건물의 실내소음 저감기술

김 두 훈
유 니 슨 산 업 (주)
기 술 연 구 소 / 소 장

1. 서 론

근래에 들어 경제수준의 향상으로 국민의 생활가치관도 종전의 물질적 풍요에 만족하지 않고 정신적인 것을 포함한 전반적인 생활의 질을 추구하는 추세여서 생활주변의 저소음 환경 달성이 쾌적한 삶의 필수 요건으로 인식되고 있다. 따라서, 건물 실내의 저소음화 기술은 시급한 과제이며 관련업계의 소음 저감에 대한 기술개발 노력도 매우 활발히 진행되고 있다.

최근의 건물은 효율성을 높이기 위하여 점차 대형화되고 있고 건물에 각종 편의 설비들이 증가하게 되어 이들이 발생하는 소음·진동이 건물 구조체나 덕트등을 통해 실내로 전파되어 실내 소음 문제를 야기시키는 경우가 많다.

따라서, 건물을 설계할 때에는 실별 용도에 따라 허용 소음도를 결정한 후 이를 달성하기 위하여 실내 소음도에 영향을 끼치는 모든 요소들을 평가하여 적절한 대책을 강구하게 된다.

본 고에서는, 이러한 건물의 실내 소음을 저감하기 위한 소음도 계산 및 소음방지 대책 방법을 중심으로 건물의 실내소음에 관하여 전반적으로 기술하고자 한다.

2. 소음 방지 대책

소음이 문제가 되고 있거나 또는 문제가 될 것으로 예상될 경우 소음의 실태를 파악하고 피해상황을 조사하거나 예측하여 어떤 음을 어떤 수단을 써서 어디까지 낮출 것인가 하는 소음방지 계획을 수립하게 된다. 소음방지 계획에는 소음측정 및 평가에서부터 시작하여 방지 목표의 설정, 방지기술의 선정까지 면밀한 계획이 요망되며 일반적으로 표 1과 같은 내용을 고려하여야 한다.

2.1 음원 대책

소음방지 대책에서 가장 이상적인 것이 소음 발생원에서 문제점을 해결하는 것이다. 음원대책의 경우에 두 가지 종류가 있다. 하나는 비정상적으로 큰 소음을 평균적인 소음레벨까지 떨어뜨리는 대책이 있고, 또 하나는

표 1. 소음 방지 대책의 단계 및 내용

단 계	항 목	내 용
조 사	소음원 조사	• 음원과 수음자의 위치관계 • 음향 특성 • 운전작동 상태
	전파경로 조사	• 공기전파, 구조물 전파 구별 • 전파 경로상 허용치 결정
측 정	소음피해 상황 파악	• 소음 측정치와 규제치 비교 • 암소음 크기
해 석	필요 음향 감쇠량 산정	• 목표치 설정 • 소음원, 경로상 허용치 결정
	소음방지 기본 방침설정	• 음원대책 • 각종방지 대책의 검토 • 2차적 영향의 고려
시 공	구체적인 시설 설비 및 효과 파악	• 비용 및 기간 검토 • 현장 공정 감리 • 음향 측정 및 검사

평균적인 소음으로 생각되는 정도의 소음을 더욱 줄이기 위한 대책이 있다. 전자는 기계의 고장원인, 즉 이상음의 발생원인을 탐사하고 개선하는데 따라 해결된다. 후자는 새로운 메커니즘의 고안이나 새로운 스타일의 기계 설치가 필요하다.

기계나 장치 등에서 소리가 발생할 때에는 반드시 그 기계나 장치의 일부에 그 소음의 발생원이 존재하며 음원대책의 진행 방법을 조목별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 가진력이 감소하도록 기구에 개선을 할 것
(2) 진동의 전파를 차단하도록 하는 기구로 할 것
(3) 각 부분에 대한 고유 진동수를 변경하여 공명 현상을 제거하거나 개선하도록 할 것
(4) 방사면 제진 처리하고 방사효율을 작게 할 것
(5) 소음장치를 하든가 부분적으로나 전체적으로 밀폐대책을 실시할 것

그림 1은 기계류를 예로하여 소음원 대책의 기본적 방법을 보여주고 있다. 이러한 종류의 대책에서 중요한 것은 (A)에서 보여준 것과 같이 가능하면 소음원을 감싸 넣어서 음이 외부로 나가지 않도록 하는 것이다. 이 경우 차음재 재료로서 투과손실이 큰 것을 사용함과 동시에 내부에 충분한 흡음력을 갖도록 하는 것이 필요하다. 그러나 운전이나 조작상 완전히 주위를 감싸는 것이 불가능한 경우도 있다. 이 경우에는 그림 (B), (C)와 같은 방법을 참고로 하여 개별적인 대책연구

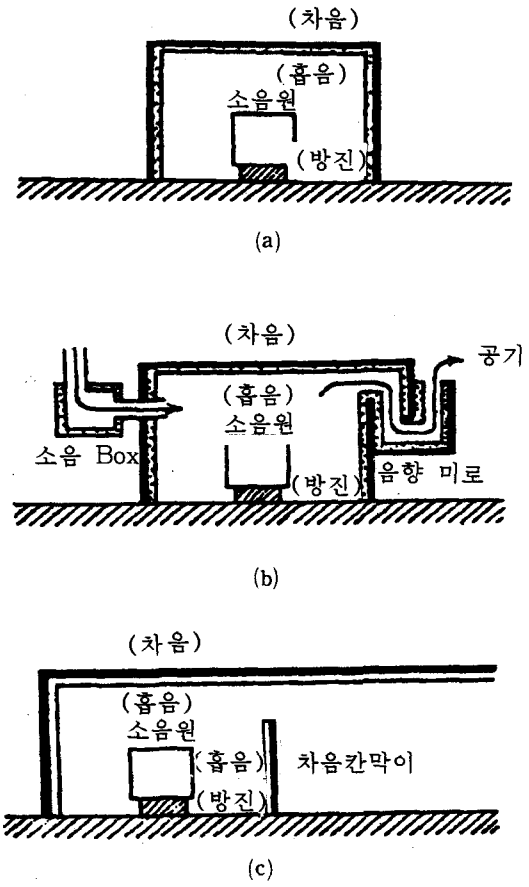

그림 1 소음원 대책의 예

가 필요하다. 또한 소음원에 대한 특성, 즉 파워레벨 Spectrum 지향성, 변동특성(정상성, 간헐성, 충격성 등), 진동의 유무 등을 측정하여 파악해 두는 것이 좋다.

2.2 전파경로 대책

주어진 조건에서 소음원의 발생출력이 정해져 있는 경우 전파경로에서의 소음방지대책을 고려해 볼 필요가 있다. 이 경우에 우선 필요한 것은 소음의 전파경로를 정확하게 파악 또는 예측하는 것이다. 예를 들면, 그림 2는 소음전파 방식으로 공기전파경로와 고체전파경로 양측이 문제되었을 때는, 벽의 차음성능을 높게 하는 공기전파음에 대한 대책만으로는 불충분하고 기계를 방진 지지하던가 진동전파경로 도중에서 절연하는 방법이 필요하다. 소음전파에 착안하여 방지대책상 고려해야 할 적절한 방안으로는 다음 항목을 들 수 있다.

(1) 전파 거리

소음원에서 멀어지는 만큼 음은 작게 되므로 조건이 허락하는 한 소음원과 소음영향을 받는 수음점 사이의 거리를 크게 취한다.

(2) 배치계획

소음원의 위치가 정해져 있는 경우에는 소음이 영향을 받기 쉬운 부분을 가능한 소음원에서 멀리 배치하도록 한다, 또. 소음의 영향이 문제가 안되는 건물·시설 등을 소음원과의 사이에 배치함으로서 큰 소음저감 효과를 기대할 수 있다.

(3) 방음벽 등의 설치

소음원과 그 영향을 받는 부분과의 사이에

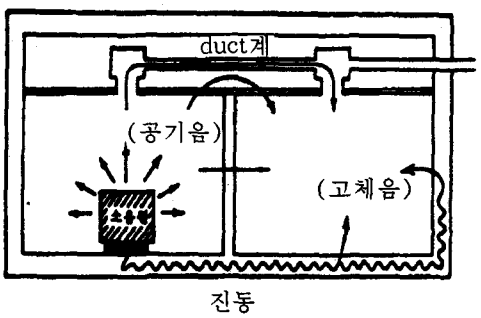

그림 2 각종 소음전파 경로

방음벽 등을 설치하고 회절감쇠효과에 의하여 소음을 줄일 수 있다. 방음벽의 소음원측에 흡음처리를 할 때의 효과는 직접 회절 감쇠치에 대해서는 2~3dB 증가되며, 도로와 같이 방음벽을 평행하게 설치할 경우 내부에서 음의 다중 반사를 막는 효과가 있다.

2.3 수음측 대책

건물 등 소음의 영향을 받는 측에서의 방지대책으로서는 이미 언급한 배치계획 등의 충분한 검토가 필요하지만 외부 부하로서 소음이 큰 것이 결정적일 때는 건물 혹은 일부 구간의 차음 성능을 높이는 것이 유일한 방법이다. 이 경우 원칙적인 사항으로서는 제일 먼저 소음 투과면이 되는 벽체의 투과손실을 크게 하는 것이 필요하지만 이것과 동시에 실내의 흡음력을 크게 해두는 것을 잊어서는 안된다.

실제의 건물에서는 바깥 벽면에는 창 등의 개구부가 포함되어 있는 것이 보통으로 일반적으로 이 부분의 차음 성능에 따라서 전체의 차음성능이 결정될 때가 많다. 따라서 외부소음이 큰 환경조건의 경우에는 기밀성이 높은 창새시를 사용하거나 이중창 구조로 된 창을 사용할 필요가 있다. 또 환기설비를 만들 경우에도 불필요한 개구부를 만들면 이 부분에 의해서 전체의 차음성능이 현저하게 떨어지므로 환기 개구부를 외부소음이 낮은 쪽으로 만들고 차음성능이 충분히 고려된 기종이나 소음장치를 포함한 덕트시스템 등을 사용할 필요가 있다.

3. 실내 소음도 계산

실내소음에 영향을 미치고 있는 요인들 중 대표적인 것이 건물 설비의 원인으로써 공조소음 그리고 외적 요인으로는 교통소음을 들 수 있다. 여기서는, 이를 두 요소의 경우에 대해 실내 소음도 계산의 예를 들고자 한다.

3.1 허용 소음도의 결정

건물내 허용 소음도는 실별 용도에 따라 최대 허용값들이 다르며 설계기준도 dB(A), NC(Noise Criteria), PNC(Preferred Noise Criteria) 또는 RC(Room Criteria) 등 다양하게 제시되어 있다. 대개의 경우, 실내소음의 평가로는 미국 공조냉동난방 기술자협회(ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서 제시하는 NC 기준 곡선을 많이 사용한다. 그림 3은 각 주파수별 소음에 대해 최대로 허용할 수 있는 음압으로 환산한

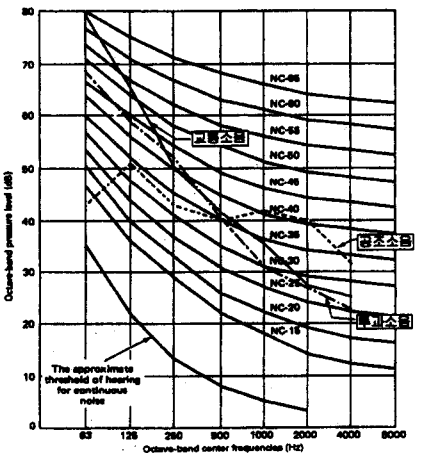

그림3 NC 곡선에 따른 소음 기준치

NC 곡선을 보여주고 있고 표 2는 ASHRAE에서 제안하는 실내 용도별 실내 허용 소음 설계값의 일부를 나타내고 있다.

3.2 외부 교통소음의 영향

건물의 외부로부터 유입되는 소음의 예로서 대표적인 것이 교통 소음이다. 교통소음에 대한 대책으로는 건물의 벽체나 유리창의 차음율을 높이는 것이다. 표 3은 각 주파수별 유리창과 차음벽의 차음손실의 예를 보여주고 있다.

외부 교통소음도를 측정하거나 예측한 경우 건물의 외부 소음레벨에서 합성투과손실을 제한 소음이 실내로 전달되고 이를 비교하여 도로쪽 유리창 앞부분의 실내 소음레벨을 계산하면 표 4와 같다.

표 2. 실내 소음 설계 기준값(ASHRAE)

(Note : These are for unoccupied spaces, with all systems operating.)

Type of Area	Recommended RC or NC Criteria Range
1. Private residences	25 to 30
2. Apartments	30 to 35
3. Hotels/motels	
a. Individual Rooms or Suites	25 to 30
b. Meeting/Banquet Rooms	30 to 35
c. Halls, Corridors, Lobbies	35 to 40
d. Service/Support Areas	40 to 45
4. Offices	
a. Executive	25 to 30
b. Conference Rooms	25 to 30
c. Private	30 to 35
d. Open−Plan Areas	35 to 40
e. Computer/Equipment	40 to 45
f. Public Circulation	40 to 45

표 3. 유리창과 벽으로 구성된 차음벽의 평균 차음손실

주파수 [Hz]	TL_G [dB]	T_G	TL_w [dB]	T_w	T_{av}	TL_{av} [dB]
63	7	0.20	35	3.16×10^{-4}	0.12	9.2
125	16	2.51×10^{-2}	44	$3.98\times10^{-}$	0.015	18.2
250	25	3.16×10^{-3}	53	5.01×10	1.89×10^{-3}	27.2
500	31	7.94×10^{-4}	59	1.26×10	4.75×10^{-4}	33.2
1000	35	3.16×10^{-4}	63	5.01×10^{-7}	1.89×10^{-4}	37.2
2000	36	2.51×10^{-4}	64	3.98×10^{-7}	1.50×10^{-4}	38.2
4000	36	2.51×10^{-4}	64	3.98×10^{-7}	1.50×10^{-4}	38.2

여기서, T_G : 유리창의 투과계수(Transmission Coefficient)
T_w : 벽의 투과계수(Transmission Coefficient)
S_G : 유리창의 면적율(59.8%)
Sw : 벽의 면적율(40.2%)
$T_{av} = (T_G \cdot S_G + T_W \cdot S_W)/(S_G + S_W)$
$TL_{av} = 10\log(1/T_{av})$

표 4. 교통소음으로 인한 실내소음레벨

구 분	Octave Band Center Frequency (Hz)						
	63	125	250	500	1K	2K	4K
외부소음	88.9	83.5	77.5	75.8	73.8	65.6	53.1
투과소음	9.2	18.2	27.2	23.2	37.2	38.2	38.2
실내소음	79.7	65.3	50.3	42.6	36.6	27.4	24.9

표 5. 송풍기 종류에 따른 기준 음향파워레벨 및 날개회전수에 의한 보정량(BFI)

Fan Type	Wheel Size	Octave Band Center Frequency, Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	BFI
Centrifugal	Over 36 in.	32	32	31	29	28	23	15	3
Airfoil, Backward	(900mm)	36	38	36	34	33	28	20	
Curved, Backward	Under 36 in.								
inclined	(900mm)	47	43	39	36	34	32	28	2
Forward Curved		45	39	42	39	37	32	30	8
Radial Blade,	All	55	48	48	45	45	40	38	8
Pressure	Over 40 in.								
Blower	(1000mm) 40 in.	63	57	58	50	44	44	38	8
	(1000mm) to								
	20 in. (500mm)								
	Under 20 in								
	(500mm)								
Vaneaxial	Over 40 in.	39	36	38	39	37	34	32	6
	(1000mm)	37	39	43	43	43	41	28	6
	Under 40								
	in. (1000mm)								
Tubeaxial	Over 40 in.	41	39	43	41	39	37	4	7
	(1000mm)	40	41	47	46	44	43	37	7
	Under 40								
	in. (1000mm)								
Propeller	All	48	51	58	56	55	52	46	5
Cooling Tower									

3.3 공조 소음의 영향

3.3.1 송풍기의 음향파워레벨

건물 공조시스템에 사용되는 송풍기의 소음도는 송풍기 제조회사의 음향파워 시험 결과로부터 구하는 것이 바람직하다. 그렇지 못할 경우, 일반적으로 아래와 같은 방법으로 송풍기 형태에 따라 음향파워레벨을 계산한다.

$L_w = Kw + 10\log Q + 20\log P + C$

L_w : 송풍기의 추정 음향파워레벨 (dB re 1 pW)

K_w : 기준 음향파워레벨(표 5 참조)

Q : 유량(CFM)

P : 압력 손실(in AQ)

C : 수정계수(표 6 참조)

3.3.2 덕트기구에 의한 자연 감음량 계산

(1) 분기에 의한 감음

감음량 $= 10\log(A/Ao)$

여기서, A : 취출구 유량

Ao : 취출구의 토출 유량

(2) 엘보우에 의한 감음

엘보우의 형상 및 크기에 따라 감음 값을 사용하며 표 7은 사각 엘보우에 의한 추정 감음량을 나타내고 있다.

표 6. 송풍기 파워레벨 수정계수 C

Static Efficiency % of Peak	Correction Factor dB
90 to 100	0
85 to 89	3
75 to 84	6
65 to 74	9
55 to 64	12
50 to 54	15

표 7. 사각 엘보우에 의한 추정 감음량

Duct Width in (mm)	Octave Band Center Frequency, Hz						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
(A) No lining							
5in. (125mm)	–	–	–	1	5	7	5
10in. (250mm)	–	–	1	5	7	5	3
20in. (500mm)	–	1	5	7	5	3	3
40in. (1000mm)	1	5	7	5	3	3	3
(B) Lining After Elbow							
5in. (125mm)	–	–	–	1	6	11	10
10in. (250mm)	–	–	1	6	11	10	10
20in. (500mm)	–	1	6	11	10	10	10
40in. (1000mm)	1	6	11	10	10	10	10

(3) 단면변화 감음량(Chamber감음)

송풍기의 취출구쪽에 설치된 Chamber는 다른 기구들에 비해서 효과적인 감음을 얻을 수 있다. 광파 음향이론(Ray Theory Acoustics)에 의한 Chamber의 감음특성은 아래 식과 같다.(그림 4 참고).

$$\text{감음도 (dB)} = 10\log\left\{\frac{2}{S_e\left(\frac{\cos\theta}{2\pi d^2}+\frac{1-\alpha}{\alpha S_w}\right)}\right\}$$

여기서, α : 흡음율

S_e : 출구면적

S_w : Chamber 단면적

d : 취출구간 거리

θ : 경사각

(4) 개방단 반사 감음량

음파가 덕트로부터 실내와 같은 넓은 공간으로 방출될 때 일정량의 소음이 덕트내로 재 반사되며 저주파일수록 이러한 현상이 많이 일어난다. 덕트의 직경에 따른 주파수별 감음량은 표 8에 주어져 있으며 단부에 디퓨저(diffuser)나 그릴(grille)이 있을 경우 주어진 값에 6dB를 감하는 것을 표준으로 삼고 있다.

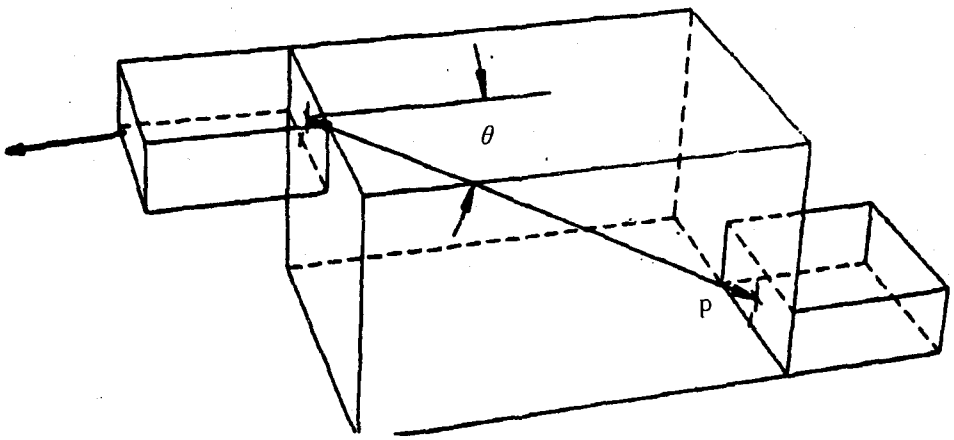

그림 4 흡음 Chamber

표 8. 덕트단부의 반사감음량

Mean Duct Width	Octave Band Center Frequency (Hz)				
	63	125	250	500	1000
in. (mm)					
6 (150)	18dB	12dB	8dB	4dB	1dB
8(200)	16	11	6	2	0
10(250)	14	9	5	1	0
12(300)	13	8	4	1	0
16(400)	11	6	2	0	0
20(500)	9	5	1	0	0

(5) 실의 흡음 효과

주어진 음원하에 실내의 한 점에서 실내의 음압레벨을 결정하는 요소는 a) 실의 용적, b) 실내 마감재의 흡음율, c) 음원의 세기, d) 수음자와 음원간의 거리 등이 있다. 이들의 관계를 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$L_P = L_W + 10\log\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R}\right)$$

L_P : 실내 한 점에서의 소음도(dB)
L_W : 실내 음원의 음향 파워레벨(dB)
r : 취출구에서 수음자까지의 거리
Q : 지향지수(그림 5 참조)
R : 실정수(Room Constant, $=\bar{a}S/(1-\bar{a})$)
$\bar{a}$: 실내 평균 흡음율
S : 실내 전 표면적(m^2)

3.3.3 기타 덕트소음 계산시 고려사항

(1) 덕트 소음의 기여도

실내에는 덕트를 통한 송풍기의 소음만이 존재하는 것이 아니고, 기타의 다른 음원들도 실내소음도에 영향을 미치고 있다. 이러한 이유로 실내에 존재하는 모든 소음을 1로 보고 송풍기 소음이 차지하는 비율을 송풍기 소음 기여도라 한다. 즉, 기여도란 송풍기 소음이 실내의 소음에 미치는 영향을 나타내 주는 것이라 할 수 있으며 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$X = 10\log N_i$$

여기서, X : 송풍기 소음의 기여도
Ni : 송풍기 소음이 실내소음중 차지하는 비율

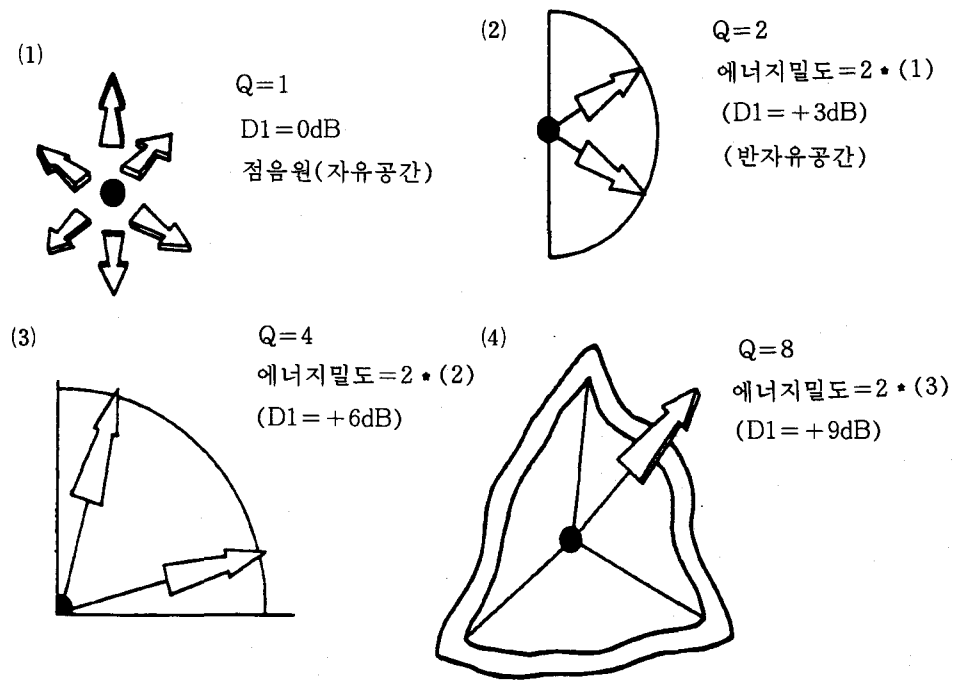

그림 5 지향지수(Directivity Index) 산정

(2) 실효 취출구 수의 산정

실효 취출구 수는 실내에 도달한 덕트 취출구로부터 일정한 지점에 있는 수음자가 직접음으로 들을 수 있는 취출구 소음의 수량을 나타내는 것으로 이의 산정은

$Q = 1$인 경우 $\gamma c = 0.14\sqrt{R}$

$Q = 2$인 경우 $\gamma c = 0.2\sqrt{R}$

$Q = 4$인 경우 $\gamma c = 0.28\sqrt{R}$

이 된다.

Q : 지향지수

γc : 실효취출구 반경

R : 실정수

실효 취출구 수량(Ne)은 반경 γc내에 있는 모든 취출구의 갯수가 된다.

(3) 취출구의 발생소음 검토

취출구에서 발생하는 소음은 소요 감음량을 정하기 이전에 반드시 검토하여야 한다. 왜냐하면, 취출부의 연결방법이 좋지 않거나 용량에 맞지 않는 기구를 선정하여 사용할 경우에 실내의 소음이 증가하는 경향이 있기 때문이다. 취출구의 발생소음 검토는 제작사 측의 협조가 요청된다.

3.3.4 소음도 계산서

송풍기에서 발생하는 소음 파워레벨과 덕트기구에 의한 감음량, 덕트 소음의 기여도 및 실외 흡음효과 등을 종합적으로 고려하여 실내 허용 소음레벨을 맞추기 위한 덕트 소음기의 소요 감음량을 산정하는 소음도 계산서를 작성하는데 표 9는 실내 허용 소음도가 NC 30일 경우의 소음도 계산서 예를 보여주고 있다.

표 9. 송풍기의 소요감응량 계산도 예(풍량 : 30,000 CMH, 정압 : 80mm AQ)

번호	주 파 수 대	63	125	250	500	1000	2000	4000	비 고
1	송풍기발생 PWL	88	90	88	86	85	80	72	
	분기감쇠	−22	−22	−22	−22	−22	−22	−22	
	엘보우 1		−1	−5	−7	−5	−3	−3	
	엘보우 2		−1	−5	−7	−5	−3	−3	
2	자연감음량 Chamber	0	0	1	3	5	7	7	
	개구반사	−18	−12	−8	−4	−1	0	0	
3	덕트반송 소음 PWL	48	56	48	45	47	45	37	1+2
4	허용 소음 레벨	57	48	41	35	32	29	28	NC30
5	−10log Ne+X	−4	−4	−4	−4	−4	−4	−4	기여도
6	실의 흡음 효과	5	5	5	5	5	5	5	
7	취출구 허용소음 PWL	58	49	42	36	33	30	29	4+5+6
8	취출구 발생 소음	−	−	−	−	−	−	−	제작사
9	덕트 반송소음 허용 PWL	58	49	42	36	33	30	29	
10	소요 감음량	0	7	6	9	14	15	8	3−9

표 10. NC35를 기준으로 할 경우 필요감음량

구 분	Octave Band Center Frequency (Hz)							비 고
	63	125	250	500	1^K	2^K	4^K	
실내로 전달되는 교통소음	79.7	65.3	50.3	42.6	36.6	27.4	24.9	
실내로 전달되는 공조소음	43	51	43	40	42	40	32	
실내로 전달되는 투과소음	68.6	59.2	53	40.2	32.2	27.1	23	급기Fan
NC 35 음압	60	52	45	40	36	34	33	
교통소음의 필요감음량	22.8	18.5	10.5	7.8	5.8	0	0	
공조소음의 필요감음량	0	3	2	4	10	10	3	
투과소음의 필요감음량	11.7	12.4	13.2	5.4	1.4	0	0	

표 11. 주파수별 소음의 원인과 대책

구 분	주 파 수	소음의 원인	필요감음량	대 책 방 안
저음역	63~125Hz	1. 교통소음	19~23dB	1) 차량소음 규제, 강화 2) 고가도로에 방음벽 시설 3) 건물표면 마무리재를 적절하게 선정(STC가 높은 재료 선정)
		2. 투과소음	12dB	1) 문의 투과손실을 높일 수 있는 재료로 교체 첨가 2) 공조실내 흡음처리 3) 벽체의 투과손실을 높일 수 있는 재료 선정 4) 구조소음 방지
중음역	250~500Hz	1. 교통소음 2. 투과소음	8~11dB 5~13dB	저음역과 동일
고음역	1^K Hz이상	1. 공조소음	10dB	1) 덕트내에 소음장치 설치 2) Break-in, Break-Out Noise 고려 3) 취출구 발생음이 실내 NC Level 이하로 되도록 선정

4. 건물 실내 소음레벨 평가

실내 소음에 영향을 주는 교통소음, 공조소음 및 벽체 투과음에 대한 영향을 종합적으로 살펴보면 아래와 같다.

사무실의 실내 소음기준을 NC35로 하여 각각의 영향도를 살펴보면 125Hz 이하에서는 교통소음에 의한 영향이 매우 크며 투과음에 의한 영향이 다음으로 높게 나타나고 공조소음의 영향은 그리 크지 않음을 알 수 있다. 소음 주파수가 250~500Hz에서는 투과음의 영향이 높게 나타나며 500Hz 이상에서는 공조소음의 영향이 가장 크고 교통소음 및 투과소음의 영향은 NC35를 거의 만족시키고 있다. 각 소음의 원인별 필요감음량 및 이에 대한 대책을 표 10 및 11에 각각 나타내었다. 여기서 실내로 전달되는 공조소음은 실내 흡음을 고려한 급기 송풍기에 의한 실내 소음도이며 공조소음의 필요 감음량은 앞에서 설명한 방법으로 구하였으며, 교통 및 투과 소음은 감음후 같은 소음도를 갖도록 필요 감음량을 산정하였다. 따라서, 이렇게 필요한 감음조치를 하면 이들 세가지 합성소음은 설계 소음도 NC35 수준을 만족할 것으로 판단된다.

5. 공조소음 문제 사례

앞에서 설명하였듯이 공조소음이 각실의 허용 소음도를 넘을 경우 소음기의 필요감음량을 구하여 적절한 소음기를 선정하여 덕트시스템에 부착하여야 한다. 그러나, 현장 여건상 공조시스템의 설계를 변경해야 할 경우는 소음설계도 함께 전반적으로 다시 검토하여야 한다. 아래에 공조시스템의 설계 변경으로 인하여 건물의 소음문제가 발생된 경우의 예를 들어본다.

5.1 개요

해당 건물은 최근에 완공된 외국의 현대식 대형 병원 건물로 소음기의 설계 변경으로 건물의 준공을 앞두고 측정한 실내 소음도가 설계 허용치를 초과하여 문제가 되어 소음측정 및 분석을 통하여 적절한 대책을 세워 해결한 사례를 보여준다.

5.2 소음레벨 측정

과도한 소음 발생원인을 찾기 위해 여러 가지의 기계설비 작동 상황에서 소음이 문제가 되는 장소에서 소음레벨을 측정하였으며 그림 6은 1층 건물에서의 소음측정 위치를 보여주고 있으며 측정 결과 일부를 표 12에 정리하였다.

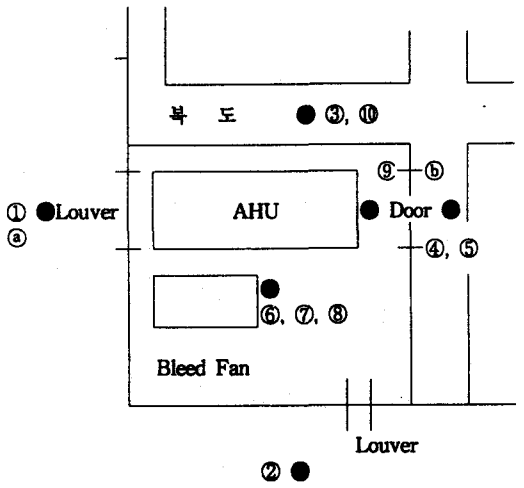

그림 6 건물 1층 평면 개략도 및 소음 측정위치

표 12. 측정 위치별 소음측정/분석 데이터

항 목 / 위치 및 조건	1/3 Octave Band, Peak Frequency (Hz)	Overall, dB(A)	비 고
① (옥외 Bleed Fan 및 AHU 토출구 앞 10m)	400, 500, 315, 630	64	
③ (옥내 복도 중앙)	160, 200, 250, 315	53	소음레벨 크기별로 Peak 주파수 선택
④ (AHU 실외, Door Close)	2k, 1.6k, 1.25k, 160	58	
⑤ (AHU, 실외, Door Open)	250, 315, 1.6k, 200	66	
⑥ (AHU 실내 Bleed Fan 앞, Bleed Fan만 가동)	400, 315, 200, 1,25k	74	
⑧ (AHU 실내 Bleed Fan 앞, AHU만 가동)	1.25k, 500, 630, 1.6k	62	
ⓐ (천정 Duct 주변, AHU만 가동)	160, 125, 200, 250	64	

5.3 소음원의 분석

AHU(Bleed Fan, Return Fan, AHU Fan Part)에 기인하는 소음의 영향을 크게 옥외와 옥내로 구분하여 분석하면 다음과 같다.

5.3.1 옥외 소음원인

옥외의 주된 소음원은 Bleed Fan에서 발생하는 400Hz, 315Hz, 500Hz, 1.25kHz의 주파수 성분에 의하여 지배적으로 발생하고 있다. Bleed Fan 및 AHU 흡입구(측정위치 ①)쪽에서는 AHU 가동시(Bleed Fan, Return Fan Off) 소음이 56dB(A) 정도로 나타나고 있으며, 모든 장비의 가동시에는 64dB(A) 정도의 소음이 발생하고 있다. Return Fan의 영향을 무시한다면 Bleed Fan에 의한 소음은 63dB(A) 정도로 추정된다.

5.3.2 옥내 소음원인

AHU Room 주변 복도에서 발생하는 천둥같은 소음은 160Hz, 200Hz 주변의 낮은 주파수의 소리가 주된 소음원이다. 이는 AHU의 Fan Part에서 발생하는 소음으로 추정되며 덕트를 통하여 실내로 전파되고 있다. AHU Room의 밖에서 문의 개폐(開閉) 상태에서 각각 소음을 측정한 결과(측정위치 ④, ⑤)Overall 값으로 8dB 차이밖에 보이지 않고 있다. 이는 일반적인 기계실 차음문으로는 차음률이 매우 부족한 실정이다.

5.3.3 설계상의 소음원인 분석

본래의 소음 계산서에는 추가감음량(Additional Attenuation)이라는 설계상의 감음량을 계산하고 있어 흡음통(Acoustic Absorbing Plenum) 또는 덕트의 흡음재 내장처리 등의 조처를 할 것을 제시하고 있으

나, 실제 시공된 상태에서는 그러한 감음량을 고려할 수 있는 어떠한 음향장치도 없다.

5.4 소음 대책 및 평가

현장 소음 측정 결과를 토대로 소음의 원인을 분석한 후 적절한 대책을 강구해야 되는데, 일반적인 소음 대책으로는 크게 소음원 대책, 전파경로 대책, 그리고 수음점 대책으로 나누어 시행할 수 있다. 그러나, 본 건의 경우와 같이 설계단계가 아닌 시공후에 소음문제가 발생할 경우 현장 여건상 취할 수 있는 대책이 매우 제한적일 수 밖에 없다. 이러한 모든 상황을 고려하여 아래와 같은 대책안을 수립하였다.

5.4.1 옥외 소음 대책

(1) Bleed Fan의 흡입 및 토출구에 소음기 설치
(2) Louver의 날개부위에 흡음재 부착
(3) Bleed Fan 및 AHU 흡입구에 흡음 Splitter 설치

5.4.2 옥내 소음 대책

(1) 소음기 추가 설치(소음기 길이를 1350mm에서 2350mm로 확장)
(2) Door Sealing Rubber 설치
(3) 천정부에 50mm정도의 흡음재설치
(4) 기타(AHU Control)

5.4.3 대책후 소음평가

소음대책 실시후 평가를 위해 소음레벨을 측정한 결과 실내 소음 설계치를 만족하였으며, 대책 전·후의 소음측정 결과 및 측정그래프의 예를 표 13과 그림 7에 각각 나타내었다.

6. 맺음말

실내에 영향을 미칠 수 있는 소음은 건물의 내적인 요소와 외적인 요소로 나누어 볼 수 있다. 건물 내부의 원인을 분석되는 소음들에 의한 영향은 건물을 계획하는 단계에서부터 실내 허용소음도를 정하여 구조적으로 해결하거나, 기계별, 혹은 장비별로 구조소음 방지, 기계실의 분리, 흡음 및 차음처리, 소음장치 설치 등을 하여 실내 거주자의 생활환경을 보호해 주어야 한다. 건물 외적인 요소인 교통소음(비행기소음 포함), 건설소음, 작업장소음 등은 생활환경 소음의 허용치를

표 13. 측정 위치별 소음 측정/분석 데이터

항 목 / 측정 위치	1/3 Octave Band Peak 주파수(Hz)	대책전 소음레벨, dB(A)	대책후 소음레벨, dB(A)	비 고
① (옥외)	400, 500, 316, 630	64	48	옥외는 PEDIA 소음이 주영향
③ (옥내 복도)	160, 500	53	46	
④ (Door Closed)	500, 630	58	48	

생활을 유지하는데 지장을 주지 않도록 규제하거나, 도로변을 따라 방음벽을 설치하여 거주자의 생활공간으로 소음이 유입되는 것을 차단하도록 한다.

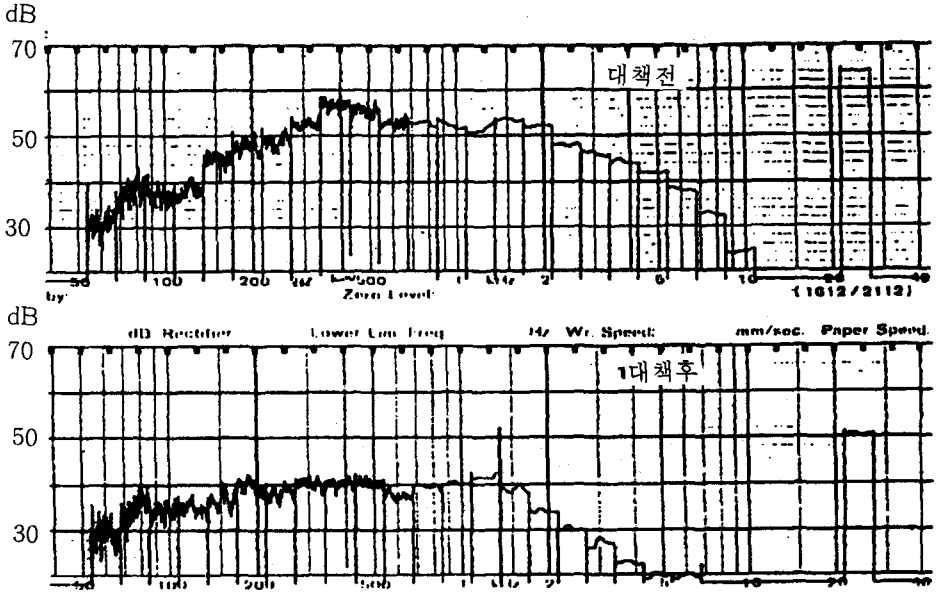

그림 7 소음대책 전·후의 소음측정 그래프(측정지점 ①)

－참 고 문 헌－

1. ASHRAE, 1987, Heating, Ventilating and Air－Conditioning Systems and Applications, Chapter 52.
2. 일본 음향재료 협회, 1983, 소음·진동 대책 핸드북, 집문사
3. 정일록, 1991, 소음·진동 이론과 실무, 신광문화사
4. J.D. Irwin and Graf, E.R., 1979, Industrial Noise and Vibration Control.
5. W.L.Harold. S.G. William and A.E. Harold, 1980, Noise Control for Engineers.
6. 김두훈, "공조설비의 소음·진동", 한국소음진동 공학회지, 제4권 제2호, 1994, pp. 116－123.
7. 김두훈, "공조소음 저감을 위한 덕트소음기위 적용기술", 냉동공조기술지, 제12권 제10호, 1995, pp. 54－69.
8. 김두훈, "건물의 실내 소음레벨 영향 평가", 대한 기계학회지, 제35권 제10호, 1995, pp. 886－895.