

온돌과 초고층에 적합한 한국형 하이브리드 환기설비

■ 이 성 환 / (주)벤토피아 / 환기연구소, veta@ventopia.com

서론

1998년 이후 고층 공동 주택에 적용된 환기설비는 주상 복합 건물 위주로 전열교환기에 집중되어 왔는데, 국내에는 아직까지 이러한 환기장치를 공동주택에 적용한 결과가 충분하게 검토되어 있지 않을 뿐더러 선진 제국에서 도출된 많은 문제점들을 그대로 내포하고 있어 일반적으로 적용하기 전에 경제성 및 실용성에 대한 재평가가 절실히 요구되고 있었음에도 그러하지 못하였다. 예를 들어, 전열교환기를 사용하기 위해서는 다음의 두 가지 조건이 선행 검토되고 반드시 충족되어야 한다.

즉, 전열교환기를 설치하고자 하는 지역의 년 평균 온도가 10℃ 이하이고 환기 풍량이 250 m³/hr 이상 요구되는 공동 주택일 때에 한하여 열회수율, 운전비 등에 기초한 경제성이 타 시스템에 비하여 우수하다는 것이다. 이외에도 생애주기에 있어 필터교환, 여재교환, 덕트 청소, 등 설치 후 보수유지 비용이 추가적으로 검토되어야 한다는 것이다.

실용성의 경우, 유럽의 예를 보면, 덕트 내 진드기 및 먼지 청소 문제, 종이 재질의 열교환 여재 사용 시 습기로 인하여 자연 발생하는 박테리아 및 곰팡이 문제로 종이 재질을 이용한 전열교환기보다 알루미늄으로 제작된 현열교환기의 절대적 선호 성향, 환기설비의 장시간 사용에 따른 운전비의 과다 지출 문제, 2006년 발표된 H건설 기술연구소 자료에 의하면 에너지 관점에서 불 때 열교환 환기 유니트를 사용하는 것은 바람직하지 않다고 결론지은 바, 그 이유는 열교환기를 가동시키기 위해서 소모되는 에너지가 열교환기를 이용하여 회수하는 에너지보다 많이 들기 때문이었다.

2005년 이후 발코니 확장 합법화, 스프링클러 설치 의무화 등으로 공동주택 형태와 구조가 변화하

고 있고, 우리나라의 온돌 문화와 주거 환경이 외국과는 근본적으로 다르기 때문에 우리나라 공동주택 문화에 적합한 환기시스템의 개발 및 연구가 절실했다.

게다가 최근, 지구 온난화 방지를 위하여 대부분의 국가뿐만이 아니라 우리나라도 2011년부터는 자연환기와 강제 환기가 혼합된 하이브리드 방식을 채택하려고 계획하고 있으며 제로에너지 소비를 위하여 신재생에너지를 이용하고 있는 실정임을 감안하여 에너지 소비가 많은 전열교환기 방식을 대체할 수 있으면서 동시에 초고층 공동 주택에도 적용 가능한 가장 경제적이면서 친환경적이며 실용적인 한국형 하이브리드 환기 설비의 개발이 절실하다.

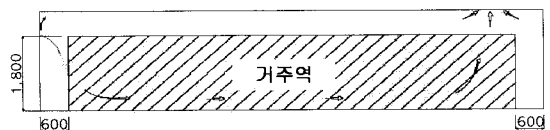
하이브리드 환기 설비

환기 설비 설치 근거

건축물의 설비 기준 등에 관한 규칙 제 11조에 의하여 2006년 2월 13일 이후 신축되는 모든 공동주택에는 0.7회/hr의 자연환기 또는 기계 환기 설비를 설치하여야 한다.

거주역의 정의

가구나 가전제품 등이 놓여 있는 유리면 또는 벽면 가까운 곳과 사람의 키가 닿지 않는 천장공간은 비 거주 영역으로 정의 한 반면에 외기와 접하는



[그림 1] 거주역 정의

유리면이나 벽면에서 600 mm 이의 지역과 바닥으로부터 1,800 mm 이내의 영역을 거주영역으로 정의하였다(그림 1). 유럽에서는 이 영역 내에서 잔류 풍속이 난방 시는 0.15 m/s, 비난방시는 0.25 m/s가 넘지 않도록 규정하고 있다.

온돌 용 하이브리드 환기설비의 개요

우리나라 온돌의 동절기 설계 조건은 실내온도 18℃ 60 W/m²이나 실제 사용 실내 온도는 24 ~ 26℃로서 이때 온도 에 의한 대류 특성은 다음 그림 2와 같다.

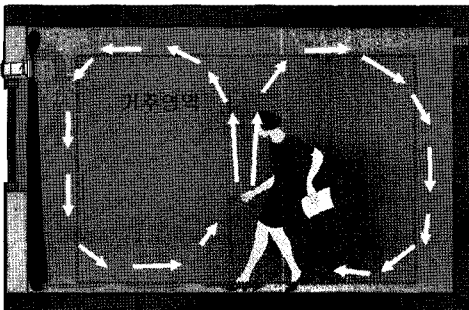
온돌의 대류 특성과 고기밀 고단열 때문에 바닥으로부터 1.5 m 이상인 지점부터 천장까지 온도구배가 동일하다. 따라서 이러한 온돌의 대류 특성을 활용하여 자연압에 의하여 인입되는 외기가 차압에 의하여 상부로 분사되도록 급기구를 만들면 상부의 잉여열을 회수하여 온도차 없이 실내로 외기를 공급할 수가 있다는 것은 이미 대한설비공학회 2006 하계학술발표대회 시 논문으로 발표 된 바 있다.

온돌용 하이브리드 환기설비의 구성

다수의 자연급기구인 바이오벤트, 방과 거실 사이, 거실과 화장실 사이에 통기구인 인터벤트와 소수의 정풍량 배기팬으로 구성이 되어 외기가 실내 외 차압에 의하여 자연스럽게 흐를 수 있도록 개발 된 것이 한국형 하이브리드 환기 설비이다.

자연 급기구는 발코니를 확장한 경우에는 급기구가 실외로 직접 연결이 되지만 발코니가 있는 경우

바닥난방에 의한 공기흐름

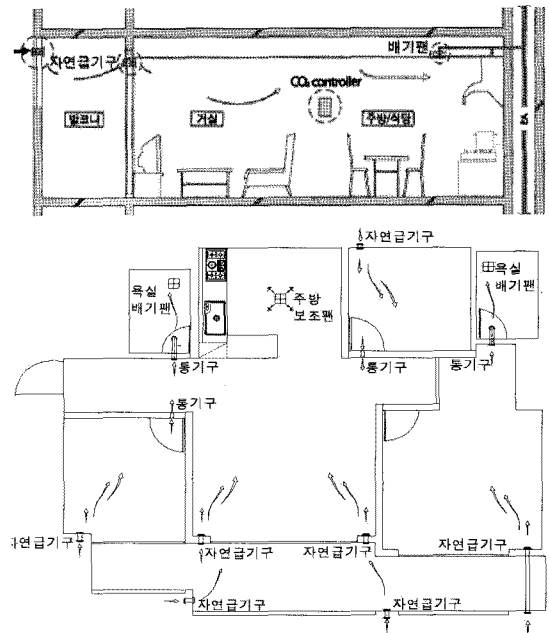


[그림 2] 온돌에 의한 대류 효과

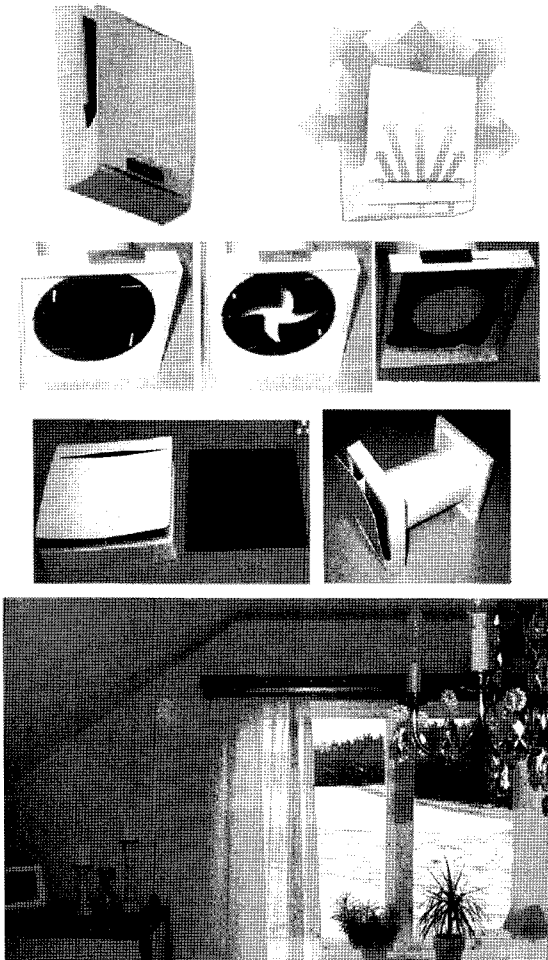
는 발코니와 주거 공간 사이에 통기구를 두어 실외 공기가 발코니로 유입되고 이 공기가 다시 주거공간으로 유입되도록 구성하였다. 실험 결과 정풍량 배기팬을 기존의 욕실이나 주방 보조팬으로 설치하여 항상 정풍량이 배기되도록 할 때 실내외의 차압이 50 Pa 이내로 유지됨을 알 수 있었으며 1개의 자연급기구로 과다한 풍량이 유입될 시 콜드 드래프트(cold draft) 현상이 일어나지 않도록 고려한 자연급기구의 최대 풍량은 30 m³/hr이 적합한 것으로 나타났다.

외기 급기구 /바이오벤트

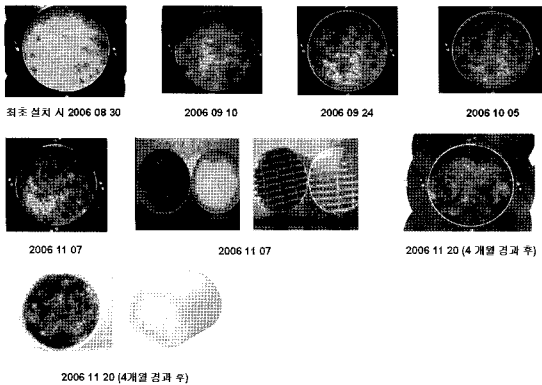
그림 4는 날개벽에 설치한 외기 급기구 인 바이오벤트이다. 바이오벤트는 천장으로부터 10 cm 이상 이격 시킨 하부에 설치하여야 상부의 더운 공기와 외부의 찬공기가 양호하게 희석이 되어 콜드 드래프트 현상이 발생하지 않으므로 실내 환경에 영향을 끼치지 않는다. 또한 바이오벤트는 자체에 개폐장치인 볼륨댐퍼, 프리필터, 역류 방지 및 과풍량 방지 댐퍼, 결로 방지용 보온재 처리가 구비되어 있으며 선택사양으로 저정압손 고효율성능



[그림 3] 한국형 하이브리드 환기설비 개요



[그림 4] 자연 급기구/ 바이오벤트의 형상과 설치 사진

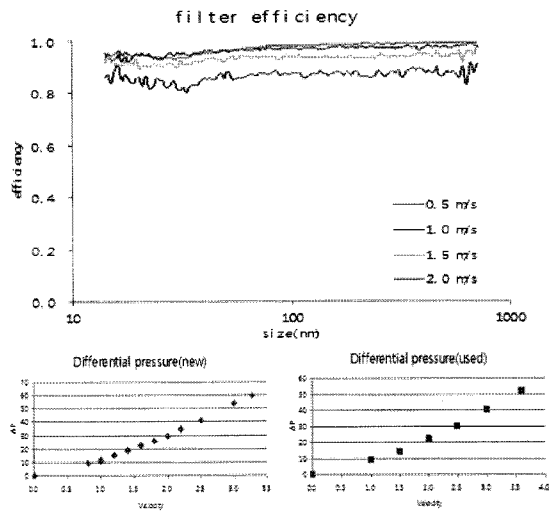


[그림 6] 폴리머 필터 현장 사용 결과

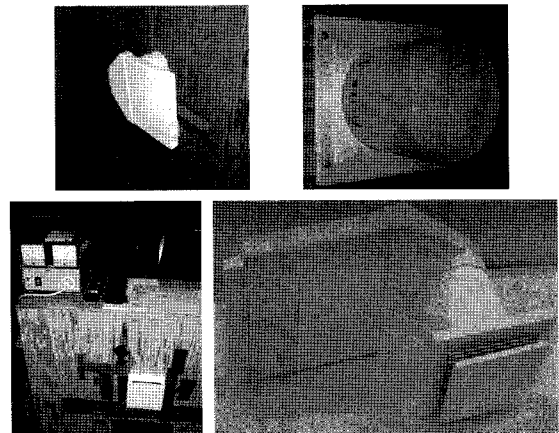
을 지닌 장수명 폴리머 필터가 있다.

폴리머 필터의 성능 시험은 “저에너지 친환경 건축물 여구단”에서 실시하였는데 그 결과는 그림 5, 6과 같다. 즉, 0.3 마이크론보다 큰 미세먼지를 90% 이상 제거하는 효율을 유지하면서 막힘 현상에 의한 정압 상승은 기존 필터 대비 가장 적게 나타나도록 코팅의 원리로 고안한 것을 시험한 결과이다.

또한 건축구조상 날개벽이 구비 되어 있지 않아서 벽부형 바이오벤트를 설치하기가 곤란한 경우가 있다. 즉 발코니 전면부를 통유리로 마감을 한



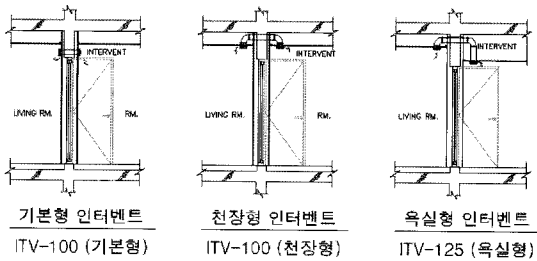
[그림 5] 폴리머 필터와 성능 곡선



[그림 7] S-VENT 사진

경우를 대비하여 개발한 것이 S-VENT이다. 그림 7 S-VENT는 이중창과 천장면을 각각 이용하도록 개발 되었는데 플리머 필터를 장착한 후 정압 손실을 테스트 한 결과 30 m³/hr에서의 정압 손실은 20 Pa이 소요되었다.

지금까지는 자연 급기구의 형상과 적용 방안 및 실내 공기질 1급 실현을 위한 플리머 필터에 대하여 소개하였다.



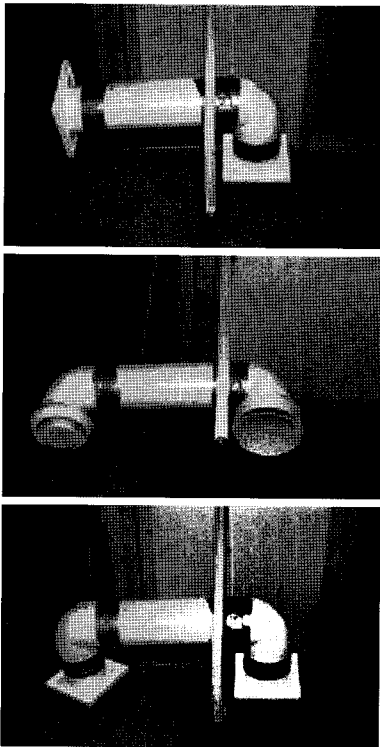
[그림 8] 인터벤트

실내 공기 통기구/ 인터벤트

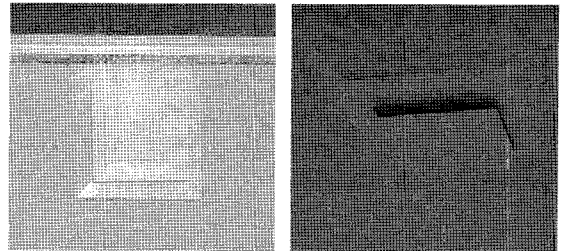
방과 방 사이 그리고 거실과 욕실 사이의 통기를 위한 인터벤트는 그림 8과 같이 구분이 되어진다. 즉, 방과 방사이의 공기를 배출시키기 위한 벽부형과 소음을 고려한 천장형 그리고 거실의 공기를 욕실로 배출시키기 위한 욕실형 등 세 가지 종류가 있는데 방과 방사이의 소음 차단을 위하여 테스트 한 결과 인터벤트의 최적 성능을 위하여 원형 디퓨저 보다는 사각 디퓨저에 흡음재가 보완 된 마개가 있는 형태의 디퓨저가 소음 차단에 탁월한 효과가 있음이 입증되며, 그 설치 사진은 그림 9, 10과 같다.

정풍량 스마트팬

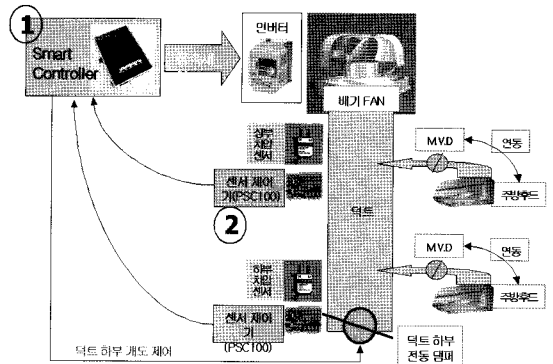
최근까지 고층아파트에 적용된 환기설비는 정풍량을 유지하기 위하여 그림 11과 같이 덕트 내부에 센서를 설치하고 (2) 검지된 신호를 통해 제어기를 이용하여 각 덕트의 배기팬과 하부 통기구를 제어하는 (1)방법을 고전적으로 사용하여 왔으나



[그림 9] 인터벤트 소음 차단 시험



[그림 10] 소음 차단형 인터벤트 설치 사진

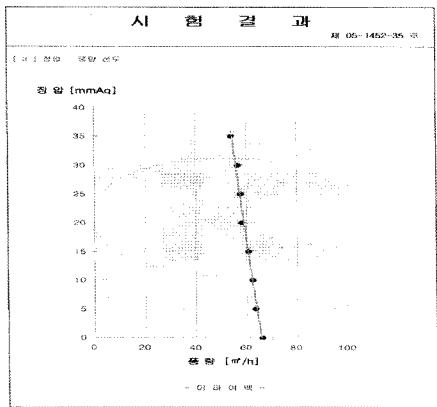


[그림 11] 재래식 정풍량 설비

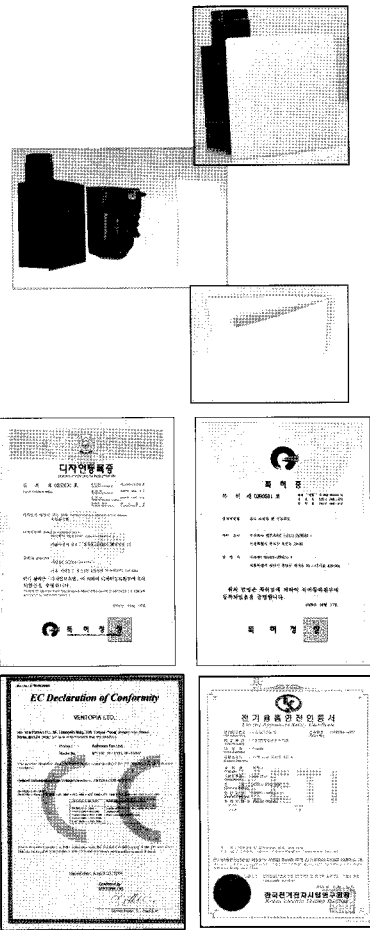


작동 불능 등 이상 현상으로 인하여 설치 후 이내 사용이 중지 되는 등 고층 건물에 있어서 정풍량을 유지하는 것이 대단히 어려운 문제로 남아있었다. 뿐만 아니라, 정풍량 설비도 고가이고 또한 보수 유지도 난해하여 정풍량을 유지하기 위한 새로운 기술이 필요하게 되었는데 이를 국내 최초로 개발하여 상용화 한 것이 정풍량 스마트팬이다.

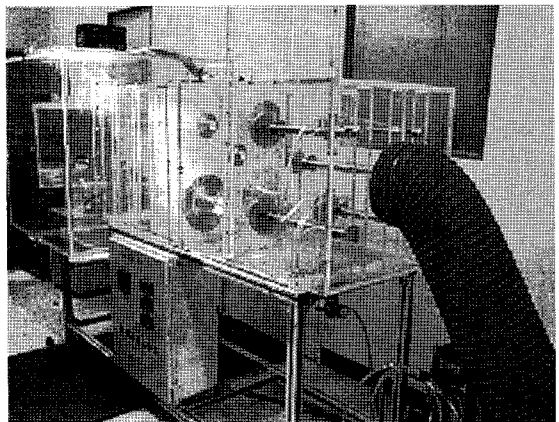
온돌의 대류 현상과 공동구를 이용하여 배기하는 한국형 하이브리드 환기 방식에서도 가장 중요한 요소는 정풍량 배기 팬이다. 왜냐하면, 실내외 영향 예를 들면 동절기 및 하절기 또는 중간기마다 다르게 나타나는 실내외 온도차와 그리고 설치 높이에 따른 정압 차이에도 항상 변함없이 저층부, 중층부 또는 고층부등 어느 층에서도 항상 정풍량이 유지 되어야 시간당 0.7회의 환기량을 보증할 수가 있기 때문이다. 아직 KS규격은 제정되어 있지 않으나 한국설비기술협회 규격 KARSE B-0044에 의한 정풍량 제품 인증을 받은 정풍량 팬의 성능 곡선은 그림 12와 같다.



[그림 12] 스마트팬 성능 곡선 및 인증



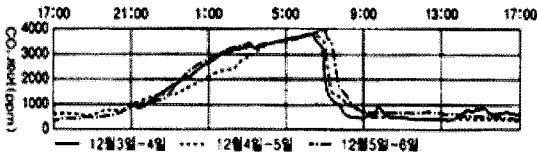
[그림 13] 스마트팬 인증서 및 특허증



[그림 14] 스마트팬 성능 테스트 챔버

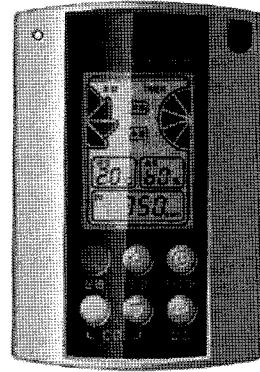
에너지 절약 방안

그림 15는 환기 횟수가 0.1회/h 정도가 되는 고기밀이면서 환기 설비가 없는 아파트의 동절기 실내 침실에서서의 이산화탄소 측정결과이다. 이 경우 부부가 9시 경 창문을 꼭 닫고 취침하여 아침 7시에 창을 열 때까지의 이산화탄소 농도가 4,000 ppm에 달하고 있는 것을 알 수 있다. 참고적으로 국내의 이산화탄소 생활 환경기준은 1,000 ppm이



[그림 15] 고기밀 아파트에서의 환기설비 미가동 시 CO₂ 측정 결과

다. 따라서 실내 이산화탄소의 농도를 1,000 ppm으로 정하여 놓고 환기를 하게 되면 에너지를 절감할 수가 있는데 이러한 제어를 위하여 개발 한 것이 이산화탄소 센서 및 그 제어 장치인 그림 16이다.



[그림 16] 실내 환기 제어 장치/ 벤토매틱

<표 1>

구분	덕트 사이즈(mm)	층별 정압손실(Pa)							
		15층	20층	25층	30층	35층	40층	50층	60층
건식	φ 150	235	-	-	-	-	-	-	-
	φ 200	157	276	-	-	-	-	-	-
	φ 250	80	122	188	273	-	-	-	-
	φ 300	-	74	102	139	191	255	-	-
	φ 350	-	-	69	88	113	145	240.55	-
	φ 400	-	-	-	65	79	96	130.71	182.42
	φ 450	-	-	-	-	62	72	79.7	107.55
습식	210 × 150	-	-	-	-	-	-	-	-
	200 × 200	218	-	-	-	-	-	-	-
	250 × 200	153	269	-	-	-	-	-	-
	250 × 250	103	168	-	-	-	-	-	-
	300 × 250	77	116	178	-	-	-	-	-
	300 × 300	-	89	129	181	193	-	-	-
	350 × 300	-	75	104	142	144	189	-	-
	350 × 350	-	-	83	93	121	156	266.62	459.71
	400 × 350	-	-	73	81	92	115	194.95	276.77
	400 × 400	-	-	-	65	81	99	143.87	201.6
	450 × 400	-	-	-	-	-	79	111.27	154.58
450 × 450	-	-	-	-	-	-	86.88	118.56	



이산화탄소 농도에 의한 실내 공기질 제어를 위한 장치인 벤토매틱은 다음과 같은 특성을 지니고 있다.

- n MCU : AVR
- n Communication : RS-485
- n DISPLAY : Character LCD
- n Sensor : CO₂ 모듈, 온/습도 센서
- n IRDA : 적외선 리모컨
- n 전원 : DC 9 ~ 12V
- n 소비전력: 평상시 : Min = 400 mW 이하
램프 점등 시: Max = 1.4 W 이하
- n 동작 온도 : 0 ~ 50도
- n 동작 습도 : 0 ~ 95%
- n 보관 온도 : -40 ~ +70도

결론

온돌에 적합한 한국형 하이브리드 환기 방식을 위한 실측 시험과 CFD 시뮬레이션 등을 이용하여 실내의 차압에 의한 외기 도입 시의 잔류 풍속, 실내 온도 변화, 자연 급기구의 결로 문제, 인터벤트의 소음 차단 효과 등을 실험한 결과 결론적으로 자연급기와 강제배기가 결합된 한국형 정풍량 하이브리드 환기 방식은 초고층 공동주택의 환기방식으로도 적절하다고 판단되어진다.

왜냐하면, 이미 정풍량 배기팬에 대한 검증은 한국설비기술 협회의 규격예(KARSE B 0044) 따라서 완료되어 60층 이하의 공동 주택에서는 어느 층,

어떤 환경 하에서도 항상 일정하게 정풍량으로 배기를 할 수 있다는 것이 입증 되었고, 또한 욕실이나 주방에 설치한 정풍량 배기팬에 기인한 실내의 차압으로도 시간당 0.7회의 환기량을 충족시킨다는 것이 입증되었기 때문이다.

또한, 극한 온도에서도 결로 없이 사용할 수 있고, 외부 또는 내부 소음이 실내로 전달되지 못하도록 하는 소음차단 기술, 고층 공동 주택에서 빈번하게 발생하는 내부 공기 외부 배출을 저지하는 기능과 강풍 시 과풍량의 외기 유입을 방지하는 기능이 내장된 역류방지 댐퍼를 비롯하여 저정압손고효율 플리머 필터도 보완하여 전국 어디서나 어떠한 외기의 악조건 하에서도 영향을 받지 않고 환기가 가능하고 게다가 층고의 상향 조정이 없이도 전반적으로 설치가 가능한 장점이 있는 한국형 정풍량 하이브리드 환기설비는 국책 과제인 “저에너지 친환경 건축물 연구단”의 검증과 각종 테스트와 시공을 통하여 검증되었기 때문이다.

참고문헌

1. 이성환, 2006, 대한설비공학회, 공동 주택용 하이브리드 환기설비에 관한 연구, 2006 하계 학술발표대회
2. 이성환, 2009, 대한설비공학회, 자연급기구에 플리머 필터 설치 시 외기 침기량 분석에 관한 연구, 2009하계학술 발표대회 