

공동주택 층간단열 완충재의 열에너지 특성의 관한 연구

최 동 혁 , 최 경 석 , 강 재 식 , 이 승 언 , * 조 우 진

한국건설기술연구원 건축도시연구본부,

*롯데건설 기술연구원

A Study on the Evaluation for Energy Characteristic of Absorber Floor Insulation of Apartment House

Dong-Hyuk Choi , Gyoung-Seok Choi , Jae-Sik Kang , Seung-Eon Lee, * Woo-Jin Cho

Building & Urban Research Department, Korea Institute of Construction Technology

** Research & Development institute Lotte Engineering & Construction*

ABSTRACT: Ondol is a traditional Korea heating system with a long history. The ondol heating system is a default in ordinary houses and high-rise apartment alike. But Intensified Architectural Law insulation standard can't satisfied standard insulation only light weight concrete in ondol. The between light weight concrete and slab apply EPS insulation is construct for generate a method of construction. The standard insulation for floor heating system is responsible but complicate construction thermal transmittance and absorber, deteriorate the cost and decreasing the performance insulation & impact floor sound. In study on the evaluation decrease heating-load of floor construction of the insulation & absorber that improvement floor a Apartment house.

Key words: absorber(완충재), thermal transmittance(단열성능)

1. 서 론

2001년 6월 시행된 건축법의 단열기준 강화로 온돌내 채움층으로 사용하는 경량기포콘크리트만으로는 단열기준을 만족할 수 없으며, 이에 경량기포콘크리트와 슬라브 사이에 단열재(EPS등) 적용이 일반화된 공법으로 시공되고 있다. 이에 경량기포콘크리트와 바닥 슬라브 사이에 EPS 등의 단열재 20mm 적용이 일반화된 공법으로 시공되고 있다. 바닥난방시스템에서 단열기준은 의

무화기준으로 반드시 이행해야 하지만 실용적인 대체재가 없어 단열성을 지닌 완충재로 대체함으로서 단열성능과 바닥충격음 성능이 저하되는 문제점이 발생하고 있다. 즉 단열재 시공의 번거로움과 단가 상승 요인 외에 종래 일체화된 온돌과 바닥구조체가 이원화됨으로서 중량충격음 성능의 저하가 발생된다. 2005년 7월 이후 중량을 차단을 주목적으로 바닥슬라브 두께가 180mm에서 210mm로 증가하였으나, 210mm의 슬라브 역시 이원화된 구조 속에서 중량 충격음 차단성능을 충분히 만족하기 어려운 실정이다. 따라서 종래의 경량기포 콘크리트를 대체하면서 단열성능과 바닥충격음 차단성능을 확보할 수 있는 온돌내 완충재에 대한 기술개발이 필요한 실정이다.

† Corresponding author

Tel.: +82-31-9100-145; fax: +82-31-9100-361

E-mail address: dhchoi@kict.re.kr

2 연구내용

본 연구에서는 공동주택 층간바닥에 개선된 단열·완충재(이하, 사운드제로시스템) 적용한 바닥구조의 난방부하량 절감효과를 정량적으로 평가하는데 목적이 있다. 현행 일반적으로 사용되고 있는 단열·완충재(EPS, EPP, EVA 등)에 비해 상대적으로 높은 단열성능을 지닌 사운드제로시스템 단열·완충재를 온돌층 내부에 구성할 경우 단열·완충재층을 중심으로 상·하부세대 및 측벽으로의 열적흐름을 분석하여 열 및 에너지성능의 차이를 분석하고자 한다. 1개 층에 4개 세대가 위치한 23층 규모의 공동주택 1개동(저층부, 중간부, 고층부)을 대상으로 연간 난방 부하량을 분석하였다. 분석대상 공동주택은 최근 건축되고 있는 실제 공동주택으로써 실시설계도면 및 사양 등은 실제 조건에 따라 적용하였다.

3. 연구방법

사운드제로시스템 바닥구조 적용에 따른 난방부하량 절감효과를 정량적으로 분석하기 위하여 범용적인 동적 냉난방부하 해석 Tool인 ESP-r (Environmental Systems Performance research)을 사용하였고, 실질적인 에너지 절감효과 비교를 위하여 부하량을 에너지비용으로 환산하였다.

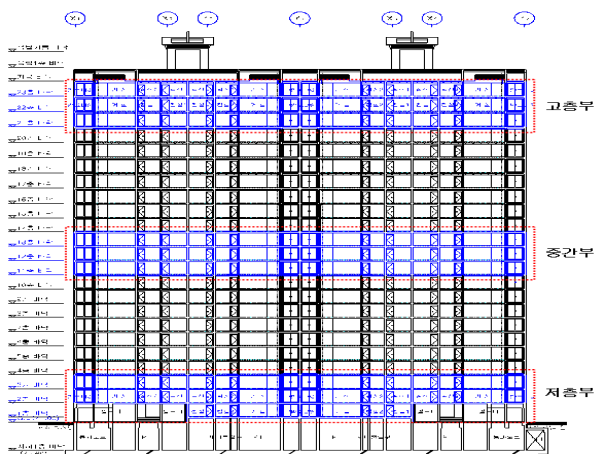


Fig.1 검토대상(단면도)

Table.1 분석대상 세대조건

저층부	1층: 지하1층 PIT상부세대로 바닥이 외기에 간접 면하는 최하층 세대. 2층: 측세대 경우 필로티상부로 바닥이 외기에 직접 면하는 최하층 세대. 3층: 기준세대 중 최하층 세대
중간부	중간층 세대 중 11~13층 세대
고층부	21~23층 세대를 대상으로 하며, 23층은 최상층 세대에 해당

Table.2 건물 외벽,천장,바닥 재료 입력 물성치

구분		열관류율 (W/m ² · K)	
유리	시스템창호(24mm복층)	2.70	
	발코니차호(16mm복층)	3.10	
천장	최상층(23층)	0.29	
바닥	기준층	기존습식	0.80
		사운드제로플러스바닥구조	0.55
	최하층	1층(간접)	0.51
		2층(직접)	0.35
외벽	발코니 분합벽체	0.46	
	측세대 측벽	0.35	

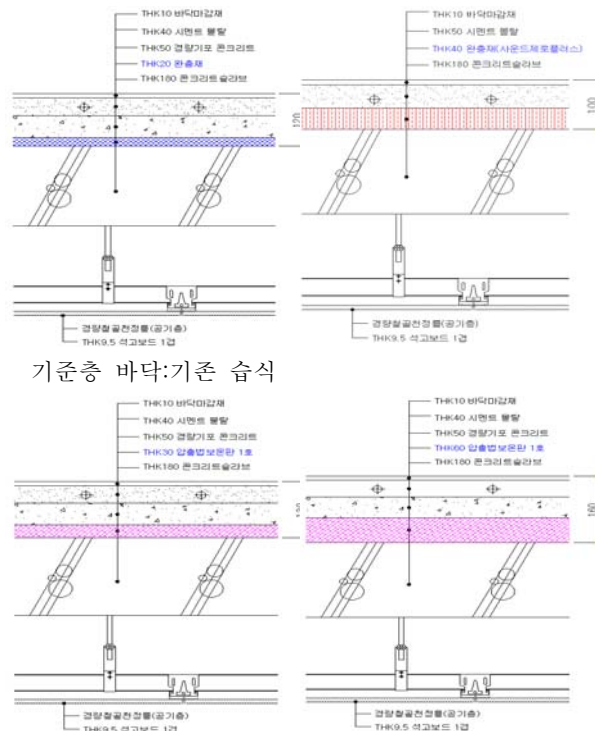
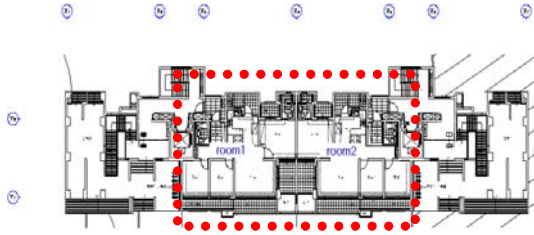


Fig.2 바닥구조의 단면도

3.1 시뮬레이션 대상 건물 모델링

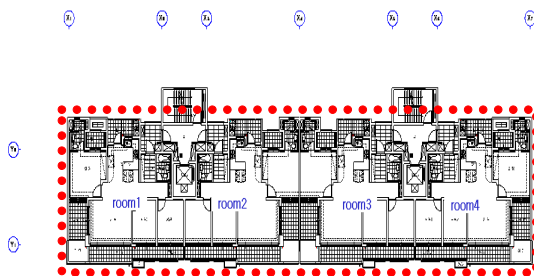
동적 난방부하 해석을 위하여 저층부, 중간부, 고층부 각 3개 층씩 ESP-r에 필요한 Geometry 값을 입력하였으며, 그 결과는 다음의 Fig.3 과 Fig.4와 같다.



a) 검토부위(지상 1층 평면도)

b) Modeling

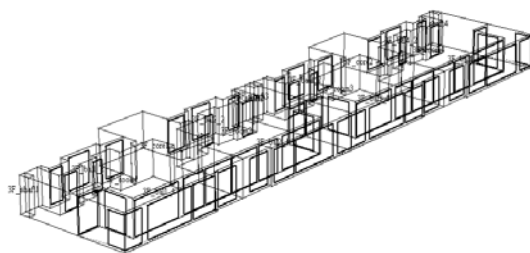
Fig.3 4 지상 1층 세대 공간 모델링 결과



a) 검토부위(지상 2~23층 평면도)

b) Modeling

Fig.4 지상 2~23층 세대 공간 모델링 결과



3.2 기상데이터

시뮬레이션 사용한 기상데이터는 해석의 정밀도를 위하여 대한설비공학회의 서울지역 건물 에너지 해석용 표준기상년 데이터를 이용하였다.

연중 외기온도가 가장 낮은 날은 1월 29일로 최저 -14.0°C , 최고 -5.0°C 의 외기온도 분포를 나타냈고, 연중 외기온도가 가장 높은 날은 8월 21일로 외기온도 분포는 최대 31.0°C , 최저 25.0°C 를 나타냈다.

3.3 시뮬레이션 설정변수

건물의 설정조건과 설비적 난방 설정조건의 시뮬레이션 변수조건은 다음 Table.3과 같이 설정하였다.

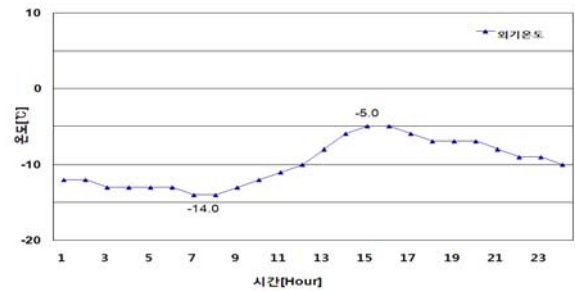


Fig.5 1월 29일 외기온도 분포

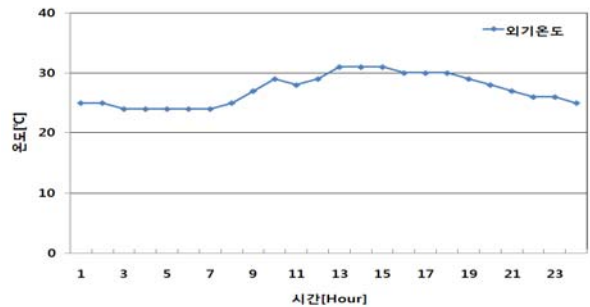


Fig.6 8월 21일 외기온도 분포

Table.3 시뮬레이션 설정변수

건물환기회수	건물침기량	0.4회
	환기량	0.7회
실내설정온도	23℃	
내부발열	안전율을 고려하여 입력하지 않음	
평일 : 06:00~19:00 제외하고 설정실온 난방조건		
주말 : 24시간 설정 실온 난방조건		

4. 연간 난방 부하량 해석결과

4.1 1층 세대 연간 난방 부하량

1층 바닥은 일반습식온돌, 사운드제로시스템 온돌 모두 외기에 간접 면하는 최하층 바닥의 단열기준을 적용하였으며, 기준층 즉세대 위치에 필로티가 위치하여 기준층 중간세대가 즉세대와 동일한 조건에 위치하므로 즉세대로 간주하였다. 일반습식온돌의 경우 1층천정(2층바닥)에 기존 습식구조 방식으로 적용하였으며 사운드제로시스템 온돌의 경우 1층천정(2층바닥)에 사운드제로시스템구조를 적용하였다.

해석결과 일반습식온돌의 경우 연간 난방부하가 두 세대 평균 약 12,500kWh 나타났고 사운드제로시스템 온돌의 경우는 평균적 약 12,425kWh 나타났다. 결과적으로 사운드제로시스템 온돌은 일반습식온돌 보다 약 0.6%의 난방부하를 절감한 것으로 나타났다. 바닥이 외기에 간접 면한 1층 세대의 경우, 시뮬레이션 조건에서 지하층 바닥의 열관류율이 0.52W/m²·K로 동일하게 입력되었기에 습식온돌과 사운드제로시스템 온돌의 차이는 상부 세대로의 열이동과 측벽으로의 열이동 정도가 발생하여, 1층세대는 두 온돌시스템에서 난방부하의 차이가 0.6%로 매우 적게 나타났다.

4.2 2층 세대 연간 난방 부하량

2층 즉세대의 경우 바닥이 모두 외기와 직접 면하는 최하층 바닥 단열기준으로 적용하였으며, 일반습식온돌 구조의 경우 2층 천장(3층바닥)에 기존 습식바닥 구조 적용하였고 사운드제로시스템 온돌의 경우 2층 천장(3층바닥)에는 사운드제로시스템 바닥구조 적용을 하였다.

해석결과 일반습식온돌의 경우 연간 난방부하가 두 세대 평균 약 10,786kWh 나타났고 사운드제로시스템 온돌의 경우 두 세대 평균 약 10,711kWh 나타나 일반습식온돌 보다는 약 0.7% 난방부하를 절감한 것으로 나타났다. 바닥이 외기에 직접 면한 2층 즉세대의 경우, 시뮬레이션 조건에서 바닥의 열관류율이 0.35W/m²·K로 동일하게 입력되었기에 2층 즉세대는 두 온돌시스템에서 난방부하의 차이는 상부 세대로의 열이동과 측벽으로의 열이동 정도가 발생하여 0.7%로

매우 적게 나타났다.

2층 중간세대는 일반습식온돌의 경우 연간 난방부하가 두 세대 평균 약 5,170kWh 나타났고 사운드제로시스템 온돌의 경우 두 세대 평균 약 4,869kWh 나타나 일반습식온돌 보다는 약 5.81% 난방부하를 절감한 것으로 나타났다. 2층 중간세대의 경우 시뮬레이션 조건에서 바닥의 단열성능의 차이(습식온도: 0.80W/m²·K, 사운드제로시스템 바닥구조: 0.55W/m²·K)로 인한 하부로의 열손실 방지효과 등으로 약 5.8%의 연간 난방부하 절감효과가 발생하였다.

Table.4 일반습식온돌 연간 난방 부하량(1층)

	Room1			Room2			Sum		
	부하	사용량[m ³]	비용	부하	사용량[m ³]	비용	부하	사용량[m ³]	비용
1월	2,418	218	152,400	2,698	243	169,950	5,116	461	322,350
2월	2,055	185	129,640	2,225	201	140,300	4,280	386	269,940
3월	1,792	162	113,160	1,798	162	113,540	3,590	324	226,700
4월	1,239	112	78,500	1,181	107	74,860	2,420	219	153,360
5월	746	67	47,600	577	52	37,010	1,323	119	84,610
6월	241	22	15,950	121	11	8,430	362	33	24,380
7월	28	3	2,660	6	1	1,280	34	4	3,940
8월	0	0	920	0	0	920	0	0	1,840
9월	0	0	920	0	0	920	0	0	1,840
10월	251	23	16,570	339	31	22,090	590	54	38,660
11월	1,200	108	76,060	1,394	126	88,220	2,594	234	164,280
12월	2,203	199	138,930	2,487	224	156,720	4,690	423	295,650
총부하량/ 총비용	12,173		773,310	12,826		814,240	24,999		1,587,550

Table.5 사운드제로플러스 연간 난방부하량(1층)

	Room1			Room2			Sum		
	부하	사용량[m ³]	비용	부하	사용량[m ³]	비용	부하	사용량[m ³]	비용
1월	2,402	217	151,390	2,683	242	169,010	5,085	459	320,400
2월	2,043	184	128,890	2,213	200	139,550	4,256	384	268,440
3월	1,786	161	112,790	1,786	161	112,790	3,572	322	225,580
4월	1,231	111	78,000	1,176	106	74,550	2,407	217	152,550
5월	739	67	47,160	571	52	36,640	1,310	119	83,800
6월	238	21	15,760	119	11	8,310	357	32	24,070
7월	27	2	2,590	6	1	1,280	33	3	3,870
8월	0	0	920	0	0	920	0	0	1,840
9월	0	0	920	0	0	920	0	0	1,840
10월	246	22	16,260	335	30	21,840	581	52	38,100
11월	1,192	108	75,550	1,385	125	87,650	2,577	233	163,200
12월	2,193	198	138,300	2,478	224	156,160	4,671	422	294,460
총부하량/ 총비용	12,097		768,530	12,752		809,620	24,849		1,578,150

※비용의 경우 도시가스를 열원으로 가정하여 서울도시가스(주) 요금표 기준으로 적용

Table.6 즉세대와 중간세대의 난방부하량 비교

	즉세대			중간세대		
	기준	개발	절감률(%)	기준	개발	절감률(%)
1월	2,533	2,514	0.75	1,278	1,210	5.36
2월	1,980	1,965	0.66	986	927	5.94
3월	1,407	1,394	0.92	694	642	7.56
4월	827	822	0.54	383	361	5.74
5월	256	250	2.34	133	125	6.02
6월	11	10	9.09	0	0	0.00
7월	0	0	0.00	0	0	0.00
8월	0	0	0.00	0	0	0.00
9월	0	0	0.00	0	0	0.00
10월	143	143	2.06	0	0	0.00
11월	1,264	1,259	0.40	439	408	6.96
12월	2,366	2,355	0.47	1,258	1,197	4.81
총부하량/ 총비용	10,787	10,712	0.70	5,171	4,870	5.81

4.3 3층, 11~13층(중간층)세대 연간 난방 부하량

3층 층세대의 경우 일반습식온돌 구조의 경우 각층 바닥에 기존 습식바닥 구조 적용하였고 사운드제로시스템 온돌의 경우 각층 바닥에 사운드제로시스템 바닥구조 적용을 하였다.

해석결과 일반습식온돌의 경우 연간 난방부하가 두 세대 평균 약 7,314/7,316/7,316/7,315 kWh 나타났고 사운드제로시스템 온돌의 경우 두 세대 평균 약 6,913/6,916/6,919/6,926 kWh 나타나 일반습식온돌 보다는 약 5.49/5.46/5.42/5.32 % 난방부하를 절감한 것으로 나타났다. 공동주택 중간바닥 구조인 3층,11~13층의 층세대의 경우, 시뮬레이션 조건에서 바닥구조의 단열성능 차이로 인한 하부로의 열손실 방지효과 등으로 평균 약 5.5 %의 연간 난방부하 절감효과가 발생하였다.

3층 중간세대는 일반습식온돌의 경우 연간 난방부하가 두 세대 평균 약 5,120/5,118/5,125/5,121 kWh 나타났고 사운드제로플러스 온돌의 경우 두 세대 평균 약 4,791/4,789/4,793/4,794kWh 나타나 일반습식온돌 보다는 약 6.43/6.44/6.49/6.40 % 난방부하를 절감한 것으로 나타났다. 공동주택 층간바닥 구조인 3층, 11~13층의 중간세대의 경우, 시뮬레이션 조건에서 층세대에서 발생하는 측벽을 통한 열손실이 발생하지 않고 습식과 사운드제로시스템의 단열성능 차이로 인한 하부로의 열손실 방지효과 등으로 평균 약 6.4 %의 연간 난방부하 절감효과가 발생하였다.

4.4 21,22층(상부층)세대 연간 난방 부하량

21,22층 층세대의 경우 층고 2.9m로 저층부에 비하면 0.2m 증가하였다. 일반습식온돌 구조의 경우 각층 바닥에 기존 습식바닥 구조 적용하였고 사운드제로시스템 온돌의 경우 각층 바닥에 사운드제로시스템 바닥구조 적용을 하였다.

해석결과 일반습식온돌의 경우 연간 난방부하가 두 세대 평균 약 8,168/8,164 kWh 나타났고 사운드제로시스템 온돌의 경우 두 세대 평균 약 7,751/7,752 kWh 나타나 일반습식온돌 보다는 약 5.11/5.05 % 난방부하를 절감한 것으로 나타났다.

Table.7 층세대 연간 난방부하비교(3층,11~13층)

	11층			11층			12층			13층			Sum		
	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)
1월	1,796	1,701	4.73	1,787	1,701	4.79	1,786	1,704	4.62	1,785	1,701	4.71	7,144	6,807	4.9
2월	1,375	1,295	5.82	1,373	1,299	5.39	1,374	1,296	5.64	1,376	1,302	5.34	5,498	5,192	5.8
3월	961	885	8.05	964	888	7.88	963	889	7.27	965	889	7.83	3,855	3,555	8.1
4월	552	522	5.35	551	523	5.00	550	522	5.18	551	524	4.99	2,204	2,091	5.1
5월	162	155	4.02	164	155	5.79	164	154	5.81	162	156	4.01	652	620	5.0
6월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
7월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
8월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
9월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
10월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
11월	13	10	23.08	13	10	26.92	13	10	26.92	13	10	26.92	52	40	10.4
12월	746	700	6.23	745	699	6.24	747	698	6.63	744	697	6.32	2,982	2,794	6.3
12월	1,719	1,645	4.30	1,720	1,643	4.48	1,720	1,645	4.39	1,720	1,650	4.10	6,879	6,583	4.7
총부하량/총비용	7,316	6,913	5.40	7,317	6,918	5.46	7,317	6,922	5.42	7,316	6,929	5.32	29,266	27,882	5.42

Table.8 중간세대 연간 난방부하비교 (3층,11~13층)

	11층			11층			12층			13층			Sum		
	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)
1월	1,270	1,194	5.95	1,272	1,192	6.29	1,272	1,195	6.05	1,273	1,192	6.16	5,087	4,773	6.1
2월	979	919	6.11	979	919	6.11	979	919	6.09	978	921	5.88	3,913	3,675	6.1
3월	487	459	6.44	487	459	6.13	489	461	6.42	488	461	6.09	1,949	1,821	6.1
4월	374	350	6.29	374	349	6.56	376	350	6.79	373	350	6.17	1,497	1,399	6.2
5월	130	124	4.62	130	123	5.41	130	124	5.00	130	123	5.77	520	494	5.1
6월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
7월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
8월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
9월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
10월	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.0
11월	458	395	7.83	459	397	7.47	428	396	7.49	420	397	7.57	1,713	1,585	8.0
12월	1,253	1,180	5.79	1,250	1,181	5.48	1,253	1,183	5.59	1,252	1,181	5.63	5,008	4,725	6.1
총부하량/총비용	5,121	4,791	6.45	5,121	4,791	6.44	5,127	4,795	6.49	5,122	4,795	6.40	20,491	19,172	6.44

Table.9 층세대 연간 난방부하비교 (21,22층)

	21층			22층		
	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)
1월	1,970	1,882	4.44	1,967	1,882	4.32
2월	1,525	1,451	4.89	1,527	1,450	5.08
3월	1,080	996	7.74	1,078	995	7.70
4월	631	598	5.31	629	598	4.85
5월	182	172	5.49	184	174	5.45
6월	0	0	0.00	0	0	0.00
7월	0	0	0.00	0	0	0.00
8월	0	0	0.00	0	0	0.00
9월	0	0	0.00	0	0	0.00
10월	26	23	11.54	27	25	7.41
11월	865	815	5.73	864	810	5.31
12월	1,891	1,815	4.02	1,890	1,820	3.70
총부하량/총비용	8,170	7,752	5.11	8,166	7,754	5.05

Table.10 중간세대 연간 난방부하비교 (21,22층)

	21층			22층		
	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)
1월	1,429	1,341	6.19	1,429	1,346	5.81
2월	1,111	1,048	5.72	1,111	1,039	6.48
3월	786	719	8.52	786	720	8.40
4월	445	421	5.51	446	419	5.95
5월	148	140	5.42	148	140	5.74
6월	0	0	0.00	0	0	0.00
7월	0	0	0.00	0	0	0.00
8월	0	0	0.00	0	0	0.00
9월	0	0	0.00	0	0	0.00
10월	0	0	0.00	0	0	0.00
11월	510	479	6.08	513	476	7.21
12월	1,401	1,323	5.57	1,400	1,325	5.36
총부하량/총비용	5,830	5,471	6.18	5,833	5,465	6.31

2층 중간세대는 일반습식온돌의 경우 연간 난방 부하가 두 세대 평균 약 5,829/5,831 kWh 나타났고 사운드제로시스템 온돌의 경우 두 세대 평균 약 5,469/5,463kWh 나타나 일반습식온돌 보다는 약 6.18/6.31 % 난방부하를 절감한 것으로 나타났다. 21, 22층(상부층) 세대에서는 축세대 약 5.1 %, 중간세대 약 6.3 %의 연간 난방부하 절감효과가 발생하여 중간층 세대의 절감효과와 거의 동일한 결과를 나타냈다.

4.5 23층(최상층)세대 연간 난방 부하량

23층의 경우 23층 천장은 모두 외기에 직접 면하는 최상층 천장 단열기준을 적용하였다. 일반습식온돌 구조의 경우 23층 바닥에 기존 습식바닥 구조 적용하였고 사운드제로시스템 온돌의 경우 23층 바닥에 사운드제로시스템 바닥구조 적용을 하였다.

해석결과 일반습식온돌의 경우 연간 난방부하가 두 세대 평균 약 11,481 kWh 나타났고 사운드제로플러스 온돌의 경우 두 세대 평균 약 11,038 kWh 나타나 일반습식온돌 보다는 약 3.86 % 난방부하를 절감한 것으로 나타났다.

5.결 론

1) 지상 1층 및 2층 축세대는 최하층 세대로 사운드제로시스템 바닥구조는 습식 바닥구조에 비교하여 연간 평균 약 0.65 % 정도 난방부하가 절감되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 해당 층의 바닥구조(단열성능)가 동일하고 상부 층 바닥(즉, 해당 층 천장)구조만 상이한 결과가 반영된 것으로 판단된다.

2) 지상 2층 중간 세대 및 지상 3~22층 세대의 경우 습식온돌에 비해 사운드제로시스템 온돌은 축세대와 중간세대의 연간 난방부하 절감율이 각각 평균 약 5.30 %와 6.29 %로 나타났고, 중간세대가 축세대에 비하여 난방부하 절감성능이 큰 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 축세대의 경우 축벽을 통한 난방열 손실의 영향이 절감율에 반영된 결과로 판단된다.

Table.11 최상층세대 연간 난방부하비교 (23층)

	축세대			중간세대		
	기존	개발	절감률(%)	기존	개발	절감률(%)
1월	3,127	3,021	3.41	2,738	2,620	4.33
2월	2,431	2,352	3.25	2,114	2,040	3.52
3월	1,687	1,613	4.36	1,463	1,383	5.44
4월	973	948	2.57	833	804	3.48
5월	263	261	0.95	225	223	0.89
6월	8	9	0.00	3	3	0.00
7월	0	0	0.00	0	0	0.00
8월	0	0	0.00	0	0	0.00
9월	0	0	0.00	0	0	0.00
10월	227	223	1.55	135	132	2.23
11월	1,631	1,575	3.46	1,349	1,286	4.67
12월	3,004	2,933	2.36	2,624	2,550	2.80
총부하량/ 총비용	13,351	12,935	3.12	11,484	11,041	3.86

3) 최상층 세대의 경우도 일반습식온돌에 비해 사운드제로시스템 온돌은 축세대와 중간세대의 Table.9 중간세대 연간 난방부하비교 (23층)절감률이 각각 3.12%와 3.86%로 나타나 중간층 세대와 유사한 경향을 보였으나, 최상층 천장을 통한 열손실이 발생하여 중간층 세대에 비하여 절감률은 작게 나타났다.

4) 시뮬레이션에 의한 난방부하 절감량을 보다 실질적인 난방에너지 절감효과로 비교·분석하기 위하여 도시가스를 열원으로 가정하고 난방요금을 산출하였다. 난방비용의 경우 난방부하와 유사한 특성을 보였으나, 절감율 차이가 다소 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 결과는 부하와 비용의 절대 값 차이 때문으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 최경석, 최현중, 김경우, 강재식, 양관섭, “경량기포콘크리트 대체 패널공법 적용에 따른 바닥층격음 및 단열성능 평가에 관한 연구”, 2007
2. 한국건설기술연구원, “사운드제로 에너지성능평가 보고서”, 2008
3. 김경우, 최경석, 이승언, 양관섭.“바닥층격음 실험동 개요 및 성능평가”, 2004
4. 한국건설기술연구원, “공동주택 바닥난방시스템의 성능개선 연구”, 1996
5. 건설교통부, “공동주택 바닥층격음 완화를 위한 표준바닥구조”, 2003