

공동주택에서 비난방세대가 미치는 열적 영향

출처 : 설비공학논문집 Vol. 28, No. 1, pp. 42-47
 저자 : 이은주(현대건설)
 구준모, 홍희기(경희대학교 기계공학과)

서 정 균 / 편집인

한국기계연구원 극한기계부품연구본부(jkyunseo@kimm.re.kr)

머리말

한국의 대표적인 공동주택의 주거형태로서 총 인구 중 절반 이상으로 보고되고 있는 아파트 거주세대는 2010년 실시한 인구주택총조사의 가구 부문 전수 집계 결과에 따르면 전체의 47.1%인 8,169,000세대로 지난 2005년의 41.7%보다 5.4% 증가한 것으로 나타났을 뿐만 아니라 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

난방방식은 중앙난방방식에서 개별난방 및 지역난방으로 변화하는 추세이며 지역난방은 면적에 따른 기본요금에 각 세대의 사용량에 따른 난방요금에 부과된다. 2014년 배우 김부선에 의해 난방비 부당요금 문제가 사회적 이슈가 된 적이 있었는데 이 과정에서 열량계 조작 의혹과 더불어 실제로 난방을 전혀 하지 않는 세대가 다수 포함된 것으로 드러났다. 공동주택의 에너지 소비에 대한 많은 연구가 수행되어 왔으나 난방을 하는 세대와 비난방세대간 열적 영향, 단열조건의 타당성에 대한 기술적 자료는 전무한 상태이다. 따라서 비난방세대가 인접세대에 미치는 열적 영향과 에너지 사용량을 시뮬레이션하여 인접세대에 추가되는 난방에너지를

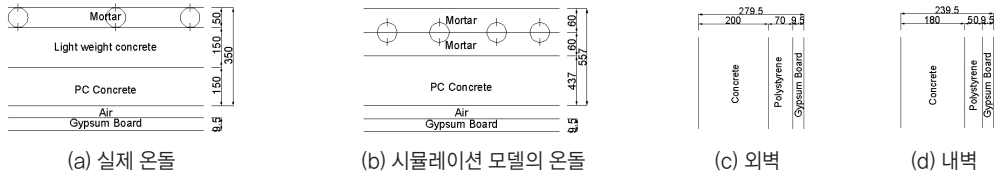
비교 및 분석하였고 강화된 단열조건을 적용한 효과를 정량적으로 파악하였다.

해석방법

본 연구에서는 건물에너지 동적 해석 소프트웨어인 TRNSYS 17에 표준기상데이터를 적용하여 시간 간격을 0.1 시간으로 시뮬레이션 하였다. **그림 1** 과 같이 비난방세대(House 5)를 포함한 시뮬레이션을 위해 상하좌우 세대를 모두 포함하였다. 각 세대는 발코니 및 각 방의 구분이 없도록 대폭 단순화 하였으며 3중 유리를 적용하였고 벽체의 구성은 이전 연구와 동일한 1990년대에 시공된 남향의 아파트를 대상으로 하였다. **그림 1**의 9세대를 모두 포함할 때에는 온돌이 아닌 이상적인 열원으로 설정 온도 유지에 필요한 열량이 정확히 공급되는 이상

House 1	House 2	House 3
House 4	House 5	House 6
House 7	House 8	House 9

[그림 1] 각 세대의 위치



[그림 2] 바닥과 벽체의 상세도(단위, mm)

적인 난방조건을 부여하였는데 온돌 난방과의 비교 기준으로서 의미 있는 해석으로 판단된다. 반면 그림 2(a)에서 온돌을 통해 전달되는 열은 난방 외 일부는 콘크리트층 하부로 전달되어 아래층에 공급되므로 이 관계 파악을 위해 여러 세대를 상하 배치하고 동시에 시뮬레이션 하였다. 벽체의 축열 효과를 고려하기 위해 정확한 각 벽체 구조 및 물성이 입력되어야 하는데 TRNSYS 요구의 제약조건을 고려하여 실제 온돌의 열전달률과 축열량이 같도록 그림 2(b)와 같이 두께, 열전도율, 비열을 조정하고 24시간 연속 난방으로 가정한다.

여부에 대해 측면 세대의 손실은 무시할 수 있을 정도로 작은 반면 위아래 세대는 세대 5가 비난방인 경우에 무려 19% 증가하였는데 측면 세대보다 위아래 세대의 인접면적이 6배 이상 넓은 열전달 면적의 영향이다. 그림 3은 세대 5의 난방 여부에 대한 위아래 세대 및 좌우세대의 월별 에너지 소비량으로 위아래 세대가 20% 정도 큰 난방 소비량을 보인다. 인접세대가 20°C인 경우에 비난방세대는 14.4~16.3°C, 인접세대가 24°C인 경우에 비난방세대는 15.3~18.8°C 정도를 유지하여 난방을 하지 않아도 인접세대의 난방열로 충분히 건널 수 있는 온도가 유지되는 것을 알 수 있다.

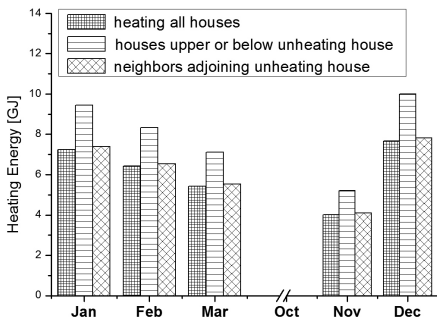
해석결과 및 고찰

인접 세대 간의 열전달

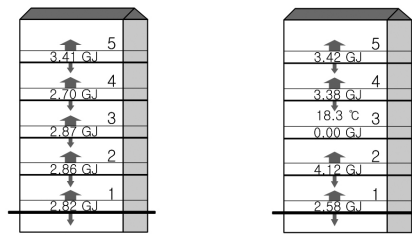
상하좌우 세대의 영향을 파악하기 위해 그림 1과 같이 9세대를 동시에 시뮬레이션의 계산 대상으로 취한 이상적인 난방조건을 결과이다. 대한설비공학회 서울지역 표준기상데이터의 1월 1일 0시부터 1주일간의 시뮬레이션 수행 결과, 세대 5의 난방

상하 세대 간의 온돌에 의한 열전달

온돌을 통해 위아래 세대로 전달되는 열량을 파악하기 위해 그림 4와 같이 5세대를 대상으로 시뮬레이션을 수행하였다. 각 세대의 측벽 및 최상층의 천장과 최하층의 바닥 외면은 모두 실내온도와 같은 경계조건을 부여하여 외부로의 열손실은 없고 다만 최하층 바닥은 온돌이므로 하부로의 열손실이 발생한다. 그림 2(b)와 같이 온돌의 온수코일은 상부 모르타르층에 위치하며 온수코일을



[그림 3] 세대 5(House 5)의 난방 여부에 따른 20°C에서 인접세대의 에너지 소비량



(a) 모든 세대

(b) 세대 3 제외

[그림 4] 24°C에서 인접세대의 에너지 소비량

〈표 1〉 인접세대 실내온도 20℃에서 단열재 두께에 따른 난방에너지 소비량

floor	no insulator		35 mm insulator		89 mm insulator	
	all heating	except 3rd	all heating	except 3rd	all heating	except 3rd
5th	2.44 GJ	2.42 GJ	2.23 GJ	2.20 GJ	2.16 GJ	2.18 GJ
4th	1.91 GJ	2.37 GJ	2.06 GJ	2.30 GJ	2.07 GJ	2.20 GJ
3rd	2.02 GJ	16.3℃(실온)	2.07 GJ	14.4℃(실온)	2.06 GJ	13.6℃(실온)
2nd	2.01 GJ	2.86 GJ	2.05 GJ	2.45 GJ	2.09 GJ	2.30 GJ
1st	2.00 GJ	1.84 GJ	2.04 GJ	2.04 GJ	2.08 GJ	2.09 GJ

중심으로 위와 아래 각각의 열저항이 0,344, 0,778 $K \cdot m^2/W$ 로 공급된 열의 약 70%는 상부로 30%는 하부로 전달됨을 추정할 수 있다.

그림 5에서 알 수 있듯 층간 단열이 시공되지 않은 경우, 온돌에 공급한 열의 30%는 아래층으로 전달되므로 비난방세대가 존재하면 아래층 세대의 난방에너지 소비량은 커지고 따라서 난방을 많이 하는 세대가 바로 위층일 때는 이득을 보지만 비난방세대인 경우 피해를 보게 된다. 결론적으로 상하세대간 열적 연계성이 큰 것이 아파트 온돌난방의 특징이며 이를 최소화하는 방법으로 층간 단열 강화가 있다.

세대 층간바닥 단열재 강화


2012년 2월부터 발효된 건축법의 단열기준에 따라 단열재 설치의 강화되었으며 최상층 및 최하층의 단열재 보강과 더불어 중간층의 층간 바닥에도 적용이 필요하여 신축건물에는 의무화된 상태이다. 그러나 중부지역의 공동주택 층간 바닥에는 열전도율 0,035~0,04 $W/m \cdot K$ 의 단열재 35 mm를 규정하고 있어 하부 열저항 0,928 $K \cdot m^2/W$ 로 공급 열의 73%는 상부로 27%는 하부로 이동하여 단열

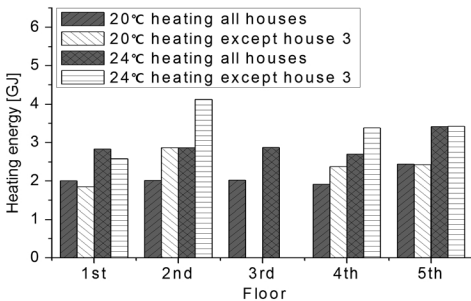
이 미흡한 것을 알 수 있다. 참고로 단열 기준보다 3배 두꺼운 89 mm 폴리스티렌 적용 시, 하부 열저항은 3.096 $K \cdot m^2/W$ 로 10%만 아래로 전달되고 이와 같이 단열조건에 따른 실내온도 20℃에서의 시물레이션을 수행한 결과가 표 1이다.

모든 세대의 난방 결과를 단열재가 없는 경우와 비교하면 최상층을 제외하고 에너지 소비량이 상당히 균일해졌다. 세대 3이 난방하지 않았을 때 세대 2의 에너지 소비량은 비단열시 42.3% 증가한 반면 35 mm 단열재를 사용하면 19.5% 증가, 89 mm 단열재를 적용하면 10% 증가로 에너지 사용량이 대폭 감소한다.

맺음말

아파트의 여러 세대를 동시에 시물레이션 하여 비난방세대의 유무에 따른 인접세대의 난방에너지 소비량의 변화를 확인하였다.

비난방세대가 존재하는 경우 좌우세대의 난방 에너지 증가율은 1% 전후로 현재의 단열조건으로 충분하나 상하세대는 단열재가 없으면 42.3%나 소비량이 증가할 수 있다. 2012년 강화된 단열조건을 적용해도 상하세대 소비량은 19.5% 증가한다. 온돌난방의 특성상 강화된 단열조건에도 불구하고 상하세대간 열적 연계를 약화시키기에는 여전히 충분하지 않으며 지역 및 개별난방을 사용하지 않고 전기매트 등의 국소난방 등을 사용하는 경우 결국 주위로부터 이득을 본 것이므로 비난방세대가 인접세대에 미치는 영향을 고려하여 요금체계의 수정이 필요할 것으로 판단된다. 



〔그림 5〕 실내온도에 따른 각 층의 난방에너지