

相互相關法에 의한 建築音響測定에 관한 研究

Study on the Measurements of Architectural Acoustie by Cross-Correlation Methods.

朴 棟 瑤* 申 榮 茂**

(Park Byoung Jeon, Shin Young Moo)

요 약

음향전파 측정에 상호상관법(직접법과 M계열 변조상관법)을 이용함으로써 임펄스 입력에 의한 경우와 같은 결과부
얻을 수 있다는 것과, 또 상호상관법의 특징인 외란노이즈의 영향용 줄일 수 있었던 것 등을 건축음향분야에서 측정제
대상으로 하여 이론적으로 정리하였다. 또 이들 계측법을 응용하여 흡음재료의 사입사 흡음특성의 측정, 실의 단음응답
및 잔향감쇄 과정의 측정, 음압레벨 분포, 차음성능 등을 측정하고 여러 건축음향측정에서 이들 방법이 유효하다는 것을
실험적으로 확인하였다.

ABSTRACT

A method of measuring impulse response of acoustic system, two kinds of cross correlation methods (the direct correlation method and the M sequence modulation correlation method) were applied. According to the direct correlation method, by using stationary random noise source and by calculating the cross-correlation function between the source and the output signal, equivalent impulse response can be obtained not being influenced by the back ground noises. By applying this method, the measurement of echo-time patterns in rooms and oblique incident sound absorption characteristics of sound absorbing materials was carried out. In the case of the M sequence modulation correlation method which was contrived by Aoshima, an intermittent random noise modulated by M sequence signal is used as the source signal, and the cross correlation function between the M sequence signal and the squared output signal is

*전북대 교수, 공학

**전북산업대 교수

calculated. According to this method, equivalent energy impulse response (squared impulse response) of the propagation system can be obtained without being influenced by the back ground noises and the air fluctuation caused by wind. As the application of this measuring method to the architectural acoustics, the measurements of echo-time patterns, reverberation decays and sound pressure level distributions in rooms and sound insulation efficiencies in buildings were carried out. From these experimental studies, it has been found that this M-sequence modulation correlation method is markedly useful especially for the field measurement of sound insulation under high back ground noise condition.

I. 緒 論

建築音響에서 중요한 物理的測定項目은 室의 短音 應答, 殘響時間, 音壓레벨分布 그리고 建物の 遮音性能을 조사하기 위한 空間的 音壓레벨 差의 測定을 들 수 있다. 이를 위하여 일반적으로 밴드 노이즈 定常音 또는 각종 衝擊音이 이용되고 있으나 이때 入力信號에 대한 應答을 직접 測定하므로 暗騒音이 큰 現場 등에서는 그로 인하여 測定精度가 떨어진 다거나 測定 그 自體가 불가능 할 수도 있다. 이와 같은 경우의 한 개선방법으로 相互相關技術 즉 入力信號와 그에 대한 傳播系의 應答과의 相關에서 入力信號와 관계없는 外來노이즈의 영향을 줄이는 형으로 出力應答을 구하는 方法 (直接相關法)이 이용되고 있다.

한편 Schroeder가 提案한 임펄스 2乘積分에 의한 殘響測定方法이나 音響傳播系의 임펄스應答과 定常 랜덤入力에 대한 應答 사이의 관계에 따르면 위 測定項目은 物理的으로 독립된 것이 아닌 것을 알 수 있다. 그러므로 여기서는 相互相關法을 建築音響分野에 應用한 例로 材料의 斜入射 吸音特性의 測定方法에 대하여 검토하고 이어서 M系列變調相關法으로 얻은 短音應答에서 殘響減衰過程, 定常狀態, 音壓 레벨 分布 및 音壓레벨 差 등의 物理量을 求하는 方法에 대하여 논한다

II. 相互相關法の 原理

2.1 直接相關法

두 信號 X(t)와 Y(t)의 相互相關函數 $R_{xy}(\tau)$ 는

다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T X(t) \cdot Y(t+\tau) dt \quad (1)$$

특히 $X(t)=Y(t)$ 의 경우 $R_{xx}(\tau)$ 를 自己相關函數라 한다.

그림 1의 線形系에서 音響·振動傳播系의 임펄스 應答을 $h(t)$ 라 하면 系의 入出力 사이의 相互相關函數는 다음으로 나타낼 수 있다.

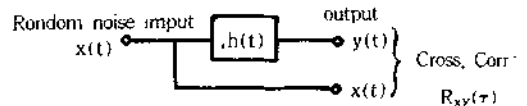


그림 1 直接相關法에 의한 임펄스 應答測定

$$R_{xy}(\tau) = \int_0^{\infty} R_{xx}(\tau-\lambda) \cdot h(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

윗 식에서 傳播系의 임펄스應答을 얻을 수 있다.

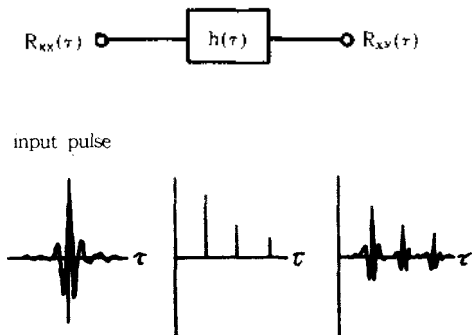


그림 2

이와 같이 相互相關法으로 系の 應答를 구하는 方法을 直接相關法이라 한다. 또 音源信號의 周波數 帶域을 制限하여, 例로 밴드 노이즈를 音源으로 쓰는 경우는 그림 2와 같이 $R_{xy}(\tau)$ 는 밴드 노이즈의 自己 相關函數와 같은 波形의 脈衝信號를 임펄스應答이 $H(\tau)$ 인 傳播系에 入力할 때 出力應答이라 할 수 있다.

여기서 (2)식에서 系の 入力信號 $X(t)$ 와 상관없는 外來노이즈 $n'(t)$ 가 混入한 경우 $R_{xy}(\tau)$ 는 다음 식으로 나타낸다.

$$R_{xy}(\tau) = \int_0^\infty R_{xn}(\tau-\lambda) h(\lambda) d\lambda + \int_0^\infty R_{xn}(\tau-\lambda) h(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

윗 식은 제2항에서 $n'(t)$ 에 의한 應答이 가산된 形으로 되어 있으나 $R_{xn}(\tau)$ 는 入力信號와 外來노이즈와의 相互相關函數이고 長時間 平均하면 0이 된다. 따라서 얻어진 結果에 $n'(t)$ 의 영향이 나타나지 않는 것이 相互相關法의 最大特徵이다.

2.2. M系列 變調相關法

그림 3은 M系列 變調相關法의 測定시스템圖이고 그 原理는 다음과 같다.

랜덤 노이즈 $n(t)$ 를 M系列信號 $M(t)$ 로 變調한 信號 $X(t)$ 를 音源으로 하고 이를 임펄스應答이 $h(t)$ 인 音響傳播系에 入力한 때의 出力을 $y(t)$ 라 한다. 여기서 M系列信號 (周期: h , 次數: n)는 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 ± 1 의 범위에서 값을 잡고 平均값이 0이 되는 疑似랜덤系列로 時間平均으로 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$m^2(t) = 1 \quad (4)$$

$$m(t) \approx 0 \quad (5)$$

따라서 $X(t)$, $Y(t)$ 는 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X(t) = \frac{1}{2} \{m(t)+1\} n(t) \quad (6)$$

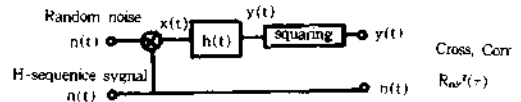


그림 3 M系列變調 相關法에 의한 임펄스 應答의 測定 原理

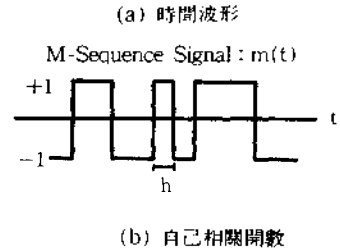


그림 4 M系列信號 (周波數: h , 次數: n)

$$Y(t) = \int_0^\infty X(t-t_1)h(t_1)dt_1 \quad (7)$$

이때 M系列信號 $m(t)$ 와 出力의 2乗 $Y^2(t)$ 와의 相互相關函數 $R_{m^2}(\tau)$ 를 계산하면 다음과 같다.

$$R_{m^2}(\tau) = m(\tau)$$

$$\int_0^\infty \int_0^\infty X(t+\tau-t_{11})h(t_{11}) X(t+\tau-t_{12}) h(t_{12})dt_{11} dt_{12} \quad (8)$$

그리고 M系列信號의 自己相關函數 $R_m(\tau)$ 는 그림 4(b)에 나타낸 바와 같은 밑변이 $2h$ 인 2等邊 三角形이고 次數를 크게 取하면 反復周期 $(2^n - 1)h$ 충분히 길어지고 $|\tau| > h$ 의 부분은 거의 0이라 할 수 있다. 그리고 그림 5와 같이 M系列變調相關法으로 얻은 $R_{m^2}(\tau)$ 는 $R_m(\tau)$ 의 三角形 모양을 한 예컨대 저펄스를 임펄스應答이 $h^2(\tau)$ 인 系에 入力한 때의 出力應答으로 간주할 수 있다.

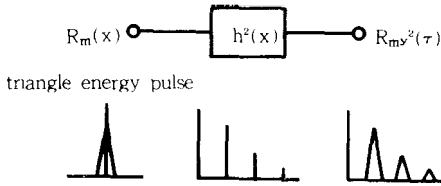


그림 5

여기서 M系列信號와 外來雜音과는 關係가 없으므로, 直接相關法과 같이 M系列變調相關法을 쓰더라도 原理적으로는 入出力間의 相互相關函數를 계산하여 얻는 結果에는 系의 도중에서 混入하는 外來노이스의 영향은 포함되지 않는다.

3. 直接相關法을 쓴 材料의 斜入射 吸音特性의 測定法

建築內裝에는 여러 吸音材料·構造가 쓰이지만 吸音機構에 따라 각기 다른 吸音特性을 나타내므로 目的에 부합되게 적절히 使用되어야 한다. 그러나 音響設計에 쓰는 데이터는 殘響室法 吸音率이므로 室의 平均的인 殘響時間의 추정에는 가능하더라도 壁, 天障 등에 音이 特定角度로 入射할 때의 反射特性 등은 예측할 수 없다.

斜入射 吸音特性의 測定方法은 여러 方法이 검토되고 있으나 여기서는 相互相關法을 쓴 直接音消去法에 의한 反射特性의 測定法에 대하여 검토한다. 즉 相互相關法에 따르면 音源信號로 定常랜덤信號 혹은 純音 등 임의의 信號를 쓸 수 있으며, 位相도 測定할 수 있으므로 吸音特性을 音響임피던스의 形으로도 구할 수 있다. 다음 이 方法으로 $\frac{1}{10}$ 정도 의 模型實驗에 의해 各種 試料에 대하여 斜入射吸音特性을 測定하고, 또 이와 比較하기 위하여 管内法에 의한 垂直入射 吸音率 및 模型殘響室을 이용한 殘響室法 吸音率의 測定 등에 대하여 검토하고자 한다.

3.1 直接音消去法에 의한 材料의 反射特性 測定方法

相關法으로 直接音消去法을 波形上의 조작이 아닌 相互相關函數의 計測演算過程에서 없어지는 方法을 택하였다. 그 내용은 다음과 같다.

그림 6과 같은 直接音 U(t)와 反射音 u(t)로 되는 音響傳播系를 생각하면 出力信號 Y(t)는

$$Y(t) = U(t) + u(t) \quad (9)$$

이고 스피커 등의 應答도 포함한 直達經路, 反射經路의 임펄스應答을 각각 $h_1(t)$, $h_2(t)$ 라 하면 入出力의 相互相關函數는 다음으로 나타내어 진다(단, \ast 는 積分을 나타낸다).

$$R_{xy}(\tau) = R_{xx}(\tau) \ast h_1(\tau) + R_{xx}(\tau) \ast h_2(\tau) \quad (10)$$

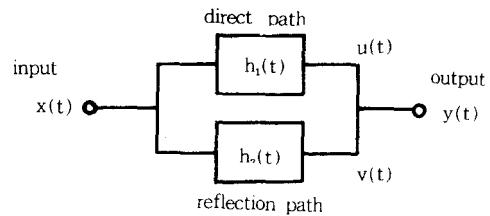


그림 6

다음은 反射體를 除去하여 直達經路 만으로 하고, 相互相關函數 $R_{xy}'(\tau)$ 를 구하면 다음 식이 된다.

$$R_{xy}'(\tau) = -R_{xx}(\tau) \ast h_1(\tau) \quad (11)$$

이를 (10)식에 합하면 直接音은 消去되고 다음과 같이 反射音만 남는다.

$$R_{xy}(\tau) + R_{xy}'(\tau) = R_{xx}(\tau) \ast h_2(\tau) \quad (12)$$

이 경우 直接音과 反射音이 서로 간섭하고 있으나 直接音만이 消去되어 反射音의 波形을 구할 수 있다. 또 이 結果를 Fourier 變換하면

$$S_{xy}(f) = S_{xx}(f) H_2(f) \quad (13)$$

가 되고, $S_{xx}(f)$ 에 既知의 信號를 音源으로 쓰면 反射經路의 周波數應答函數 $H_2(f)$ 혹은 임펄스應答 $h_2(t)$ 가 구해진다.

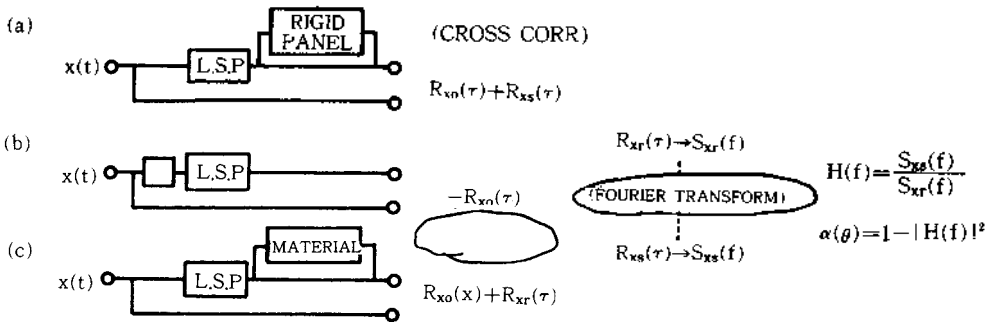


그림 7 材料의 斜入射 吸音特性的 測定原理

3.2 材料의 斜入射 吸音特性的 測定原理

이 測定의 說明도를 그림 7에, 또 실제 測定位置關係와 測定系統은 그림 8과 같고, 다음의 순서로 測定하였다. (여기서 直接音, 剛板에서 反射音, 測定對象 試料에서 反射音を 각각 α , r , s 의 첨자로 나타낸다.)

먼저 그림 7(a)는 基準反射音を 測定하기 위하여 剛板을 試料設置面에 두고, 入力信號 $X(t)$ 와 마이크 出力 $Y(t)$ 와의 相互相關函數를 計測하여 $R_{xo}(\tau)$, $R_{xr}(\tau)$ 를 구한다. 그리고 (b)는 剛板을 除去하고 스피커 入力の 極性を 反轉한 후 直接音만에 관한 相互相關函數 $-R_{xo}(\tau)$ 를 구한다. 이를 (a)의 演算結果에 합하면 剛板에서의 反射音에 相當하는 $R_{xs}(\tau)$ 만을 구할 수 있다.

이 測定에서 이상의 조작은 相關器의 再加算機能을 이용하여 행하면 直接音은 相關器 內部에서 自動적으로 消去된다.

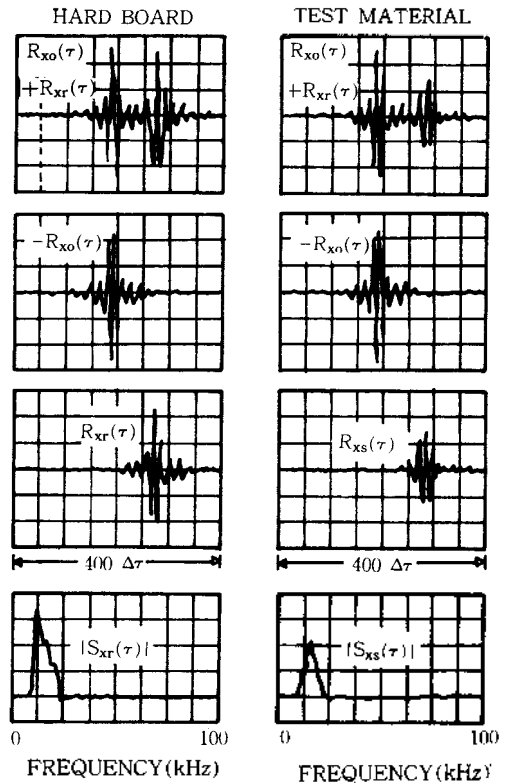


그림 9 鋼板 및 試料에서 反射音의 相關波形과 스펙트럼 (音源, 16 KHz, 1 octave band noise)

그림 9에 $R_{xr}(\tau)$, $R_{xs}(\tau)$ 및 그들의 Fourier 變換의 絶대값 $|S_{xr}(f)|$, $|S_{xs}(f)|$ 의 測定例를 나타낸다.

여기서 剛板의 反射에 關하여 그 周波數應答函數를 1이라 하고 또한 그림 10과 같이 $R_{xr}(\tau)$, $R_{xs}(\tau)$ 를 각각 試料에서 音響傳播系의 入出力을 생각하면 試料 自體의 周波數應答函數 (復素音壓反射係數

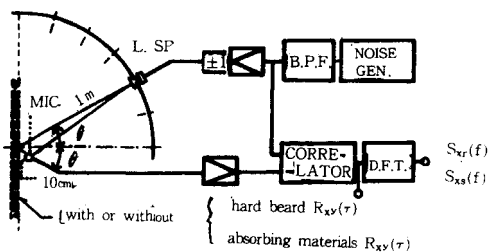


그림 8 材料의 斜入射 吸音特性的 測定系統

에 相當) $H(f)$ 는 다음으로 나타낸다.

$$H(f) = \frac{S_{xs}(f)}{S_{xr}(f)} = \frac{H_s(f)}{H_r(f)} \quad (14)$$

여기서 $S_{xr}(f)$, $S_{xs}(f)$ 에는 스피커 등의 應答이 포함되어 있으나 비를 잡으면 이는 消去된다. 이상과 같이 하여 구한 $H(f)$ 에서 다음 식으로 入射角度 θ 에 대한 斜入射 吸音率 $\alpha(\theta)$ 가 계산된다.

$$\alpha(\theta) = 1 - |H(f)|^2 \quad (15)$$

또 $\theta=0^\circ$ 의 入射條件으로 $H(f)$ 를 測定할 수 있으며 또한 다음 식으로 normal 比 音響 impedance $Z_n(f)$ 가 구해진다.

$$Z_n(f) = \frac{1+H(f)}{1-H(f)} \quad (16)$$

3.3 實驗條件

(1) 測定條件

위 測定法은 音源으로 옥타브 밴드 노이즈를 썼으며 Fourier變換 후의 定밴드 폭으로 얻을 수 있는 分析結果는 $\frac{1}{3}$ 옥타브 밴드로 合成(周波數平均)하여 정리하였다. 測定은 無響室內에서 행하고 그림 8과 같이 스피커와 마이크는 試料表面上의 測定中心에서 각각 100 cm, 10 cm의 丹周上으로 하였으며, 試料와 剛板(8 mm 두께 亞화비닐板)의 面積을 모두 90cm×100cm로 하였다.

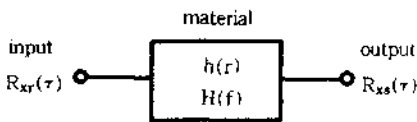


그림 10

(2) 試料面積의 檢討

試料와 剛板의 寸수는 有限하므로 回折效果의 影響을 避할 수는 없다. 이를 調査하기 위하여 入射角度 $\theta=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ 의 조건으로 剛板에서 反射音의 音壓實効값 P_r 과 音源, 受音點間의 距離를 反射經路

長에 相當하는 110 cm라 할 때 直接音의 音壓實効값 P_d 와의 比 P_r/P_d 를 $\frac{1}{3}$ 옥타브 밴드 마다 測定하였 으며 그 結果는 그림 11과 같다.

이 測定에서는 回折의 影響을 避도록 같게 하기 위하여 試料와 剛板을 같은 寸수로 하였으나 試料의 吸音性 정도에 따라서도 回折結果의 影響이 甚다 하 면 入射角度가 小 경우 특히 低音域에서 測定誤差 는 커진다.

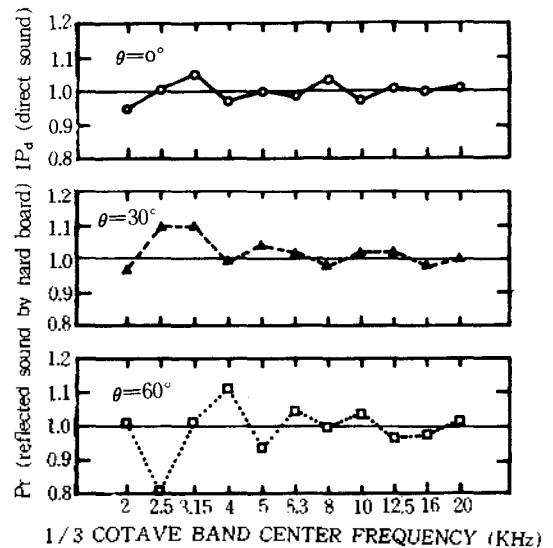


그림 11 剛板에서 (面積 90cm×100cm) 直接音에 대한 反射音의 音壓에벨 比의 測定結果 (音源-受音點 間 距離, 110cm)

3.4 測定結果와 그 檢討

建物內裝에 쓰이는 吸音構造에 대하여 $\frac{1}{10}$ 정도의 模型試料를 만들어 轉술한 測定法, 測定條件으로 斜入射吸音率 ($\theta=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$)를 實測하였다. 또 $\alpha(0^\circ)$ 의 測定에는 音壓反射係數를 復素形으로 구하고 (16)식으로 normal 比 音響 impedance Z_n 을 계산하였다.

(1) 多孔質材料의 吸音特性

먼저 垂直入射吸音率 $\alpha(0^\circ)$ 에 대하여 보통 測定法인 音響管法(定在波法)과 本 測定法에 의한 結果를 比較하기 위하여 均質한 多孔質材料로 두께가 10cm

2種類의 우레탄폼 (5 mm 두께 : U5, 10mm 두께 : U10)을 선택하여 測定하였다. 그 결과는 그림 12와 같고 일부 周波數에서는 10% 이상의 差가 있지만 전반적으로 잘 一致하는 結果를 얻을 수 있었다. 그리고 5 mm 두께의 우레탄폼 (U5)에 대하여 $\alpha(\theta)$ 와 Z_n 을 測定하였으며 그 結果는 그림 13과 같다. (b)는 $\alpha(\theta)$ 의 測定結果이며 이 角度의 범위에서는 $\alpha(\theta)$ 는 거의 같은 特性이 되고 있다.

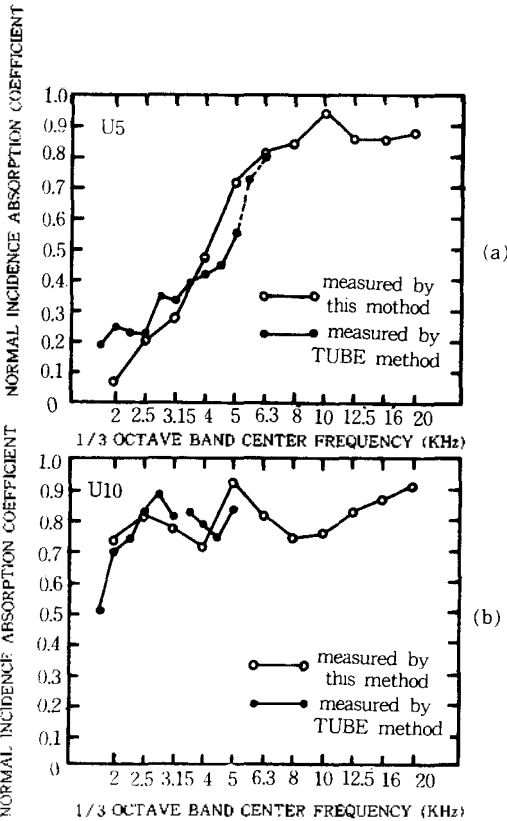


그림 12 直接音法과 音響管法에 의한 垂直入射 吸音率의 測定結果 (試料: 우레탄폼: 두께 5mm, 10mm)

(2) 有孔板 吸音構造의 吸音特性

共鳴器型 吸音構造로 가장 많이 쓰이는 有孔板 吸音構造에 대하여 같은 測定을 하였다. 試料는 구멍 직경 1 mm, 핏치 2.5 mm, 두께 1 mm의 베크라이트 有孔板을 剛壁과의 사이에 10 mm의 空氣層을 5cm x 5cm의 구획으로 칸을 막은 것(P_a)과 칸막이가 없는 (P_b) 것의 두 종류로 하였다. 또 양쪽 모두 有孔板

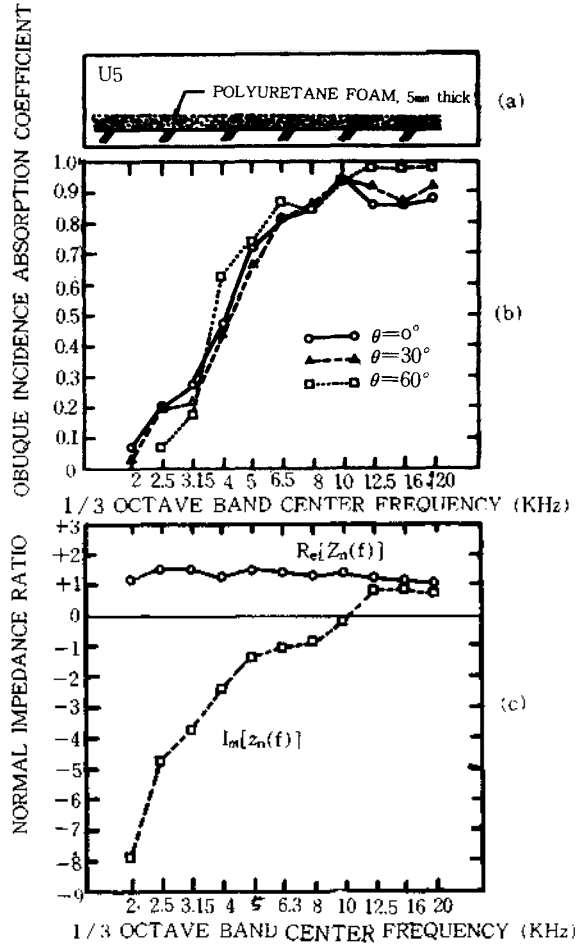


그림 13 우레탄 폼(5mm 두께 剛板密着)의 斜入射 吸音特性

뒤에 抵抗材로 두께 1 mm의 펠트를 붙였다. 이들 試料에 대한 測定結果는 각각 그림 14, 15와 같으며 垂直入射條件으로 測定한 $\alpha(0^\circ)$ 와 Z_n 의 結果는 試料 P_a, P_b 로서 거의 일치하고 있다.

여기서 共鳴器型 吸音構造의 normal比 音響 impedance Z_n 은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$Z_n = R + j \left(\frac{\omega t_r}{P_c} - \cot KL \right)$$

- 단 R : 抵抗分 ω : 角周波數
- t_r : 實効板 두께 P : 開口率
- c : 音速 K : 波長定數
- L : 背後空氣層

(c) 그림의 實線은 윗 작에서 구한 리액턴스분 $1m[Z_n(f)]$ 의 理論값이지만 뒤에 붙인 材料의 多孔質의 吸音特性이 나타나고 있는 8 KHz 이상을 除外하면 實測값과 理論값은 매우 잘 一致하고 있다.

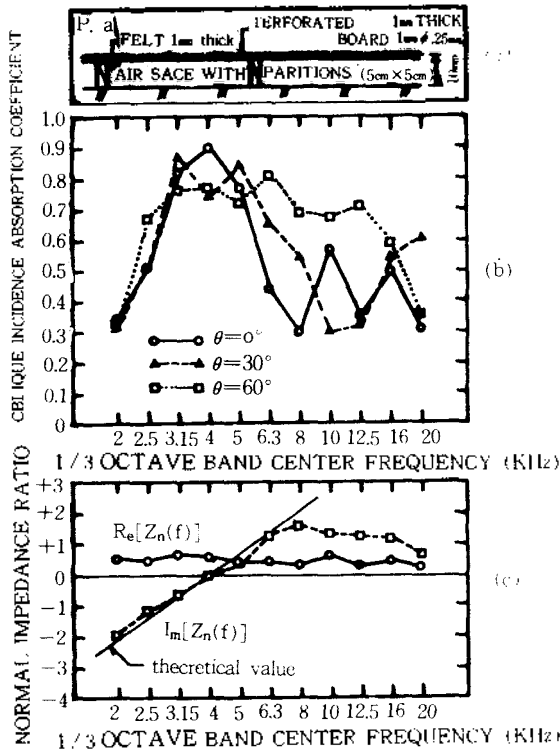


그림 14 有孔板構造의 斜入射 吸音特性 (背後空氣層 間막이 있음)

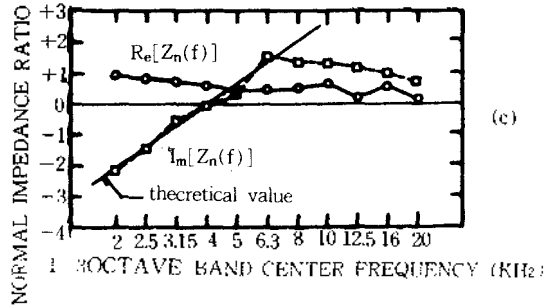
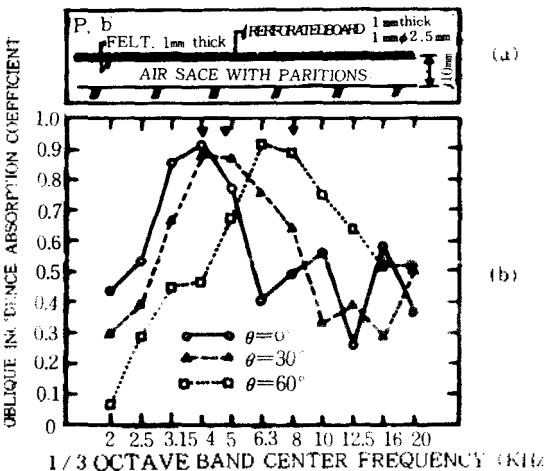


그림 15 有孔板構造의 斜入射 吸音特性 (背後空氣層 間막이 없음)

다음 P_a , P_b 의 斜入射 吸音率을 비교하면 양자의 吸音特性은 매우 틀려 空氣層을 작게 간막이한 P_a 에서는 2~5KHz의 범위에서 $\alpha(0^\circ)$, $\alpha(30^\circ)$, $\alpha(60^\circ)$ 는 거의 一致하고 있는데 P_b 는 θ 가 커지면서 吸音率의 피크는 周波數가 높은 쪽으로 옮겨가는 경향을 볼 수 있다. 그리고 P_a 와 P_b 의 α_{rev} 의 測定結果를 비교하면 P_a 가 低音域에서 吸音率이 크고, 이 점은 兩試料의 $\alpha(\theta)$ 角度特性이 틀리는 곳에 配合空氣層을 칸막이로서 생기는 效果를 실제 內裝設計에 고려해야 한다.

IV. M系列 變調相關法에 의한 建築音響測定

M系列 變調相關法을 建築音響測定에 응용한 例, 즉 室의 短音應答, 殘響時間, 音壓레벨分布 등의 測定方法과 建物の 遮音性能을 조사하기 위한 空間의 音響레벨差의 測定方法에 대하여 實驗적으로 검토하고자 한다.

4.1 音響傳播系의 短音應答測定

그림 16(a)는 室內音響의 過渡特性, 에코 障害의 有無 등을 調査하기 위한 보통의 短音應答測定方法을 一般化한 것으로 出力信號 $y(t)$ 는 短音信號 $x(t)$ 와 系の 임펄스應答 $h(t)$ 의 積分으로 나타낸다.

$$y(t) = \int_0^{\infty} x(t-t_1)h(t_1)dt \quad (18)$$

실험 測定에서는 이런 聲音이 音源으로 쓰이고, 그 중에서 그림 16(b)는 랜덤노이즈 $n(t)$ 를 엔벨롭 函數 $e(t)$ 로 잘라낸 노이즈 펄스 $n(t)$, $e(t)$ 를 音源 $x(t)$ 로 하는 경우이다.

즉, 이 방법으로 여러번 測定한 結果의 2乘平均은 그림 16(c)와 같이 等價적으로 $e^2(t)$ 의 형을 한 에너지 펄스를 $h^2(t)$ 의 임펄스應答이 있는 系에 入力한 경우의 出力이라 간주할 수 있다.

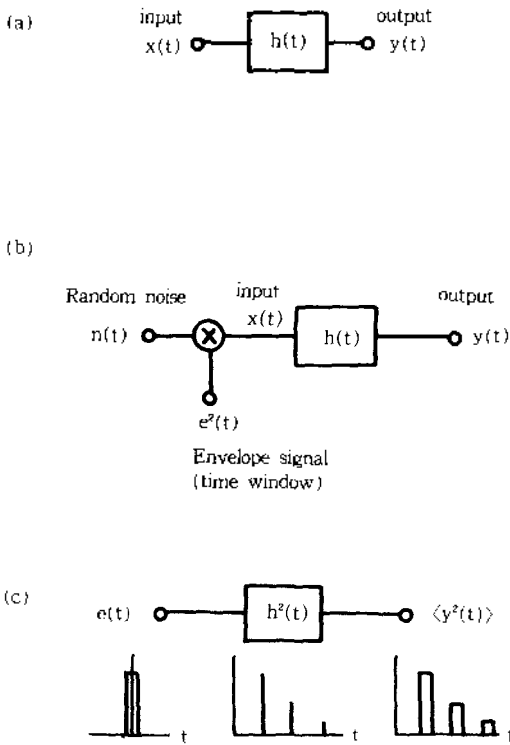
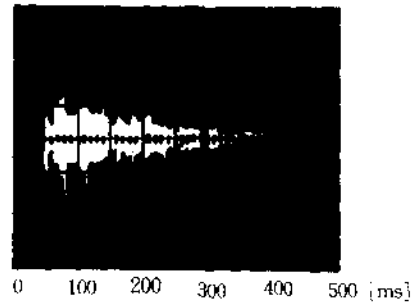


그림 16 短音應答의 測定原理

일반적인 方法, 直接相關法과 M系列變調相關法으로 測定한 音의 短音應答波形(2KHz, 옥타브 밴드)의 예 例 그림 18에서 볼 수 있다.

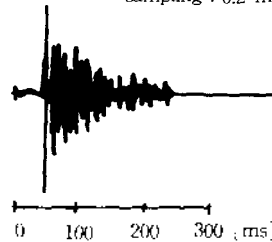
그림(A)는 單一方形波에 대한 밴드 패스 필터의 應答을 音源으로 하여 보통의 方法으로 測定할 때, (B)는 2KHz 옥타브 밴드 노이즈를 音源으로 한 直接相關法으로 測定한 것이고 (c)는 M系列 變調相關法에 의한 測定結果로 (a), (b), (c)와 같이 M 系列信號의 周期를 5ms, 10ms, 20ms의 3段階로 하여 應答波形을 變化시켰다. 이 短音應答을 測定할 경우 보통의 方法으로는 개개의 필스는 각각 다른 波形, 스펙트럼을 갖고 있으므로 그 測定結果는 매번 미묘하게 變化하므로 여러번의 平均을 할 必要가 있다.

(A) ORDINARY METHOD



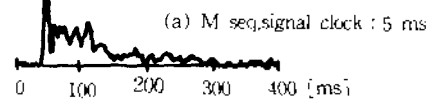
(B) DIRECT CORRELATION METHOD

sampling : 0.2 ms, 1200 points

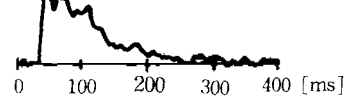


(C) M SEQUENCE CORRELATION METHOD

sampling : 1ms, 400 points



(b) M seq. signal clock : 10ms



(c) M-seq. signal clock : 20ms

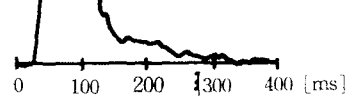


그림 17 3方法에 의한 Hall 內의 短音應答測定結果

4.2 殘響減衰過程의 測定

M系列變調相關法에 의한 경우 M系列信號의 自己 相關函數 $R_m(\tau)$ 의 밑변의 폭(2h)를 傳播系 임펄스應答의 繼續時間에 비하여 충분히 적게 하면 $R_{mv}(\tau)$ 는 근사적으로 傳播系 임펄스應答의 2乘에 相當한 것이라 간주할 수 있다.

이 方法을 실험적으로 검토하기 위하여 殘響室 (室容積 20m³, 吸音材試料設置時)에 있어서 殘響減衰 過程을 測定하였다.

그림 18(a)는 1KHz 옥타브 밴드에 대하여 M 系列變調相關法(周波數 30Hz)에 의해 測定한 殘響室內의 短音應答 波形이고, 이 관계에 의한 殘響減衰過程을 구한 것이 그림 18(b)이다. 여기서 얻어진 殘響曲線에서 找은 殘響時間은 1.62秒, 보통방법으로 측정할 값은 1.59秒로 거의 일치하였다.

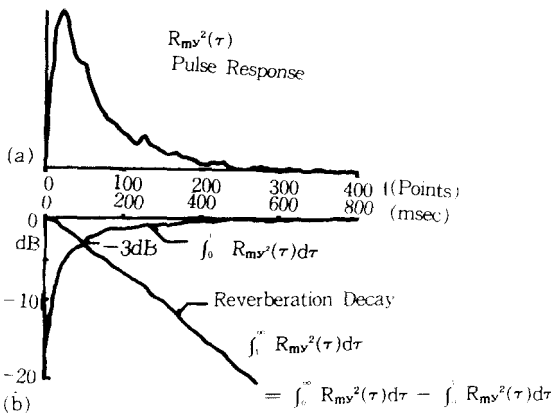


그림 18 M 系列變調 相關法에 의한 殘響盛衰過程의 測定 結果

4.3 遮音性能의 測定

M 系列變調相關法에 의해 室間平均音壓 레벨차를 測定하는 경우는 音源室, 受音室의 양쪽에서 각각의 실에 있어서 測定結果의 평균값에 대하여 레벨차를 계산하면 된다. 그리고 屋外에서 測定할 때 直接相關法에서는 바람이 불어 振幅, 位相의 변화로 相關函數의 演算이 불가능한 경우가 많으나 M 系列變調相關法에서는 音響信號에 비하여 충분히 周波數가 낮은 M 系列信號에 대하여 相關函數를 구하면 되므로 바람 등의 영향을 받지 않으며 誤差는 아주 적게 할 수 있다.

M 系列變調相關法에 의한 遮音測定으로 同期形 M 系列信號 發生器를 써서 행한 現場測定の 例에 대하여 論하고자 한다.

그림 19는 騒音이 큰 場所에 있는 住宅外壁의 遮音性能을 M 系列變調相關法으로 測定한 結果이다. 이 測定現場에서는 道路에 의한 騒音이 60-70 dB(A) 정도이었으나 M 系列變調相關法을 쓰므로써 S/N비가 수dB 이하가 되어 遮音性能의 評價가 可能하였다.

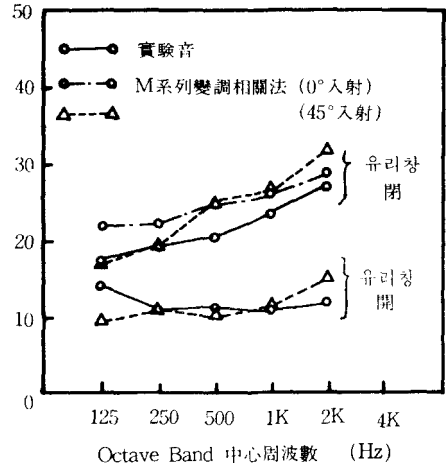


그림 19 住宅에서 遮音의 現場 測定結果

V. 結 論

建築音響에서 相關法을 이용하여 測定한 本 研究는 音響傳播測定에 直接法과 M 系列變調相關法을 이용하므로써 衝擊入力에 의한 경우와 같은 結果를 얻을 수 있었으며, 또 相互相關法의 特徵인 外來노이즈의 영향을 줄일 수 있는 것을 理論적으로 정리하였다. 또 이들 計測法의 應用으로 吸音材料의 斜入射吸音特性의 測定, 室의 短音應答 및 殘響減衰過程의 測定, 音壓레벨分布, 遮音性能의 測定 등을 통하여 建築音響測定에서 이들 方法 매우 有效하다는 것을 實驗으로 확인하였다.

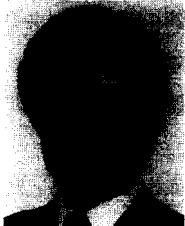
參考文獻

1. 朴植宇, 申榮茂: 音響와 위 레벨 測定에 관한 考察, 大韓建築學會論文集 3卷4號, 1987. 8.
2. 朴植宇, 申榮茂: 바닥衝擊音의 評價方法에 관한 研究, 大韓建築學會論文集, 3卷5號, 1987. 10.
3. 申榮茂, 朴植宇: 韓國傳統音樂을 위한 公演場의 音響設計方法에 관한 研究, 大韓建築學會論文集 4卷3號, 1988. 6.
4. 朴植宇, 張原彰, 金泳完: 反射·吸音面의 配置構成에 따른 室內吸音特性에 관한 研究 (I), (II) 大韓建築學會論文集, 4卷5號, 8卷2號, 1988. 10. 1989. 4.
5. 朴植宇, 申榮茂: 藝術의 殿堂, 音樂堂의 音響特性, 大韓建築學會論文集 5卷1號, 1989. 2.

6. 朴棟玲,申榮茂,張原彰:國內廳의 音響特性比較에 관한 研究, 韓國音響學會誌 8卷2號, 1989.4
7. 申榮茂, 朴棟玲: Wigner分布에 의한 國樂器音의 分析, 韓國音響學會誌, 8卷3號, 1989.6.
8. 青島, 五十禮: M系列의 相關을 用いた 音響測定, 日本音響學會誌, Vol 24, No5, 1968.
9. F.J. Willing: Comparison of sound absorption Coefficient obtained by different methods, J.A.S.A. Vol. 10, 1939.
10. F. Spandok: Experimentelle untersuchung der akustischen eigenschaften von baustoffen durch die Kurytonmethode, Ann, Physik, 5, 1934.
11. 平田, 他: 斜ぬ入射音率의 測定法, 日本音響學會講演論文集, 1961. 11
12. 湯澤: 直接音消去法による 吸音率의 現場測定 (垂直入射吸音率), 日本音響學會誌 Vol.28 No2, 1972.
13. 黒岩, 他: 相關法による 吸音材料 の吸音特性の

- 測定法, 日本音響學會, Vol.28, No8, 1972.
14. 4 Ingard and R.H. Bolt: A Free field method of measuring the absorption coefficient of acoustic materials, J.A.S.A. 23, 1951.
15. 橋, 石井: 音響模型實驗のための内装材 吸音特性のシミュレーション, 日本音響學會誌 Vol.28, No4, 1972.
16. 橋, 矢野, 石井: 各種吸音構造の 斜ぬ入射吸音特性 (相關法を用いた直接音消去法による測定,) 日本音響學會誌, Vol.34, No1, 1978.
17. 嵯峨山, 他: M系列變調相關法による 殘響時間の測定 (理論的考察), 日本音響學會講演 論文集 1974, 10.
18. 橋, 石井: M系列變調相關法による 殘響時間の測定 (實驗的檢討), 日本音響學會講演論文集, 1974, 10.
19. 矢野, 吉久, 橋: M系列變調相關法による 建築音響測定, 日本建築學會建築環境工學 論文集 4號 1982.

▲박 병 진



1934년 5 월 5 일생
 1956년: 서울대 건축공학과 졸업
 1975년: 全北大 大學院 (碩士課程)
 1978년: 朝鮮大 大學院 (博士課程)
 1981년~1982년: 日本 東京大 學 客員教授

1963년~현재: 全北大 工大 建築工學科 教授

▲신 영 무



1943년 4 월 11 일생
 1967년 2 월: 성균관대학교 문과대학 영어영문학과 졸업(문학사)
 1970년 2 월: 전북대학교 공과대학 건축공학과 졸업(공학사)
 1983년 8 월: 전북대학교 대학원 졸업(공학석사)

1979년 3 월~1985년 2 월: 서해공업전문대학 건축과 전임강사
 1985년 3 월~현재: 전북산업대학 건축공학과조교수
 1988년 8 월~1989년 2 월: 동경대학 생산기술연구소 객원연구원
 1989년도: 동경대학 논문연구자(일본학술진흥회 선정)