

건축물 소음 예측에 대한 표준(1)

정 정 호
(방재시험연구원)

1. 건축물 소음 예측 방법

바닥충격음을 시작으로 주거용 및 다양한 건물의 건축음향 성능에 대한 관심이 증가되고 있다. 정온하고 쾌적한 실내 음환경 구현을 위해서는 소음 차단 성능이 우수한 재료의 개발 및 적용이 중용하며, 우수한 재료 연구개발이 진행되고 있다. 그러나, 실제 소음 차단성능이 우수한 건물을 시공하기 위해서는 건축물 설계 단계에서부터 발생 소음 수준과 차단 성능을 예측하여 설계안을 개선하고 시공품질 관리에 반영하는 등의 방안이 반드시 필요하다.

최근에는 건축물 내부의 공기전달음, 바닥충격

음(경량) 차단성능을 예측하여 건축물 내부의 소음 분포를 확인할 수 있는 예측 프로그램이 개발되어 활용되고 있다. 그림 1, 2는 건축물 내부·외부의 소음 차단 성능 및 분포 예측 프로그램의 예를 나타낸 것이다. 이를 통해 건축물 내부 공간 배치와 각 부재 설계를 검토하고 개선할 수 있다.

이와 같은 예측 프로그램이 기반으로 하고 있는 예측 방법은 EN 표준으로 이미 제정되어 있다. 표 1은 건물 음향 성능 예측에 대한 EN 표준을 정리한 것이다. 공기전달음, 바닥충격음(경량), 내·외부 소음의 전달, 설비소음 및 밀폐공간의 흡음 특성 예측(실내음향)에 대한 표준이

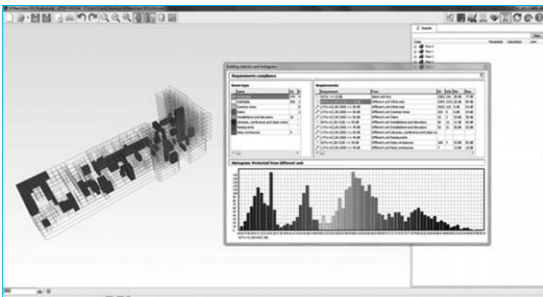


그림 1 건축물 내부 소음 예측 예

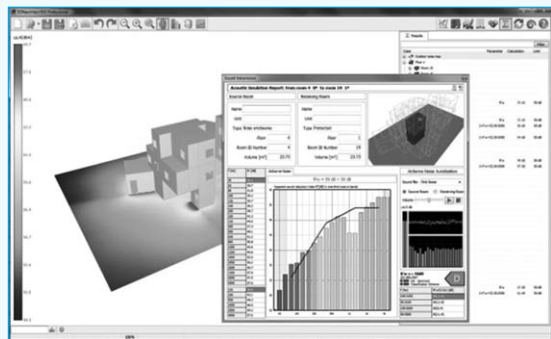


그림 2 건축물 외부 소음 전달 예측 예

기초강좌

표 1 건축물 소음 예측에 대한 EN 표준 제정 현황

EN 12354-1 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 1: Airborne sound insulation between rooms
EN 12354-2 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 2: Impact sound insulation between rooms
EN 12354-3 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound
EN 12354-4 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products - Part 4: Transmission of indoor sound to the outside
EN 12354-4 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements - Part 5: Sounds levels due to the service equipment
EN 12354-6 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 6: Sound absorption in enclosed spaces

표 2 건축물 소음 예측에 대한 ISO 표준 제정 현황

ISO 15712-1:2005 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 1: Airborne sound insulation between rooms
ISO 15712-2:2005 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 2: Impact sound insulation between rooms
ISO 15712-3:2005 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound
ISO 15712-4:2005 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 4: Transmission of indoor sound to the outside

2000년 부터 규정되어 2009년 완료되어 있다. 유럽연합 국가는 EN 12354 시리즈에 대한 국제표준화를 추진하여 EN 12354 시리즈 중 일부를 ISO 국제표준으로 추진하고 있다. EN 12354-1~4의 내용이 표 2와 같이 ISO 15712-1~4 표준으로 반영되어 2005년 제정되었다. 이를 바탕으로 유럽연합 및 북미 국가들은 관련 예측 방법의 정확도 및 예측 모델 개선을 위해 연구를 지속적으로 수행하여 관련 논문 및 예측 방법 개선 방안을 도출하고 있다.

이 강좌에서는 건축물 소음 예측 방법에 대한 국제표준의 내용 중에서 일부 내용을 소개하고자 한다. 건축물 예측 방법 소개를 통해 차음성능 및 바닥충격음 등 건축물 소음 예측에 대한 연구

활성화와 건설업계 해외 진출 등 엔지니어링 수행 시 도움이 되기를 바란다. 우선 공기전달음 차단성능에 대한 예측 방법에 대한 표준의 내용 중에서 일부를 소개한다.

2. 표준의 적용범위

건축물 공기전달음 차단성능 예측에 대한 표준은 건물 내 실간 공기전달음 차단 성능 예측을 위한 계산 모델과 건물 부재의 직접·간접 측로 전달, 구조 부재에서 공기전달음 전파에 대해 규정한다.

주파수 대역에서의 계산을 위한 모델을 규정하고, 계산 결과로부터 단일 수치 평가량을 결정할

표 3 건축물 공기전달음 차단성능 예측에 대한 표준

평가량	관련 표준
걸보기 음향 감쇠 계수 (apparent sound reduction index) R'	KS F 2805
표준화 음압 레벨차(standardized level difference) D_{nT}	KS F 2805
규준화 음압 레벨차(normalized level difference) D_n	KS F 2805
단일 수치 평가량 $R_w(C, C_{tr})$.	KS F 2862
부재의 규준화 음압 레벨차(element normalized level difference) $D_{n,e}$	EN 20140-10
간접적인 공기 전달에 대한 규준화 음압 레벨차 (normalized level difference for indirect airborne transmission) $D_{n,s}$	EN 20140-10
측로 전달 규준화 음압 레벨차(flanking normalized level difference) $D_{n,f}$	ISO 10848-1
진동 감쇠 지수 (vibration reduction index) K_{ij}	ISO 10848-1

수 있다. 부재의 단일 수치 평가량을 이용하여 단일 수치 평가량을 직접 예측한다. 이 표준은 예측 원리를 설명하고 관련 값을 정의하고 활용과 제한 사항을 정의한다.

2.1 건물 성능 평가량

건축물 공기전달음 차단성능 예측에 대한 표준에서 활용하고 있는 평가량 및 측정(예측량)은 표 3과 같다.

(1) 진동 감쇠 지수

진동 감쇠 지수(vibration reduction index, K_{ij})는 구조적으로 부재의 접합부에서의 진동에 의한 음향 파워 전달과 관련이 있으며, 불변량으로 만들기 위해 규준화한다. 해당 접합부에 대해 관련이 있으면 양부재의 등가 흡음 면적과 접합부 길이로 방향 평균된 속도 레벨차를 규준화 함으로써 다음 식에 따라 산출한다.

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{i_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \text{ dB} \quad (1)$$

여기서, $D_{v,ij}$: 부재 i 가 가진 됐을 경우, i 와 j 사이의 속도 레벨차 (dB)

$D_{v,ji}$: 부재 j 가 가진 됐을 경우, j 와 i 사

이의 속도 레벨차 (dB)

I_{ij} : 부재 i 와 j 사이 접합부 길이 (m)

a_i : 부재 i 의 등가 흡음 길이 (m)

a_j : 부재 j 의 등가 흡음 길이 (m)

등가 흡음 길이는 다음식으로 계산한다.

$$a = \frac{2.2\pi^2 S}{c_0 T_s} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \quad (2)$$

여기서, T_s : 부재 i 또는 j 의 구조적 잔향 시간 (s)

S : 부재 i 또는 j 의 면적 (m²)

f : 중심 주파수 (Hz)

f_{ref} : 기준 주파수 (Hz, $f_{ref}=1000$ Hz)

C_0 : 공기 중 음속 (m/s)

3. 계산 모델

3.1 일반 원리

수음실에서의 음향 파워는 구조 부재와 해당실에서의 측로 전달 부재에 의해 방사된 소리에 기인하고, 관련된 직접 및 간접 공기 전달 음향 투과에 의해 방사된 소리에 기인한다. 총 전달 인자는 수음실에서 각 부재와 관련된 전달 부재와 직접 및 간접 공기 전달 투과에 관련된 부재와 시스템으로 나눌 수 있다.

기초강좌

$$R' = -10 \lg \tau' \text{ dB} \quad (3)$$

$$\tau' = \tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s$$

여기서, 계수 d, f, e, s 는 그림 1의 음향 투과에 대한 서로 다른 투과 성분을 나타내며, 다음과 같다.

τ' : 구획 부재의 공통 부분에서의 입력 음향 파워에 비례하여 수음실에서 방사된 총 음향 파워의 비율

τ_d : 구획 부재의 공통 부분에서의 입력 음향 파워에 비례하여 구획 부재의 공통 부분에 의해 방사되는 음향 파워의 비율로써, 그림 2에 도시된 경로 D_d 와 D_f 를 포함한다.

τ_f : 구획 부재의 공통 부분에서의 입력 음향 파워에 비례하여 수음실에서 측로 전달 부재 f 에 의해 방사되는 음향 파워의 비율

τ_e : 구획 부재의 공통 부분에서의 입력 음향 파워에 비례하여 부재상의 입력 음향의 직접 공기 전달 투과로 인해 구획 부재에서 임의의 부재에 의해 수음실에서 방사되는 음향 파워의 비율

τ_s : 구획 부재의 공통 부분에서의 입력 음향 파워에 비례하여 전달 시스템상의 입력 음향의 간접 공기 전달 투과로 인해 임의의 시스템 s 에 의해 수음실에서 방사되는 음향 파워의 비율

n : 측로 전달 부재의 개수(일반적으로 $n=4$ 이지만 크거나 작을 수 있다.)

m : 직접 전달 투과를 갖는 부재의 개수

k : 간접 공기 전달 투과를 갖는 시스템의 개수

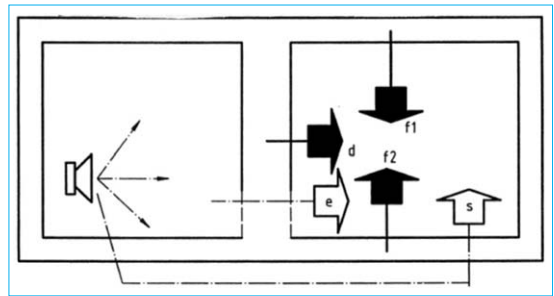
다중의 경로를 통한 고체 전달 투과의 총합은 구조 부재에 의해 방사되는 음향으로 간주할 수 있다. 음원실에서 소리가 가해지는 부재 i 와 수음실에서의 방사 부재 j 를 통해 각 경로를 구분

할 수 있다. 측로 전달 부재와 구획 부재에 대한 경로는 그림 2와 같다. 여기서, 음원실에서의 부재 i 가 측로 전달 부재에 대해서는 F 로 구획 부재에 대해서는 D 로 표기되고, 수음실에서의 부재 j 가 측로 전달 부재에 대해서는 f 로 구획 부재에 대해서는 d 로 표시된다.

이 방법은 가정은 기술된 전달 경로가 독립적이고, 음장 및 진동장이 통계적으로 작용한다는 것이다. 이러한 제한 조건 내에서 제시된 모델은 인접한 실로 제한된다.

구획 부재에 대한 투과 요소는 직접 투과와 n 개의 측로 전달 경로로부터의 기여 성분으로 구성된다.

$$\tau_d = \tau_{Dd} + \sum_{F=1}^n \tau_{Fd} \quad (4)$$



d - 구획 부재로 부터의 직접 방사,
f1과 f2 - 측로 전달 부재로 부터의 방사,
e - 구획 부재에 장착된 부재로 부터의 방사, s - 간접 전달

그림 3 총 음향 전달 성분에 대한 설명

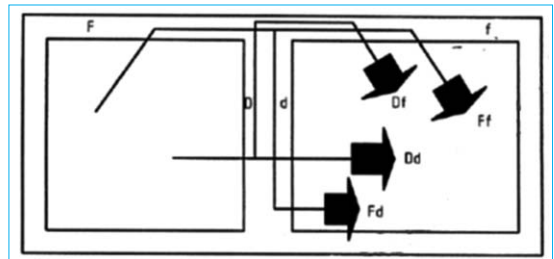


그림 4 음향투과경로 ij

수음실에서의 측로 전달 부재 f 의 각각에 대한 투과 요소는 2개의 측로 전달 경로로부터의 기여성분으로 구성된다.

$$\tau_r = \tau_{Df} + \tau_{Ff} \quad (5)$$

이러한 고체 전달 투과 경로에 대한 투과 요소는 다음 식과 같이 직접 전달(R_{Dd})과 측로 전달 음향감쇠 계수(R_{ij})와 관련된다.

$$\begin{aligned} \tau_{Dd} &= 10^{-R_{Dd}/10} \\ \tau_{ij} &= 10^{-R_{ij}/10} \end{aligned} \quad (6)$$

직접 및 간접 공기 전달 투과에 대한 투과 요소는 다음식과 같이 부재의 규준화 음압 레벨차($D_{n,e}$)와 간접 공기 전달에 대한 규준화 음압 레벨차($D_{n,s}$)와 관련된다.

$$\begin{aligned} \tau_e &= \frac{A_0}{S_s} 10^{-D_{n,e}/10} \\ \tau_s &= \frac{A_0}{S_s} 10^{-D_{n,s}/10} \end{aligned} \quad (7)$$

여기서, S_s : 구획 부재의 면적 (m^2)

A_0 : 기준 등가 흡음 면적 (m^2)

상세 모델은 주파수 대역에서 성능을 계산하며, 주파수 대역(1/3 옥타브 밴드 또는 옥타브 밴드)에서의 건물 부재에 대한 음향 데이터에 기반한다. 최소한 옥타브 밴드에 대해 125 Hz에서 2000 Hz까지 또는 1/3 옥타브 밴드에 대해 100 Hz에서 3150 Hz까지 이 계산을 수행한다.

상세 모델은 구조 전달 투과와 직접 및 간접 공기 전달 투과 모두를 다룬다. 이러한 전달 경로를 독립적인 것이라고 가정하기 때문에 개별적으로 처리한다. 단순 모델은 관련된 부재들의 성능에 대한 단일 수치 평가량에 기반하며, 단일 수치 평가량으로 건물 성능을 계산한다. **KSNVE**

『다음 호(25권 3호)에 게재될 “건축물 소음 예측에 대한 표준(2)”에서는 연속해서 공기 전달 투과 세부 모델과 고체 전달 투과에 대한 단순 모델에 대해서 소개할 예정이다.』

[기획 : 김명준 편집이사 mjunkim@uos.ac.kr]