

고기밀·고단열 주거건물의 환기

○ 문 현 준 | 단국대학교 건축공학과 교수
E-mail : hmoon@dankook.ac.kr

1. 서론

석유파동 및 에너지고갈 문제 등이 이슈화되면서 에너지 절약을 위한 노력이 범세계적으로 이루어지고 있다. 우리나라에서도 에너지 소비 절감을 위해 많은 노력을 기울이고 있으며, 특히 건축분야에서는 다른 산업 분야에 비해 더욱 많은 에너지 소비가 발생하기 때문에 건축물의 에너지 소비를 줄이기 위한 기술개발이 활발히 이루어지고 있다. 최근에는 건물이 고층화되면서 침기에 의한 에너지 손실을 줄이기 위한 고기밀화 시공기술, 열부하

를 최소화시키기 위한 건물의 고단열화 등이 시도되고 있다. 그러나 건축물이 고단열화, 고기밀화 되어감에 따라 침기 및 누기량도 줄어들어 환기 부족으로 인한 실내공기환경에 대한 문제가 나타나고 있다. (그림1 참고, 환경부, 2003) 따라서, 점점 고단열화, 고기밀화 되어가는 주거건물에서의 공기청정기술이 절실히 필요한 실정이다.

따라서 본 고에서는 먼저 국내 건축물의 기밀 및 단열 수준을 파악하기 위해 국내의 주택의 기밀/단열 성능 분포현황 및 기준을 살펴본 후, 고기밀·고단열 주택에서 에너지절감 및 실내공기환경의 캐

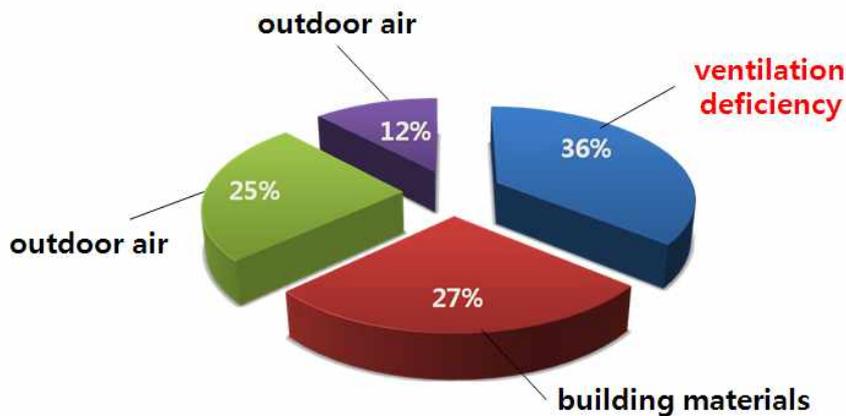


그림 1. 실내공기오염 원인 조사 결과 (환경부, 2003)

적성 유지를 동시에 이룰 수 있는 환기 기술을 소개 하도록 한다.

2. 기밀성능의 기준

건물외피를 통하여 들어오거나 나가는 공기(침기 또는 누기)는 에너지소비를 증가시키고 국부적 열적 불쾌감 유발 및 환기시스템의 효율을 저하시키는 원인이 된다. 이와 같은 이유로 세계 각국에서는 건물의 침기량에 대한 평가방법 또는 기밀성능 등급에 대한 기준을 정하고 있다. 따라서 본 장에서는 국외의 기준을 중심으로 기밀성능 측정방법 및 평가에 대한 기준을 살펴보도록 한다.

2.1 기밀성능 측정방법

건물의 기밀성능을 측정함으로써 자연상태에서의 환기량을 파악 할 수 있으며, 이를 측정하는 방법은 크게 가스추적법(Tracer Gas Method)과 가압/감압법(Pressurization/Depressurization Method)으로 나눌 수 있다.

1) 추적가스법(Tracer Gas Method)

추적가스법은 실내공기와 희석 및 혼합이 잘되는 CO, CO₂, N₂O, SF₆ 등의 불활성 가스를 실내로 분출한 후, 시간경과에 따른 가스농도의 변화량을 가스측정기 등으로 측정하여 건물의 침기 및 누기에 의한 환기횟수를 계산하는 방법이다.

건물 내 공간으로 들어오는 공기는 의도되지 않은 침기(Infiltration)와 의도적인 환기(Ventilation)으로 나눌 수 있다. 의도적인 환기, 즉 사용자가 열적 쾌적감 확보 및 실내 오염물질의 저감을 위하여 기계적 환기시스템이나 개구부로부터 도입하는 공기량은 직접적인 측정법으로 측정이 가능하다. 하지만, 의도되지 않은 환기, 즉, 건물의 크랙이나 틈새로 들어오는 공기(침기)량은 직접 측정하기가 어려워 추적가스법 등을 이용하여 침기량을 측정할 수 있다.

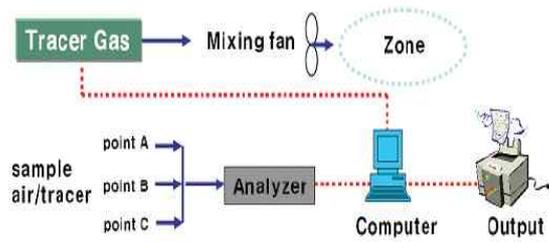


그림 2. 추적가스법의 개념

2) 가압/감압법(Pressurization/Depressurization Method)

가압/감압법은 블로어 도어(blower door) 또는 팬을 이용하여 실내외의 압력차를 임의상태로 조절 후, 공기의 유동량을 측정하여 기밀 성능을 구하는 방법으로 압력차 측정법이라고도 한다. 이는 가스 추적방법보다 외기의 영향을 받지 않고 기기설치 및 측정방법이 간단한 장점을 가지고 있다. 측정방법은 ASTM E779-87 (Standard test method for determining air leakage rate by fan pressurization) 및 ISO 9972 (Determination method)에 규정되어 있다.



그림 3. Blower Door Test

2.2 기밀성능 표현방법

기밀성능 평가 기준을 살펴보기에 앞서 기밀성능 표현방법에 대해 간단히 살펴보도록 한다.

1) CFM50

CFM50은 실내외 압력차를 ±50Pa로 유지시킨 상태에서 건물내부로 유입 또는 유출되는 풍량을 말한다.

2) ACH50

실내외 압력차가 ±50Pa 발생하였을 경우의 환기 횟수를 나타내는 것으로 CFM50을 건물 체적으로 나눈 값이다. 크기와 형태가 다른 건물의 기밀 성능을 비교하기 위한 지표로 많이 사용된다.

3) 유효누기면적(ELA)

건물내부에서 10Pa의 압력이 발생할 경우의 누기 풍량과 같은 공기가 새어나가는 구멍의 크기를 Blower Door Fan의 Inlet 부분과 유사한 노출면적으로 환산하여 나타낸 값으로 LBL(Lawrence Berkeley Laboratory) 침기모델에 쓰인다.

2.3 기밀 성능 평가 기준

세계 주요 국가의 기밀성능에 대한 평가기준을 기준 압력차 50Pa에서의 환기회수(ACH50)로 환산

표 1. 국외 건물 기밀성능 평가기준⁽¹⁾

국가	최소기준(ACH)	최대기준(ACH)
벨기에	1.0	3.0
캐나다	1.5	1.5
이태리	1.0	3.2
네덜란드	1.2	6.5
노르웨이	1.5	4.0
스위스	1.0	4.5
미국	2.1	2.1

하여 표 1에 나타내었다. 국가별로 기준의 차이가 있으며 1.0~6.5 (ACH50)의 분포를 나타내고 있다.

또한 미국의 경우에는 ASHRAE Standard 119-1988에서 건물 표준누기면적(Normalized Leakage Area)을 10단계 침기등급(Leakage class)으로 나누어 기밀성능등급을 나타내고 있다(표 2.). 건물 표준누기면적(NL)을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$NL = 1000 \left(\frac{A_L}{A_f} \right) \left(\frac{H}{2.5} \right)^{0.3}$$

NL : Normalized Leakage Area

AL : 4Pa에서의 유효누기면적, m²

Af : 4Pa에서의 유효누기면적, m²

H : 층고 높이, m

표 2. ASHRAE Standard 119-1988 Leakage Class

Leakage Class	Minimum NL (m ²)	Maximum NL (m ²)	Typical ACH50 (h ⁻¹)
A	0	0.10	1
B	0.10	0.14	2
C	0.14	0.20	3
D	0.20	0.28	5
E	0.28	0.40	7
F	0.40	0.57	10
G	0.57	0.80	14
H	0.80	1.13	20
I	1.13	1.60	27
J	1.60	-	-

3. 기밀성능의 분포

최근 에너지 절약을 위한 대책의 일환으로 고기밀, 고단열 주택의 건물의 제로에너지 하우스들이 많이 지어지고 있다. 하지만 건물의 기밀성능이 높아지면서 그만큼 자연환기량도 줄어들어 실내공기 환경을 악영향을 미치고 있는 것도 사실이다. 따라서 본 장에서는 지금까지 연구되어진 국내외 주택

에서의 기밀성능 분포를 조사하여 살펴봄으로써 기밀성능의 변화추이 및 각국의 기밀성능 수준을 파악해보도록 한다.

3.1 국내

국내에서 연구되어진 기밀성능 측정 결과를 단독주택, 고층 아파트, 제로에너지 하우스로 나누어 정리하여 표 3.에 나타내었다. 결과를 살펴보면 단독주택은 ACH50이 평균 16.4회로 나타났지만, 고기밀·고단열 주택인 제로에너지 솔라하우스의 경우에는 4.3회로 일반 주택에 비해 4배정도 기밀성능이 높은 것을 확인 할 수 있다. 고층 주거건물의 경우에도 일반주택의 비해 3~4배 정도 기밀성능이 높은 것으로 나타났다.

표 3. 국내 기밀성능 측정 결과

	측정기간	ACH50
단독주택	2007 ⁽⁶⁾	16.4
고층 주거건물	2003 ⁽³⁾	3.06
	2004 ⁽³⁾	4.22
	2004 ⁽²⁾	5.29
		4.75
	2009 ⁽⁷⁾	4.57
제로에너지 솔라하우스	2004~2005 ⁽⁴⁾	4.3

국내의 고층 고기밀 아파트와 고층 주상복합 주거건물에서 기밀성능의 차이를 알아보기 위하여 블로어 도어(blower door)를 이용하여 저층부터 고층까지 측정한 연구결과를 찾아볼 수 있다(7). 측정결과를 ASHRAE Standard 119의 ACH50 등급과 비교하여 살펴보면, 고기밀 아파트의 경우의 A급으로 매우 우수한 기밀성능을 보였으며, 일반 고층 주상복합의 경우 C 또는 D등급 수준으로 기밀성능이 매우 낮았다. 따라서 아파트 건물의 경우에도 고기밀 아파트와 일반아파트의 기밀성능 편차가 매우 큼을 알 수 있다 (그림 4).

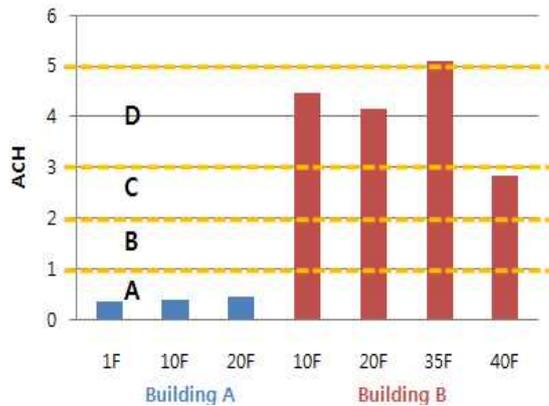


그림 4. 국내 고기밀 아파트(Building A)와 고층 주상복합(Building B)의 기밀성능 비교

3.2 국외

표 4.는 국외 단독주택에서의 기밀성능 실측결과를 보여주고 있다. 국내의 기밀성능 측정결과와 비교해보면, 단독주택의 경우 유럽 및 캐나다 등보다 기밀성능이 낮게 나타났으나, 미국의 경우보다는 높을 것을 알 수 있다. 초고층 건물 및 제로에너지 하우스의 기밀성능은 유럽 및 캐나다의 단독주택과 비슷한 수준으로 나타났다.

미국에서는 주거용 환기시스템의 선택을 위한 가이드로서, 국토를 4개의 지역(Zone)으로 구분하여 활용하고 있다 (그림 5). Zone 1은 미국의 북쪽주를 포함하고 있으며, 자연환기만으로는 환기요구량을 충족시키지 못하고 기계식 환기를 필요로 하는 지역을 의미한다. Zone2는 건물의 설계 및 구조에 따라 에너지기준 및 환기요구량을 동시에 충족시킬 수 있는 중간기후를 가진 지역이다. 온화한 기후를 포함하는 Zone 3은 ASHRAE Standards 119 와 62.2 기밀성능 기준을 상당범위에서 만족시켜주는 지역이다. Zone4의 건물들은 자연환기를 통해 상대적으로 약간의 에너지손실을 갖는다. 이 지역에서 자연환기는 기계환기를 보충하는 역할을 할 수 있다.

표 4. 국외 단독주택의 기밀성능⁹⁾

국가	측정기간	측정 건물 수	ACH50	특징
벨기에	1995-98	51	7.8	
캐나다	1985-95	222	3.1	New conventional houses
		47	1.2	R2000 low-energy houses
에스토니아	1999-2000	19	9.6	
	2003-05	31	4.9	Built in 1993-2004
핀란드	1979-81	16	6.0	
	1981-98	28	3.5	
		171	5.9	
노르웨이	2002-04	100	3.9	Timber-frame envelope
	1980	61	4.7	
	1984	10	4.0	Low-energy houses
스웨덴	1978	205	3.7	
	-	44	1.02	Timber-frame envelope
영국	-	471	13.1	
미국	-	12,902	29.7	

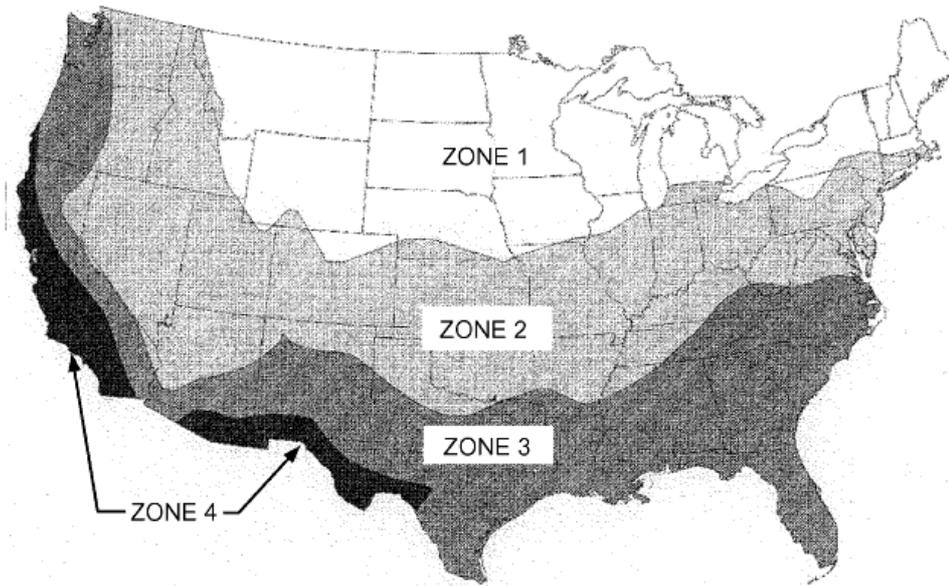


그림 5. Airtightness Zones for Residences in the United States (ASHRAE Handbook-Fundamentals)

4. 단열 성능 기준

4.1 국내

2008.7.10 개정된 건축법내의 지역별 건축물부위의 열관류율은 기존 기준과 대비하여 단열성능을 크게 강화되었다. 특히 창 및 문 부위에서는 공동주택과 공동주택 외 부분으로 세분화되었으며 공동주택에서의 단열성능이 더욱 강화된 것을 볼 수 있다 (표 5). 건축물부위별 열관류율 요구수준은 향후에도 지속적으로 강화될 예정이다.

4.2 국외

표 6은 해외 각국의 부위별 단열성능 기준을 비교하여 나타내고 있다. 북유럽국가에서는 지붕의 열관류율을 1.0~2.0W/m²K 수준까지 낮추고, 외벽의 경우에는 0.2~0.3W/m²K의 수준을 나타내고 있

표 5. 지역별 건축물부위 열관류율(W/m²·K)

[개정 2008.7.10]

		중부차	남부차	제주도	
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	0.47 이하	0.58 이하	0.58 이하	
	외기에 간접 면하는 경우	0.64 이하	0.81 이하	1.10 이하	
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우	0.29 이하	0.35 이하	0.41 이하	
	외기에 간접 면하는 경우	0.41 이하	0.52 이하	0.58 이하	
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우 바닥난방인 경우	0.47 이하	0.58 이하	0.58 이하	
	외기에 간접 면하는 경우 바닥난방 아닌 경우	0.64 이하	0.81 이하	0.81 이하	
공동주택의 축벽		0.35 이하	0.47 이하	0.58 이하	
공동주택의 층간 바닥	바닥난방인 경우	0.81 이하	0.81 이하	0.81 이하	
	그 밖의 경우	1.16 이하	1.16 이하	1.16 이하	
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	3.00 이하	3.30 이하	4.20 이하
		공동주택 외	3.40 이하	3.80 이하	4.40 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	4.40 이하	4.70 이하	6.00 이하
		공동주택 외	4.60 이하	5.30 이하	6.30 이하

- 1) 서울특별시, 경기도, 인천광역시, 충청북도, 강원도
- 2) 충청남도, 대전광역시, 전라북도, 광주광역시, 전라남도, 경상북도, 대구광역시, 부산광역시

어 단열성능 기준이 매우 높은 것을 확인할 수 있다. 또한 국내의 열관류율 기준은 일본과 비슷한 수준을 보이고 있으며, 창호의 열관류율의 경우 나라들과 비교하여 상대적으로 높은 열관류율 값을 갖고 있다. 따라서 창호부위의 단열성능 기준의 향상이 필요하며 차기에 다시 한번 강화 될 것으로 보인다.

표 6. 각국 부위별 열관류율 비교⁽⁸⁾

국가	지붕	외벽	바닥	창문	
남유럽	Italy	0.1-0.2	0.2-0.3	0.2-0.3	1.5-2.5
	Portugal	0.6	0.6	0.6	2.0-3.0
	Spain	0.6	0.6	0.6	2.5-3.5
서유럽	Austria	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	1.0-1.5
	Flanders-Belgium	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6	1.5-2.5
	France	0.2-0.3	0.4-0.5	0.3-0.4	1.5-2.5
	Germany	0.2-0.3	0.5-0.6	0.4-0.5	1.0-1.5
	Ireland	0.1-0.2	0.2-0.3	0.2-0.3	1.5-2.5
	UK	0.2-0.3	0.3-0.4	0.2-0.3	1.5-2.5
	Netherlands	0.1-0.2	0.2-0.4	0.2-0.3	1.5-2.5
북유럽	Denmark	0.1-0.2	0.2-0.3	0.1-0.2	1.5-2.5
	Finland	0.1-0.2	0.2-0.3	0.2-0.3	1.5-2.0
	Norway	0.1-0.2	0.2-0.3	0.1-0.2	1.0-1.5
	Sweden	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.2	1.0-1.5
기타	Japan	0.24-0.37	0.53-0.75	0.35-0.37	4.65
	US	0.15-0.19	0.36-0.45	0.19-0.27	1.08-2.04
	Korea	0.29-0.41	0.47-0.64	0.35-0.58	3.0-3.4

5. 그린홈을 위한 환기

최근에 시공되는 주거건물은 시공기술의 발달 및 에너지 저감에 대한 요구로 인하여 기존 건물과 비교하여 3~4배 이상 높은 기밀성능을 갖고 있다. 이러한 고기밀, 고단열 건물의 경우, 침기 및 누기에 의한 열손실을 줄이고 열손실 및 열취득의 저감으로 인한 에너지 소비량을 줄일 수 있을 것이다. 하지만, 자연환기의 부족으로 인하여 실내 오염물질 농도의 증가, 높은 실내 습도 및 곰팡이 발생, 악취, 결로 발생 등과 같은 실내공기환경 문제를 야기하기도 한다. 즉, 건축물에서의 환기는 실내공기질(IAQ)과 에너지의 Trade-off 관계를 갖고 있으며,

들 중 어느 하나도 양보할 수 없는 것이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 대표적인 기술로 열회수 방식 환기시스템(heat recovery)과 variable demand-controlled airflow 시스템이 개발되어 사용되고 있다. 하지만 현재까지 두 가지 기술을 완벽하게 통합한 시스템은 구현되지 않고 있다. 최근 연구 동향을 살펴보면, 유럽에서는 고기밀, 고단열 주택에서 실내공기질의 확보와 에너지 저감을 충족시키기 위하여 제어 환기(controlled ventilation)방법의 환기 시스템들이 개발되어 사용되고 있다. 이중 습도 제어식 환기시스템은 가장 효율적이고 안정적인 시스템으로 대두되고 있으며, 신축건물뿐 만 아니라 기존 건물의 개보수에도 최근 많이 사용되고 있다.

5.1 습도제어기반 환기 시스템

1) 습도 제어

Demand-controlled 환기시스템은 실내 오염물질의 농도를 기반으로 필요한 환기량을 조절하게 된다. 기존의 시스템은 인체가 방출하는 이산화탄소(CO₂) 또는 건축 구조체 및 건축자재에서 방출되는 휘발성유기화합물(VOCs)의 농도를 모니터링하여 필요한 외기량을 도입하게 된다.

하지만 실내의 습기량도 중요한 환경지표로서 인체에 유해하지 않더라도, 건축물 구조체에 영향을 주고 결로를 발생시키며, 곰팡이 등의 미생물 발생 및 악취를 야기하여 재실자에게 불쾌감을 유발한다. 실제로 건물내에서 재실자가 10분간 샤워를 하면 350g의 수증기가 방출되며, 일반 활동시에는 일인당 50g/h의 수증기를 발생시킨다. 따라서 실내 공기중의 여러 오염물질 가운데 습도를 제어함으로써 실내공기질을 유지할 수 있을 것이다.

실제로 실내 습도를 제어함으로써 실내 이산화탄소(CO₂)농도도 적정 수준으로 유지 할 수 있음이 밝혀졌다. 그림 6은 프랑스, 벨기에, 네덜란드의 습도제어환기가 설치 된 60개의 주거건물에서의 부엌, 화장실, 욕실과 같은 습한 공간에서의 현장측정 결과를 나타낸 것이다. 이 그래프들은 절대습도량

과 실내 이산화탄소(CO₂)농도와 상관관계를 보여주고 있으며 화장실의 경우에는 CO₂ 농도와 실내 습도가 직접적인 연관성이 있음을 알 수 있다. 이것은 습도를 제어하는 것이 CO₂를 제어하는 방법이라는 것을 의미한다. 거실, 침실과 같은 건조한 공간에서도 실내 CO₂농도 변화와 절대습도량 변화의 직접적인 상관관계가 있음이 밝혀졌다.⁽¹²⁾ 더욱이 건물 내의 습도를 적절하게 제어함으로써 결로 및 유지관리 문제에 대처할 수 있는 장점이 있다.

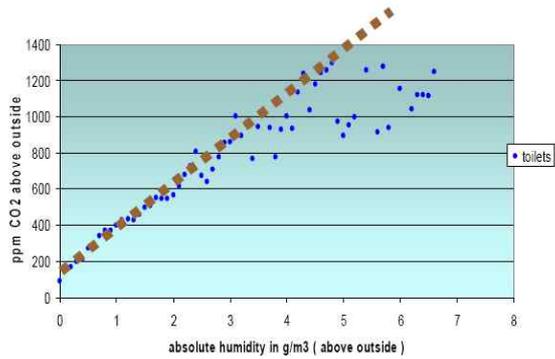


그림 6. 이산화탄소(CO₂)농도와 습도와의 관계 (화장실)

습도제어기반 환기시스템은 건축 자재에서 주로 방출되는 휘발성유기화합물(VOCs)과 포름알데히드의 실내 공기중 농도를 저감하는데도 효과적인 것으로 보고되고 있다. 휘발성유기화합물은 자재별로 방출되는 양이 다르고, 경과시간에 따른 변동이 심하고, 복합적인 화학물질의 구성 및 종류, 온도 및 습도에 따른 변화 등으로 인하여 환기에 의한 제어는 타당하지 않을 수 있다. 하지만 습도기반의 환기제어는 재실자가 없는 경우에 최소환기량을 상시 가동하다 습하거나 온도가 높아지는 경우에 환기량을 단시간내에 높일수 있어 효과적인 오염물질 농도제어가 가능하다.

2) 습도제어 기반 환기 시스템의 원리

습도제어 기반 환기시스템은 실내상대습도의 변화에 따라 공기유량을 변화시킨다. 습도센서로는

전기 센서, 나무 칩, 나일론 스트립 등을 활용하여 개발되어졌으며, 최근에는 정확성과 신뢰성이 가장 우수한 나일론 제품이 많이 사용되고 있다. 나일론 기반 센서는 직물의 습기물성(hygroscopic properties)를 이용하여 공기 흡입구의 opening area를 조절함으로써 유입량을 물리적으로 조절할 수 있다(그림7 참조). 그림8은 나일론 제품이 상대습도에 따라 정확하게 반응하는 것을 보여주는 그래프이다.



그림 7. 흡입구의 나일론 흡습 센서

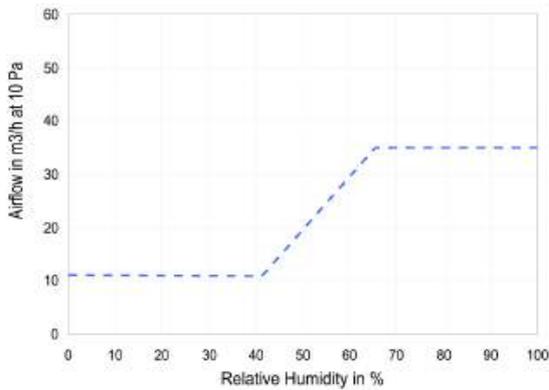


그림 8. 상대습도에 따른 공기유량

습기 제어 환기시스템은 흡입구, 배기구, 팬 등의 구성품으로 이루어지며 자연환기, 기계식 환기, 또는 하이브리드환기에 적용될 수 있다. 아직 이 기술은 배기환기 장치에 주로 사용이 되고 있지만, 조만간 열손실을 최대한 방지할 수 있는 급배기용 열회수 환기 시스템도 상용화될 것이다.

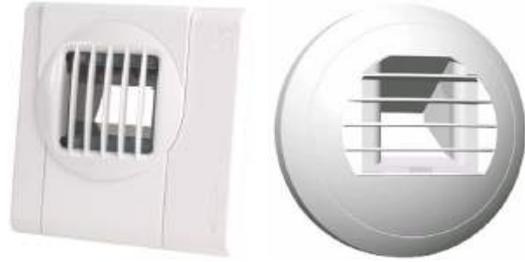


그림 9. 습도제어 기반 배기구

3) 습도제어 기반 환기시스템의 장점

- 열손실 및 에너지 저감

습도 제어 환기시스템은 주택의 형태, 기밀도, 환기방식에 따라 약 60%까지 열손실을 막을 수 있는 것으로 보고되고 있다. AVIS Technique에서 수행한 연구에 따르면 습기제어 환기시스템이 설치된 주거 건물(프랑스)에서 건물 크기 및 구성(침실의 수, 욕실 및 화장실의 수)에 따라 27~57%까지 에너지를 저감하는 것으로 보고하고 있다. 더욱이 열손실 및 에너지 저감에도 불구하고 실내공기질은 일반 기계식 환기시스템이 설치된 공간과 동일하게 유지되었다.

- 환기효율 및 결로방지

습기 제어 환기시스템의 환기효율은 컴퓨터 시뮬레이션과 현장실험을 통하여 모두 평가 되었다. "HR-VENT"(13) 프로젝트를 통하여 습기제어 환기시스템이 설치된 55개의 주거건물을 대상으로 압력, 공기유량, 온도, 습도를 모니터 하였으며, 2년 기간에 걸쳐서 이 시스템의 성능을 평가 하였다. 모니터일 결과, 실내의 습도가 높아지면 매우 짧은 시간의 최대의 공기유량을 유입하여 습도를 적절하게 유지시켜주는 습도제어시스템의 능력을 보여주었다 (그림 10).

HR-VENT 프로젝트는 습도제어 환기시스템의 결로 방지 능력도 검증하였다. 건물 내부 벽체의 결로 취약부위에서 온도와 습도를 측정된 결과 모든

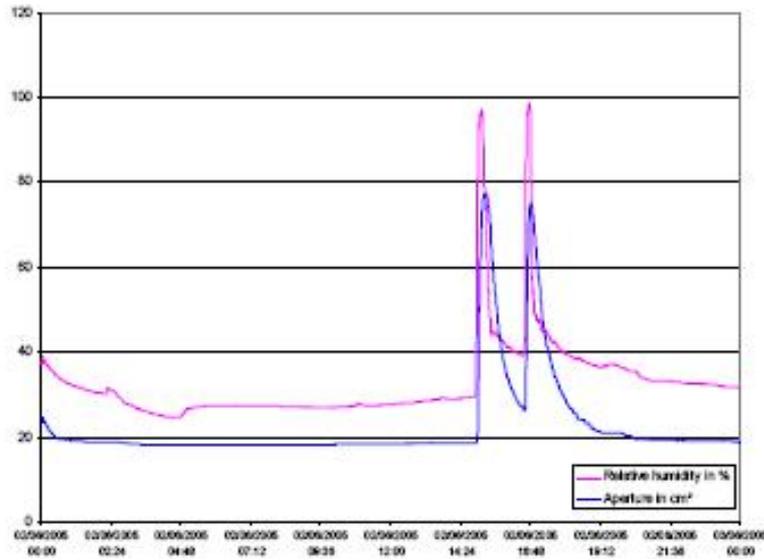


그림 10. 습도센서 배기구의 공기유량과 실내상대습도

부위에서 노점온도보다 높은 벽체 표면온도를 유지하였다. 따라서 습도기반 환기시스템이 실내습도를 적절히 유지시킴으로써 결로방지에 효과적임을 입증하였다.

맺음말

전 세계적으로 자원의 고갈 및 지구온난화 문제로 인하여 온실가스의 저감이 현시대의 중요한 현안으로 등장하고 있다. 이에 따라 우리나라를 포함하여 각국에서는 에너지저감 및 녹색성장을 이루기 위한 노력이 지속적으로 경주되고 있다. 건물에서의 에너지 저감도 강력하게 추진되고 있어 건물에서의 에너지 절약을 위한 기밀성능 기준 및 단열성능 기준이 강화되고 있다. 이렇듯 건물의 고단열화, 고기밀화는 에너지측면에서 바라본다면 장점이지만 동시에 자연환기의 부족으로 인해 실내공기를 저해하는 요인이 되고 있다. 따라서 최근의 고단열, 고기밀 건축물에서 건물에너지 소비를 최소화하면서 실내공기환경을 쾌적하게 유지할 수 있는 환기시스템의 개발 및 적용이 필요하다. 프로젝트

의 초기단계에서부터 건물에너지 및 건강환경을 고려한 계획적인 설계가 이루어져야 할 것이며, 건물의 용도 및 형태, 위치 및 주요 오염물질의 저감을 위한 환기방식이 채택되어야 할 것이다. 각국의 시공방식 및 기술수준에 따라 기밀성능 및 단열성능의 차이가 있고, 특히 우리나라는 고층의 아파트가 대부분의 주거형태임을 감안하여 환기설계 및 시스템 선정이 이루어져야 할 것이다. 이러한 측면에서 본고에서 소개한 습도제어 기반 환기시스템은 에너지저감 및 실내공기질 유지의 목표를 동시에 달성할 수 있는 효과적인 방식이 아닐까 생각한다. 또한, 환기를 위한 덕트가 필요없기 때문에 주거건물의 리모델링시에도 효과적으로 적용할 수 있을 것이다.

- 참고문헌 -

1. 박원석, 주거용 건물의 기밀성능 기준설정을 위한 침기량 실측에 관한 연구, 호서대학교 석사학위 논문, 2003.
2. 현대건설, 초고층 주상복합 건물의 거주 후 성

- 능평가 연구, 2004.
3. 이광호, 김상민, 박용후, 문장수, 손장열, 초고층 주상복합아파트의 기밀 성능 및 연돌 효과 특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집 제21권, 12호, p.p 279~286, 2005.
 4. 신우철, 윤중호, 백남춘, 고기밀 고단열 주택의 기밀성능에 관한 실험적 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 제25권, 4호, p.p 61~67, 2005.
 5. 박선호, 원종서, 조재훈, 기밀 시공 관리에 따른 건물의 기밀도 현황 연구, 한국생태환경 건축학회 춘계학술발표대회 논문집 제7권, 제1호, p.p 81~84, 2007.
 6. 윤중호, 박재완, 이광성, 백남춘, 신우철, 충청 지역 단독주택의 기밀성능 실측 연구, 한국태양에너지학회 논문집 제28권, 5호, p.p 65~71, 2008.
 7. 문현준, 최민석, 박진우, 유승호, 이준서, 초고층 주거 건물에서의 차압 및 기밀성능 측정 연구, 한국친환경설비학회 추계학술발표대회 2009.
 8. 산업자원부, 건물의 에너지효율등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구, 2007.
 9. Targo Kalamees, Air tightness and air leakages of new lightweight single-family detached houses in Estonia, Building and Environment 42, 2369-2377, 2007.
 10. ASHRAE Standard 119-1988, Air Leakage Performance for Detached single-family Residential Buildings.
 11. ASHRAE Handbook-Fundamentals 2005, USA.
 12. Jean Luc Savin, Marc Jardinier, Humidity Controlled Exhaust Ventilation in Moderate Climate, AIVC, Ventilation Information Paper, 2009.
 13. CSTB, HR-VENT - Nangis Project: Measurement of the performances of a humidity controlled ventilation system with low pressure mechanical assistance, in refurbishment of collective housing, Final report n. DDD-DE-VAI 06-054R, 2006.