

# 表面인텐시티法을 利用한 建物部位의 音響透過損失 測定

## Measurement of Transmission Loss Using Surface Intensity Method in Building Elements

\*金 興 植(Kim, H. S.)  
\*\*孫 章 烈(Sohn, J. Y.)  
\*\*\*吳 在 應(Oh, J. E.)

### 요 약

새로운 遮音性能 測定方法인 表面인텐시티法을 利用하여 실제 建築物의 現場에서 各 部位別 遮音性能을 評價하고, 이를 종래의 音壓測定方法과 音響인텐시티法 및 理論計算에 의한 結果値와 比較·檢討하였다.

表面인텐시티法에 의한 建物部位의 遮音性能 測定結果値는 音響인텐시티法 및 理論計算에 의한 結果値와 잘 一致하였으며, 表面 인텐시티法은 音響인텐시티法과 더불어 종래의 音壓測定方法에 비해 測定時 주위 暗騒音 및 flanking transmission의 영향을 적게 받는 것으로 나타났다.

### ABSTRACT

This study is to propose more reliable test method in evaluating the sound insulation performance of building element in fields. This method involves the measurements of the incident acoustic intensity and transmitted surface intensity. The incident intensity is determined from measurements of the space averaged sound pressure level in source room. The transmitted surface intensity is measured directly using one microphone and one accelerometer. The results of experiments indicate that this new method makes it possible to give more reliable data than the conventional field test method. The values of transmission loss measured by this new method are compared favorably with those obtained using the sound intensity method and theoretical calculation(mass law).

\*漢陽大學校, 建築設備·環境工學研究室

\*\*漢陽大學校, 建築工學科 副教授

\*\*\*漢陽大學校, 機械工學科 副教授

## I. 序 論

現場에 있어서 建物部位의 音響透過損失 測定方法은 종래의 音壓레벨測定法을 利用하고 있다. 그러나 이 方法을 使用하는 경우에는 주위 暗騒音 및 試驗體 以外의 전달경로를 통한 音(flanking transmission)의 影響으로 測定 精密度는 문제가 되고 있다.

最近 이러한 문제를 해결하기 위한 方法으로써 音響強度를 직접 구하는 測定法에 관한 研究가 활발히 進行되고 있다. 이러한 測定方法으로는 音響인텐시티法(acoustic intensity method)과 本 研究에서 확인하고자하는 表面인텐시티法(surface intensity method)이 있다.

表面인텐시티法을 利用하여 建物部位의 音響透過損失을 評價하기 위해서는 入射音의 強度(incident acoustic intensity)와 透過音의 表面強度(transmitted surface intensity)에 관한 測定이 要求된다. 入射音의 強度는 종래의 音壓레벨 測定法을 利用하여 音源室內의 平均音壓레벨을 測定함으로써 間接적으로 결정되고 透過音의 表面強度는 1개의 마이크로폰과 1개의 가속도픽업에 의해 직접적으로 測定된다.

本 研究에서는 建物部位의 遮音性能 測定에 있어서 表面인텐시티法의 應用 可能性을 檢討하고 종래의 音壓레벨 測定法 및 音響인텐시티法과의 比較·檢討를 통한 상호보완과 각 方法의 우수성을 확인하고자 한다. 이를 위하여 建物 內 취약부분이라 할 수 있는 出入門, 알루마늄 유리窓門을 對象으로 각 測定方法을 利用하여 現場에서 音響透過損失을 測定하였다. 아울러 이러한 實測值를 質量法則(mass law)에 의한 理論計算值와 比較·檢討하였다.

## II. 理論的 考察

本 研究에서는 音源室이 擴散音場이고 受音室이

屋外(field) 또는 半自由音場 상태를 유지하고 있다. 이러한 現場에서 종래의 音壓레벨 測定法(ASTM E 336-77)에 의한 音響透過損失 算定式은 다음과 같다.

$$F, T, L. = \bar{L}_1 - \bar{L}_2 - 6 \quad (1)$$

여기서,  $L_1$ 은 音源室의 平均音壓레벨,  $L_2$ 는 受音室의 平均音壓레벨을 나타낸다. 音響인텐시티法에 의한 音響強度  $I_r(f_1 \sim f_2)$ 는 두 마이크로폰 사이의 크로스 스펙트럼밀도를 구하여 다음식으로 부터 구한다

$$I_r(f_1 \sim f_2) = \frac{1}{2\pi\rho\Delta r} \int_{f_1}^{f_2} \frac{|I_{ml}G_{12}(f)|}{f} df \quad (2)$$

여기서,  $I_m$ 은 허수부분,  $G_{12}(f)$ 는 편측 크로스 스펙트럼밀도 함수,  $\rho$ 는 공기의 밀도,  $\Delta r$ 은 두 마이크로폰사이의 간격,  $f_1 \sim f_2$ 는 주파수 범위를 나타낸다.

또한 表面인텐시티法에 의한 音響強度  $|II|$ 는 다음식으로 부터 구한다.

$$|II| = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{|Q_{pa}(f) \cos\phi + C_{pa}(f) \sin\phi|}{f} df \quad (3)$$

여기서,  $Q_{pa}$ 는 音壓과 振動加速度레벨의 Quad-spectrum,  $C_{pa}$ 는 音壓과 振動加速度레벨과의 Co-spectrum,  $\phi$ 는 位相差,  $f$ 는 周波數를 의미한다.

表面인텐시티法에 의한 音響強度 算定時에는 位相誤差의 補正이 必要하며 이 경우 位相誤差 補正值  $L_e$ 를 구하는 식은 다음과 같다.

$$L_e = 10 \log \{ \cos\phi + (C_{pa}/Q_{pa}) \sin\phi \} \quad (4)$$

音響인텐시티法和 表面인텐시티법을 이용한 建物部位の 音響透過損失은 式(2)와 式(3)에 의해 音響強度를 구한 후 다음 식으로부터 算定한다.

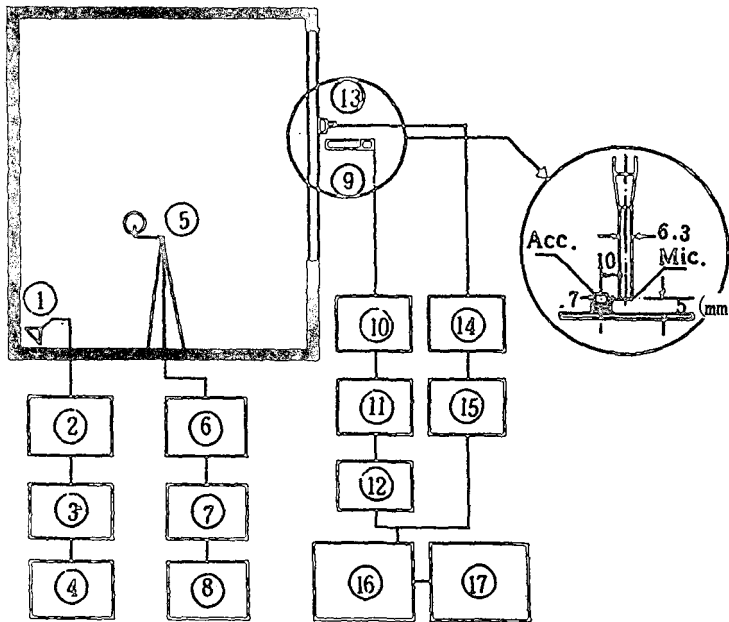
$$T.L = \bar{L}_1 + 10 \log S - 6 - 10 \log (\sum 10^{L_i/10} \cdot S_i) \quad (5)$$

여기서,  $\bar{L}_1$ 은 音源室의 平均音壓레벨,  $L_i$ 는 面積  $S_i$ 부분에서 透過되는 音響인텐시티레벨,  $S_i$ 는 試驗體 各部分의 面積,  $S$ 는 試驗體의 全面積을 나타낸다.

### Ⅲ. 測定方法

#### (1) 表面인텐시티法の 利用

測定對象으로는 비교적 暗騒音이 적은 學校 新築 建物中 板狀型材料로 제작된 出入門(3mm합판/공기층28mm/3mm합판)과 알루미늄 유리窓(3mm유리/공기층6mm/3mm유리)을 선택하였다. 音源室은 室內 마감材料가 反射性 材料로서 殘響室에 가깝고 受音室은 屋外(field)이다. 測定點은 音源室의 경우, 벽



- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| ① Loud Speaker                | ⑩ Microphone Pre. Amp.     |
| ② Power Amplifier             | ⑪ Microphone Amplifier     |
| ③ 1/3 Octave Band Pass Filter | ⑫ Low Pass Filter          |
| ④ Signal Generator            | ⑬ Accelerometer            |
| ⑤ Microphone                  | ⑭ Charge-Amp.              |
| ⑥ Microphone Amplifier        | ⑮ Low Pass Filter          |
| ⑦ 1/3 Octave Band Pass Filter | ⑯ 2 Channel F.F.T Analyzer |
| ⑧ Precision Sound Level Meter | ⑰ Micro-Computer           |
| ⑨ Microphone (1/4 ")          |                            |

그림 1 Experimental Set up for the T.L. Measurement by Surface Intensity Method.

면 및 바닥으로 부터의 주위 反射音 영향을 줄이기 위하여 각각 1.2m, 1.5m 떨어진 5 점을 선정하였다. 受音側に 있어서는 出入門의 경우 55点, 알루미늄 유리窓門의 경우 30点으로 분할하여 測定점을 선정하였다. 表面인텐시티法을 이용한 音響透過損失 測定裝置는 그림 1과 같다.

마이크로폰과 가속도 픽업의 배열은 그림 1과 같이 6.3mm 마이크로폰과 7.0mm 가속도 픽업을 사용하였으며 마이크로폰은 측정면으로부터 5mm, 가속도 픽업으로부터 10mm의 간격을 유지하도록 하였다. 또한 마이크로폰과 가속도 픽업에 의해서 얻어진 音壓과 振動加速度레벨을 2 채널 F. F. T. Analyzer에 연결하여 스펙트럼 밀도함수와 시간지연을 구하고 이를 마이크로 컴퓨터에 入力시켜 式(3), (4), (5)를 이용하여 1/1 옥타아브 대역별 音響強度와 位相誤差 補正 및 音響透過損失 結果值를 구하였다.

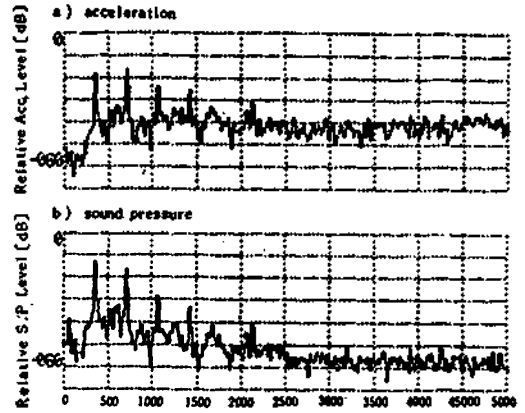


그림 2 The Response Characteristics of Sound Pressure and Acceleration.

(2) 音響인텐시티法の 利用

測定對象物과 音源室 및 受音室에서의 測定점은

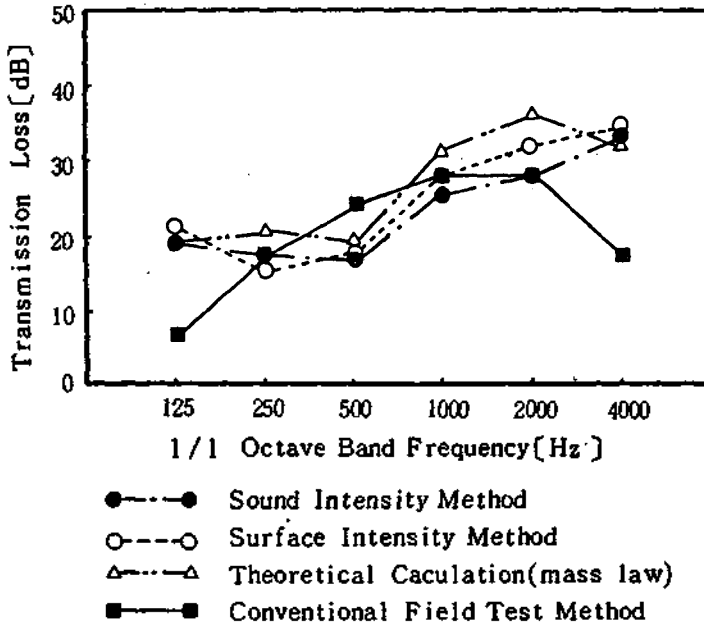


그림 3 Transmission Loss Measurements on a door.

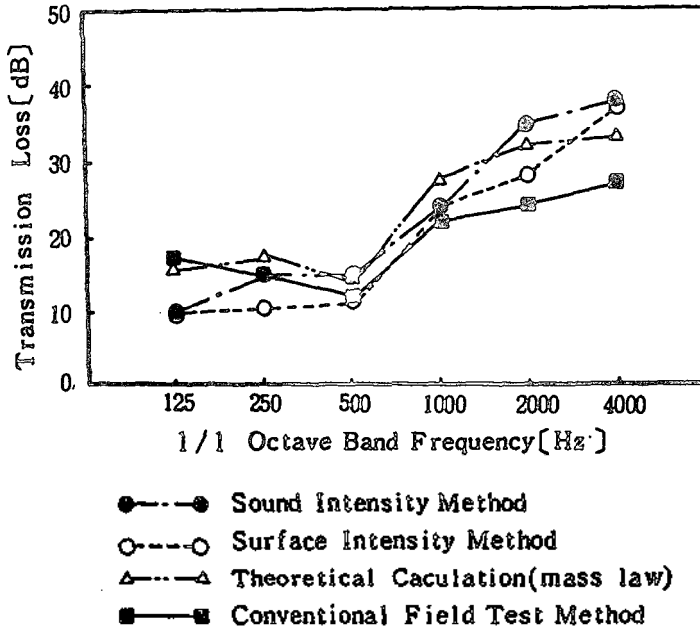


그림 4 Transmission Loss Measurements on a double glass window.

(1)의 表面인텐시티法과 同一하다. 測定裝置는 2 채널 F.F.T. Analyzer 中心의 测측시스템으로 構成되어 있다. 2개의 고정된 마이크로폰은 對向配置의 형태를 취하고 低音域에서의 位相差에 의한 誤差 (phase mismatch error)를 줄이기 위하여 2개의 마이크로폰을 상호교환 (microphone switching) 하여 測定하였다. 또한 音響인텐시티 프로우브는 測定對象面으로부터 100mm 떨어진 위치에서 對象面에 수직으로 향하게 하였다.

### (3) 종래의 音壓레벨 測定法の 利用

音壓레벨 測定은 ASTM E 336-77의 建物部位의 音響透過損失 現場 測定法에 의해 실시하였다. 音源은 測定周波數 帶域에서 時間적으로 安定된 白色雜音 (white noise)을 사용하였으며 出力 音壓레벨은 100dB以上이 되도록 하였다. 스피커의 位置 및

方向은 音源室의 擴散音場 檢討 結果에 따라 혼형 라우드 스피커를 벽면으로 부터 700mm 떨어진 모서리 부분에 音이 벽과 바닥에 대해서 45° 각도로 入射하도록 하였다. 受音點은 試驗体面으로부터 900mm 떨어진 5點을 선정하였으며 각 點에서의 平均 音壓레벨값을 利用하여 音響透過損失을 구하였다.

## IV. 測定結果 및 考察

그림 2는 出入門의 경우 한 測定點에서의 音壓과 振動의 협대역 周波數別 應答特性을 나타낸 것이다.

音壓과 振動의 應答特性이 거의 同一한 형태를 보이고 있음을 알 수 있다. 그림 3과 그림 4는 各 測定方法 및 理論計算 (코인시던스 限界周波數, 共鳴透過周波數 고려)에 의한 出入門과 알루미늄 유리 窓門의 音響透過損失 實測値와 理論計算値를 比較

한 것이다.

두 경우 모두 表面인텐시티法과 音響인텐시티法에 의한 實測値는 비슷한 結果値를 보이며 종래의 音壓레벨 測定法에 비해 理論計算値와 잘 一致함을 나타내고 있다. 또한 遮音性能이 급격히 떨어지는 特異周波數(低音域 共鳴透過 周波數, 코인시던스 限界 周波數)에서의 反應도 表面인텐시티法과 音響인텐시티法의 경우가 종래의 音壓레벨 測定法에 비해 잘 나타나고 있음을 알 수 있다. 理論計算値와 實測値의 相關性은 表面인텐시티法, 音響인텐시티法, 종래의 音壓레벨 測定法의 順으로 높게 나타났다.

本 研究는 앞으로는 各種 構造物에 대한 많은 검증이 요구되며 音과 振動과의 관계에 의한 放射效率에 관하여 研究가 進行되어야 하리라 여긴다.

## REFERENCES

1. 金興植, 孫章烈, 吳在應, Surface Intensity法에 의한 建物內 出入門의 遮音性能 現場 測定에 관한 研究, 韓國音響學會誌, vol, No, 2 1985
2. 金興植, 孫章烈, 吳在應, Surface Intensity를 利用한 遮音性能 測定方法에 관한 研究, 大韓建築學會 論文集, vol 2, No 3, 1986.
3. 孫章烈, 金興植, 吳在應, 現場에서 Cross Spectrum 法을 利用한 出入門의 遮音性能 測定法에 관한 研究, 大韓建築學會誌, vol 29, No 124, 1985.
4. 金興植, 孫章烈, 吳在應, 유리창의 遮音性能 現場測定法에 관한 研究, 大韓建築學會 學術發表 論文集, vol 5, No 2, 1985.
5. T. Hodgson, Investigation of the Surface Acoustical Intensity Method for Determining the Noise Sound Power of a Large Machine In-Situ, J.A.S.A., vol.61, No.2, p.488, 1977.
6. M.J. Crocker, P.K. Raju and B. Forssen, Measurement of Transmission Loss of Panels by the Direct Determination of Transmitted Acoustic Intensity, Noise Control Engineering, vol.17, No.1, pp.6-11, 1981.
7. M.C. McGray and M.J. Crocker, Phase Shift Errors in the Theory and Practice of Surface Intensity Measurements, Journal of Sound and Vibration, Vol.82, No.2, pp.276-280, 1982.
8. M.c. McGary and M.J. Crocker, Surface Intensity Measurements on a Diesel Engine, NASA Technical Memorandum 81807, April, 1980.
9. M.P. Waser and M.J. Crocker: Introduction to the Two-Microphone Cross-spectral Method of Determining Sound Intensity, Noise Control Eng. Vol.22, No.3, pp.76-85, 1984.
10. M.J. Crocker, B. Forssen, P.K. Raju, and A. Mielnicka: Measurements of Transmission Loss of Panels by An Acoustic Intensity Technique, inter. noise 80, Miami, Florida, U.S.A. pp.741-744, 1960.
11. A. Cops: Acoustic Intensity Measurements and Their Application to the Sound Transmission Loss of Panels and Walls, inter. noise 83, pp.567-569, 1984.
12. R.E. Halliwell and A.C.C. Warnock: Comparison of Conventional Transmission Loss Measurements with Intensity Measurements, inter. noise 84, Honolulu, U.S.A., pp.1165-1168, 1984.
13. A. Cops and M. Minten: The Niche Effect in Sound Transmission Loss Measurements - A Comparison Between the Intensity .
14. F.J. Fahy: Measurements with an Intensity Meter of the Acoustic Power of a Small Machine in a Room, Vol.57, No.3, pp.311-322, 1978.
15. M.C. Mcgray and M.J. Crocker: Surface Intensity Measurements on a Diesel Engine, Noise Control Eng., Vol.16, No.4, pp.28-29, 1981.
16. K. Kaemmer and M.J. Crocker, "Sound Power-Determination from Surface Intensity Measurements on a Vibrating Cylinder," J.A.S.A., Vol.60, No.3, 1981.
17. T.H. Hodgson and D.H. Chun: Development of a Surface Acoustic Intensity Probe, inter. noise 84, pp.1087-1088, 1984.
18. J.A. Macadam: The Measurement of Sound Radiation from Room Surfaces in Light Weight Buildings, Applied Acoustics, Vol.9, pp.103-104, p.117, 1976.