

차음성능 향상을 위한 발코니 창호의 개발 및 평가

Development and Evaluation for Improvement of the Sound Insulation of Balcony Window in Apartment

김 하 근† · 김 명 준* · 오 진 균**

Kim Ha-Geun, Kim Myung-Jun and Oh Jin-Kyun

(2004년 10월 12일 접수 : 2005년 4월 14일 심사완료)

Key Words : Sound Insulation(차음), Balcony Window(발코니창호), Ventilation Hole(환기구), Element Method(부재법), Sound Reduction Index(음향감쇠계수)

ABSTRACT

Recently, the interest on the comfortable dwelling environment is increasing and the effort to solve the problem of exterior noise was tried. The propose of this study is to suggest the design of balcony window in apartment and to evaluate the sound insulation of it. So, we designed five types of balcony window which were considered not only sound insulation but ventilation. The sound reduction index of window was evaluated by the measurement in mock-up room. The results showed that case 2 improved about 6dB in the weighted apparent sound reduction index than case 1, and case 3 reduced about 39 % in construction cost than case 4.

1. 서 론

자동차, 열차, 항공기 등과 같은 교통수단은 오늘날 인간 생활에 필수 불가결하게 되었으며, 사회·경제의 발전 및 인구증가에 따라 지속적으로 발전되고 있다. 최근에 기하급수적으로 늘어나는 자동차로 인한 도로망 확장 및 고속화도로의 건설증가에 따라 도로 교통소음은 정온한 주거환경에 대한 수요자들의 요구와 상반되어 주거지역의 환경을 저해하는 커다란 요소로 대두되고 있다. 그러나 공동주택 택지 확보의 어려움으로 교통소음이 심한 도로변에도 불가피하게 주거단지를 건설할 수밖에 없는 경우가 많아 이에 대

한 대책이 시급한 실정이다.

국내 공동주택은 대부분 발코니라는 공간을 지니고 있으며 이것은 실내 공간(거실 또는 침실 등)과 옥외 공간사이의 심리적, 공간적 완충역할을 하는 보조공간으로 음향적인 측면에서 설계방법에 따라서 외부로부터 유입되는 소음을 차단하는데 유리하게 활용할 수 있다. 현재 공동주택 외피를 구성하고 있는 발코니 창호는 차음성능 뿐 아니라 외기를 도입하기 위한 환기성능의 측면에서도 중요한 의미를 가지고 있으나, 두 성능이 일반적으로 상반성을 지니고 있다는 점에서 이들을 종합한 설계상의 고려는 아직 미진하다.

따라서 이 연구에서는 차음성능을 중심으로 환기성능을 고려한 공동주택 발코니 창호시스템 설계안을 제안하고 현장조건과 유사한 목업(mock-up) 실험실에 시제품을 설치한 후 설계안별, 환기구 구성요소별 차음성능 특성을 평가·제시하였다.

† 책임저자 : 정희원, 대한주택공사
E-mail : hgkim1@jugong.co.kr
Tel : (031) 738-4723, Fax : (031) 738-4700

* 정희원, 서울시립대학교 건축도시조경학부

** 정희원, 대한주택공사

2. 창호의 종류에 따른 차음성능 측정 및 평가

2.1 측정개요

(1) 실험실 및 창호의 제원

Fig. 1은 실험실을, Table 1은 실험대상 창호(시작 품)의 제원을 나타낸 것이다. 실험실의 크기는 가로 11.1m, 세로 6m, 높이 6m의 2층 규모로 건립되었으며 실험이 이루어진 2층 발코니의 폭은 일반적인 공동주택의 발코니 폭인 1.5m로 하였다. 발코니 창호의 개구부는 3.2×2.3m이다.

실험대상 창호는 내구성과 경제성, 자원 재활용성을 고려하여 알루미늄 창호를 대상으로 하였으며 기밀성과 차음성을 고려하여 총 4개 유형으로 분류하였다. 설계 1안과 4안은 기존 미서기 창에서 모헤어 위치 및 수량변화를 통해 경제성을 향상시켰고, 2안과 3안은 차음성 향상을 위해 창 의 중앙부위를 고정창으로 설치하였다. 2-1안과 3-1안은 풍하중을 고려하여 창호 상·하를 분할한 구조이다.

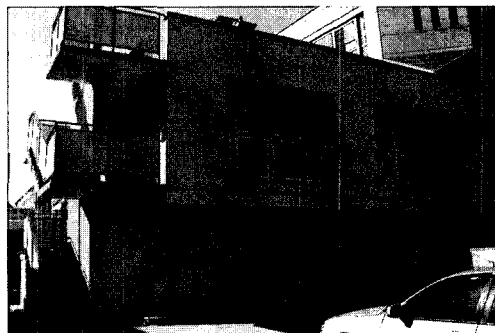
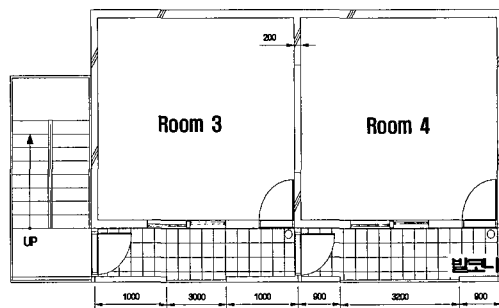


Fig. 1 The mock-up floor plan and photograph

Table 1 The outlines of aluminum balcony window plans

Balcony window	Size	Glass (mm)	Section
1 Single window (sliding)	3.2×2.3	5 mm Fix (5+6+5)	
2 Single window (sliding) + fixed window (center)		5 mm Fix (5+6+5)	
2-1 Single window (sliding) + fixed window (center/Down)	UP:1.3×3.2DN:1.0×3.2	5 mm Fix (5+6+5)	-
3 Double window (sliding) + fixed window	3.2×2.3	5 mm Fix (5+6+5)	
3-1 Double window (sliding) + fixed window (center/Down)	UP:1.3×3.2 DN:1.0×3.2	5 mm Fix (5+6+5)	-
4 Double window (silding)	3.2×2.3	5 mm Fix (5+6+5)	

각각의 설계안에 사용된 유리는 미서기창의 경우 5mm두께 단판유리를 사용하였으며, Fix 부분은 5+6+5 복층유리를 사용하였다.

(2) 측정방법

실험대상 창호의 차음성능을 평가하기 위해 한국산업규격(KS F 2235, “외벽 및 외벽 부재의 공기전달음 차단성능 현장 측정방법”)에 따라 부재법과 전체법 두 가지 방법으로 실험을 실시하였다. 음원은 스피커를 이용하였으며 전체법을 고려하여 외벽으로부터 7m 이격하여 음을 발생하였다. 수음실의 측정점은 먼저 발코니 내부 5점 지점에서 예비테스트를 하여 발코니 내부가 충분히 확산음장이 되는 것을 확인하였으며, 실의 규모를 고려하여 이 실험에서는 3개 지점에서 100 Hz~3.15 kHz의 1/3옥타브 밴드 중심주파수대역별 음압레벨을 측정하였다. 각 수음점 사이는 0.7m이상, 수음점과 실의 경계면 또는 물체와의 거리는 0.5m이상으로 하였다. 창호 외부에서는 예비테스트를 통해 마이크로폰의 위치별로 음압레벨차이가 있는지를 확인하여 3곳의 측정점을 선택하였다.

음원은 충분한 음압레벨 및 음 에너지의 고른 분포를 위해 총 3개의 스피커에서 음원을 발생 시켰으며

시험편까지의 최단거리는 전체법을 고려하여 7m로 하였다. 또한 발코니공간에서의 흡음력 변화에 따른 차음성능을 알아보기 위해 발코니 천장에 흡음재를 설치한 후 음압레벨을 측정하였다.

Fig. 2는 음원의 위치 및 측정점을, Fig. 3~4는 부재법과 전체법의 측정방법을 나타내며 Fig. 5는 측정장면을 나타낸 것이다. Table 2는 수음실에서의 등가 흡음력을 나타낸 것이다.

2.2 측정결과

시작품으로 제작된 총 6개 발코니 창호의 차음성능을 평가하기 위해, 한국산업규격(KS F 2862, “건물

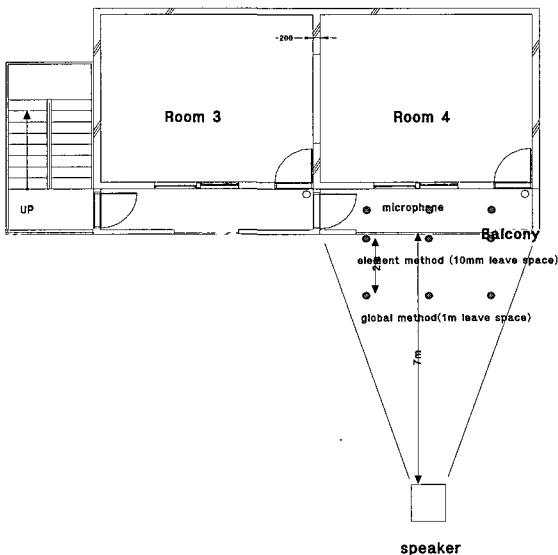


Fig. 2 Diagram of measuring system by speaker

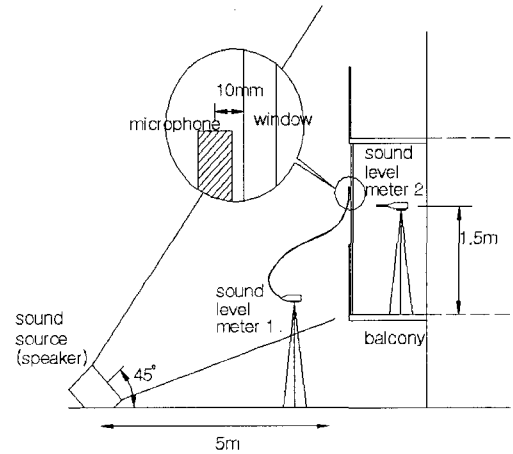


Fig. 3 Element method

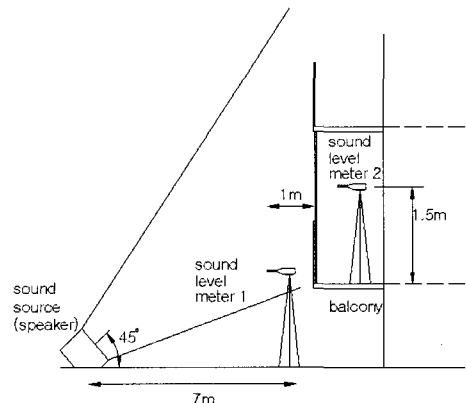


Fig. 4 Global method

Table 2 Combined absorption of balcony in mock-up

Frequency (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorption	1.6	2.0	2.3	2.7	3.0	3.4	4.4	4.6	4.7	4.5	4.9	5.1	5.0	5.0	5.1	5.0
Non-absorption	2.0	2.7	2.6	3.5	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	5.7	5.6	5.6	5.6

및 건물 부재의 공기전달음 차단성능 평가 방법”, 2002)에 따라 부재의 차음성능을 나타내는 가중 겉보기 음향 감쇠계수($R'_{45^{\circ}, w}$)를 적용하였다. 이에 대한 결과는 Table 2와 같다.

(1) 단창과 이중창의 차음성능 비교

Fig. 6은 단창과 이중창의 차음성능을 나타낸 것이다. 평가대역인 125 Hz~2 kHz 사이의 옥타브밴드 중심주파수별 음압레벨차는 각 주파수별 최저 3.6 dB, 최고 14.1 dB를 나타냈으며 공명투과대역으로 보이는 500 Hz 대역에서 차음성능이 현저히 떨어지는 것으

로 나타났다. 각 주파수별 차음값을 공기를 차단성능 기준곡선을 이용하여 단일 수치 평가량($R'_{45^{\circ}, w}$)을 산정한 결과, 평가량이 약 12 dB 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 단창보다는 이중창이 차음성능 면에서 12 dB까지 성능이 우수한 것으로 나타났다.

(2) 고정창(fix창)에 대한 차음성능 비교

Fig. 7은 고정창과 미서기 창의 차음성능을 옥타브밴드 중심주파수별 차음성능을 나타낸 것이다. 고정창에 의한 차음성능의 향상 정도를 알아보기 위해 기

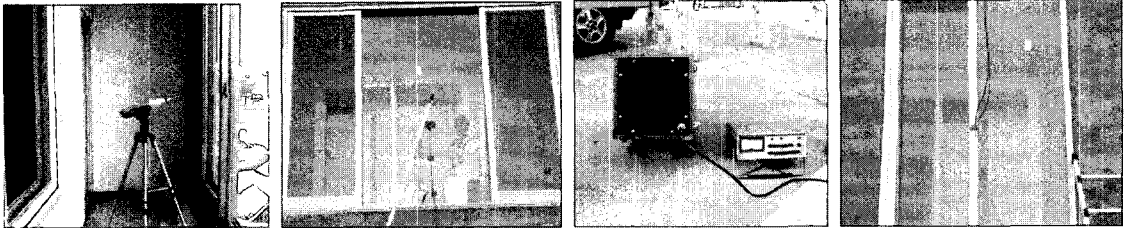


Fig. 5 Figures of the airborne sound insulation measure

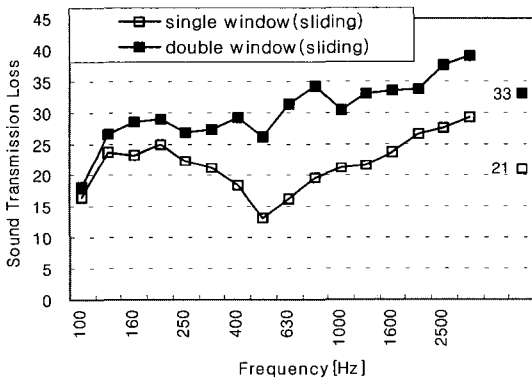


Fig. 6 Comparison of single window and double window

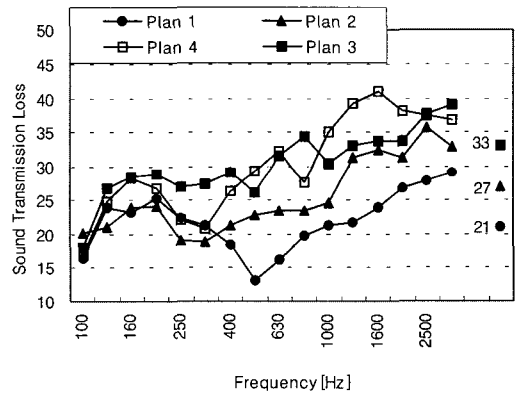


Fig. 7 Comparison of fixed window and sliding window

Table 3 Single-number quantities for airborne sound insulation of balcony windows

Balcony window	Size	Sound insulation level [Hz]					Single-number quantity	
		125	250	500	1K	2K		
Plan 1	Single window (sliding)	3.2×2.3	25.9	22.8	15.6	20.4	25.9	21
Plan 2	Single window (sliding) + fixed window (center)		27.7	20.5	22.7	25.5	30.0	
Plan 2-1	Single window (sliding) + fixed window (center/Down)	UP:1.3×3.2 DN:1.0×3.2	24.6	23.7	24.6	22.6	31.7	27
Plan 3	Double window (sliding) + fixed window	3.2×2.3	30.7	22.3	33.7	40.6	31.3	33
Plan 3-1	Double window (sliding) + fixed window (center/Down)	UP:1.3×3.2 DN:1.0×3.2	28.5	25.4	26.8	28.8	35.4	31
Plan 4	Double window (silding)	3.2×2.3	29.5	27.9	29.7	32.3	34.9	33

존의 미서기창(sliding)부분의 한쪽을 완전히 고정창으로 만들어 놓고 차음성능이 어느 정도 향상되는지를 비교 실험하였다. 그 결과 단창의 경우 fix창이 미서기 창에 비해 6dB정도의 차음성능 향상을 보임으로서 미서기창보다 fix창이 차음성능 면에서 유리하며, 이중창의 경우 미서기이중창과 중앙부 fix이중창이 동일 차음성능을 나타냄으로서 경제성 비교시 중앙부 fix이중창이 미서기이중창보다 유리한 것으로 사료된다.

(3) 천장흡음재 유무에 따른 차음성능 비교

발코니 공간 내 흡음력을 부가시켜 외부로부터 들어오는 소음을 어느 정도 저감시키는데 대한 실험을 실시하였으며, 이때 발코니 공간내 흡음력 부가면적은 약 8m² (1.5m × 5.2m)이다. Fig. 8은 발코니 공간의 천장에 흡음재를 설치한 경우, 발코니 공간의 중앙점에서 소음을 측정하여 공기전달음 차단성능을 단일 수치로 나타낸 결과이다.

측정결과, 발코니 공간에 흡음재를 부착하지 않은 경우에 비해 흡음재를 부착할 경우, 단일수치평가량(R'_{45°,w})이 약 2~4dB 정도 향상되는 것으로 분석되었다. 이는 흡음재 부착에 따른 창호의 차음성능 향상이라는 의미보다는 발코니 공간의 소음도 저하라는 관점에서 고찰되어야 하며, 공명투과대역으로 보이는 500 Hz 대역에서 흡음력이 강한 다공성 흡음재를 사용할 경우 발코니 공간의 차음성능은 보다 더 향상될 것으로 기대된다.

2.3 경제성 평가

Table 2의 설계 2안의 경우 59m²의 아파트에 적용시 설계 1안에 비해 차음성능은 약 6dB 증가하며

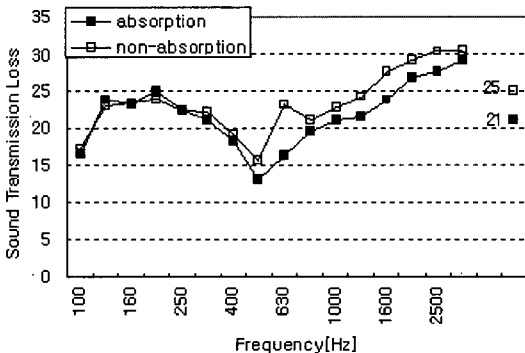


Fig. 8 Comparison of setting up absorbing material and none

세대당 16% 정도의 비용 절감효과가 있는 것으로 분석 되었으며 본 연구에서 33dB로 가장 차음효과가 좋은 것으로 분석된 설계 3안과 4안의 비교시 설계3안이 4안에 비해 세대당 약 39% 정도의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 외부소음도가 63dB(A)이하인 곳에서는 설계 1안을, 외부소음도가 64~68dB(A)인 곳에서는 설계 2안을, 69~73dB(A)인 곳에서는 설계 3안을 적용하는 것이 차음효과와 경제성면에서 유리한 것으로 분석 되었다.

3. 창호내 환기구 설치에 따른 소음도 조사

외부소음의 유입을 최소화하면서 환기가 가능하도록 발코니 창호의 프레임에 환기구를 설치하였다. 환기구의 설치에 따른 발코니 공간내 중앙점에서 환기구 개폐시 소음레벨을 측정하였다. 또한 환기구만의 소음 차단 특성을 파악하고, 환기구를 투과한 소리를 가시화하고자 음향인텐시티(sound intensity)법에 의해 음향인텐시티 레벨을 측정하였다.

3.1 환기구의 개요

환기구는 창호의 프레임 하부에 설치하도록 고안되었으며, 환기구 중앙부위에 개폐가 가능한 높이 4cm, 폭 1cm 크기의 12개의 구멍을 주어 중앙에 돌림 장치를 사용하여 수동으로 개폐조절이 가능하도록 고안된 장치이다. Fig. 9는 이 환기구의 모습을 보여준다.

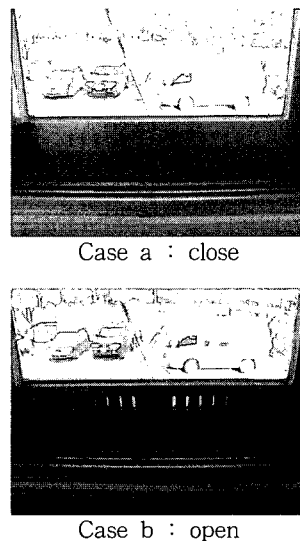


Fig. 9 The shape of ventilation hole and measurement condition

3.2 측정 내용 및 방법

(1) 발코니 공간에서의 측정

환기구의 개폐에 따른 발코니 공간에서의 실내 소음도 변화량을 파악하였으며, 실내소음도 측정은 한국산업규격(KS F 2235, “외벽 및 외벽 부재의 공기 전달음 차단성능 현장 측정방법”)에 준하여 실내측 소음도를 측정하였다. 발코니 중앙부에서 측정시 환기구 조건은 다음과 같다.

조건 a: 환기구 12개 구멍 폐

조건 b: 환기구 12개 구멍 완전 개(구멍면적 약 4 cm²)

조건 c: 조건 b에서 환기면적을 1/2로 줄임

(2) 음향인텐시티(Sound Intensity)레벨의 측정

음향인텐시티(sound intensity)법에 의한 측정은 Fig. 10과 같이 측정점을 정하였으며, 전체 환기구 12개중 6개를 측정대상으로 하였다. 마이크로폰간 간격은 12 mm, 마이크로폰과 시료간의 측정거리는 50 mm로 하여 실험을 진행하였다. 측정시 환기구 조건은 다음과 같으며, 분석시 전 주파수 대역(overall)의 dB(A) 값으로 나타내었다.

조건 1: 환기구 6개 구멍 폐

조건 2: 환기구 6개 구멍 완전 개(구멍간격 3 cm)

조건 3: 조건 2에서 한개씩 건너막아 구멍수를 3개로 함(구멍간격 6 cm), 외측과 내측구멍이 동일 위치

조건 4: 조건 3에서 외측과 내측 구멍을 엇갈려 배치

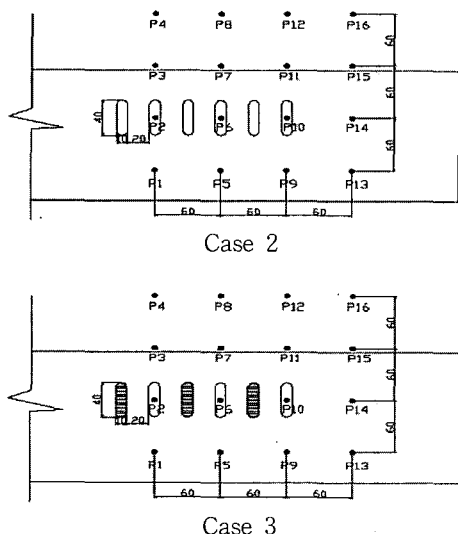


Fig. 10 The measurement points of each condition

3.3 측정결과

환기가 가능한 창호를 개발하기 위한 목적으로 고안된 환기구의 적용에 따른 영향을 평가한 결과는 다음과 같다.

(1) 환기구의 개폐정도에 따른 실내 소음도 비교

Table 3은 단창일 경우 각각의 실험조건에 따른 실내소음도를 나타낸 것이다. 발코니 공간 중앙부위에서 소음레벨을 측정한 결과, 환기구 완전밀폐시와 완전개방시의 레벨차이는 최대 약 3 dB(A)정도, 환기구면적을 1/2로 줄였을 때(조건 c)는 약 1 dB(A) 정도의 차이를 보였다. 같은 구조를 동일한 방법으로 실험하더라도 1~2 dB(A) 정도의 실험오차가 발생하는 것을 고려한다면 환기구의 개폐에 따른 소음의 영향은 그 변화값이 최대 3 dB 이내이므로 환기구를 통한 소음의 증가는 미약한 것으로 분석되었다.

(2) 음향인텐시티법에 의한 환기구의 소음량 평가

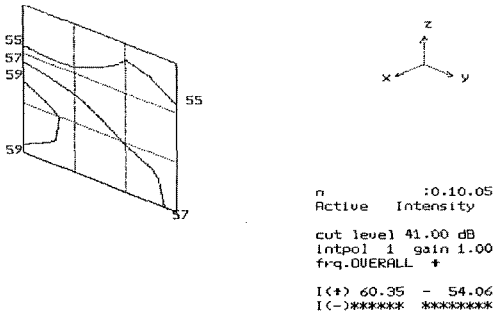
Fig. 11은 각각의 실험조건들에 대한 전주파수 대역 인텐시티 레벨을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 환기구의 구멍 부분에서의 인텐시티 레벨이 가장 큰 것을 알 수 있으며, 환기구 완전밀폐 시 54~60 dB(A)의 값을, 3 cm 간격의 환기용 구멍을 완전개방 시 55~70 dB(A)을 보임으로서 환기창의 환기용 구멍 부위에서 완전 밀폐시와 완전 개방시 최대 10 dB(A)정도 차이를 보이고 있다.

환기구멍의 간격이 6 cm간격(하나 걸러 막음)일 경우(측정조건 3), 56~64 dB(A)의 값을 보임으로서 완전 밀폐시와 최대 약 4 dB(A)정도의 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 환기 구멍 간격이 3 cm일 경우와 6 cm일 경우의 차이를 살펴보면, 6 cm 이격의 경우가 3 cm 이격에 비해 최대 6 dB(A)정도 차음성능이 좋은 것으로 나타났다.

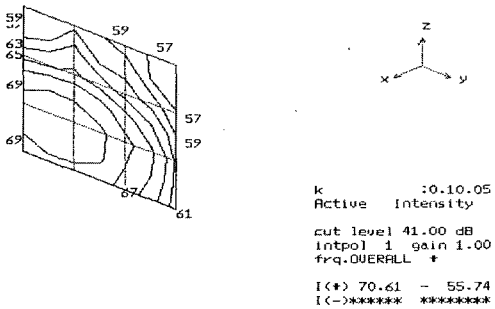
환기구멍을 엇갈림 배치한 측정 조건 4의 경우는 55~63 dB(A)로 나타나, 환기구멍의 완전 오픈시(측정 조건 2)에 비해 최대값이 약 7 dB(A) 저감되었음을 알 수 있으며, 완전 밀폐시에 비해서는 약 3 dB(A)

Table 3 Sound level in balcony as ventilation hole open/close

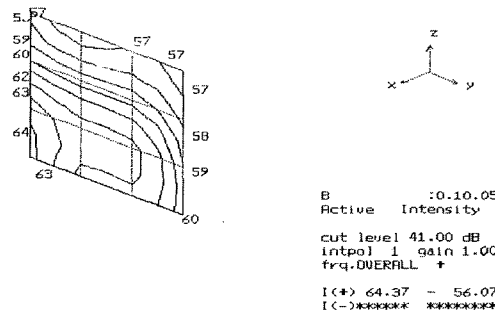
Condition	125	250	500	1 K	2 K	dB(A)
Close	50.6	53.2	57.7	61.5	56.8	64.4
Open	52.6	56.0	59.8	62.4	62.7	67.3
1/2 open	55.6	56.1	56.4	62.0	57.9	65.2



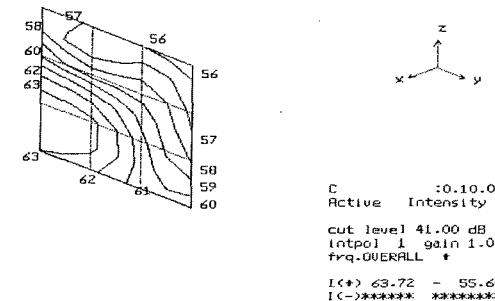
(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Case 3



(d) Case 4

Fig. 11 The result of sound intensity level

정도 인텐시티레벨이 상승하고 있음을 알 수 있다. Table 4는 각 측정점에 대한 인텐시티레벨을 나타낸 것이고 Fig. 12는 환기구 개방시에서 환기구 지점(P4, P8, P12, P16)과 환기구에서 가장 멀리 위치한 지점(P2, P6, P10, P14)에서의 인텐시티 레벨값 차이를 보여주는 것이다.

위에서 기술한 인텐시티 레벨의 측정 결과를 종합하면 환기구멍이 없었을 경우(측정조건 1)에 비해 3 cm 간격의 환기구멍이 있을 경우 차음성능 차이는 최대 10 dB(A)로 나타났으며, 6 cm 간격의 환기구멍을 설치시에는 차음성능 차이가 약 3~4 dB(A) 정도임을 알 수 있었다.

이러한 데이터는 환기구를 포함한 창호의 종합 투과손실 계산시 유용한 자료로 활용될 수 있다고 판단된다. 또한 인텐시티레벨에서의 3~10 dB(A)의 차이에 의해 환기구를 포함한 창호의 종합 투과손실이 변화하였으며, 이에 따라 발코니 공간내 실내소음도가 약 1~3 dB(A) 상승했다고 판단된다.

Table 4 Intensity level about each case [dB(A)]

Case \ Position	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Case1	59	60	57	55	59	59	57	55
Case2	69	71	65	59	69	71	67	59
Case3	64	63	60	57	62	63	60	57
Case4	63	64	60	57	62	64	58	57

Case \ Position	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
Case1	59	57	57	55	57	57	57	55
Case2	67	69	63	59	61	61	59	57
Case3	62	63	60	57	60	60	58	57
Case4	61	61	58	57	60	58	57	56

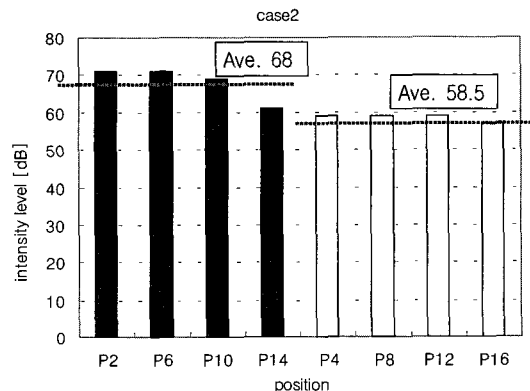


Fig. 12 Intensity level meter for position in case 2

4. 결 론

차음성을 중심으로 환기성을 고려한 공동주택 발코니 창호시스템 설계안을 제안하고 현장조건과 유사한 목업(mock-up) 실험실에 4가지 유형의 시작품을 설치한 후 설계안별, 환기구 구성요소별 차음성능 특성을 평가한 주요결과는 다음과 같다.

(1) 환기가 가능한 발코니 창호의 차음성능을 측정한 결과 설계 2안이 설계 1안에 비해 차음성능이 약 6dB정도 향상되며 59m²의 아파트에 적용시 약 16% 정도 비용절감효과가 있는 것으로 분석되어 경제성 등을 고려할 경우 설계 2안의 사용이 유리한 것으로 사료된다.

(2) 이중창과 고정단창으로 설계된 설계 3안의 경우 단일수치 평가량($R'_{45^{\circ},w}$)은 33dB로 이중창만으로 고안된 설계 4안과 동등한 차음성능을 나타내었고, 경제적 측면에서 볼 때 설계 3안을 59m²의 아파트에 적용할 경우 세대당 약 39% 정도의 비용 절감효과가 있는 것으로 분석되어 차음성능과 경제성 평가시 설계 4안 보다는 설계 3안의 사용이 더 유리한 것으로 사료된다.

(3) 단일창의 경우 환기구의 완전밀폐 시와 완전 개방시가 최대 약 3dB 정도의 차이가 있었으며 환기구 면적을 1/2로 줄였을 경우에는 약 1dB 정도의 음압레벨 차이를 보임으로서 환기구의 적절한 사용으로 발코니 공간내의 환기와 차음이라는 두 가지 목적을 충족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

(4) 음향인텐시티법을 사용해 환기구에서 50mm 이격된 지점에서 인텐시티레벨을 측정하여 비교한 결과, 환기구멍이 없었을 경우(측정조건 1)에 비해 3cm 간격의 환기구멍이 있을 경우 차음성능 차이는 최대 10dB(A)로 나타났으며, 6cm 간격의 환기구멍을 설치시에는 차음성능 차이가 약 3~4dB(A) 정

도임을 알 수 있었다.

이상에서와 같이 여러 가지 창호에 대해 다양한 실험을 통해 분석한 결과, 미서기창 일부를 고정창으로 설치할 경우 차음성능 향상 뿐 아니라 경제성도 우수한 것으로 나타났으며, 환기구의 설치로 인해 결로에 의한 하자발생을 낮출 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 외부소음도가 63dB(A)이하인 곳에서는 설계 1안을, 외부소음도가 64~68dB(A)인 곳에서는 설계 2안을, 69~73dB(A)인 곳에서는 설계 3안을 적용하는 것이 차음효과와 경제성면에서 유리한 것으로 분석되었다. 추후 제시된 설계안을 실제 현장에 적용하여 차음성능 뿐 아니라 시공성, 환기성능 등 각종 요구 성능 등을 검증할 예정이다.

후 기

이 연구는 환경부 “차세대핵심환경기술개발사업”의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) 김하근, 김홍식, 손장열, 1985, “유리창의 차음성능 현장측정방법에 관한 연구”, 대한건축학회 학술 발표대회논문집, 제 5 권, 제 2 호, pp. 129~232.
- (2) 김홍식, 오재응, 손장열, 1985, “S.I(Sound Intensity)법에 의한 벽체의 차음성능 현장측정에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제 5 권, 제 1 호, pp. 235~238.
- (3) 김하근 1995, “건물 내외부에서의 도로교통소음 측정 및 평가에 관한 연구” 한양대학교 박사학위논문, pp. 11~40.
- (4) 김선우, 정진연, 이옥균, 2001, “실험실 실험을 통한 창호의 차음성능 개선에 관한연구”, 한국소음진동 공학회논문집, 제 11 권, 제 2 호, pp. 307~315.