

2024년 춘계학술발표대회 : 대학생부문

기숙사 내 발생하는 내부전달 소음 저감을 위한 건축설계 개선 방안

Architectural Designing Approaches for Improving Indoor Acoustics of a Dormitory in terms of Internally-Transmitted Noise

○김준영* 전상은** 김용희***
Kim, Jun-Young Jeon, Sang-Eun Kim, Yong-Hee

Abstract

In this study, we investigated how to reduce noise in dormitories by using computer simulation, and for this purpose, we changed the materials in the common room and stairwell from reflective to sound-absorbing and compared them. As a result of the study, it was found that the overall case noise was reduced by sound absorption treatment in the common room, and in the case of the staircase room, the effect of sound absorption treatment in the corridor was significant. This study highlights the need to not only reduce noise, but also to protect the privacy of students even as the amount of conversation increases in common spaces. In future research, it is necessary to investigate the applicability of these sound-absorbing technologies in other types of buildings and in various environments, and to explore ways to increase the efficiency and cost-effectiveness of sound absorption by combining innovative technologies with practical solutions.

키워드 : 기숙사, 실내소음, 흡음처리

Keywords : Dormitory, Indoor noise, Sound absorption treatment

1. 서론 *

기숙사는 대학생들에게 학업 및 생활의 중심 지점이 되는 공간으로, 안락하고 조용한 환경은 학생들이 효과적으로 학습하고 휴식을 취할 수 있는 필수적인 공간이다(안진오&제해성, 2007). 특히, 기숙사는 공동주거시설이면서, 더불어 개별실에서의 학습공간 비중과 휴게실이나 화장실과 같은 공용 공간의 비중도 큰 특수성이 있다(안진오&제해성, 2007). 하지만, 기숙사는 낮은 수용율과, 공동생활에 따른 불편, 열악한 환경이 불만 요인으로 꼽히고 있다(포항공대신문, 2022). 기숙사 주거환경에 대한 만족도는 낮은 수준이며, 특히 열악한 방음능력이 가장 큰 불만요인으로 지적되고 있다(김미희&오지영, 2008; 포항공대신문, 2022).

이전 연구(Su et al., 2013)에서 대학 기숙사의 실외소음도는 창문 개방여부에 따라 10 dB 차이가 나타나며, 창문을 열었을 때 외부로 전파되는 내부에서 발생하는 소음이 10 dB 크다는 것을 의미한다. 특히, 실내 공간 중 계단실에서

에서의 소음도가 60 dBA 이상으로 가장 크게 나타는데, 이것은 내화재료로 단단하게 마감된 계단실 내부의 표면이 흡음능력이 거의 없는 반사소재로 재질차이 등에 따른 대화소음 등이 증폭될 수 있는 가능성을 시사한다. 또한, 공용공간 중 휴게실은 공동 생활하는 기숙사 내 학생들이 관내에서 사회적으로 교류하고 쉴 수 있도록 지정된 장소로서, 대화와 같은 자유로운 일상 활동이 보장될 필요가 있다. 하지만, 제대로 설계되지 않은 기숙사에서는 휴게실에서의 대화음이 반사성 마감으로 된 복도와 계단실에 따라 전달되어, 각 실에서 공부를 하거나 휴식을 취하는 다른 학생들에게 거슬리는 소음을 전달시켜 불편을 초래하는 사례가 발생하고 있다. 소음 문제는 학업 성취도를 저하에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에, 대학은 학생들의 쾌적한 학업 환경을 제공하기 위해 실내 음환경 시설을 개선할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 예측으로 기숙사 내 발생하는 소음의 전파경로를 규명하고, 건축적인 설계방법을 이용하여 내부 전달되는 소음을 저감시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 A대학의 기숙사 1개 동을 대상으로 내부 소음이 발생할 수 있는 휴게실과 계단실을 음원실로 선정하여 실내 소음 전달 상태를 분석하였다. 소음저감을 위한 건축적인 방법으로서, 주요 전달 경로인 복도와 계단실에 흡음소재를 마감재로 설치하는 것을 고려하였다.

* 영산대 건축공학과 학사과정

** 부산대 건축학부 석사과정

*** 영산대 건축공학과 조교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Youngsan University, yhkim@ysu.ac.kr)

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1F1A1072690).

2. 연구 방법 및 대상

2.1 실험 대상 공간

본 연구는 그림 1(a)과 같은 A대학의 기숙사 건물을 대상으로 하였다. 대상 기숙사는 지상 5층의 규모로 연면적은 약 5,000 m²이다. 대상 기숙사의 2층 중앙은 그림 1(b)와 같은 휴게실이 배치되어 있으며, 장방형 형상에서 단변의 한면이 복도와 얇은 유리벽으로 연결되어 있다. 한편, 그림 1(c)는 각 층의 거주공간을 연결하는 복도의 모습을 나타내며, 그림 1(d)는 각 층을 연결하는 계단실 내부의 모습을 나타낸다.



(a) 외관 모습

(b) 2층 휴게실 모습

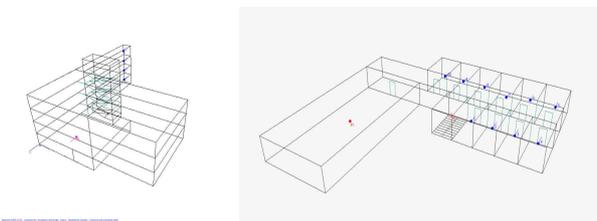
(c) 복도 내부 모습

(d) 계단실 내부 모습

그림 1. 기숙사 내부 사진 및 소음원 위치

2.2 시뮬레이션 모델 및 설정

그림 2(a)는 시뮬레이션 예측을 위해 3D로 모델링한 대상 기숙사 모습을 나타낸다. 주요 마감면을 3dface를 이용하여 면으로 모델링하였으며, 재료에 따라 구분하였다. 대상 공간은 이전 연구(김준영&김용희, 2023)를 통해 현장의 특성에 따라 마감재의 음향특성을 입력하였다. 기존의 기숙사 내 계단실은 마감재는 반사성 소재 휴게실은 유리로 마감되어 있다. 그림 2(b)는 주요 음원실인 휴게실과 계단실이 위치한 2층만을 대상으로 음원과 측정점을 표시한 모습이다.



(a) 3D 모델링 모습

(b) 음원과 측정점의 위치

그림 2. 기숙사 3D 모델링 및 음원/측정점 위치의 표시

각 실의 출입문은 상시 이동하는 학생들의 상황을 모사하여 개방된 상태로 설정하였다. 수음점은 학생들이 거주하는 각 실별 중앙지점으로 설정하였다. 음원은 휴게실에서 소음이 발생한 상황을 모사한 P1과 계단실에서 소음이 발생한 상황을 모사한 P2로 구분하여 시뮬레이션을 진행하였다. 음원과 수음자의 위치는 서 있는 사람을 모사하여 바닥으로 각각 1.5 m 떨어진 지점으로 설정하였다. 음원의 크기는 ISO 3382-3에 따라 일반 대화시의 음성에 대한 음향과위레벨값(68.4 dBA)을 입력하였다. 시뮬레이션은 음선추적법을 이용한 상용 프로그램인 Odeon v17을 이용하였다. 그림 3은 시뮬레이션 수행을 위한 세부 설정값을 나타낸다. 배경소음은 조용한 환경을 모사하여 NC-15 수준으로 설정하였다.

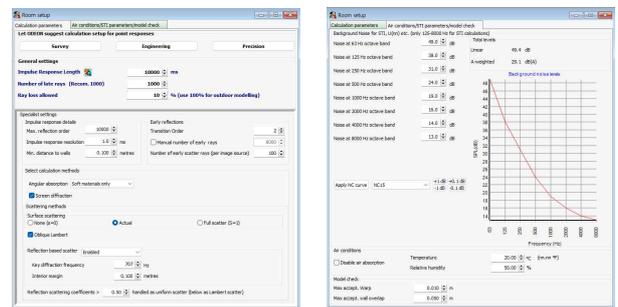


그림 3. 시뮬레이션 설정

2.3 실내 전파 소음 저감을 위한 건축설계 개선방안

현재의 기숙사 내부 복도와 계단실 뿐만 아니라 휴게실 내부도 반사성이 높은 화강석과 콘크리트 위 수성페인트 마감 등으로 되어 있기 때문에, 실내 흡음재 배치를 통해 전파되는 소음을 저감시킬 수 있다. 표 1은 모두 반사 마감으로 된 현재 상태(Case 0)과 비교하여, 계단실 내부의 벽체와 바닥을 흡음재로 적용한 Case 1을 기본으로 휴게실 경계벽 벽체와 바닥을 흡음재로 적용한 Case 2와 복도의 벽체와 바닥에도 흡음재를 적용한 Case 3에 대한 시뮬레이션 비교 케이스를 나타낸다.

표 1. 건축설계 개선방안별 시뮬레이션 케이스 구분

(C: 콘크리트 위 수성페인트 마감, G: 화강석 물갈기 마감, P: 카페트 마감, W: 목모보드 흡음재 마감, D: 단일유리 벽체, DD: 이중유리 벽체)

구분	계단실 마감재 흡음성능		휴게실 경계벽 흡음성능		복도 마감재 흡음성능	
	벽	바닥	벽	바닥	벽	바닥
Case 0	C	G	D	G		
Case 1			D	G	C	G
Case 2	W	P	DD	P		
Case 3					W	P

3. 시뮬레이션 결과

3.1 휴게실 내 발생 소음(P1)의 저감성능

그림 4(a)는 음원이 휴게실 내 중앙에서 배치되었을 때 같은 층의 다른 거주 공간으로 전파된 소음도 분포의 예측결과를 나타낸다. 휴게실과 가장 가까운 거주공간인 R10에서는 41.2 dBA로 예측되었고, 가장 먼 R5는 26.3 dBA로 예측되었다. 10개실의 평균값은 32.5 dBA로 나타났다. 배경소음이 NC-15 수준이었기 때문에, 재실자가 충분히 거슬리게 느낄 수 있는 소음도로 판단된다.

그림 4(b)은 계단실에만 흡음 마감이 적용된 시뮬레이션 케이스로서 휴게실과 가장 가까운 R10에서는 41.1 dBA로 0.1 dB만 저감되었고, 가장 먼 R5에서는 20 dBA로 6.3 dB 만큼 저감되는 것으로 나타났다. 그러나, 계단실과 가까운 R1지점은 Case 0에서 34.8 dBA였으나, Case 1에서는 31.2 dBA로 3.6 dB만 감소하는 것으로 나타났다. 이에 따라 10개 지점의 평균값은 31.1 dBA로서 전체적으로 1.4 dB만큼 감소하는 것으로 예측되었다.

그림 4(c)는 Case 1에 더해 휴게실 내부에 흡음 마감이가 추가 적용되었으며, 이에 따라 휴게실과 가장 가까운 거주공간인 R10에서는 37.9 dB로서 Case 1에 비해서도 3.2 dB 만큼 감소하였고, 가장 먼 R5에서는 16.6 dBA로 Case 1에 비해 3.4 dB 만큼 감소하는 것으로 예측되었다. 따라서, 10개실의 평균값은 25.4 dBA로 Case 1에 비해 5.7 dB 감소하는 것으로 나타났다.

마지막으로, 그림 4(d)는 Case 2에 더해 복도 내부에 흡음 마감이가 추가 적용된 결과를 나타내며, 휴게실과 가장 가까운 R10에서는 19.8 dBA로 나타났고, 가장 먼 R5에서는 6.7 dBA로 예측되어 크게 감소하는 것으로 나타났다. 10개실의 평균값은 17.6 dBA로 나타나, Case 2에 비해서 7.8 dB 만큼 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 배경소음도인 NC-15 보다 현저히 낮은 것으로 실내에서 문을 열고 있는 상태를 감안하면 휴게실에서의 대화음이 들리지 않을 것으로 예측된다.

3.2 계단실 내 발생 소음(P2)의 저감성능

그림 5(a)는 음원이 계단실 내 중앙에서 배치되었을 때 같은 층의 다른 거주 공간으로 전파된 소음도 분포의 예측결과를 나타낸다. 계단실과 가깝게 마주보는 R9에서는 52.3 dBA로 예측되었고, 가장 먼 R5는 47 dBA로 예측되었다. 이에 따라 10개실의 평균값은 49.9 dBA로 나타났다. 앞서 그림 5(a)에서 예측한 휴게실 음원에서의 예측값과 비교하면, 17.4 dB 만큼 더 크게 실내로 전달되는 것으로 예측되었다.

여기에서, 그림 5(b)와 같이 계단실에만 흡음 마감이가 적용하게 되면 가깝게 마주보는 R9에서는 48.5 dBA로 3.8 dB 만큼 저감되었고, 가장 먼 R5에서는 40 dBA로 7 dB 만큼 저감되는 것으로 나타났다. 이에 따라 10개 지점의 평균값은 44.3 dBA로서 전체적으로 5.5 dB만큼 감소하는 것으로 예측되었다.

그림 5(c)는 Case 1에 더해 휴게실 내부에 흡음 마감이가

추가 적용되었으며, 이에 따라 계단실에 가깝게 마주보는 거주공간인 R9에서는 48.5 dBA로서 Case 1과 동일한 수치를 나타내고 가장 먼 R5에서는 40.1 dBA로 Case 1에 비해서도 같다는 것을 볼 수 있다. 따라서, 10개실의 평균값은 44.3 dBA로 나타났다.

마지막으로, 그림 5(d)는 Case 2에 더해 복도 내부에 흡음 마감이가 추가 적용된 결과를 나타내며, 계단실에 가깝게 마주보는 거주공간인 R9에서는 45.1 dBA로 나타났고, 가장 먼 R5에서는 31.5 dBA로 예측되었다. 10개실의 평균값은 37.9 dBA로 크게 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 복도에서 전파되는 소음을 흡음처리하여 가장 효과적으로 실내 전달되는 소음을 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 그러나, 복도에서 발생한 소음도는 조용한 실내의 기준인 NC-15에 비해 크게 높아서 여전히 재실자의 소음에 대한 불만족이 나타날 수 있다.

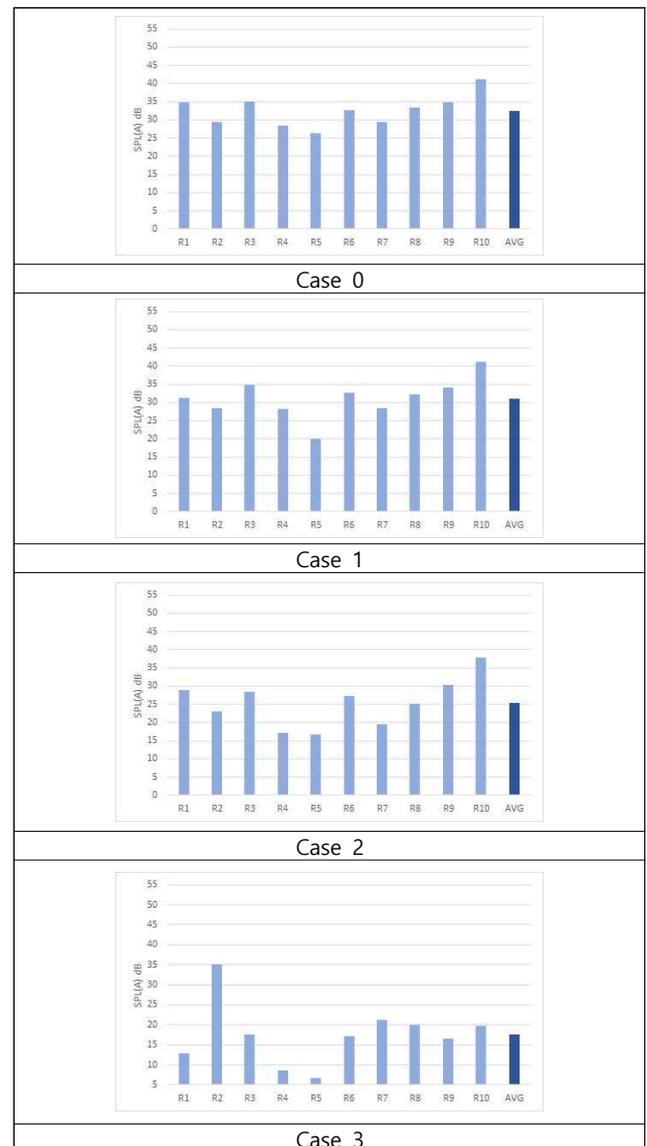


그림 4. 음원이 휴게실에 있을 때(P1)의 각 실별 전달되는 소음 분포의 시뮬레이션 케이스별 예측 결과

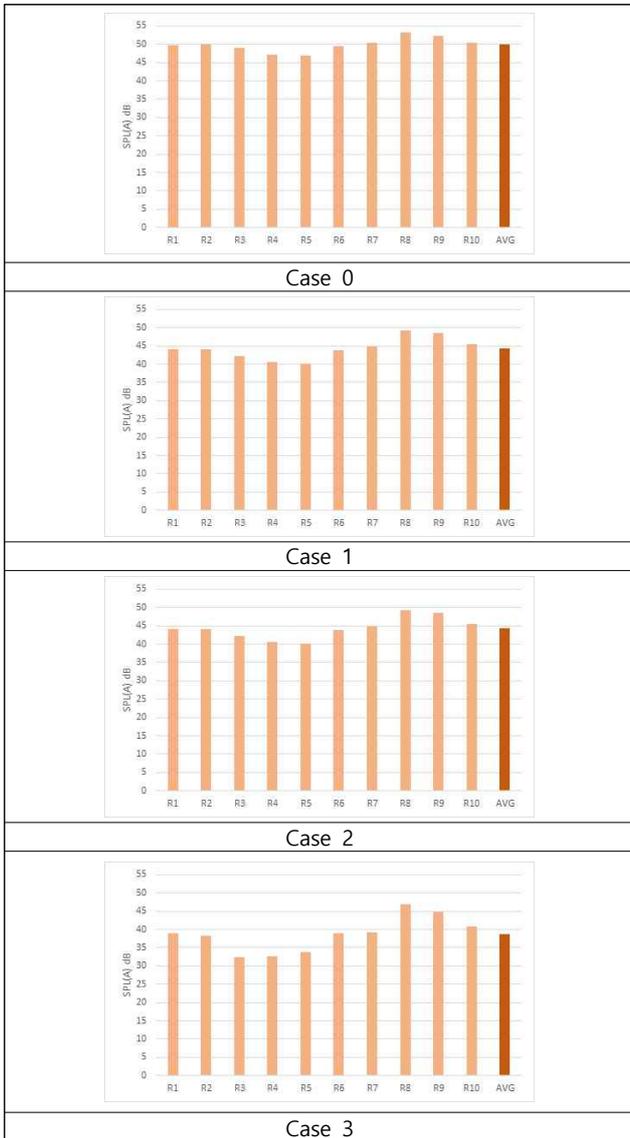


그림 5. 음원이 계단실에 있을 때(P2)의 각 실별 전달되는 소음 분포의 시뮬레이션 케이스별 예측 결과

- Case 0: 모든 마감면이 반사재질인 현재 상태
- Case 1: 복도 내부 흡음 마감 처리 적용
- Case 2: Case 1+휴게실 내부 흡음 마감 처리 적용
- Case 3: Case 2+계단실 내부 흡음 마감 처리 적용

4. 토의 및 결론

본 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 활용하여 기숙사 내 소음 저감 방안을 조사하였으며, 이를 위해 휴게실과 계단실의 재료를 반사성에서 흡음성으로 변경하여 비교 분석하였다. 음원이 휴게실에 있을 때 같은 층의 각 실로 전달되는 소음이 평균 32.5 dBA로 나타났고, 음원이 계단실에 있을 때에는 각 실로 전달되는 소음이 평균 49.9 dBA로 나타났다. 휴게실은 유리 경계벽으로 소음이 다소 저감되지만, 복도에서 발생하는 대화음은 재실자에게 크게 거슬릴 수 있다는 것을 나타낸다. 복도, 휴게실 내부와 계단실 내부에 흡음 마감을 적용하게 되면 전달되는 소음도는 크

게 감소되어 휴게실에서 발생하는 소음은 배경소음 이내로 제어할 수 있는 것으로 예측되었다. 그러나, 계단실에서 발생하는 소음은 여전히 거슬릴 수 있는 수준으로 예측되어 소음 저감을 위한 추가 고찰이 필요하다.

이번 연구를 통해 소음 저감뿐만 아니라, 공용 공간에서 대화량이 늘어나더라도 학생들의 프라이버시를 보호할 필요가 있다는 점을 주목하였다. 향후 연구에서는 이러한 흡음 처리 기술이 다른 유형의 건물이나 다양한 환경에서 적용 가능성을 조사할 필요가 있으며, 흡음 처리의 효율성과 비용 대비 효과를 높이는 방법을 모색할 필요가 있다. 또한, 대화량 증가와 프라이버시 보호 간의 균형을 맞추기 위해 소음 저감 방안을 보다 개선해 나가는 과정에서 학생들의 편의성과 안락성을 고려하는 것이 중요할 것으로 생각되고 이를 통해 학생들의 학업 및 생활 품질을 향상 시키는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김미희, 오지영 (2008). 대학생의 기숙사 실내공간에 대한 주거만족도 -광주.전남지역을 중심으로-, 한국주거학회논문집 19(6), 145-155.
2. 김준영, 김용희 (2023). 기숙사 복도 내 흡음처리를 통한 소음 전달 저감방안, 2023년 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회, 부산대 건설관
3. 안진오, 제해성 (2007). 대학기숙사 건축에 있어서 공용공간에 관한 사례연구, 한국생태환경건축학회논문집 7(4), 91-96.
4. 포항공대신문, 심화하는 대학생 주거 문제, 우리대학 주거실태는, 2022.02.26 (<https://timespost.chonbuk.ac.kr/news/articleView.html?idxno=21911>)
5. ISO 3382-3:2022, Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 3: Open plan offices, International Organization for Standardization, Geneva
6. Su, W., Kang, J. & Jin, H. (2013). Acoustic Environment of University Campuses in China, Acta Acustica United with Acustica 99, 410-420.