

## PVC 터닝도어의 단열 및 차음성능 개선 연구

### Study on Improving the Insulation and Soundproofing Performance of PVC Turning Doors

○김혜연\* 박진철\*\*  
Kim, Hye-Yeon Park, Jin-Chul

#### Abstract

In this study, we improved the insulation and soundproofing performance of PVC turning doors. Solutions for enhancing these aspects were proposed through simulations and experiments, and product performance was verified through accredited testing. The original PVC turning door had an indoor surface temperature of 12.2°C, but with the final insulation improvement, it increased by 3.4°C. According to accredited tests, the heat transfer coefficient met the insulation standard for direct outdoor exposure in central region 1. TDR met the condensation region 1 standard. The original soundproofing performance was  $Rw+C$  24dB, but with the final improvement alternative, self-tests on masonry walls achieved  $Rw+C$  29dB, and accredited tests on concrete walls reached  $Rw+C$  30dB, showing a 5~6dB improvement.

키워드 : PVC터닝도어, 단열, 차음, 시뮬레이션, 실험

Keywords : PVC turning doors, Insulation, Soundproofing, Simulation, Experiment

#### 1. 서론

그동안 공동주택에서는 비난방 공간인 실외기실은 발코니와 같은 비난방 완충 공간을 통해 난방 공간으로 출입하는 설계가 많았다. 그림1(a)와 같은 평면에서 실외기실 도어의 단열 및 차음성능은 침실과 같은 난방 공간에 영향이 적은 편이었다. 최근 공동주택에서는 그림1(b)와 같이 공간상 필요에 의해 비난방 공간인 실외기실의 도어가 난방 공간에 직접 면하는 경우가 늘어나고 있다. 2023년도 10대 건설사에서 1년간 분양한 공동주택들의 84A타입 평

면을 분석한 결과, 실외기실 도어를 통해 난방 공간으로 바로 출입하는 평면이 18.2%인 것으로 나타났다. 다른 비난방 공간인 보조주방은 모든 평면에서 난방공간으로 바로 출입하는 것으로 나타났다.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2022) 기준에 따르면, 건축물에서 비난방 공간과 난방 공간이 만나는 부위는 단열계획에 따라 간접외기에 면하는 수준의 단열을 하거나, 단열을 하지 않을 수 있다. 특히 공동주택에서는 세대 내 실외기실, 보조주방과 같은 비난방 공간이 난방 공간에 면할 때, 단열이 불필요한 경우 목도어, 철제도어, ABS도어 등을 사용하며, 간접 외기 면하는 수준 단열이 필요한 경우 PVC터닝도어를 사용해왔다.

그러나 비난방 공간을 창호/그릴로 외기 유입을 차단하는 간접외기에 면하는 구간으로 설계했으나, 세탁 후 환기 및 실외기 사용으로 창호/그릴 개방상태가 지속되면 도어가 직접외기에 면하는 상태가 된다. 한파 날씨에서 장시간 유지될 경우, 도어 표면온도가 노점온도 이하로 낮아지며 결로가 발생할 가능성도 있다.

세대 내 도어에 대한 법적 차음 기준이 부재하기 때문에 비난방 공간의 도어 선정 시 차음성능은 고려되지 않는다. 그러나 해당 비난방 공간에는 세탁기, 건조기, 보일러, 실외기 등 소음원이 존재하는 경우가 많고, 벽체보다 도어의 차음성능이 낮은 편이기 때문에 도어를 통해 실내에 소음이 전달된다.

최근 공동주택 입주자들의 주거만족에 대한 기준이 높아지면서, 법적 기준을 준수했다라도 생활 시 불편함으로



(a) 비난방-비난방 실외기실 평면 (b) 난방-비난방 실외기실 평면  
그림1. 공동주택 실외기실 배치 유형

\* 디엘이앤씨 주택사업본부, 중앙대학교 건축공학과 박사과정

\*\* 중앙대학교 건축공학과 교수

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering,  
Chung-Ang University, jincpark@cau.ac.kr)

민원을 제기하는 사례가 늘고 있다. 입주자들은 난방 공간에서 주로 생활하기 때문에 비난방 공간으로부터 유입되는 냉기 및 소음에 불편을 호소한다. 따라서 법적 성능이 아닌, 극한의 상황을 가정하여 비난방 공간 도어의 단열 및 차음성능 개선이 필요하다.

비난방 공간의 그릴/창호가 한파 날씨에 장시간 열린 상황을 가정하면 직접외기에 면하는 단열 수준이 필요하다. Nam(2011)의 연구에서 사용한 당시에도 최대 실외기 소음(65dB) 모델을 사용한다고 가정하면, Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2021)의 거주공간 내부 기계환기설비 소음을 40dB 이하로 유지하기 위해 25dB 이상의 차음성능이 필요하다. 그러나 WHO(1999) 실내 소음 권장 수준이 35dB인 점을 감안하면, 기존 대비 5dB 이상의 차음성능이 필요하다.

본 연구에서는 PVC 터닝도어의 단열성능을 직접외기에 면하는 수준으로 개선하고, 차음성능을 WHO(1999) 실내 소음수준을 반영하여 기존 대비  $Rw+C$  5dB를 개선하고자 한다. PVC 터닝도어의 단열 및 차음성능을 개선하기 위해 시뮬레이션 및 실험을 통해 개선안을 제시하고, 공인기관 시험을 통해 제품 성능을 확인하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 단열성능 개선을 위한 전열해석

PVC 터닝도어의 단열성능 개선 요소로 문짝 챔버 구성, 문짝 패널 단열 두께, 보강재, 가스켓 추가, 격벽 단열재를 선정하였고, 해당 요소들을 대상으로 전열해석을 실시하였다. 지역1 외기온도 기준  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 실외기실 공간 온도를 시뮬레이션을 통해  $-15.3^{\circ}\text{C}$ 로 가정하였고, 실내온습도는  $25^{\circ}\text{C}$ , 50%로 설정하였고, THERM 프로그램을 사용하여 해석하였다. 전열해석을 통해 실내측 최저 표면온도를 비교하여 단열성능 개선 효과를 판단하였다.

### 2.2 차음성능 개선을 위한 차음실험

단열성능 유지를 위해 단열성능도 높은 차음자재를 조합하여 실험 케이스를 선정하고, 차음성능 실험을 수행하였다. 차음실험을 통해 도출되는  $Rw+C$ 값을 비교하여 차음성능 개선 효과를 판단하였다.

### 2.3 공인기관 시험 결과 비교

단열 및 차음성능을 개선한 PVC 터닝도어 설계를 제품으로 제작하여 공인기관 시험을 통해 실제 개선 효과를 검증하였다. 단열성능은 KS(2017), KS(2004)로 열관류율과 TDR값, 차음성능은 KS(2017)로  $Rw+C$ 값을 확인하였다.

## 3. 연구 결과

### 3.1 단열 개선 요소별 전열해석 결과

#### (1) 문짝 챔버 구성

기존 문짝 대비 챔버의 개수가 많을수록 단열성능이 높아지는 경향을 보이나, 보강대와 실내/외를 연결하는 가

로로 구획 시, 그림2와 같이 실내측 표면온도가 낮아진다.

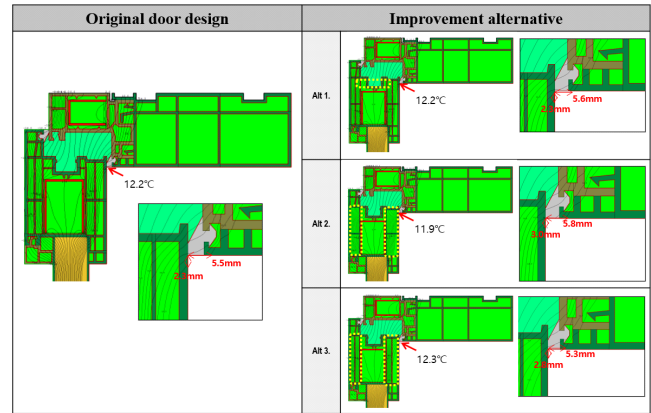


그림2. 문짝 챔버 구성에 따른 전열해석 결과

#### (2) 문짝 패널 단열 두께

기존 문짝 패널 단열재 두께 20mm를 40mm로 증가시켜 비교했을 때, 그림3과 같이 표면 최저온도가  $12.2^{\circ}\text{C}$ 에서  $12.3^{\circ}\text{C}$ 로  $0.1^{\circ}\text{C}$  상승하였다.

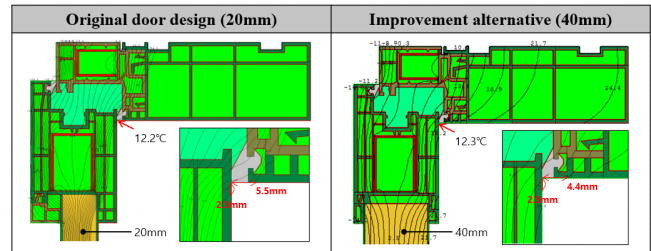


그림3. 문짝 패널 단열 두께에 따른 전열해석 결과

#### (3) 보강재

기존 도어에서 문짝 보강재를 삭제했을 때, 그림4와 같이 최저 표면온도가  $12.2^{\circ}\text{C}$ 에서  $12.4^{\circ}\text{C}$ 로  $0.2^{\circ}\text{C}$  상승하였다. 문틀 보강재를 삭제했을 때 최저 표면온도는  $12.7^{\circ}\text{C}$ 로  $0.5^{\circ}\text{C}$  상승, 문짝/문틀 보강재 모두 삭제했을 때 최저 표면온도는  $12.8^{\circ}\text{C}$ 로  $0.6^{\circ}\text{C}$  상승하였다.

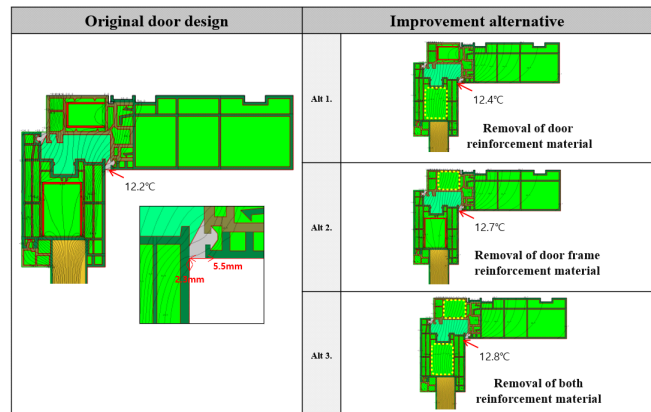


그림4. 보강재 유무에 따른 전열해석 결과

#### (4) 가스켓 추가

문짝에서 실내측에 미들 가스켓을 추가하여 이중 가스

켓 형태로 구성 시, 그림 5와 같이 표면 최저 온도가 12.2°C에서 13.4°C로 1.2°C 상승하였다.

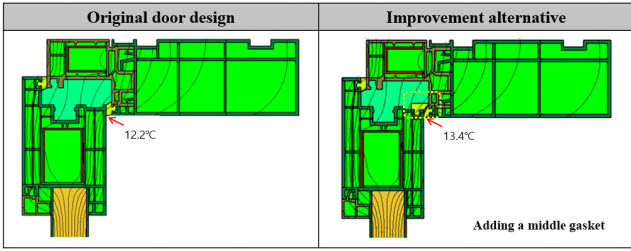


그림5. 가스켓 추가에 따른 전열해석 결과

(5) 격벽 단열재

문짝에서 실외와 면하는 부위에 격벽 내부 단열재를 삽입하였을 때, 그림6과 같이 표면 최저온도가 12.2°C에서 13.5°C로 1.3°C 상승하였다.

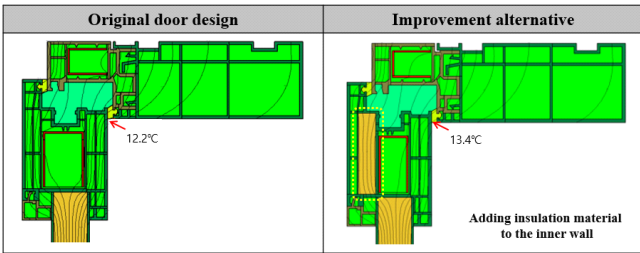


그림6. 격벽 단열재 추가에 따른 전열해석 결과

3.2 단열성능 개선안 전열해석 결과

단열성능 개선 요소들을 조합하여 도출한 대안들의 전열해석 결과는 그림7과 같다.

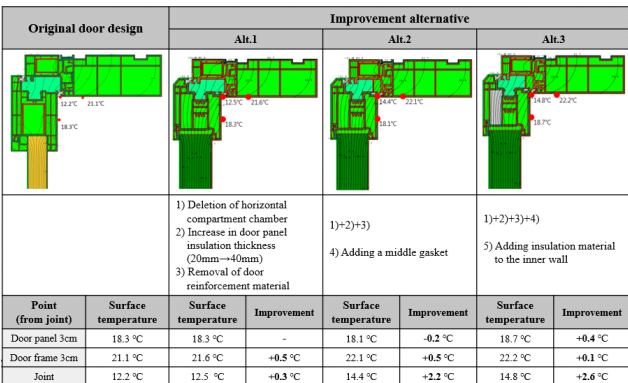


그림7. 기존 대비 단열 개선안 비교 결과(Alt.1~3)

단열 개선 요소 중 보강재를 삭제할 경우, 단열 개선 성능 효과가 크나, 장기 사용 시 휨 발생 우려가 있어 최종 설계에서 제외하였다. 보강재 사이즈만 조정하여 최종 설계한 PVC 터닝도어 대안4의 전열해석 결과는 그림8과 같다. 기존 표면온도 대비 대안4 개선안은 문짝-문틀 접합부로부터 3cm 떨어진 문짝에서 0.6°C 상승하였고, 문틀에서는 0.8°C, 접합부에서는 3.4°C 상승하였다. 대안4의 실내측 최저 표면온도(15.6°C)가 설정한 실내온습도의 노점온도(13.9°C)보다 높기 때문에, 해당 조건에서는 결로 발생 가능성이 낮을 것으로 판단된다.

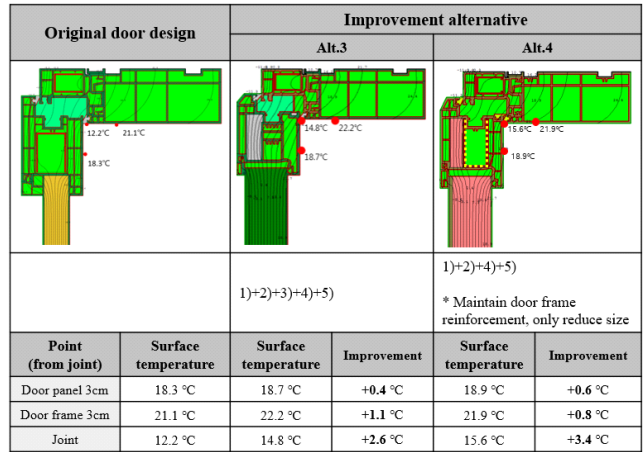


그림8. 기존 대비 단열 개선안 비교 결과(Alt.3,4)

3.3 차음자재들 구성별 차음성능 실험 결과

(1) 차음자재 조합 패널 차음실험 결과

단열성능도 높은 차음자재 및 단열재를 조합하여(표1) 패널 형태로 넣고 차음성능을 실험하였을 때, 실험 케이스 중 유기/무기 복합 차음시트 4T와 XPS단열재 40T 조합(Case1)이 총 두께 대비 가장 우수한 차음성능을 보였다.

표1. 차음자재 조합 패널 개요 및 차음실험 결과

Case	구성	두께 (mm)	Rw+C (dB)
1	ABS(1.5T)+복합차음시트(4T)+XPS(40T)+ABS(1.5T)	47	27
2	ABS(1.5T)+허니컴(10T)+PE(25T)+허니컴(10T)+ABS(1.5T)	47.5	27
3	ABS(1.5T)+허니컴(10T)+계란판(25T)+허니컴(10T)+ABS(1.5T)	48	26
4	ABS(1.5T)+허니컴(10T)+GCF(25T)+허니컴(10T)+ABS(1.5T)	48	27

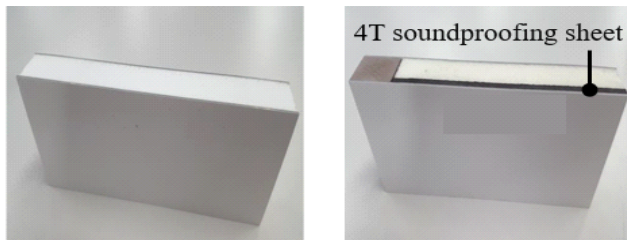
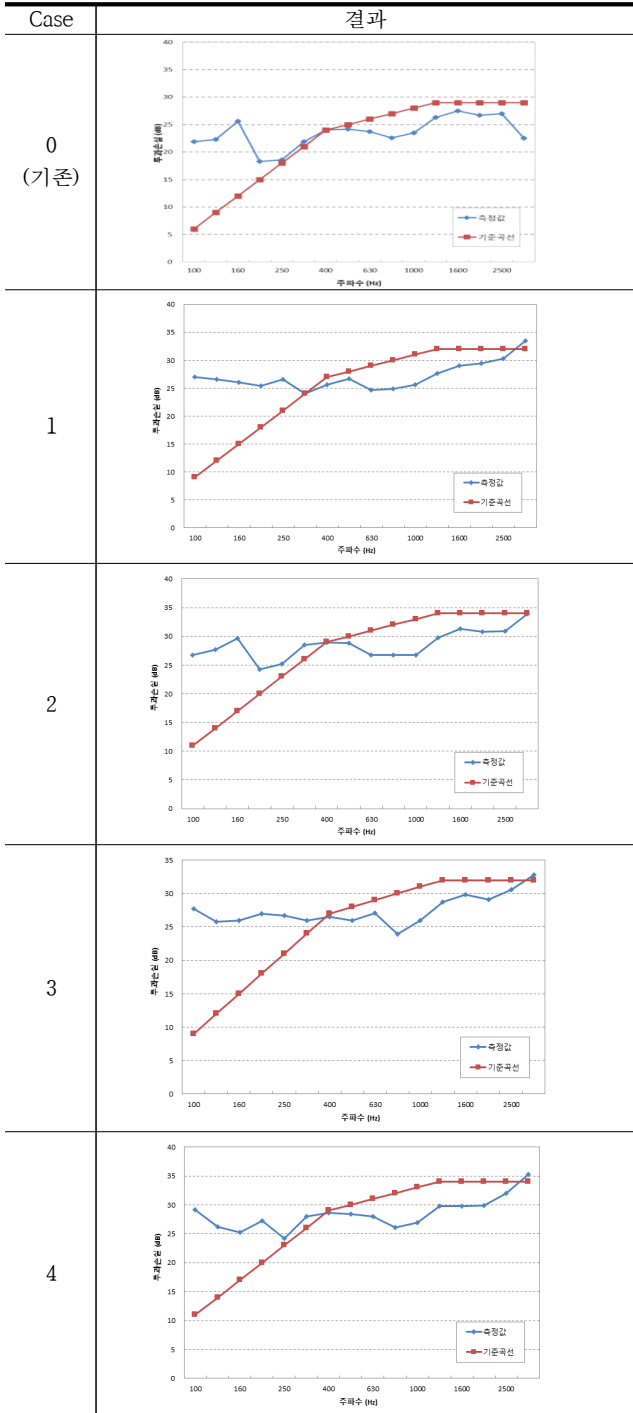
(2) 복합차음시트 조합 패널 차음실험 결과

유기/무기 복합차음시트 4T를 고정하고, 차음자재 및 단열재를 표2와 같이 조합하였을 때, 실험 케이스 중 고밀도 XPS 40T와 결합한 조합(Case2)이 총 두께 대비 가장 우수한 차음성능을 보였다. 차음자재 없이 단열재만으로 구성된 기존 패널(Case0)의 차음성능인 Rw+C 24dB에서 Rw+C 29dB로 5dB 증가하였다(표2,3).

표2. 복합차음시트 조합 패널 개요 및 차음실험 결과

Case	구성	두께 (mm)	Rw+C (dB)
0	ABS(1.5T)+XPS(40T)+ABS(1.5T)	43	24
1	ABS(1.5T)+복합차음시트(4T)+XPS(40T)+ABS(1.5T) X 2개 세트	94	27
2	ABS(1.5T)+복합차음시트(4T)+고밀도XPS(40T)+ABS(1.5T)	47	29
3	ABS(1.5T)+복합차음시트(4T)+GCF(50T)+ABS(1.5T)	50	28
4	ABS(1.5T)+복합차음시트(4T)+암면(50T)+ABS(1.5T)	50	29

표3. 복합차음시트 조합 패널 차음실험 결과 그래프



(a) 기존 단일 패널(case0) (b) 복합차음시트 패널(case2)  
그림9. 차음실험용 패널 구성

### 3.4 외부공인시험 결과

단열 및 차음성능을 개선한 PVC 터닝도어에 대해 외부 공인시험 기관에서 시험을 수행한 결과, 단열성능은 열관류율 0.737 W/m<sup>2</sup>K로 중부 1지역 직접외기에 면하는 단열 기준(0.900 W/m<sup>2</sup>K 이하)을 만족하고, TDR값은 문짝 0.28, 문틀 0.13으로 결론 1지역 기준(문짝 0.30, 문틀 0.22 이하)을 만족하는 것으로 나타났다. 차음성능은 Rw+C30 dB로 기존 PVC 터닝도어의 차음성능인 Rw+C 24dB 대비 6dB 상승하는 것으로 나타났다.

### 4. 결론

PVC 터닝도어의 단열 및 차음성능 개선을 위한 연구를 진행하였다. 단열성능은 격벽 단열재, 가스켓 추가, 보강재, 챔버 개수, 패널 두께 순으로 영향이 있었다. 보강재를 삭제할 시 휨 강도 유지가 어려울 것으로 판단하여 해당 요소를 제외하여 설계하였다. 기존 PVC 터닝도어는 실내측 최저 표면온도가 12.2°C였으나, 개선 시 3.4°C 상승하였다. 공인시험 결과, 열관류율은 중부1지역 직접외기에 면하는 단열 기준을 만족하며, TDR값은 결론1지역 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

차음성능은 허니컴+차음자재 대비 유/무기 복합차음시트+단열재 사용 시 차음성능이 더 우수하였고, 유/무기 복합차음시트와 결합 사용 시, 고밀도 XPS와 결합했을 때 두께 대비 차음성능이 우수하였다. 고밀도 XPS 40T와 유/무기 복합차음시트 4T를 결합한 제품으로 조적벽에 시공한 자체 실험에서는 Rw+C 29dB, 골조벽에 시공한 공인시험에서는 Rw+C 30dB로 기존 대비 5~6dB 차음성능이 향상된 것을 확인했다.

본 연구에서 개선한 PVC 터닝도어는 소음원을 가진 비난방 공간과 난방 공간 사이, 특히 공동주택의 실외기실 및 보조주방 등에 적용이 용이할 것으로 예상된다. 본 도어는 겨울에 해당 공간의 창호/그릴이 개방되어도 필요 단열성능을 유지하고, 고소음 장비를 사용하더라도 WHO 실내 소음 권장 기준을 유지할 수 있을 것으로 예상된다.

### 참고문헌

1. 국토교통부, 건축물의 에너지절약설계기준, 별표1, 2022
2. 국토교통부, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 별표1 의5, 2021
3. WHO, Guidelines for community noise, 47p, 1999
4. 남정현, 주시웅, 손원득, 신지웅, 공동주택 실외기실 인접실의 투과소음 예측 및 저감방안에 관한 연구에 관한 연구, 2011
5. 국가기술표준원, KS F 2278, 2017
6. 국가기술표준원, KS F 2295, 2004
7. 국가기술표준원, KS F 2862, 2017