주거용 건물의 실내·외 항공기소음레벨 평가

Estimation on the Interior and Outside Aircraft Noise Level of Residential House

방민†·김도형*·김흥식**·조창근***

Min Bang, Do Heong Kim, Heung Sik Kim and Chang Geun Cho

Key Words : Aircraft noise(항공기 소음), Noise reduction(소음감소), L_{eq}(등가소음레벨), WECPNL(가중등가감각소음레벨)

ABSTRACT

It is important to increase the sound proof performance of building for reducing the influence of aircraft noise on the basis of actual survey of existed buildings.

The purpose of this study is to propose the basic data for designing sound insulation of residential house. In this study, field measurement of aircraft noise Interior and outside noise level difference were carried out for 7 days in 2 residential houses. As the result, aircraft noise levels showed to be Leq 71.8 ~ 74.5dB(A), WECPNL 82.2~83.4 and indoor noise level were NC-54 ~ 63 over acceptable NC-30 in 2 measured houses. Noise reduction effect showed to be 15.8 ~ 23.1dB(A) in measured houses, and houses with double window were preferable to those with single window in sound proof performance. The outside sound pressure level for residential house was a little different according to the type of source. In measuring by using aircraft noise it was effected by angle and distance from measuring point, to aircraft, window area, and sound absorption of room, and so on.

1. 서 론

항공, 도로, 철도 등 교통망의 발달에 따라 환경공해가 필연적으로 수반되고 있으며, 소음공해는 여타 환경오염과는 달리 축적성이 없는 일과성의 특징을 갖고 있다. 특히, 항공기 소음은 소음레벨이 매우 높고 피해범위가 광범위하여 대부분의 공항 주위 지역 주민들로부터 민원을 야기하고 있다. 항공기 소음은 항공기의 특성상 음원대책 및 전파경로 대책이 경제적·기술적으로 매우 제한적이다. 항공기 소음에 대한 영향 및 피해를 저감하기 위해서는 기본적으로 건물의 음향성능이 중요하며, 기존 건물의 음향성능 실태조사가 기초가 된다. 또한, 기존 건물에 거주하는 주민들의 항공기 소음에 대한 피해감, 생활상의 방해정도 등의 주관적인 반응에 대한 조사도 참고 자료로서 필요하게 된다.

항공기 소음과 관련하여 공항 주변 항공기 소음 실태조사, 항공기 소음의 평가지표, 규제기준 등의 연구가 일부 이루어지고 있다. 그러나 가옥방음을 위한 주택의 음향성능에 대한 구체적인 연구 사례 및 기초 데이터는 미흡한 실정에 있다. 즉, 주거용 건물의 음향성능 향상을 위한 기초적인 설계 자료의 축적이 안 되어 있어 건축 기본계획 단계에서주거용 건물의 차음설계에 장해요인이 되고 있으며, 이는 건축 기술적으로도 경쟁력 제고를 위하여 보완해야 할 사항이기도 한다.

본 연구에서는 항공기 소음의 측정과 항공기 소음에 대한 주택의 음향성능을 측정 하므로써 주택의 음향성능 확보에 필요한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 측정방법 및 평가방법

2.1 항공기 소음의 측정방법

항공기 소음에 의한 주택의 음향성능과 실생활에 미치는 영향을 파악하기 위하여 7일간 측정대상 주택의 실내외에서 동시에 항공기 소음을 측정하였다. 외부에서의 측정점은 대상주택의 외 벽면 중앙으로부터 2m 떨어진 지점으로 하였으며, 실내에서는 침실의 중앙으로 하였다. 대상주택의 실내외에서 항공기 소음의 최고소음도(Lmax)와 등가소음도

† 방민, 호남대학교 건축학과 석사과정
E-mail : ggang2546@hanmail.net
Tel : (011)9213-1469, Fax : (062) 940-5088

* 호남대학교 건축학과 석사과정

** 호남대학교 건축학과 교수

*** 서일대학 건축과 교수

(Leq)를 매 측정시마다 5분 동안 측정하였으며, 실내에서 측정한 소음레벨은 실내 허용소음레벨과 비교·분석하였다. 또한, 각각의 주택별 소음저감 효과를 파악하기 위하여 실내외 소음레벨차를 산출하여 비교·검토하였다.

소음측정에 사용한 기기는 표. 1과 같다. 측정 시에 Microphone은 바닥 면에서 1.2~1.5m 높이에 소음원 방향으로 설치하였으며, 소음계의 청감보정회로는 "A특성"에 고정시키고, 동특성은 "Slow"로 설정하였다. 항공기 통과 시 발생소음의 지속시간은 10초 이상이었으며, 소음레벨은 항공기 통과시마다 측정하여 그 지시 값 중 암소음보다 10dB(A) 이상 되는 측정치를 선택하였다.

표. 1 측정기기

모델명	측정시스템	제조회사	수량
SA-30	1/3 Octave Band Real-time Analyzer	Rion/Japan	1
NA-27	Precision Sound Level Meter with 1/3 Octave Band Real Time Analyzer	Rion/Japan	2
NA-29E	Precision Sound Level Meter With Octave Band Analyzer	Rion/Japan	1
LR-04	Level Recorder	Rion/Japan	1
NC-72	Pistonphone(Calibrator)	Rion/Japan	1

2.2 실내외 음압레벨차 측정방법

(1) 항공기소음을 이용한 측정방법

항공기소음을 음원으로 사용한 실내외 음압레벨차의 측정은 KS F 2235에 의거하여 실시하였다. 외부에서의 측정점은 대상주택의 외 벽면 중앙으로부터 2m 떨어진 지점으로 하였으며, 실내에서는 침실의 중앙 점을 수음점으로 선정하였다. 수음점의 높이는 수음실 바닥으로 부터 1.5m 높이에 위치하도록 하고 외부와 내부에서 교통에 의한 음압 레벨이 측정 주파수 대역에서 측정값이 배경소음의 영향을 받지 않도록 고려하였다.

아울러, 수음실에서의 측정은 규정된 대로 실시하고, 5회 이상 폭로 소음 레벨을 측정하였다.

(2) 스피커를 이용한 측정방법

스피커를 음원으로 사용한 실내외 음압레벨차의 측정은 KS F 2235에 의거하여 실시하였다. 외부에서의 측정점은 항공기소음을 이용한 경우와 동일하게 대상주택의 외벽면 중앙으로부터 2m 떨어진 지점으로 하였으며, 실내에서는 침실의 중앙점을 수음점으로 선정하였다. 수음점의 높이는 수음실 바닥으로 부터 1.5m 높이에 위치하도록 하고 외부와 내부에서 교통에 의한 음압 레벨이 측정 주파수 대역에서 측정값이 배경소음의 영향을 받지 않도록 고려하였다.

스피커의 위치와 외벽면에서의 거리(d)는 측정 대상건물에서의 음압 레벨 변화가 최소화 되도록 에서 시험편까지의 최단거리는 7m로 하고, 입사 각도는 45°로 하였다.

3. 측정결과 분석 및 고찰

3.1 항공기 소음 측정대상 건물

항공기 소음의 측정 및 주택의 음향성능을 파악하기 위하여 측정지점은 항공기 소음의 영향을 받고 있는 공동주택 2개 지점을 선정하였다.

표. 2는 항공기 소음에 대한 주택의 음향성능을 파악하기 위하여 선정한 측정대상 주택의 개요를 나타낸 것이다. A주택은 공항과 약 0.85km 떨어진 곳에 위치하고 있으며 벽체구조는 철근콘크리트이고, 차음성능의 취약부위인 창호는 거실창호(플라스틱바 3mm에칭유리+6mA+3mm투명유리) 베란다창호(AL.샤시 단창 5mm유리)로 구성되어 있으며 B주택은 항공기의 이착륙 항로 근처에 있으며 약 2km 떨어진 곳에 위치하고 있다. 창호는 거실창호(플라스틱바 16mm 단열 페어글라스) 베란다창호(AL.샤시 단창 5mm유리)로 구성되어 있다.

표. 2 실내·외 측정 주택의 제원 및 특징

구 분		A주택	B주택
구 조		철근콘크리트	철근콘크리트
지붕재료		철근콘크리트 슬래브	철근콘크리트 슬래브
측정점	실내	거실중앙	거실중앙
	실외	외벽에서 2m떨어진 지점	외벽에서 2m떨어진 지점
측정실 면적		14.0㎡ (3.4m×4.1m)	10.0㎡ (2.9m×3.3m)
천장고		2.3m	2.3m
벽체 두께(구조)		120mm	150mm
창 구조	거실창	플라스틱바 (3mm에칭유리+6mA+3mm투명유리)	플라스틱바 (16mm단열 페어글라스)
	베란다창	Al.샤시 단창 (5mm유리)	Al.샤시 단창 (5mm유리)
창 면적		3.6㎡ (2.4m×1.5m)	4.18㎡ (2.2m×1.9m)
비고		-	-

3.2 측정지점별 소음레벨

측정 시에 항공기의 이착륙 및 통과비행에 의한 소음은 약 20~60초 정도로 지속되었으며, 하루 종일 발생하는 것으로 관측되었다. 그림. 1은 측정대상 지역의 대상주택 외부에서 측정한 평균 최고소음도와 등가소음도를 측정지점별로 비교하여 나타낸 것이다. 측정지점별로 대상주택 외부의 평균 최고소음도는 87.1~89.9dB(A)의 분포로서 전체 측정점에 대한 평균 최고소음도는 88.5dB(A)를 보이고 있으며, 평균 등가소음도는 71.8~74.5dB(A)의 범위로서 전체 평균 73.2dB(A)로 나타났다. 참고적으로 A지점에서는 83.4 WECPNL , B지점에서는 82.2 WECPNL 로 산출되어 국내의 소음진동규제법 및 항공법 규제기준상의 제3종 구역인 80이상 85미만 WECPNL로 소음 피해예상 지역으로 나타나 방음대책이 필요할 것으로 사료된다.

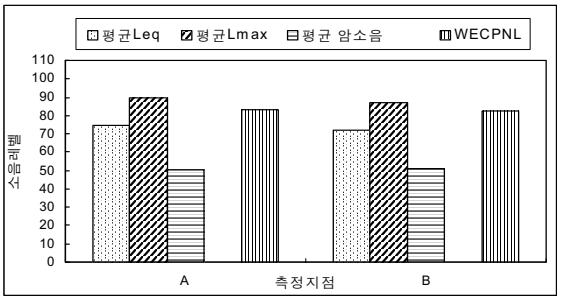

그림. 1 측정지점별 평균소음도

3.3 항공기종류별 발생소음 특성

그림. 2는 광주공항에서 운항하는 항공기의 종류별 등가소음도(Leq)를 측정하여 주파수 분석한 결과를 나타낸 것이다.

전투기 종류별(A,B,C) 발생소음도 차이는 크지 않으며, 3종류 전투기의 평균 등가소음(Leq)은 78.8dB(A)로 나타났다. 또한, 민항기, 수송기, 헬기의 소음도 차이도 크게 발생하지 않았으며 이들의 평균 등가소음(Leq)은 55.7 dB(A)로 나타나, 전투기 종류와 민항기, 수송기, 헬기의 평균 등가소음의 차이는 23.2dB(A) 장도의 높은 의 차이가 발생하고 있음을 알 수 있다.

주파수 대역별 소음도를 살펴보면, 전투기 종류별로 약간의 차이는 발생하며 전반적으로 전투기 종류별(A,B,C) 발생소음도는 31.5Hz~1KHz 대역에서 높은 상승을 보이다가 2 KHz 이후부터는 낮아지는 소음특성을 보이는 것으로 나타났다. 민항기, 수송기, 헬기의 경우에도 종류별로 미미한 차이는 발생하고 있으며, 전투기와 비슷하게 63.5Hz~1KHz 대역에서 상승하다가 2KHz 이후부터는 낮아지는 소음특성을 보였다.

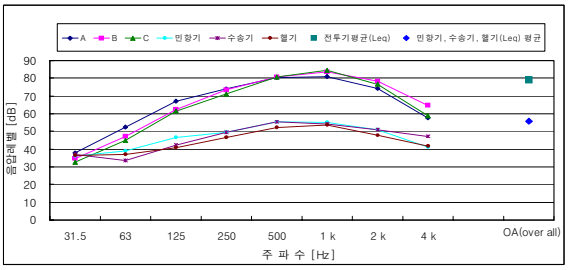

그림. 2 항공기 종류에 따른 주파수별 발생소음도 (L_{Aeq})

3.4 실내외 소음레벨차

(1) 항공기소음을 이용한 소음 레벨차

그림. 3과 그림. 4는 아파트별로 창호 폐쇄 시 소음저감 효과를 파악하기 위하여 전투기 훈련 시에 발생하는 소음을 이용하여 창호 개폐시의 실내외 평균 소음레벨차를 나타낸 것이다. 창호 개방 시에 실내외 소음레벨차가 나타나는 것은 창호와 전투기의 방향 및 각도, 창호의 면적, 실내와 전투기까지의 거리, 실내의 흡음효과 등 복합적인 요인에 기인하는 것으로 판단된다.

측정 조건별로 실외의 소음레벨은 73.6~79.5dB(A), 실내의 소음레벨은 56.4~69.1dB(A)의 범위로 나타났다. 창호 개방 시 실내외 소음 레벨 차는 8~10.1dB(A)의 범위를, 폐쇄 시 15.8~23.1dB(A)의 범위로 나타났다.

공동주택별로 평균 소음레벨차를 창호 개방 시와 비교하면 A주택의 경우에는 창호 폐쇄 시 250~1KHz의 주파수 대역에서 그 차가 크게 나타나고 있으며, 창호 개방 시 250Hz~1KHz의 중간 대역에서 차이가 크게 나타나고 있다. B주택의 경우에는 창호 폐쇄 시 250Hz~1KHz의 주파수 대역에서 그 차가 크게 나타나고 있으며, 창호 개방 시 125Hz~1KHz의 중간 대역에서 차이가 크게 나타나고 있다.

그림. 5는 창호 폐쇄 시 아파트별 소음 저감효과를 종합하여 주파수 특성별로 실내·외 평균 소음레벨차를 비교하여 나타낸 것이다.

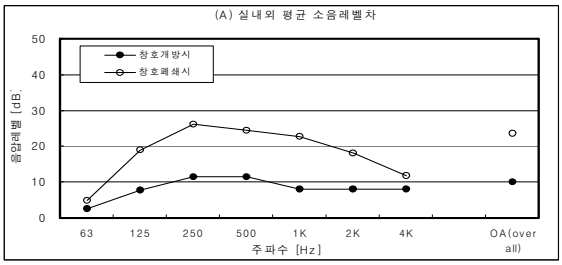

그림.3 A주택 실내·외 평균 소음 레벨차

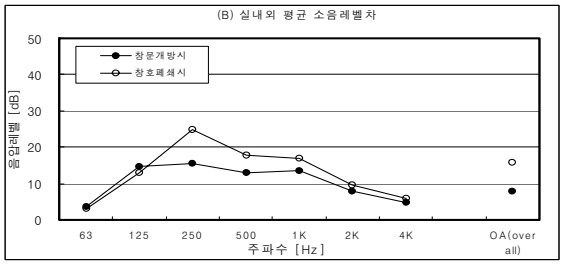

그림. 4 B주택 실내·외 평균 소음 레벨차

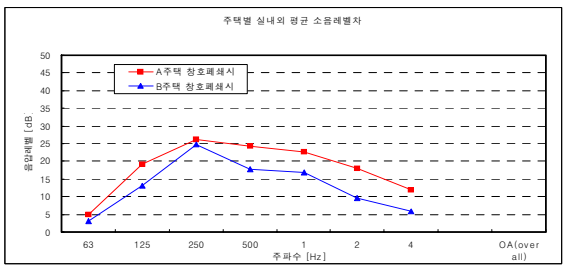

그림. 5 창호 폐쇄시 공동주택별 소음 저감효과의 비교

(2) 스피커를 사용한 음압레벨차

그림. 6과 그림. 7은 아파트별로 창호 폐쇄 시 소음저감 효

과를 파악하기 위하여 스피커를 사용 시에 발생하는 소음을 이용하여 창호 개폐시의 실내외 평균 소음레벨차를 나타낸 것이다.

측정 조건별로 실외의 소음레벨은 87.2~88.8dB(A), 실내의 소음레벨은 66.3~76.0dB(A)의 범위로 나타났다. 창호 개방 시 실내외 소음 레벨차는 11.5~12.8dB(A)의 범위를, 창호 폐쇄 시 21.4~21.9dB(A)의 범위로 나타났다.

공동 주택별로 평균 소음레벨차를 창호 개방 시와 비교하면 A주택의 경우 창호 폐쇄 시 500Hz 이하의 중간 및 저주파수 대역에서 실내외 평균 소음레벨차가 크게 나타났다. B주택의 창호 폐쇄 시 125~1kHz의 중간 주파수 대역에서 그 차가 크게 나타나고 있다.

그림. 8은 창호 폐쇄 시 아파트별 소음 저감효과를 종합하여 주파수 특성별로 실내·외 평균 소음레벨차를 비교하여 나타낸 것이다.

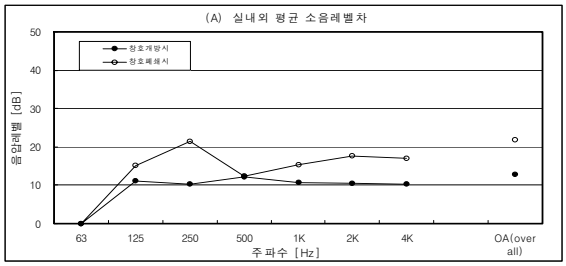

그림. 6 A주택 실내·외 평균 소음 레벨차

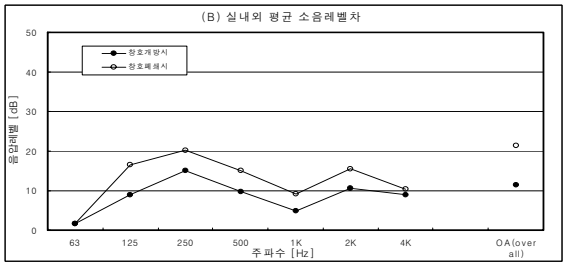

그림. 7 A주택 실내·외 평균 소음 레벨차

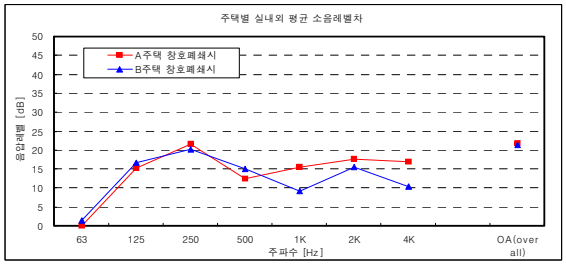

그림. 8 창호 폐쇄시 공동주택별 소음 저감효과의 비교

3.5 실내 허용소음기준과 비교

전투기 훈련 시 발생하는 소음에 의한 영향을 평가하기 위하여 측정대상 지점 중 2개 지점 A, B주택의 실내외에서 측정대상 아파트의 1층을 선정하여 동시에 소음을 측정하였다. 그림.9는 전투기 훈련 시 실내에서 측정한 소음레벨을 실내 허용소음레벨과 비교하여 나타낸 것이다. L. L. Beranek는 주택의 실내 허용소음 기준을 NC-30 이하로 제안하였다. 그림에 나타난 바와 같이 전투기 훈련 시 실내에서 측정한 소음레벨은 A주택에서 실내외측 창호 폐쇄 시 NC-54, B주택에서 실내외측 창호 폐쇄 시 NC-63으로 나타났다.

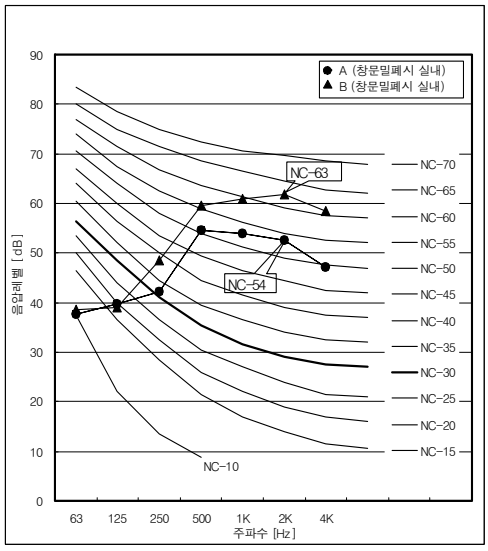

그림. 9 전투기 훈련 시 실내 소음레벨 NC-곡선

분석 결과, A주택, B주택 모두 아파트의 실내 허용소음 기준인 NC-30을 초과하고 있어 전투기 훈련을 했을 때 창호 폐쇄 시 실내에서 피해를 받고 있는 것으로 평가된다. A주택 (창호폐쇄 시)과 B주택 (창호폐쇄 시)의 실내 소음도 차이는 NC-7로 나타났다. 따라서 A주택, B주택과 같은 일반적인 도시지역의 전투기 소음 방지를 위한 차음공사로써, 창호를 A주택과 B주택은 보다 차음성이 높은 2중 방음창으로 교체하면 어느 정도 소음차단을 개선하는 효과를 기대할 수 있는 것으로 예상되지만, 실내 허용소음 기준인 NC-30을 만족하기는 어려울 것으로 사료된다. 즉, 주택의 실내 허용소음 기준을 만족하기 위해서는 방음대책에 대한 종합적인 검토가 필요한 것으로 사료된다.

4. 결론

항공기 소음에 대한 주택의 음향성능 확보에 필요한 기초자료를 제시하기 위하여 2개 주택의 내외부에서 항공기 소음을 측정하였다.

본 연구를 통하여 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

1) 측정점 A, B의 경우 항공기에 의한 외부소음도는 82.2~83.4 WECPNL 로 산출되어 소음진동규제법 및 항공

법의 규제기준상의 제3종 구역인 80이상 85미만 WECPNL로 소음 피해예상 지역으로 나타났다.

2) 측정대상 주택의 소음저감 효과는 15.8~23.1dB(A)의 범위로서 2중창으로 시공된 주택이 단창으로 시공된 주택의 경우보다 소음 저감효과가 유리한 것으로 확인되었으며, 항공기 소음에 의한 측정대상 주택의 실내 소음은 NC-54~63의 범위로서 허용소음 기준인 NC-30을 초과하는 것으로 나타나 창호의 보강(기밀성 향상)과 2중 벽체의 적용 등 방음대책이 필요한 것으로 나타났다.

3) 항공기소음을 이용한 실내외 음압레벨차 측정결과와 스피커를 이용한 실내외 음압레벨차 측정결과는 창호의 개폐여부에 따라 다소의 차이가 발생하는 것으로 나타났다.
특히, 항공기소음을 음원으로 사용한 경우에는 창호와 항공기의 거리 및 각도, 창호의 면적, 실내와 항공기 까지의 거리, 실내의 흡음효과 등 복합적인 요인에 따라 상당한 차이가 발생할 수 있으므로 측정 시 주의가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

(1) 한국산업규격 KS F 2235. 외벽 및 외벽 부재의 공기전달음 차단 성능 현장 측정방법.
(2) 은희준 (2000) 국내 공항소음현황과 문제점. 한국소음진동공학회 창립 10주년 기념 학술대회논문집.
(3) 김선우, 김경모, 송민정, 최형욱 (1997) 항공기소음 영향평가 척도에 대한 실험적 고찰. 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, 388-393.
(4) 김태희, 신일섭, 조창근, 송문수, 손장열 (2001) 건식 경량칸막이 벽체의 차음성능 개선을 위한 실험적 연구. 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, 1083-1087.
(5) 김하근, 손장열, 김홍식 (1995) 외부창의 차음성능 향상을 위한 실험 연구. 대한건축학회논문집, 11(7), 171-178.
(6) 양원선 (2000) 민군 겸용공항과 민간 전용공항의 환경소음 특성에 관한 연구. 연세대학교 대학원 환경공학과 석사학위논문.
(7) 전성택 역 (1992) 소음·진동편람(소음편). 동화기술, pp.180-190.
(8) ICAO Circular (1988) Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports, Appendix A, B, C, pp.20-25.
(9) ISO 3891 (1978) Acoustic-Procedure for describing aircraft noise heard on the ground.
(10) J. P. Raney and J. M. Cawthorn (1979) Aircraft Noise, Ch34 of Handbook of Noise Control(2nd ed.), McGraw-Hill Book Co., New York, pp.50-90.