

기존 단독주택의 침기량 산정법에 관한 연구

A Study on the Calculation Method of Infiltration for Detached Houses

김길태(Giltae Kim)^{1*}, 유정현(Jung-Hyun Yoo)¹, 황하진(Ha-Jin Hwang)¹, 김경식(Kyoung-Sik Kim)¹

¹한국토지주택공사 토지주택연구원

¹Environment Energy Research Group, Land and Housing Institute, 539-99 Expo-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Republic of Korea

(Received April 22, 2013; revision received July 4, 2013)

Abstract The purpose of this study is to find the infiltration of detached houses, for energy consumption analyses. The pressurization and depressurization method is used to determine infiltration. Blower door tests are expressed in terms of ACH 50, which stands for the hourly air change rate at 50 Pa of fan pressure. The ACH 50 of existing Detached Houses ranges from 5 to 50. Air infiltration is related to construction year and accuracy, maintenance conditions, and so on. When estimating the infiltration of random detached houses, the year used can be the base value of the infiltration rate from 0.25 to 2.0 times/h. The maintenance conditions, construction accuracy and repair affect the air infiltration 0 to 0.5 times/h, 0 to 0.3 times/h, 0 to 1 times/h, respectively.

Key words Infiltration(침기), Airtightness(기밀성능), Detached houses(단독주택), Energy performance(에너지 성능)

† Corresponding author, E-mail: gtkim1@lh.or.kr

1. 서 론

우리나라 1990년대 대규모 공급위주의 주택정책으로 인해 단독주택의 건설보다 공동주택 위주의 주택공급이 이루어졌다. 단독주택 호수는 1975년부터 1980년까지 약 20만호가 건설되며 증가를 보이다 1990년 이후 급격히 감소하기 시작하여, 2010년까지 꾸준히 감소하였다.⁽¹⁾ 현재 주민이 거주하고 있는 단독주택 중 1979년 건축법 시행령 제16조 ‘건축물에 있어서의 열손실 방지’ 조항의 신설 및 발의 이전에 준공된 단열 성능이 취약한 단독주택이 전체 중 약 25%를 차지하고 있다. 신규주택에 비해 기존 단독주택의 경우 초기 건설당시 단열관련 에너지 성능이 낮게 시공되었으며, 시공 후 건물의 처짐 등의 변형, 창호 등의 시설의 노후화로 인해 에너지 성능이 매우 취약하다. 신규주택의 경우 에너지절약 중장기 로드맵을 수립하여 2015년 40%, 2018년 70%, 2025년 제로에너지 주택을 목표로 성능을 향상시키고 있다. 그러나 건물부분에서 CO₂감축을 위해서는 기존 주택에 대한 에너지성능 향상이 없이는 효과가 크지 않다. 따라서 기존 건물들의 에너지 성능 개선을 위한 에너지소비량에 대한 진단이 필요한 실정이며, 이때 필요한 데이터로 난방부하, 급탕부하, 에너지 공급설비, 환기·침기량 등 상세 정보들이 필요하다. 특히 침기량의 경우 검토자의 경험에 의

한 입력 값이 결정되거나, 창호 종류 및 길이에 의해 결정된 값을 사용하고 있지만 이는 노후 단독주택의 경우 창호 이외의 다양한 침기 원인이 있기 때문에 침기량을 산출하는 다른 방법이 필요하다. 본 연구에서는 현장 측정값을 통해 단독주택의 에너지 소비량 진단 시 건축도서와 현장점검으로 침기량을 산정하는 방안을 알아보려고 한다.

2. 실험장치 및 방법

기밀성능을 측정하는 방법은 가스모니터링 장치를 사용하여 추적가스 변화량을 측정하는 가스추적법(Trace gas method)과 블로어 도어를 사용하여 실내를 가압, 감압하여 이때의 공기의 유동량을 측정하는 가/감압법(Pressurization Depressurization Method)이 있다. 가스 추적법 중 실내에 추적가스를 고농도로 만든 후 자연적인 감소 값을 사용하는 감소법, 추적가스의 농도를 일정하게 유지시키며 투입량 값을 이용하는 일정농도법이 있다. 이러한 가스추적법은 현장의 압력변화 등의 측정조건 영향을 많이 받아 다른 값이 측정될 수 있으며, 측정시간이 오래 걸린다. 가/감압법은 공조시스템이나 팬을 사용하여 실내를 가압 또는 감압한 후 내부에서 외부로 흐르는 공기의 유량(가압법), 외부에서 내부로 흐르는 공기의 유량(감압법)을 측정하여 건

물의 기밀성능을 구하는 방법이다. 이때 침기량을 표현하는 방법으로는 CFM50(Cubic Feet per Minute at 50 Pa, ft³/min), ACH50(Air Change rate per Hour at 50 Pa), MLR(Minneapolis Leakage Ratio) 등이 있다. CFM50은 실내외 압력차를 50 Pa로 유지한 상태에서 내부와 외부사이의 유량을 나타내며, 단순한 건물의 침기량 알아보기 위해 사용하며, ACH50은 단순 침기량인 CFM50을 부피로 나눈 값으로 나타내며, 이는 건물의 크기 고려한 실내공기의 환기량 개념으로 표현한 값이다. 이는 서로 다른 크기의 건물에 대한 단위부피당의 침기량 비교를 할 수 있다.^(2,3) 일반적으로 건물의 침기는 4 Pa보다 이내의 값에서 이루어지고 있으나 침기량 측정 시 바람, 온도 등의 현장조건에 따라 다른 결과값이 측정될 수 있기에, 건물 침기량 50 Pa 즉 고압에서 측정한 침기량 값을 이용하여 4 Pa에서의 값을 환산하는 방법을 사용하고 있다. 본 연구에서는 주민이 거주하는 현장의 기밀성능을 측정하기 때문에 장비의 설치가 간편하고, 측정시간도 짧은 Blower Door를 사용해 실내에 음압을 만들어 이때의 침기량을 측정하는 감압법을 사용하여 현장측정을 수행하였다.

3. 기밀성능 현장측정

3.1 현장측정 개요

현장실험은 2011년 12월에서 2012년 4월까지 군산, 대구, 광주 지역의 주택을 대상으로 수행하였다. 대상 건물은 1970년대에서 1990년대까지의 단독주택으로 시멘트 조적조, 철근콘크리트 등의 다양한 구조와 형태로 건축되었으며, 거주자의 특성에 따라 유지보수 상태 및 관리상태가 달랐다. 그리고 오래된 건축물이나 가구주가 변경된 경우 정확한 건축년도, 수선년도 및 부위 등의 정보를 취득하기가 힘들었다.

3.2 현장측정조건 및 방법

ASTM은 외부 풍속 0~25 m/s, 외부 온도 5~35℃를 만족하는 조건에서 현장 측정을 권장하고 있다. 그러나 본 연구에서는 현장측정 시 거주자가 거주한 상태에서 측정을 하였기 때문에 시간적인 제약이 많았으며, 이로 인해 외부 날씨를 고려한 현장 측정이 어려웠다. 또한 주방 환기구, 화장실 배기구 및 배구관 등에 대해서도 주민의 현재 생활을 반영한 침기량 값을 측정하기 위해 특별한 밀봉은 하지 않았다. 그러나 깨진 창문, 창호비정상적인 개구부(예 : 창문이 깨짐, 창호지 찢어짐 등)에 대한 부분들은 밀봉을 하고 기밀성능을 측정하였다.

Fig. 1은 본 연구에서 사용된 The Energy Conservatory



Fig. 1 A field test using by Blower Door.

사의 Minneapolis Blower Door의 현장측정 사진을 나타내고 있으며, 문이나 창에 장치를 고정하는 고정프레임부, 압력 측정게이지, 팬으로 구성되어 있다. 작동 및 모니터링은 제작사에서 제공하는 TECTITE 3.2소프트웨어를 사용하였다. 감압법 Auto Method로 Canadian General Standards Board Standard(CGSB 149.10-M86)의 감압테스트 방식에 따라 50 Pa에서 15 Pa까지 5 Pa단위로 감압하며 그 때의 유량을 측정하였다. 샘플링은 목표압력에 2 Pa이내에서 시작하고 각 측정 포인트마다 100개의 데이터를 취득하여 평균값을 사용하고 있다.⁽⁴⁾

본 연구에서 각기 다른 단독주택의 기밀성능 상호 비교와 분석을 위해 팬압력 50 Pa에서의 침기량에 측정대상의 부피를 나눈 시간당 침기량(ACH50) 값을 사용하였다.

3.3 현장측정 결과

일반적으로 건물의 침기는 연돌현상과 풍압에 의해 발생한다. 단독주택의 경우 다양한 부위에서 침기가 발생하고 있으며, Fig. 2는 주요 침기 발생부위를 보여주고 있다. 바닥에서부터 벽체, 창호, 천장까지 전부분에 걸쳐 침기가 발생함을 확인 할 수 있었다. 특히 외부로부터 연결되는 TV케이블과 같은 전선, 조리용 가스관 등으로 인해 발생하는 침기가 크다는 것을 알 수 있었다. 1990년대 이전 지어진 단독주택의 경우는 외부로 통하는 문, 다락 등에 서도 많은 침기가 발생하였다. Fig. 3을 보면 준공시기별 침기량에 대한 현장측정 결과 값과 선행연구의 침기량 값을 나타내고 있다. 1970년대 조적조 건물과 1990년대 조적조 건물의 침기량 특성을 보면 ACH50 값이 약 15 회/h에서 40 회/h 사이에 고르게 분포되어 있다. 기존선행연구를 보면 약 2년에서 20년 사이의 단독주택을 대상으로 측정한 값 ACH50에서 약 4에서 30까지의 값을 보이고 있다.⁽⁵⁾



Fig. 2 Main areas of Infiltration.

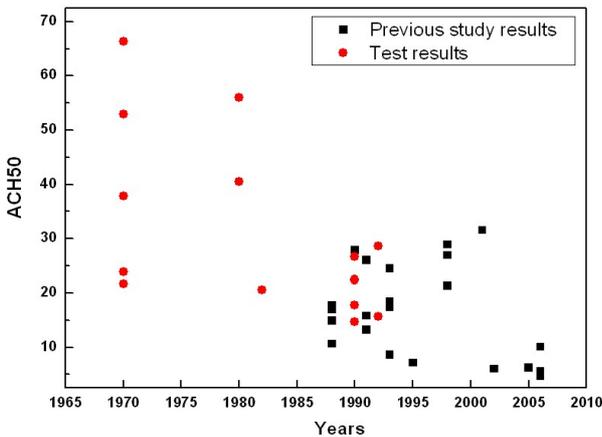


Fig. 3 Infiltration change of the detached houses with time(at 50 Pa).

본 연구의 현장 측정값과 비교해 볼 때 침기량이 작은 값을 나타내고 있는데 이는 측정대상 세대들의 평균 사용연수에 차이가 있으며, 측정 시 밀폐에 대한 차이가 원인이라고 판단된다. 본 연구의 결과와 선행연구 결과를 종합해보면, 사용연수가 늘어남에 따라 기밀 성능이 나빠지는 경향을 가진다고 볼 수 있다. 그러나 그 상관관계가 정량적으로 변화하지는 않으며, 이는 건물의 사용연수 외 다양한 인자를 고려해야 함을 알 수 있다. 측정된 침기량 값을 고려해 볼 때 일반적인 기존 단독주택의 에너지 소비량 산정 시 침기량은 ACH50 값을 5에서 40사이의 범위에서 사용 할 수 있는 것으로 판단된다.

4. 기밀성능 산정방법

4.1 주요 인자도출

기존 단독주택의 침기의 원인은 건물의 건설에서 사용, 유지관리에서 나타날 수 있다. 건물의 건축 시 시공의 정밀도에 따라 초기 기밀성능이 결정되어지며, 건물의 사용에 따라 구조물의 변형 및 건물의 건축 시 시공에 대한 부분, 사용하면서 발생하는 변형으로 인한 구조체간 접합부의 틈, 벽체의 크랙, 창호와 벽체사이의 틈, 지붕과 벽체사이의 틈, 창틀과 창호의 틈 등 다양한 원인이 있으며, 이들에 대한 유지관리 및 보수가 침기량 값에 영향을 미치는 주요 인자로 판단된다. 본 연구에서는 사용연수에 따른 기밀성능 변화를 기본 값으로 하고 유지관리, 보수, 건축시 시공의 정밀도 항목을 변화 값으로 주어 침기량을 산정하고자 한다.

4.2 기준 값 선정

본 연구에서 침기량의 기준값은 Fig. 3에서 일반적인 단독주택의 침기량 범위를 사용하여 초기 침기량 0.25 회/h와 30년 기준 2.0 회/h를 기준으로 하여 산정하였다. Table 1은 사용 연수에 따른 침기량 변화 기준 값을 보여주고 있다. 일반적으로 신축 공동주택 경우 침기량은 약 0.1~0.2 회/h의 값을 가진다. 그러나 단독주택의 경우 공동주택에 비해 침기가 발생 할 수 있는 원인이 많기 때문에 신축 단독주택의 침기량은 약 0.25 회/h로 설정 가능 할 것으로 판단된다. LBL(Lawrence Berkeley Laboratory) 침기 모델에서 ACH50을 기상조건, 건물의 높이, 바람 차폐, 침기보정 계수에 의해 17~23까지 변하는 교정상수 N으로 나누어 연간평균침기횟수를 구한다. 이때 일반 N 값 20을 사용해 계산이 가능하다. Fig. 4는 건물의 사용연수와 ACH50/20의 선형상관식을 나타내고 있다. 이때 사용한 데이터는 선행연구와 본 연구의 현장측정 데이터를 사용 하였으며, 샘플들이 충분하지 않고 침기량 값이 범위가 넓어 상관식에 오차가 크다. 그러나 다른 인자를 통한 보정 값을 반영하여 침기량을 산정하는 방법을 사용할 때 기준 값으로 사용 가능 할 것으로 판단된다.

4.3 주요 인자별 가중치 선정

Fig. 5는 (a)세대 1.43 회/h, (b)세대 1.12 회/h, (c)세대 0.78 회/h의 침기량을 값을 가지는 동일한 사용 연수를 가지는 주택의 침기량 측정 결과 사례를 보여주고 있다. 3세대 모두 1990년도 건축되어 전면수리 없이 현재까지 사용되고 있다. 침기량 차이의 원인으로는 유지관리와 시공성에 의한 침기량 차이가 발생한다고 할 수 있

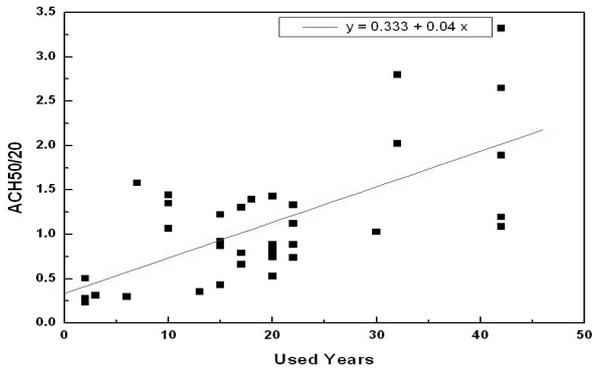


Fig. 4 Liner fitting by hourly infiltration change of the detached houses with used time.



(a) 1.43 times/h



(b) 1.12 times/h



(c) 0.78 times/h

Fig. 5 The infiltration rate difference at same construction years.

다. 단순히 유지관리와 건축시공정밀도에 의해 약 0.65 회/h의 침기량 차이를 보이고 있다. (c)세대, (b)세대, (a)세대 순서로 유지관리가 잘 되고 있다고 볼 수 있으며, 이를 활용하여 유지관리와 시공정밀도의 값 범위를 설정하는 데 사용하고자 한다. 여기서 유지관리의



Fig. 6 Overhauled detached house.

부분에서는 최솟값과 최댓값 0~0.5 회/h로 반영하고 시공에 대한 부분에서 시공정밀도 중간 값 0~0.15 회/h로 반영하고자 한다.

Fig. 6은 사용연수 20년 된 건물로 창호, 단열, 문 등 집 전체를 전면수리한 세대이다. 이 집의 침기량은 0.28 회/h로 신축 단독주택의 침기량 0.25 회/h와 유사한 값을 가지는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 3에서 사용기간 약 20년 된 집들의 대략적 평균값 1.0 회/h보다 약 0.75 회/h 높은 값으로 측정되었다. 이 값을 전면보수 시 침기량의 상승 값을 설정하는데 사용하였다. 유지관리 상태가 나쁜 경우를 고려해 0.25 회/h를 범위에 반영하여, 노후 단독주택의 전면보수를 통한 기밀성능 변화 값을 0~1.0 회/h 값으로 설정하였다. 위 사례와 같이 전면보수를 수행하기도 하지만 일반적으로는 창호교체, 단열강화, 방수, 도배와 장판 수리 등 부분적인 보수가 많이 이루어진다. Fig. 7은 사용연수 20년 된 건물로 창호수리를 수행한 세대의 수리 전후를 보여주고 있다. 창호보수로 인한 침기량이 약 0.24 회/h 감소하였으며, 창호만 수리한 다른 샘플세대에서도 약 0.22 회/h, 0.32 회/h 값을 보여주고 있다. 이를 활용하여 창호에 대한 기밀성능 향상을 약 0.3 회/h로 고려하고자 한다. 기타 보수에 대한 부분은 전면수리 값에서 전문가들의 의견을 통해 중요도를 고려한 비율로 침기량 증가 값을 설정하였다.

4.4 침기량 산정 방법

현장측정 침기량 측정 결과를 활용하여 값의 상한과 하한을 정하고 사용연수에 따라 기본 침기량 값을 산정한다. 그 이후 유지관리 부분에서 상/중/하로 구분하여 침기량 값을 반영하고, 시공정밀도를 상/중/하로



(a) before : 1.43 times/h (b) after : 1.19 times/h

Fig. 7 The infiltration rate difference with repairing of the window.

구분하여 침기량을 반영한다. Table 1은 사용연수에 따른 침기량 산정을 위한 기본 값을 보여주고 있다. 일반적 기존 단독주택의 상태에서의 침기량의 최댓값과 최솟값은 0.25~2 회/h로 한정하였다. 신축에서 4년까지의 대상세대는 기본 값으로 0.25 회/h 값을 가지고 사용연수 4년마다 침기량은 0.25 회/h씩 늘어나는 것으로 설정하였다. Table 2는 유지관리 및 시공정밀도에 따른 침기량 보정 값을 보여주고 있다. 창호 및 문틈 밀봉, 전기 및 가스배관 기밀처리, 벽지 및 바닥 밀착 유지를 확인하고 위 사항이 모두 유지관리가 잘된 세대의 경우 0.5 회/h 감산을 하며, 유지관리가 나쁜 경우 감산을 하지 않는다. 시공정밀도는 상/중/하 값에서 증값을 0 회/h로 하고 벽체의 크랙, 벽과 벽사이의 틈, 지붕과 벽사이의 틈이 모두 눈에 띄게 있을 경우 0.15 회/h를 가산하고 반대의 경우 0.15 회/h를 감산하

Table 1 Infiltration rate with used years

Used years	Infiltration rate(times/h)
0~4	0.25
5~8	0.5
9~12	0.75
13~16	1
17~20	1.25
21~24	1.5
25~28	1.75
29~	2

Table 2 Infiltration rate with Maintenance and construction accuracy

Maintenance		Construction Accuracy	
Level	Infiltration rate (times/h)	Level	Infiltration rate (times/h)
High	0.5	High	0.15
Medium	0.25	Medium	0
Low	0	Low	-0.15

Table 3 Infiltration rate with repair

Repair items	Infiltration rate (times/h)	years
Window	0.3	-
Roof	0.25	
Floor	0.2	
wall paper, linoleum	0.125	
Window glass, door, crack	0.125	
Weigh by used years	1	0~4
	0.5	5~8
	0	8~

고자 한다. 유지관리와 시공정밀도를 고려한 침기량의 범위는 0.8 회/h를 가지게 설정하였다. 이는 사용연수 약 20년 된 단독주택의 침기량의 최댓값과 최솟값의 차이 1 회/h와 비교해볼 때 근사한 범위를 가지는 것으로 판단할 수 있다. Table 3은 보수공사별 침기량 보정 값과 보수 기간에 따른 가중치에 대해 나타내고 있다. 창호교체의 경우 0.3, 천장수리(단순 천장방수 제외)의 경우 0.25, 바닥수리 0.2, 도배장판 0.125, 기타 0.125 회/h로 산정하였다. 보수기간은 4년 이내 보수가 이루어진 경우 가중치를 1, 5~8년 사이에 이루어진 경우 0.5, 8년 이상 경과한 경우 0으로 고려하였다. 위 항목 중 유지관리 부분은 보수에 대한 부분을 포함하고 있으며, 기타 기밀성능 향상을 위해 문풍지, 테이핑 등 밀폐에 대한 조치사항도 포함하고 있다. 그러나 보수가 이루어지고 난 이후에는 유지관리에서의 밀폐부분도 줄어들게 되기 때문에 두 항목의 내용이 유사하다고 판단된다. 본 연구에서 제시하는 침기량 산정방법에서는 유지관리 부분과 보수부분의 값 중 큰 값을 사용하고자 한다. 그리고 최종 침기량 값이 0.25보다 낮은 경우 신규 단독주택의 값 0.25 회로 지정하고자 한다. 그리고 심한 파손이 있는 경우 예외 항목으로 고려하여 처리해야 하며, 이는 침기량 계산에서 제외한다.

5. 결 론

본 연구는 단독주택의 침기량을 측정하고 현장측정 값을 활용하여 향후 임의의 단독주택 에너지소비량 계산 시 현장 측정 없이 사용가능한 침기량 산정방안을 제시하고자 하였으며, 아래와 같은 결과를 도출하였다.

- (1) 기존 단독주택의 에너지소비량 계산 시 침기량 값은 사용연수, 건축 시 시공의 정밀도, 유지관리, 보수 등에 의해 복합적인 영향을 받으며, 50 Pa에서의 침기량은 약 5에서 40 사이 값으로 산정 할 수 있는 것으로 판단된다.
- (2) 임의의 단독주택의 침기량에 대해 사용연수에

따른 0.25~2 회/h 기본 값을 사용하고, 유지관리 0~0.5 회/h, 시공정밀도 0~0.3 회/h, 보수 0~1 회/h 값의 가감을 통해 산정하는 방법을 제시하였다.

후 기

본 연구는 한국토지주택공사(LH)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Statistics Korea, 2010, Census.
2. Kwon, O. H., Kim, J. H., Kim, M. H., Seok, Y. J., and Jeong, J. W., 2010, Case Study of Residential Building Air Tightness in Korea based on Blower Door Test Approach, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 7, pp. 303-310.
3. Jo, J. H., 2010, Measurements of the Dwelling Unit Airtightness in High-rise Residential Buildings, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 10, pp. 337-344.
4. Blowerdoor System User's Guide.
5. Yoon, J. h., Park, J. W., Lee, K. S., Baek, N. C., and Shin, U. C., 2008, A study on the measurement of airtightness performance detached houses in chung-cheong area, Journal of the Koran Solar Energy Society, Vol. 28, No. 5, pp. 65-77.
6. Alan, Mier, 1994, Infiltration : Just ACH50 Divided by 20?, Home Energy Magazine.