

# 자연환기장치가 적용된 공동주택의 기밀 및 공기유동 성능 실측 연구

## A Study of Measurement on Airtightness and Air-Flow Performance of Apartment Housing Adopting Window Frame-Type Natural Ventilation

전주영<sup>1</sup> · 김길태<sup>2</sup> · 김선동<sup>3</sup>

Chu-Young Chun<sup>1</sup>, Gil-Tae Kim<sup>2</sup> and Sun-Dong Kim<sup>3</sup>

(Received September 25, 2014 / Revised October 23, 2014 / Accepted October 29, 2014)

### 요 약

본 연구에서는 창문형 자연환기장치가 설치된 7개 세대의 소형공동주택(33m<sup>2</sup>~51m<sup>2</sup>)을 대상으로 Blower Door를 이용한 현장 기밀성능 및 공기유동 성능을 측정하였다. 창문형 자연환기장치는 외기에 면하는 모든 창호 및 거실분합문에 설치되어 있으며, 수동 개폐형 장치가 설치되어있다. 본 연구에서는 자연환기장치와 창호의 개폐여부에 따라서 6개의 CASE를 설정하여 실측하였다. 측정결과, 자연환기장치와 모든 개구부를 밀폐한 상태의 기밀 성능 값(CASE1)은 1.77~3.12ACH로 평균 2.27ACH로 나타났으며, 문헌조사 결과 자연환기장치가 설치되지 않은 일반 공동주택(1.65~4.28ACH)과 유사하게 나타났다. 내외측의 자연환기장치를 모두 열었을 때의 공기유동성능 값(CASE6)은 평균 5.87ACH로 나타나 밀폐조건과 비교하여 평균 3.6ACH가 증가하는 것으로 나타났다. 외측 환기장치와 창호를 밀폐한 조건에서 내측 환기장치만 개방시와 내측창을 개방시의 공기유동성능값의 차이는 평균 0.29ACH로 내측창호 개방시의 기밀성능 값이 높게 나타났다. 반대로 내측 환기장치와 창호를 밀폐한 조건에서 외측 환기장치만 개방시와 외측창 개방시의 차이는 평균 0.30ACH로 외측창호 개방시가 높게 나타났다. 내측창호만의 공기유동성능과 외측창호만의 공기유동성능 측정값의 차이는 0.77ACH로 내측창호가 더 우수하게 나타났다. 향후에는 자연환기장치와 창호 및 세시의 종류에 따른 기밀성능의 추가 측정을 통해 정량적 상관관계 조사가 필요할 것으로 판단된다.

**주제어** : 자연환기장치, 기밀, 공기유동, 환기, 블로어도어

### ABSTRACT

The purpose of this study was to measure the airtightness and Air-Flow Performance for 7th house of small apartment houses adopted window frame-type natural ventilation. All window and living room door is provide with window frame-type natural ventilation, and there is provide with manual controller. As the object of measurement, the 6th type small apartment houses with area of 33m<sup>2</sup> to 51m<sup>2</sup> was selected. airtightness performance was measured at the front door using Blower door system. We measured ventilation rate per hour on 50Pa pressure different between inside and outside by the 1st to 6th cases. As a result, when the natural ventilation frame was closed, average amounts are shown as the ventilation rate per hour were 2.27ACH (CASE1). and the result is similar to general apartment house (1.65~4.28ACH). When the natural ventilation frame was open, average amounts are shown as the ventilation rate per hour were 5.87ACH (CASE6). In addition, that's a 3.6ACH increased more than CASE1.

**Key words**: Natural Ventilation System, Airtightness, Air-Flow, Ventilation, Blower-door

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

최근 공동주택은 고기밀, 고단열화 되면서 에너지 절약 및 쾌적한 실내공기환경 유지를 위한 환기의 중요성이 증가하고

있다. 건물의 고기밀화 및 실내의 환기량 감소는 실내에서 발생하는 각종 유해물질이 적절히 제거되지 못하게 되는 문제점이 발생한다. 이로 인해 건물내 오염된 공기는 재실자가 두통과 현기증을 느끼는 새집증후군 및 현집증후군 현상을 증가시키는 원인이 되고 있다.

1) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원(주저자: jychun@lh.or.kr)  
2) 한국토지주택공사 토지주택연구원 책임연구원(교신저자: gtkim1@lh.or.kr)  
3) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구원

우리나라는 환경부의 ‘다중이용시설 등의 실내공기질 관리법’ 개정(2004)을 통하여 새집증후군 등의 문제인식과 더불어 공동주택의 실내공기질의 중요성을 정책적으로도 인식하게 되었다. 이후 국토부의 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’이 개정(2006) 되면서 100세대 규모 이상의 신축 및 리모델링 공동주택의 경우, 세대 환기량이 시간당 0.7회 이상 이루어지도록 자연환기설비 또는 기계환기 설치가 규제화 되었으며, 최근에는 친환경 건축자재 보급이 활성화되면서 환기기준이 0.5회 이상으로 하향 조정(2013.12) 되었다. 이러한 환기설비기준을 만족하기 위하여 동법 제11조에서 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하도록 하고 있다. 그러나 대부분의 공동주택에서는 열교환형 기계환기설비를 설치하고 있으며 일부 소형 공동주택을 중심으로 자연환기설비가 설치되고 있는 상황이다. 공동주택의 에너지소비량을 줄이기 위한 “친환경 주택의 건설기준 및 성능”(국토해양부, 2009)제도가 시행되고 있으며 이에 따른 주택의 기밀성능 및 환기에 의한 에너지 소비량을 저감하기 위한 기술에 관심이 높아지고 있어 고효율 시스템 및 열교환 기술 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 환기설비의 초기 설치비용, 운영 및 사용에 따른 유지관리 및 보수비 등의 비용적 측면을 고려하여 소형 공동주택을 중심으로 창문형 자연환기장치가 적용되고 있다. 이에 따라 자연환기설비가 적용된 공동주택에 있어 효율적 환기방안 및 에너지절감 방안 등에 관한 연구가 필요하며 이를 위한 기초자료로서 기밀성능 측정 및 평가 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 자연환기설비의 대표적 유형인 창문형 자연환기장치가 적용된 소형공동주택을 대상으로 Blower Door 측정시스템을 이용하여 기밀성능을 실측하여 자연환기장치의 적용이 소형공동주택의 기밀성능에 미치는 영향을 실측분석하였다. 또한 내외측 자연환기장치 및 창호의 개폐상태에 따른 기밀성능을 측정하여 추후 자연환기장치 관련 연구의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 1.2 연구범위 및 방법

연구범위는 2006년 공동주택의 환기설비가 의무화된 이후 자연환기 설비가 설치된 2012년 준공된 33m<sup>2</sup>~51m<sup>2</sup>의 공동주택을 대상으로 기밀 및 공기유동성능을 측정하였다.

측정하는 방법은 가스모니터링 실험장비 사용하여 추적가스 변화량을 측정하는 가스추적법(Trace gas method)(KS L ISO 12569)과 블로어 도어(Blower Door)(KS L ISO 9972)를 사용하여 실내를 가압, 감압하여 이때의 공기의 유동량을 측정하는 가/감압법(Pressurization Depressurization Method)이 있다. 가스추적법은 실내에 추적가스를 고농도로 만든 후 자연적인 감소 값을 사용하는 감소법, 추적가스의 농도를 일정하게 유지시키며 투입량 값을 이용하는 일정농도법이 있다.

이러한 가스추적법은 현장의 압력변화 등의 측정조건의 영향을 많이 받으며 측정시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 블로어 도어의 가감압법은 팬을 사용하여 실내를 가압 또는 감압한 후 내외부간 흐르는 공기의 유량을 측정하여 건물의 기밀성능을 측정하는 방법이다. 이때 기밀성능을 표시하는 방법으로는 CFM50(Cubic Feet per Minute at 50 Pa, ft<sup>3</sup>/min), CMH50(Cubic Meter per Hour at 50 Pa, m<sup>3</sup>/min), ACH50(Air Change rate per Hour at 50 Pa), EqLA(Equivalent Leakage Area), ENL(Effective Leakage Area) 등이 있다. CFM 50 및 CMH50은 실내의 압력차를 50Pa로 유지한 상태에서 내부와 외부사이의 유량을 나타내며, 단순한 건물의 침기량 알아보기 위해 사용하며, ACH50은 침기량을 실제적으로 나눈 값으로, 건물의 체적을 고려한 실내공기의 환기량 개념으로 표현한 값이다. NRC(Canadian National Council)의에서 정립한 EqLA는 10Pa를 기준에서 발생하는 누기량으로 환산하는 것으로서 상당누기면적이라 한다. LBL(Lawrence Berkeley Laboratory)의 ELA는 4Pa일 때 누기량으로 환산한 유효누기면적이라 한다. 이의 지표들은 서로 다른 규모의 건물에 대한 단위 체적당의 침기량을 비교할 때의 적절한 평가지표이다. 일반적으로는 일상상태의 실내외 압력조건에서는 침기량 측정 시 바람, 온도 습도 등의 현장조건에 따른 변수에 의한 측정오차가 발생 할 수 있으므로 건물의 내외부의 압력차를 50Pa 까지 유도하여 측정된 침기량 값을 사용하고 있다. 본 연구에서는 입주세대의 특성상 장비의 설치 및 측정시간이 용이한 Blower Door 측정시스템의 감압법을 이용하여 측정하였다.

## 2. 문헌고찰

### 2.1 선행연구 고찰

건물의 기밀성을 측정하는 방법으로 현장의 기밀성능을 측정할 경우는 측정시간적인 측면에서 비교적 유리한 Blower Door방식을 활용하여 건물전체 및 부위별 기밀성능을 평가하는 측정방법으로 주로 활용된다.

Blower Door 시스템을 활용하여 주택의 기밀성능을 측정 한 기존 선행연구를 고찰한 결과, 서종현과 윤재옥(2012)<sup>1)</sup>은 공동주택이 아닌 기존의 공동주택을 대상으로 감압법을 이용한 기밀성 실측연구를 진행하여 다른 연구들의 기밀성능과의 유사성을 비교하였다. 바닥면적 36.7m<sup>2</sup>인 공동주택을 대상으로 현관문에 Blower Door를 설치하고 기밀성능을 측정 한 결과, ACH50은 2.35회로 측정되었다. 권오현 등(2010)<sup>2)</sup>은 Blower Door를 이용하여 국내 주거용 건물의 기밀성을 실

- 1) 서종현, 윤재옥(2012), “감압법을 이용한 공동주택 기밀성능 실측연구”, 「대한건축학회 학술발표대회 논문집」, 32(2): 293~294.
- 2) 권오현 등(2010), “Blower door를 이용한 국내 주거용 건물의 기밀도 실측 사례 분석”, 「대한건축학회논문집」, 26(7): 303~310.

측하여 기밀성능의 개선을 위한 연구를 수행하였다. 118㎡와 132㎡의 바닥면적을 가진 공동주택의 기밀성능 측정결과, 평균 ACH50은 각각 9.03회, 1.85회로 나타났다. 신철용과 이윤규(2012)<sup>3)</sup>는 환기설비가 적용된 공동주택의 기밀성능을 연구하였으며, 기계환기설비와 자연환기설비가 설치된 공동주택에서 환기설비의 유형이 공동주택의 기밀성에 미치는 영향을 평가하였다. 환기설비 유형별 기밀성능 비교결과, 기계환기설비가 설치된 84㎡, 132㎡ 공동주택의 평균 ACH50은 2.91회, 자연환기설비가 설치된 51㎡, 84㎡ 공동주택의 경우 3.18회로 나타났다. 또, 조재훈(2010)<sup>4)</sup>은 초고층주거건물의 기밀성능 측정을 통하여 고층건물에서의 기밀성능 특성을 분석하였다. A, B 두 개의 건물을 선정하여 측정을 실시하였으며, A건물(Punched window type)의 경우 115㎡~211㎡, B건물(curtain wall type)은 132㎡~245㎡의 바닥면적을 가진 형태이다. A건물의 평균 ACH50은 2.46회로 나타났으며 B건물은 3.02회로 측정되었다. 김승철 등(2011)<sup>5)</sup>은 Blower door를 이용한 고기밀 공동주택의 기밀성능을 평가를 연구하였으며, 세대내의 침기가 발생할 가능성이 높은 부위들을 밀봉해 가면서 기밀성을 측정하였다. 159㎡의 바닥면적을 가진 공동주택에서 침기에측부위의 전체 밀폐를 실시한 경우 ACH50은 1.65회로 나타났고 밀폐를 실시하지 않았을 경우 1.96회로 나타났다. 선행 연구를 살펴보면 고층공동주택과 중대형 공동주택의 기밀성능평가가 주로 이루어졌으며, 자연환기장치가 많이 설치되어지는 소형 공동주택의 기밀성능 평가는 미흡함을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 기존 문헌결과 고찰 내용을 바탕으로 자연환기장치가 설치된 소형공동주택의 자연환기장치의 개폐변수에 따른 기밀성 및 공기유동 성능 실측을 수행하고자 하였다.

## 2.2 자연환기장치 고찰

자연환기장치는 실내외의 압력차와 온도차의 자연력을 이용한 설비이며, 순간적인 외부바람 및 실내외 압력차의 증가로 발생할 수 있는 과도한 바깥공기의 유입 등의 영향을 최소화 할 수 있는 구조와 형태를 갖춰야 한다. 또한 구조 및 성능에 변형이 없어야 하며 표면결로 방지 및 일정 수준 이상의 외기 오염물질 제거 또는 여과가 가능해야 한다<sup>6)</sup>. 자연환기설비의 환기성능은 KS F 2921(자연환기설비의 환기성능 시험방법)에 의하여 성능을 측정하며 “건축물의 설비기준

- 3) 신철용, 이윤규(2012), “환기설비가 적용된 공동주택의 기밀성능 특성 연구”, 「대한설비공학회 하계학술발표 논문집」, 342~345.
- 4) 조재훈(2010), “초고층 주거건물에서의 단위세대 기밀성능 측정 및 평가”, 「대한건축학회 논문집」, 26(10): 337~344.
- 5) 김승철 등(2011), “Blower Door를 이용한 고기밀 공동주택의 기밀성능 평가”, 「한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집」, 20: 25~28.
- 6) 국토해양부, “건축물의 설비기준등에 관한 규칙” [별표 1의4]

표 1. 자연환기 장치

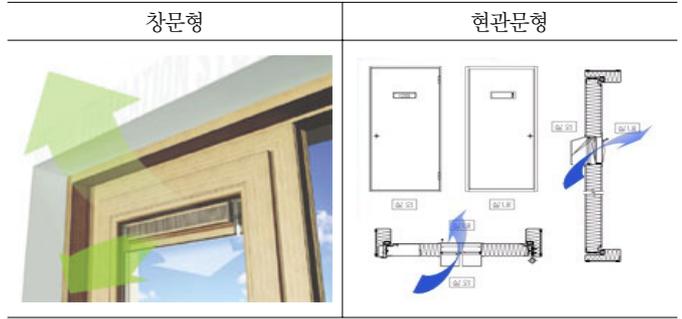


표 2. 대상건물 개요

위치	대전시
준공년도	2012
면적 및 규모	33㎡(2세대), 39㎡, 46㎡(3세대), 51㎡, 2.3M(높이), 총 7세대
환기장치 유형	자연환기장치
측정일시	2013.10.08-10.10

등에 관한규칙” 별표1의4에 의한 규정 “신축공동주택의 자연환기설비 설치기준”에 준하여 외기에 면하는 세대조건을 반영하여 설치길이를 산정 적용해야한다. 이외의 자연환기설비의 인정여부는 건축물의 사업승인시 지자체 건축심의위원회에서 결정토록 하고 있다. 소형 공동주택의 경우는 세대의 장단변비 및 전용면적이 작아 자연환기설비 설치가 유리하며 기계환기설비와 비교하여 설치 및 유지관리비용적 측면에서 유리한 장점이 있다. 세대에 적용되는 자연환기장치는 표 1과 같은 창문형 자연환기장치가 일반적으로 적용되고 있으며 각 실의 창호 및 발코니 새시에 모두 적용하여 설치되고 있다. 본 연구의 측정대상 세대에도 창문형 자연환기구가 설치되어 있다.

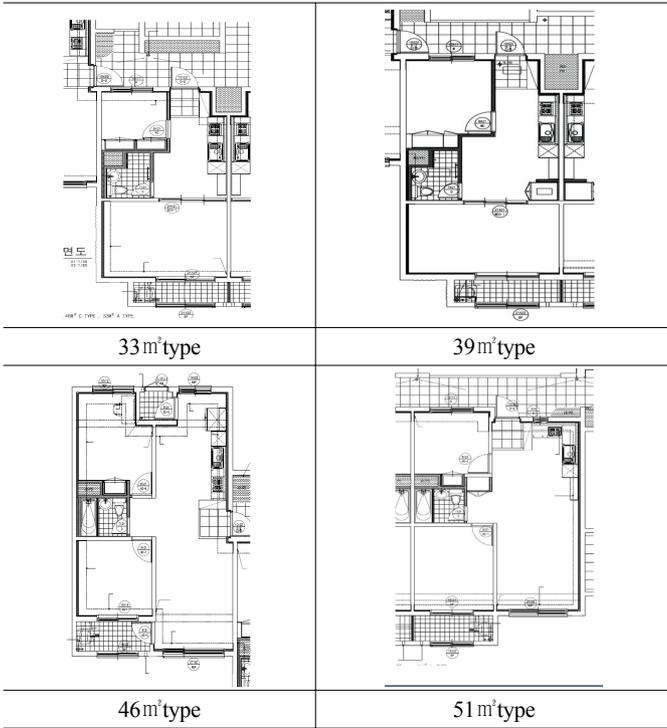
## 3. 소형 공동주택 기밀성능 현장측정

### 3.1 현장측정 개요

본 연구의 실측대상 건물은 대전지역에 위치한 공동주택을 대상으로 7개 세대를 선정하여 Blower door를 이용한 기밀성능 측정을 수행하였다. 실측대상 공동주택은 2012년에 준공되었으며 대상단지는 총 7개동으로 624세대로 이루어져 있다. 실측이 이루어진 7세대의 규모는 각각 33㎡, 39㎡, 46㎡, 51㎡이며, 33㎡, 39㎡의 경우 각각 2세대씩 측정하여 총 7개 세대를 측정하였다. 측정 대상 주택의 개요는 다음 표 2와 같으며 측정 단위세대의 평면은 표 3과 같다. 현장에서 실측을 위해 Blower Door 측정장비를 설치하고 측정하는 모습은 그림 1과 같으며 33㎡ type의 A, B 세대의 측정 모습이다. 그림 2는 침실 겸 거실 공간의 분합문의 창문프레임형 자연

환기장치 및 발코니에 설치된 실외기용 루버의 모습이다. 측정시기는 2013년 10월 8일~10월 10일에 걸쳐 실시하였다.

표 3. 단위세대 평면도



### 3.2 측정방법 및 측정조건

창문형 자연환기장치가 설치된 7개 세대의 공동주택을 대상으로 Blower Door 장치를 이용한 감압법으로 현장 기밀성능을 측정하였다. 측정세대의 전용면적은 표 4와 같으며 각각 33m² 2세대, 39m² 1세대, 46m² 3개type 3세대, 51m² 1세대로서 거실분합문 및 발코니 새시는 시스템창호로 단일창호이며 침실은 이중창으로 구성되어 있다. 각 세대의 거실 분합문 및 외기에 면하는 창호에 자연환기장치가 전체 설치되어 있으며, 자연환기장치에는 수동 개폐형 장치가 설치되어 open/close가 가능하다. 창문에 설치된 자연환기장치의 개폐 형태와 창호의 개방여부에 따라서 6개의 측정CASE를 설정하여 기밀 및 공기유동 성능을 실측하였다.

측정세대에 설치된 자연환기장치는 거실 분합문과 발코니 새시와 외부에 면하는 침실의 창호에 설치되어 있으며 자연환기장치와 창호의 개폐여부를 조합으로 하여 다음의 표 5의 측정조건을 구성하여 측정을 실시하였다.

CASE1은 거실 분합문, 발코니새시, 침실창의 모든 자연환기장치 및 창호를 닫은 상태에서 모든 환기장치가 닫힌 상태에서의 세대의 기밀성능을 측정하기 위한 설정이며, CASE 2~CASE6은 자연환기장치의 개폐유형에 따른 공기유동량을 측정하기 위한 설정이다. CASE2는 모든 창호는 닫고 거실 분합문과 침실 내측창의 자연환기장치만을 개방한 상태로 세대의 실내에 면한 자연환기장치 개방시의 기밀성능을 측정하기 위한 설정이다. CASE3은 모든 창호는 닫고 발코니새시 자연환기장치와 침실 외측창의 자연환기장치만을 개방

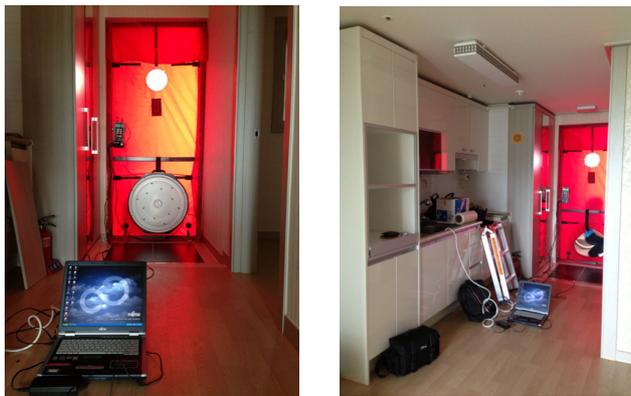


그림 1. Blower Door 현장설치 및 측정장면

표 4. 측정건물

구분	House A	House B	House C	House D	House E	House F	House G
세대 전용면적	33m² TYPE		39m² TYPE	46m² A TYPE	46m² C TYPE	46m² H TYPE	51m² TYPE
천정고	2.3M						

표 5. 측정 조건

구분	실내측 환기장치		실외측 환기장치		실내측 창 호		실외측 창 호		발코니 루버
	분합문 자연 환기 장치	침실 내측 자연 환기 장치	새시문 자연 환기 장치	침실 외측 자연 환기 장치	거 실 분합문	침실 내측 창호	발코니 새시문	침실 외측 창호	
CASE1	×	×	×	×	×	×	×	×	×
CASE2	○	○	×	×	×	×	×	×	×
CASE3	×	×	○	○	×	×	×	×	×
CASE4	○	○	×	×	○	○	×	×	×
CASE5	×	×	○	○	×	×	○	○	×
CASE6	○	○	○	○	×	×	×	×	○



그림 2. 창문형 자연환기장치 및 루버

한 상태로 세대의 외기에 면한 자연환기장치 개방시의 기밀 성능을 측정하기 위한 설정이며, CASE4는 거실 분합문 및 자연환기장치와 침실 내측창 및 자연환기장치를 개방한 상태로 세대 외측창의 기밀성능을 측정하기 위한 설정이다. CASE5는 발코니 새시창 및 자연환기장치와 침실 외측창 및 자연환기장치를 개방한 상태로 세대 분합문과 침실 내측창의 기밀 성능을 측정하기 위한 설정이고 CASE6은 모든 자연환기장치를 개방한 상태의 공기유동량 즉 환기성능을 측정하고자 하였다.

### 3.3 측정 방법

Blower Door test를 이용한 기밀성능 측정을 하기 이전에 자연환기장치와 창호만의 기밀성능을 측정하기 위해서 기밀 성능에 영향을 줄 수 있는 주방환기구, 전기단자함, 배관샤프트 박스, 욕실환기구 및 욕실 배수 부위 등은 접착 테이프를 이용하여 완전히 밀봉한 상태에서 실험을 진행하였다. 그림 3~그림 6은 부위별로 밀봉한 모습을 나타낸 것이다. 기밀성능 측정은 7세대가 동일한 조건에서 실측이 되도록 외기조건 및 실내외 안정된 압력차 조건이 유지될 때 까지 반복 측정하였다. 대상 건물은 복도형 아파트로서 복도측에 설치한 송풍기의 토출측 주변에 공기의 흐름을 방해하는 요소가 없도록 하고, 외기압 구현을 위하여 인접한 계단실문과 창을 개방



그림 3. 욕실 팬



그림 4. 배수구



그림 5. 레인지후드



그림 6. 배전반

하였다. 캐나다의 CGSB(1996)<sup>7)</sup> 149.15 기준에 의하면 외기 온도가 5°C 이상, 외부풍속이 5.56m/s 이하일 경우에 Blower door test를 권장하고 있기 때문에 측정외기조건을 적용하여 현장 실측여부를 판단한 후에 측정을 수행하였다. 또한 실내 공간에서는 내부 전체의 동일한 차압이 유지되도록 실내의 모든 문들은 개방하였다.

## 4. 측정 및 분석 결과

자연환기장치가 적용된 소형 공동주택의 자연환기장치와 창호의 개폐 여부에 따른 Blower Door 시스템의 감압법을 이용하여 측정된 기밀성능 측정 및 분석결과는 다음과 같다.

### 4.1 측정결과

공동주택 7세대의 자연환기장치와 창호의 개폐유무에 따라 실내외의 50Pa의 압력차 조건에서의 기밀성능 측정 결과는 다음 그림 7과 그림 8의 그래프와 같으며, 결과 값은 표 6과

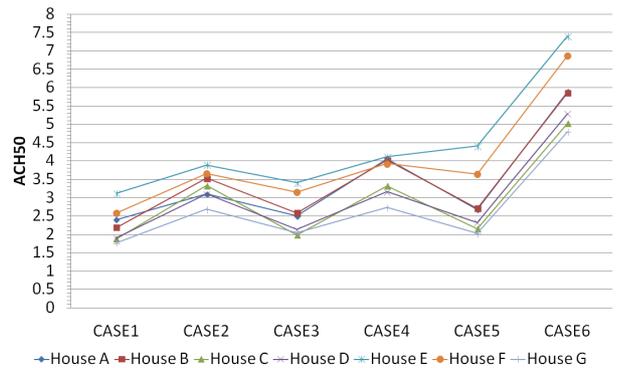


그림 7. 공기유동량 측정결과(ACH50)

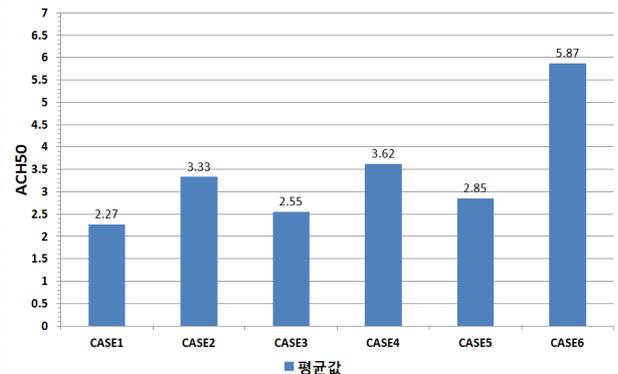


그림 8. 공기유동량 평균 측정값

7) CAN/CGSB Standard 149.15-96 (1996), Determination of the Overall Envelope Airtightness of Buildings by the Fan Pressurization Method Using the Building's Air Handling Systems, Canadian General Standards Board.

표 6. 측정 결과(ACH50)

구분	33m <sup>2</sup> TYPE		39m <sup>2</sup> TYPE	46m <sup>2</sup> A TYPE	46m <sup>2</sup> C TYPE	46m <sup>2</sup> H TYPE	51m <sup>2</sup> TYPE	평균
	House A	House B	House C	House D	House E	House F	House G	
CASE1	2.4	2.19	1.88	1.91	3.12	2.59	1.77	2.27
CASE2	3.1	3.53	3.33	3.1	3.89	3.66	2.69	3.33
CASE3	2.5	2.59	1.99	2.14	3.41	3.15	2.05	2.55
CASE4	4.06	4.02	3.32	3.16	4.12	3.93	2.74	3.62
CASE5	2.68	2.71	2.15	2.33	4.41	3.64	2.03	2.85
CASE6	5.88	5.85	5.02	5.29	7.4	6.87	4.8	5.87

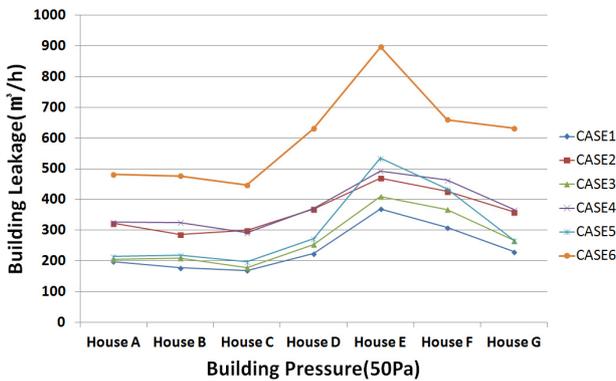


그림 9. 단위시간당 총 공기유동량(CMH50)

같다. 각 세대별 단위시간당 총 누기량인 CMH50의 값은 그림 9와 같다.

측정결과, 각각의 CASE 별 모든 시험에서 C세대(46m<sup>2</sup>)가 가장 높은 값으로 측정되었으며, G세대(51m<sup>2</sup>)가 CASE3를 제외하고 모든 CASE에서 가장 낮은 값으로 측정되었다. 이는 본 연구의 측정세대가 유사한 평면형태이며 동일한 자연환기장치가 설치되어 있음을 고려할 때 측정세대의 시공성과 관계가 있을것으로 판단되며 G세대가 C세대와 비교하여 기밀하게 시공이 이루어진 것으로 판단된다.

CASE1의 모든 환기장치가 닫힌 상태에서의 기밀성능은 1.77ACH~3.12ACH의 분포를 나타내었으며, 바닥면적이 가장 큰 G세대가 1.77ACH로 가장 낮은 값, E세대에서는 3.12ACH로 가장 높은 값으로 측정되었으며 평균값은 2.27ACH로 나타났다.

CASE2의 실내측에 면한 자연환기장치 개방시의 공기유동성능은 2.69ACH~3.89ACH의 분포를 나타내었으며, G세대가 가장 낮고 E세대에서는 가장 높게 측정되었으며 평균 값은 3.33ACH로 나타났다.

CASE3의 외기측에 면한 자연환기장치 개방시의 공기유동성능은 1.99ACH~3.41ACH의 분포를 나타냈으며, C세대가 가장 낮은 1.99ACH, E세대에서는 가장 높게 측정되었다. 평균 값은 2.55ACH로 나타났다.

표 7. 누기면적 측정결과(Leakage Area)

구분	33m <sup>2</sup> TYPE		39m <sup>2</sup> TYPE	46m <sup>2</sup> A TYPE	46m <sup>2</sup> C TYPE	46m <sup>2</sup> H TYPE	51m <sup>2</sup> TYPE	평균	
	House A	House B	House C	House D	House E	House F	House G		
CASE 1	10Pa	63.6	64	56.6	63.6	142.1	106.8	76.8	81.93
	4Pa	30.6	32.5	27.5	28	74.1	53.2	37.2	40.44
CASE 2	10Pa	123.8	108.6	127.4	134.9	180.7	167.2	139.3	140.27
	4Pa	64.9	56.8	71	69.1	95.3	88.3	74.5	74.27
CASE 3	10Pa	65.3	69.9	60.3	79.1	152.2	136.3	89	93.16
	4Pa	31.1	34	29.4	37	78.4	69.8	43.2	46.13
CASE 4	10Pa	128.4	126.2	108.7	139	189.4	183	143.1	145.40
	4Pa	68.2	66.7	55.6	71.6	99.3	97.6	77	76.57
CASE 5	10Pa	67.9	69.7	62.4	85.1	230.2	188.5	80.8	112.09
	4Pa	31.8	32.9	29.7	39.5	129.6	106.9	37.2	58.23
CASE 6	10Pa	200.4	206	190.9	283.1	415.3	359.8	273.2	275.53
	4Pa	111.1	116.3	106.2	163.1	243.9	205.3	154.3	157.17

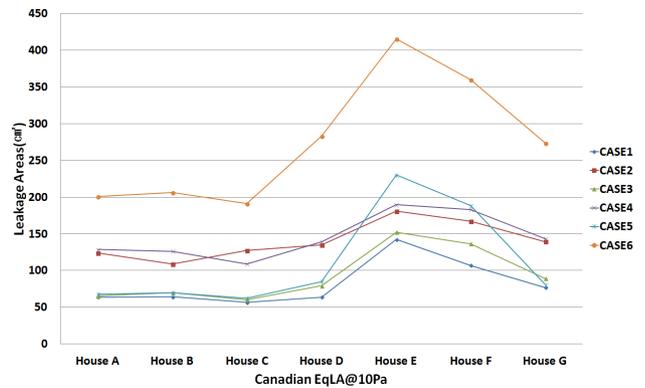


그림 10. 상당누기면적(EqLA@10Pa)

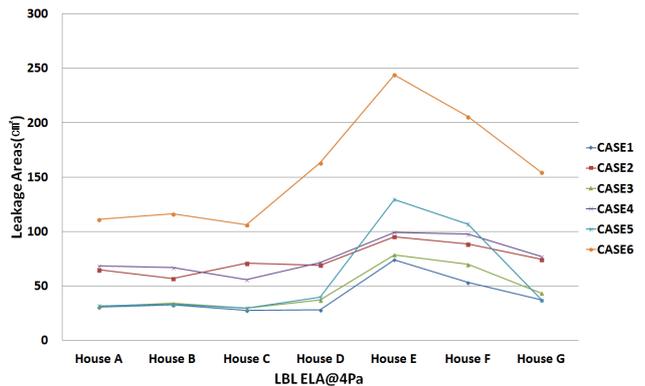


그림 11. 유효누기면적(ELA@4Pa)

CASE4의 실내측 창호 및 자연환기장치 개방시 세대 외측 창호의 공기유동성능은 2.74ACH~4.12ACH의 분포를 나타내었으며, G세대에서 가장 낮고 E세대에서는 가장 높게 나타

났다. 평균 값은 3.62ACH로 나타났다.

CASE5의 실외측 창호 및 자연환기장치 개방시 세대 내측 창의 공기유동성능은 2.03ACH~4.41ACH의 분포를 나타내었으며, G세대가 가장 낮고 E세대가 가장 높게 측정되었다. 평균 값은 2.85ACH로 나타났다.

CASE6의 모든 자연환기구를 개방한 상태의 공기유동성능 즉 환기량은 4.8ACH~7.4ACH의 분포를 나타냈다. 동일하게 G세대가 상대적으로 높고 E세대가 낮은 것으로 측정되었으며 평균값은 5.87ACH로 나타났다.

건물의 기밀성능을 평가하는 지표 중 공기유동량에 대한 누기면적으로 환산한 10Pa 기준의 상당누기면적인EqLA와 4Pa 기준의 유효누기면적 ELA로 환산한 측정결과 값은 다음 표 7과 같다. 전체적인 결과 값들은 단위시간당 공기유동량(CMH50)과 비슷하였으며 그림 10은 상당누기면적(EqLA@10Pa)을 그림 11은 유효누기면적(ELA@4Pa)의 값을 그래프로 나타낸 것이다.

CASE6의 자연환기장치를 모두 열었을 때의 결과 값은 10Pa의 상당누기면적은 E세대가 가장 큰 값인 415.3cm<sup>2</sup>, C세대가 가장 작은 190.9cm<sup>2</sup>로 나타났으며 평균값은 275.5cm<sup>2</sup>인 것으로 나타났다. 4Pa에서 유효누기면적 또한 E세대가 가장 큰 243.9cm<sup>2</sup>, C세대가 106.2cm<sup>2</sup>로 가장 작은 것으로 나타났다.

## 4.2 분석결과

앞서 고찰된 문헌의 주택 기밀성능 측정결과와 본 연구의 세대 기밀성능(CASE1) 측정결과를 비교하면 그림 12와 같다. 고찰문헌 논문들의 기밀성능(ACH50)의 평균값은 1.65~4.28ACH로 나타났으며, 본 연구에서 측정한 소형 공동주택의 기밀성능 평균값은 2.27ACH이었다. 고찰 문헌과 본 논문의 측정 대상 주택의 규모와 형태가 다르고 또한 고찰문헌의 측정대상 공동주택이 초고층, 고기밀성 주택인 점 등으로 절대적 비교는 어려우나 세대 기밀성능에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 자연환기장치를 적용한 소형공동주택에서 자연환기장치 설치여부와 관계없이 기밀성능은 일반

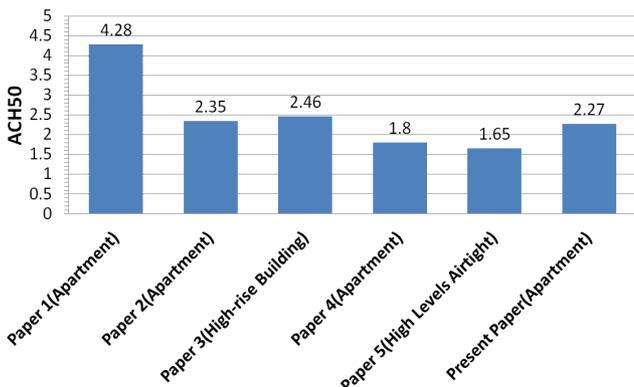


그림 12. 기존 문헌 고찰

공동주택과 유사하게 나타남을 알 수 있다.

세대 밀폐조건과 내측환기구만 열었을 때 차(CASE2-CASE1)와 외측환기구만 열었을 때 차(CASE3-CASE1)를 살펴보면 전자가 평균 1.06ACH, 후자가 평균 0.28ACH로 내측 자연환기장치를 열었을 때 공기유동량 값이 더 높게 나타났다. CASE2와 CASE3을 비교하여 내외측 자연환기구 개방시의 차이를 살펴보면(CASE2-CASE3) 외측과 비교하여 내측 자연환기장치를 열었을 때 평균 0.78ACH가 더 증가함을 알 수 있다. 이로써 내측 환기장치 개폐가 공기유동량에 영향이 큰 것으로 나타났다.

내측 자연환기장치만 개방한 상태(CASE2)와 내측 환기장치 및 창을 모두 개방한 상태(CASE4)를 비교해보면 CASE4가 평균 0.29ACH가 높은 상태로 그림 7의 그래프에서도 볼 수 있듯이 유사하게 나타남을 알 수 있다. 유사한 비교로 외측 자연환기장치만 개방한 상태(CASE3)와 외측 자연환기장치 및 창을 모두 개방한 상태(CASE5)를 비교해보면 CASE5가 평균 0.30ACH가 높아 그림 7의 그래프에서도 볼 수 있듯이 E주택을 제외하고는 유사하게 나타남을 알 수 있다. 이와 같은 결과에서 내측의 자연환기장치 및 창을 닫은 상태에서 외측의 자연환기장치 및 창 부분적 개폐 또는 반대의 경우인 외측의 자연환기장치 및 창을 닫은 상태에서 내측의 자연환기장치 및 창 부분적 개폐 경우의 공기유동량의 차는 0.29~0.30ACH로 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다. 이로써 자연환기장치 개방이 공기유동량에 효과적임을 알 수 있다.

내측창의 공기유동성능(CASE5)과 외측창의 공기유동성능 값(CASE4)을 비교하여 보면(CASE4-CASE5) 평균 0.77ACH로 내측의 창 및 자연환기장치를 닫은 상태(CASE5)의 공기유동성능 값이 낮아 좋은 것을 알 수 있다.

자연환기장치의 개폐 유무에 따른 공기유동성능값(CASE6-CASE1)의 경우는 3.03ACH~4.28ACH로 나타나 자연환기장치를 개방시 공기유동값이 평균 3.6ACH로 증가하는 것으로 나타났다.

상기 측정결과에서 내측에 면한 자연환기장치가 설치된 창호의 성능이 외측에 면한 자연환기가 설치된 창호의 성능보다 공기유동성능이 더 우수하였으며, 자연환기장치 개방이 환기에 효과적인 것으로 나타났다.

누기면적으로 환산한 결과를 살펴보면 세대밀폐조건(CASE1)과 세대 자연환기창호 모두개방 조건(CASE6)의 평균값에 대한 누기면적 비율이 10Pa일 때 3.3배, 4Pa일 때 3.8배로 유사하게 나타났으며 ACH50 측정 평균값으로 비교할 시(2.6배)보다 다소 많은 것으로 나타났다.

## 5. 결론

본 연구에서는 창문형 자연환기장치가 적용된 공동주택

(33m<sup>2</sup>~51m<sup>2</sup>)을 대상으로 Blower Door 측정장비를 이용하여 세대의 기밀 및 공기유동 성능을 실측하였다. 측정 대상주택은 6개 타입의 7세대로서 대전에 위치하였으며, 각 세대에 설치된 자연환기장치와 창호의 개폐 여부에 따른 공기유동량을 실측 비교하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 세대 밀폐조건에서의 기밀성능 측정결과 1.77ACH ~ 3.12ACH로 나타났으며 평균 2.27ACH로 기존 고찰 문헌의 기밀성능(1.65~4.28ACH)과 유사하게 나타났다.
- (2) 내외측 자연환기장치를 모두 개방한 조건(CASE6)에서의 공기유동량은 4.8~7.4ACH로 나타났으며 세대 밀폐조건(CASE1)과 비교하여 평균 3.6ACH가 증가하는 것으로 나타났다.
- (3) 외측 환기장치와 창호를 모두 닫은 상태에서 내측 환기장치만 개방시와 내측창호를 모두 개방시의 공기유동량(CASE4-CASE2)은 평균 0.29ACH 정도 내측창호 모두 개방시가 높은 것으로 나타났다.
- (4) 내측 환기장치와 창호를 모두 닫은 상태에서 외측 환기장치만 개방시와 외측창호를 모두 개방시의 공기유동량(CASE5-CASE3)은 평균 0.30ACH 정도 외측창호 모두 개방시가 높은 것으로 나타났으며 내측 비교치와 유사하게 나타났다.
- (5) 내측창만의 기밀성능과 외측창만의 공기유동량 측정값(CASE4-CASE5)은 평균 0.77ACH로 내측창이 우수한 것으로 나타났다.
- (6) 누기면적으로 환산 시에는 세대밀폐조건(CASE1)과 자연환기창호 모두개방 조건(CASE6)의 누기면적 평균값의 비율이 10Pa, 4Pa일 때 3.3배, 3.8배 증가하는 것으로 나타났다.

상기측정 결과에서 자연환기장치가 설치된 공동주택의 경우 기밀성능 면에서 불리할 것으로 예측되나 측정된 결과 일반 공동주택과 직접적인 비교는 어려우나 주택의 기밀성능만을 비교하였을 때 유사하게 나타났다. 또한, 내측에 면한 자연환기장치 및 창호의 성능이 외기도입량의 유의한 관계없이(외측 자연환기장치를 개방하거나 외측창을 개방한 상태) 공기유동성능 측면에서 우수한 것으로 나타났다. 향후에는 자연환기장치와 창호 및 새시 종류에 따른 기밀성능의 실측

을 통해 정량적 상관관계 조사가 추가로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 국토토지주택공사 토지주택연구원에서 수행한 “LH 건강친화형주택 건설기준 실행방안 마련 연구”(2014)의 측정자료 일부를 활용하였습니다.

## 참고문헌

1. 국토해양부(2014), 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」.
2. 권오현, 김진효, 김민휘, 석운진, 정재원(2010), “Blower door를 이용한 국내 주거용 건물의 기밀도 실측 사례 분석”, 「대한건축학회논문집」, 26(7): 303~310.
3. 김승철, 윤종호, 신우철, 김강식, 이현주(2011), “Blower Door를 이용한 고기밀 공동주택의 기밀성능 평가”, 「한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집」, 20: 25~28.
4. 서종현, 윤재욱(2012), “감압법을 이용한 공동주택 기밀성능 실측연구”, 「대한건축학회 학술발표대회 논문집」, 32(2): 293~294.
5. 신철웅, 이윤규(2012), “환기설비가 적용된 공동주택의 기밀성능 특성 연구”, 「대한설비공학회 하계학술발표 논문집」, 342~345.
6. 조재훈(2010), “초고층 주거건물에서의 단위세대 기밀성능 측정 및 평가”, 「대한건축학회 논문집」, 26(10): 337~344.
7. 한국표준협회(2006), 「단열. 건물 기밀성 측정. 팬 가압법(KSL ISO 9972)」.
8. 한국표준협회(2006), 「옥내 환기량 측정방법(이산화탄소법)(KS F 2603)」.
9. 한국표준협회(2008), 「자연환기설비의 환기성능 시험방법(KS F 2921)」.
10. Alan, M. (1994), “Infiltration: Just ACH50 Divided by 20?”, *Home Energy Magazine*.
11. Blower door System, *User's Guide*.
12. CAN/CGSB Standard 149.15-96 (1996), *Determination of the Overall Envelope Airtightness of Buildings by the Fan Pressurization Method Using the Building's Air Handling Systems*, Canadian General Standards Board.
13. 국가법령정보센터, <http://www.law.go.kr/main.html>.