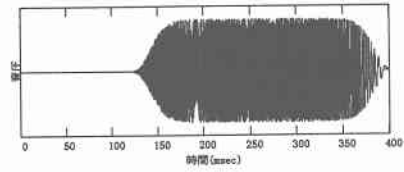


図 1 Time-Stretched Pulse



図 2 インパルス波形

3.実験方法

コンクリートを素材とする吸音材料 (2.0 m×1.5 m×0.1 m (厚さ)) を無響室内に敷き、Time-Stretched Pulse をスピーカーから放射し、受音点に設置した騒音計のマイクロフォンから取り込んだ。その測定系統図を図 3 に示した。音の入射角及び反射角 θ は図 4 に示したように吸音材料表面の法線に対して常に対称となる角度にとり、今回の実験では 0° 及び 30° の 2 種として行った。スピーカーの高さは吸音材の表面より 0.7 m とし、マイクの高さは 0° のとき 0.4 m、 30° のとき 0.7 m とした。

受音点での音の波形を図 5 に示した。この波形をコンピュータ内で時間圧縮をしてインパルス波形とす

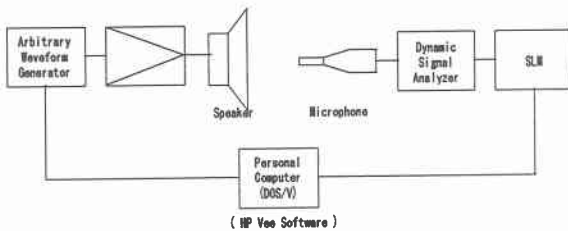


図 3 測定系統図

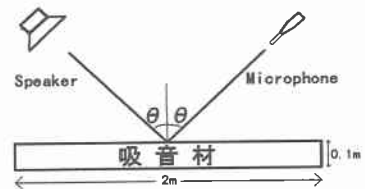


図 4 測定配置図

る。そのためにはまず FFT (高速フーリエ変換) を行い、図 6 のような周波数領域での表現とした後、時間圧縮のための伝達関数を乗じ、IFFT (高速フーリエ逆変換) を行い、直接音と反射音、その他の反射音を分離してインパ

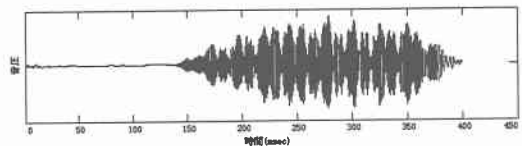


図 5 受音点での音の波形

ルス波形の連続として観測できるようにする。図7はその結果であり、横軸の時間軸上で最初の波形は吸音材での反射無しに直接受音点に到達する直接音、2番目の波形は吸音材で反射して受音点に達する反射音である。これらのインパルス波形の中から希望する反射音成分だけを切り出したものを図8に示した。そのパワースペクトルレベルを図9のように得る。この切り出しにより、所用の信号以外

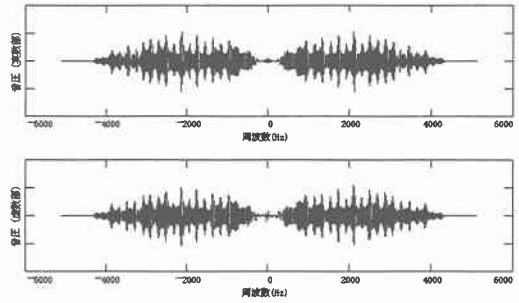


図 6 周波数領域での波形

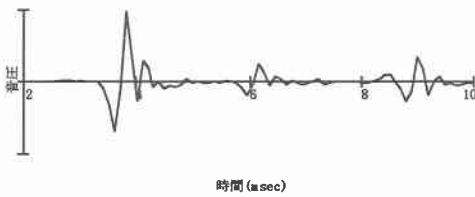


図 7 直接音と反射音の波形

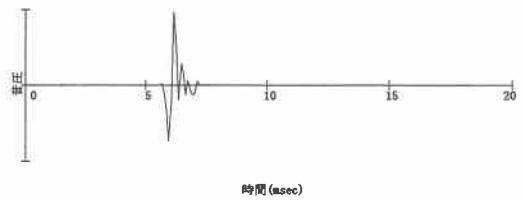


図 8 反射音のみの波形

の成分を0とすることができ、S/N比の改善も同時に行うことができる。

この手続きを吸音材表面（そのパワースペクトルを $Pa(f)$; f は周波数）と吸音率が0と考えられる完全反射性材料（パワースペクトルを $Po(f)$ とする）とについて行い、斜め入射吸音率 $\alpha(f)$ を次式、

$$\alpha(f) = 1 - Pa(f) / Po(f)$$

によって計算する。

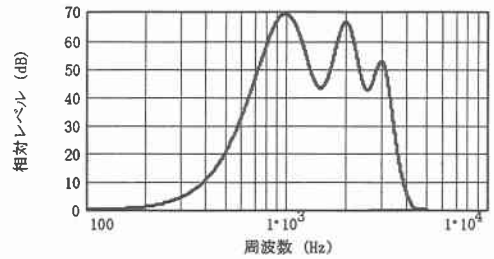


図 9 パワースペクトルレベル

4. 結果

コンクリートを素材とする吸音材料に対する斜め入射吸音率の測定結果を図10に示す。多孔質系吸音材の一般的性質である、低周波から周波数が増加するに従い吸音率が増加し、一定値に達する傾向が見られるが入射角度 0° での結果では 750Hz 付近に dip が表れている。これは吸音材料上面と底面の間における音の干渉によるものと考えられる。この dip は、入射角度 30° では低周波側にシフトし、650Hz 付近にみられる。

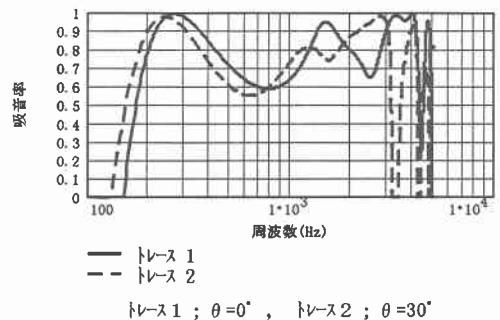


図 10 吸音率の測定結果

この入射角度 0° 及び 30° における差は吸音材料内部での音波の経路長の変化に起因するものと考えられるが、現在検討中である。

本研究では実験を無響室内のみで行ったが、十分な音圧をスピーカーから得ることができること、信号切り出しにより S/N 比の改善があることなどから、本方法は戸外で施工後の土木構造物に対する斜め入射吸音率の測定にも適当な方法であると考えられる。

5. おわりに

Time-Stretched Pulseによる吸音率測定を試み、斜め入射吸音率が測定できることを確認した。本方法の性格から現場での土木構造物に対する適用も充分可能であると考えられるが、今後は、戸外での実験を通じてその場合の問題点を探し出してゆく予定である。

¹⁾ N. Aoshima, Computer-generated pulse signal applied for sound measurement, J. Acoust. Soc. Am. 69(5), 1981, 1484-1488.