



다가구 및 다세대 원룸주택의 기밀성능 실측연구

The Measurement of Airtightness Performance of Multi-Family Housing

백남춘* · 한승현** · 이왕제*** · 윤종호**** · 신우철*****

Baek, Nam-Choon* · Han Seung-Hyeon** · Lee, Wang-Je*** · Yoon, Jong-Ho**** · Shin, U-Cheul*****

* Solar Thermal Laboratory, Korea Institute of Energy Research, South Korea (baek@kier.re.kr)

** Dept. of Architecture Engineering, Daejeon Univ., South Korea (sh9105@dju.kr)

*** Solar Thermal Laboratory, Korea Institute of Energy Research, South Korea (twj3116@kier.re.kr)

**** Dept. of Architecture Engineering, Hanbat National Univ., South Korea (jhyoon@hanbat.ac.kr)

***** Corresponding author, Dept. of Architecture Engineering, Daejeon Univ., South Korea (shinuc@dju.kr)

ABSTRACT

Even though a study of airtightness performance of apartment and detached house have been done constantly, there are few of studies of multi-family housing which increasing every year. Therefore, this study analyzed airtightness performance of 20 households of one room in Daejeon to investigate airtightness performance standard. All experiments were performed under the same conditions except sealing windows to investigate airtightness performance without sealing windows (natural condition) and airtightness performance with sealing windows of studio apartment. As results, (1) average ACH50 without sealing windows was 19.2/h for pressurization, and 12.8/h for depressurization and (2) average ACH50 with sealing windows was 16.0/h for pressurization, and 10.7/h for depressurization and ACH50 in both condition, ACH50 under pressurization was about 50% higher than that under depressurization. Throughout this experiment, we can figure out that about 16% of air infiltration rate is occurred in windows, and the other 84% is occurred in rest of places such as Junction structure, socket and ventilating opening

KEYWORD

기밀성능
압력차 측정법
블로어 도어 측정
다가구·다세대 주택
원룸주택

Airtightness
Fan Pressurization
Blower door test
Multi-Family Housing
One-room Housing

ACCEPTANCE INFO

Received September 30, 2014

Final revision received October 16, 2014

Accepted October 20, 2014

© 2014 KIEAE Journal

1. 서론

건물에서의 기밀성능은 외피단열과 더불어 거주자의 쾌적성과 삶의 질 관점에서 매우 중요한 요소 중 하나로 기밀성능이 저하되면 난방부하를 증가시키는 요인이 된다.¹⁾ 이러한 기밀성능은 현재까지 외피단열, 환기기준 등과 달리 법제화가 되지 않고 있는데 그 원인 중 하나는 준공 후 평가가 가능하고, 건물 유형 및 면적 등에 따른 광범위한 데이터 부재 등을 들 수 있다. 국내의 기밀성능에 관한 연구동향을 살펴보면, Lee et al.²⁾은 신축 공동주택 7개 단지 45세대를 대상으로 팬설치위치(현관문, 주방)에 따른 기밀성능을 분석하였고, Shin et al.³⁾은 인천지역의 고층 공동주택 2세대를 대상으로 압력차와 측정횟수, 가감압에 따른 기밀성능 차이를 분석하였다. Yoon et al.⁴⁾은 신축 공동주택 27세대의 기밀성능을 실측하고 이 중 4세대는 추가적으로 현관문과 자연환기구에 대한 침기량을 분석하였다. Lee et al.⁵⁾은 고기밀 단독주택 4세대를 대상으로 침기 발생 부위를 분석하였으며, Shin et al.⁶⁾은 고기밀·고단열로 설계된 단독주택을 대상으로 침기 발생 부위와 침기정도를 정량적으로 분석하였다. 또한, Yoon et al.⁷⁾은 충청

지방 단독주택 20세대를 대상으로 준공년도, 창호, 바닥면적, 실체적 등에 따른 기밀성능 상관관계를 분석하였다. Kim et al.⁸⁾은 원룸 6세대를 대상으로 기밀성능을 평가하였지만, ACH50에 대한 정량적인 분석은 이루어지지 않았다. 이처럼 기존 주거건물의 기밀성능에 관한 연구는 대부분 공동주택(아파트)과 단독주택을 대상으로 이루어졌으며 다가구 및 다세대주택에 관한 연구는 매우 미비한 실정이다.

2010년 인구주택 총조사보고서(가구·주택 부문)⁹⁾에 따르면 국내 총 주택수는 14,677천호로 조사되었다. 하지만 이는 다가구주택(단독주택에 포함)을 1호로 집계한 경우로, 다가구 구분거처 수(거주가능 가구 수)를 추가하면 17,672천호로 증가하게 된다. 이를 바탕으로 국내 주택유형별 보급률을 살펴보면 공동주택은 48.5%, 단독주택 23.1%, 다가구 16.9%, 다세대 7.4%, 연립주택 3.0% 등으로, 다가구 및 다세대주택은 전체 주택의 약 24.4%를 차지하는 것으로 나타났다. 이처럼 주거건물에서의 다가구 및 다세대 주택이 차지하는 비율이 높고 보급률 또한 매년 증가하는 추세로 이에 대한 기밀성능 평가가 요구되어 진다.

따라서 본 연구에서는 블로어도어(Blower door)를 이용하여 대전 지역 다가구 및 다세대주택 중 원룸세대(이하, 원룸주택)의 기밀성능(ACH50)을 측정하였다. 이를 바탕으로 원룸주택의 기밀성능을 알아

보고 정부정책 및 연구 등을 위한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

2. 실험방법 및 개요

2.1. 실험방법

건물의 기밀성능을 측정방법에는 크게 가스추적법(Tracer Gas Method)과 가-감압법(Pressurization · Depressurization Method)으로 분류할 수 있다. 이 중 가-감압법은 상대적으로 실험이 간단하고 정량적 평가가 가능한 방법으로 국외 측정기준은 미국의 ASTM E779-03 기준과 캐나다의 CGSB 149.15, 유럽의 DIN EN 13829, 국제기준인 ISO 9972가 있고, 국내기준으로는 KS L ISO 9972가 있다. 본 연구에서는 실험 및 분석을 KS L ISO 9972⁽¹⁰⁾기준에 따라 수행하였으며, 그 내용은 Table 1과 같다. 기밀성능 평가기준인 ACH50은 실내외 압력차가 ±50Pa을 상태일 때의 시간당 침기횟수를 의미하는 것으로, 크기와 형태가 다른 건물을 상대적으로 비교할 때 사용된다.^(2,3)

Table 1. Measurement summary of airtightness

Item		Content
Pressure difference		10 ~ 50 Pa
Number of measurement		5 ~ 10
Pressurization/depressurization		Pressurize+depressurize
Condition of measurement	Wind speed	6 m/s below
	Stack effect driving force	500 m-K
Derivation of the result		ACH 50

2.2. 실험개요

원룸주택의 기밀성능 측정은 2014년 03월 01일 에서 04월 10일까지 총 40일간 진행하였다. 측정에 사용된 장비는 미국 Energy Conservatory 사의 Minneapolis Blower door이며, 자동 제어 소프트웨어는 동사의 TECTITE Express 3.0을 사용하였다. Fig 1의 좌측사진[A]은 블로어 도어를 현관문에 설치한 사진이고 우측사진[B]은 실험결과를 그래프로 나타낸 것이다.

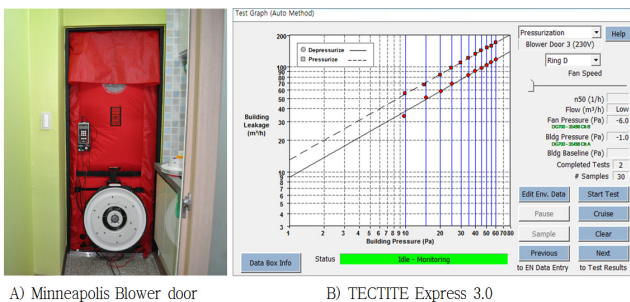


Fig. 1 Experiment equipment and software

3. 실험주택 개요 및 방법

3.1. 실험주택 개요

다가구 및 다세대 원룸주택의 기밀성능을 알아보기 위해 대전광역시 동구 용운동에 위치한 원룸 20세대를 대상으로 실측하였다.

Table 2. Summary of Multi-family(One-room) housing

Item	Year Built	Floor Area (m ²)	High (m)	Volume (m ³)	Window Type
A_House	2002	20.8	2.3	47.7	③
B_House	2002	16.9	2.3	38.8	③
C_House	2008	11.5	2.2	25.3	③
D_House	2009	18.8	2.2	41.3	①
E_House	2009	13.9	2.2	30.6	④
F_House	2011	14.9	2.25	33.4	④
G_House	2000	18.5	2.4	44.4	④
H_House	2010	11.7	2.25	26.4	④
I_House	2011	17.7	2.35	41.5	④
J_House	2010	12.2	2.2	26.9	②
K_House	2013	13.4	2.35	31.6	④
L_House	2011	18.4	2.2	40.5	①
M_House	2008	10.2	2.2	22.0	④
N_House	2009	8.9	2.25	20.0	④
O_House	2007	13.4	2.2	29.5	③
P_House	2009	13.7	2.35	32.2	④
Q_House	2013	17.9	2.3	41.1	④
R_House	2010	13.3	2.3	30.5	④
S_House	2012	15.0	2.3	34.6	④
T_House	2012	10.4	2.35	24.3	④

① Aluminum single window ② Aluminum + PVC
③ PVC single window ④ PVC double window

Table 2는 실험주택의 개요를 나타낸 것으로 ‘건축물 등록 대장’을 통해 확인한 결과 평균준공년도는 2009년이고 주택구조는 모두 철근 콘크리트구조로 동일하였다. 바닥면적과 층고는 평균 약 14.6 m²와 2.3 m이며, 이들 주택에 사용된 창호종류는 4가지로 알루미늄 단창과 알루미늄+PVC창, PVC 단창, PVC 이중창으로 구분하였다.

3.2. 평가방법

본 연구는 크게 두 가지에 대한 평가를 목적으로 진행하였다. 먼저 원룸주택의 일반적인 기밀성능(ACH50)과 더불어 원룸에 설치된 창호의 기밀성능(통기량)을 평가하기 위한 실험으로, 창호를 Fig 2와 같이 밀봉하였다. 두 가지 실험 모두 현관문에 블로어도어를 설치하여 가압 및 감압조건에서 각각 3회씩 실험하여 평균값을 도출하였으며, 창호 밀봉상태를 제외한 모든 실험조건은 동일하게 진행하였다



Fig. 2 Sealing of windows

4. 다가구 및 다세대 원룸주택의 기밀성능 분석

4.1. 원룸주택의 ACH50

Fig 3은 대전지역 원룸주택 20세대의 블로어도어를 이용한 가-감압 조건에서의 ACH50을 나타낸 것이다. ACH50이 가장 낮은 T_주

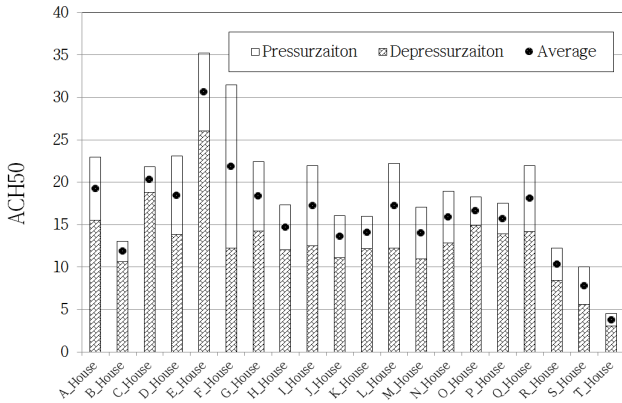


Fig. 3 ACH50 of One-room housing

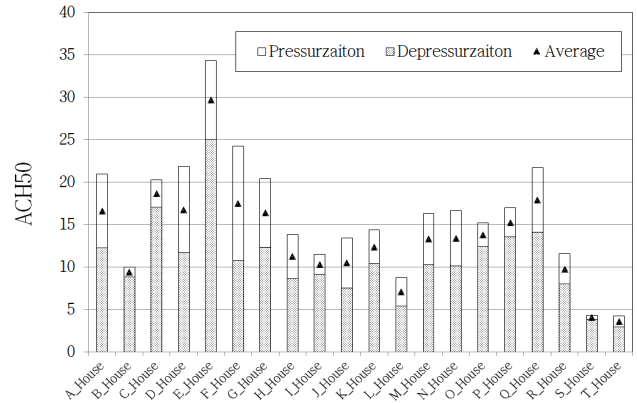


Fig. 5 ACH50 of window sealing

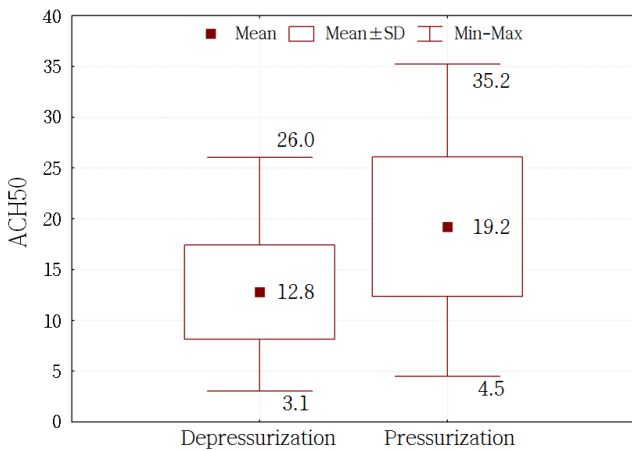


Fig. 4 ACH50 for Depressurization-Pressurization

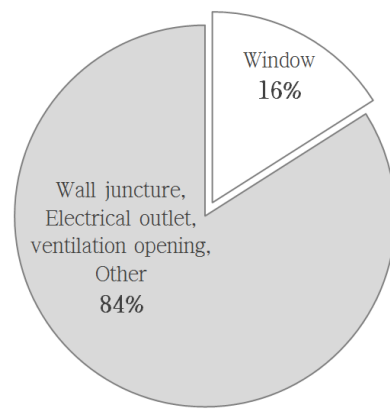


Fig. 6 Ratio of Leakage area at One-room Housing

택은 가압조건(누기) 시 4.5 회/h, 감압조건(침기) 시 3.1 회/h, 가-감압 조건 평균 3.8회/h로 나타났다. ACH50이 가장 높은 E_주택은 가압조건 시 35.2 회/h, 감압조건 시 26.0 회/h, 가-감압조건 평균 30.6 회/h로, T_주택과 비교하면 ACH50이 8.1배 이상 높게 나타났다.

Fig 4는 가-감압 조건에 따른 원룸주택 20세대의 ACH50을 표준편차를 이용하여 나타낸 것이다. 원룸주택 20세대의 평균 ACH50은 가압조건 시 19.2 회/h, 감압조건 시 12.8 회/h로 가압이 감압보다 ACH50이 1.5배 이상 높은 것으로 나타났다.

4.2. 창호밀봉에 따른 ACH50

Fig 5는 원룸주택의 창호를 밀봉한 후 블로어도어를 이용하여 가-감압 조건에서의 ACH50을 나타낸 것이다. 자연상태(창호밀봉 전)와 동일하게 ACH50이 가장 낮은 T_주택은 가압조건 시 4.3 회/h, 감압조건 시 2.9 회/h, 가-감압조건 평균 3.6 회/h로 나타났다. ACH50이 가장 높은 E_주택은 가압조건 시 34.3 회/h, 감압조건 시 25.0 회/h, 가-감압조건 평균 29.6 회/h로, 가압이 감압보다 ACH50이 8.2배 이상 높은 것으로 나타났다. 원룸주택 20세대의 창호밀봉 후 평균 ACH50은 가압조건에서 16.0 회/h, 감압조건에서는 10.7 회/h로 창호밀봉 전과 동일하게 가압조건이 감압조건보다 ACH50이 1.5배 이상 높은 것으로

나타났다.

Fig 6은 창호 밀봉 전과 후의 ACH50 차이를 바탕으로 원룸주택의 침기 및 누기 부위를 나타낸 것으로 창호를 통해 약 16%가 발생하고, 나머지 84%가 창호를 제외한 구조체의 접합부 및 콘센트, 환기구 등에서 발생하는 것으로 분석되었다.

4.3. 준공년도에 따른 주택유형별 ACH50

Fig 7은 감압상태에서의 준공년도에 따른 주택 유형별 ACH50을 나타낸 것으로, 아파트의 ACH50은 선행연구^(2-4, 11-15) 결과를 참고하였다. 실측을 통한 원룸주택의 평균 ACH50은 12.8 회/h로 선행연구의 아파트 평균 3.2 회/h보다 4배 이상 높은 것으로 나타났다. 준공년도에 따른 주택유형별 ACH50을 보면 아파트의 경우 준공년도(법적 단열기준 강화)에 따라 기밀성능도 크게 향상된 것을 알 수 있지만 원룸주택의 기밀성능은 준공년도에 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 이는 법적 단열기준이 꾸준히 강화되었음에도 불구하고 원룸주택의 기밀성능 향상은 미비한 수준으로 시공성능이 크게 향상되지 않은 것으로 판단된다. 또한, 2005년 이후에 준공된 아파트와 원룸주택의 ACH50을 비교해 보면 아파트[A]의 기밀성능은 수렴하는 반면 원룸주택[B]의 ACH50은 넓게 분포하는 것으로 나타났다. 이는

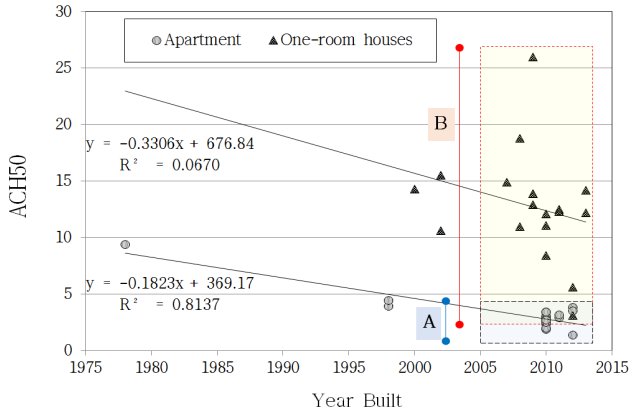


Fig. 7 ACH50 according to year built

대기업 및 중견기업이 시공하는 아파트 경우에는 시공품질(기밀)의 균일도가 높은 반면, 중소기업이 시공하는 원룸주택은 시공품질의 균일도가 상대적으로 낮은 것을 의미한다.

4.4. 바닥면적에 따른 ACH50

Fig 8은 원룸주택의 바닥면적에 따른 ACH50을 나타낸 것으로 바닥면적이 증가할수록 ACH50도 증가하는 것으로 나타났다. 주거건물의 경우 층고는 대부분 2.3m 내외로 바닥면적이 증가하면 실제적도 비례적으로 증가하여 실제적(㎡) 대비 외피면적(㎡)은 감소하게 된다. 이는 공동주택의 선행 연구결과^(4, 12)인 바닥면적이 증가할수록 ACH50이 감소하는 것과는 상반되는 결과로, 본고에서 언급한 것과 같이 시공품질 균일도와 상관관계가 있을 것으로 판단된다.

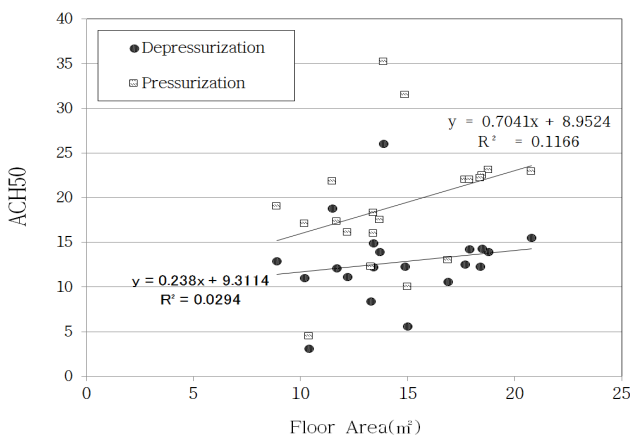


Fig. 8 ACH50 according to floor area

4.5. 원룸주택의 창호 기밀성 등급

원룸주택에 설치된 창호의 기밀성을 알아보기 위해 KS F 2292⁽¹¹⁾를 바탕으로 평가하였다. KS F 2292는 1.5 m * 1.5 m 크기의 창호를 대상으로 한 쪽에서 각각 10, 30, 50, 100pa의 압력을 가하여 창호를 통과한 누기량을 창 면적으로 나누어 평가하는 방법으로 본 연구

에서는 50Pa에 한정하여 원룸주택에 실제 적용된 창호의 기밀성 등급을 평가하였다. 평가방법은 자연상태(창호 밀봉 전)의 침기량과 창호 밀봉 후의 침기량 차이를 원룸주택에 적용된 창 면적으로 나누어 통기량을 계산하였다. KS F 2292에서 제시하는 통기량은 식(1)과 같다.

$$q = \alpha(\Delta P \times 10^{-1})^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

여기에서,

q : 통기량($m^3/h \cdot m^2$)

α : 2, 8, 30, 120($m^3/h \cdot m^2$)

ΔP : 10, 30, 50, 100 Pa

n : $n=1$

Fig 9와 Table 3은 실내·외 압력차가 50Pa일 때, 원룸주택에 적용된 창호의 기밀성 등급을 나타낸 것이다. 알루미늄단창[①]은 7 ~ 10등급, 알루미늄+PVC[②]는 4등급, PVC단창[③]은 3 ~ 5등급, PVC이중창[④]은 1 ~ 6등급으로 나타나 창호종류에 따라 기밀성 등급 범위가 달라지는 것을 알 수 있다. 동일한 재료의 창호에서도 기밀성 등급이 크게 차이나는 원인은 창호 시공 및 보관 시 프레임 뒤틀림 등과 거주자의 사용 부주의에 의한 것으로 판단된다.

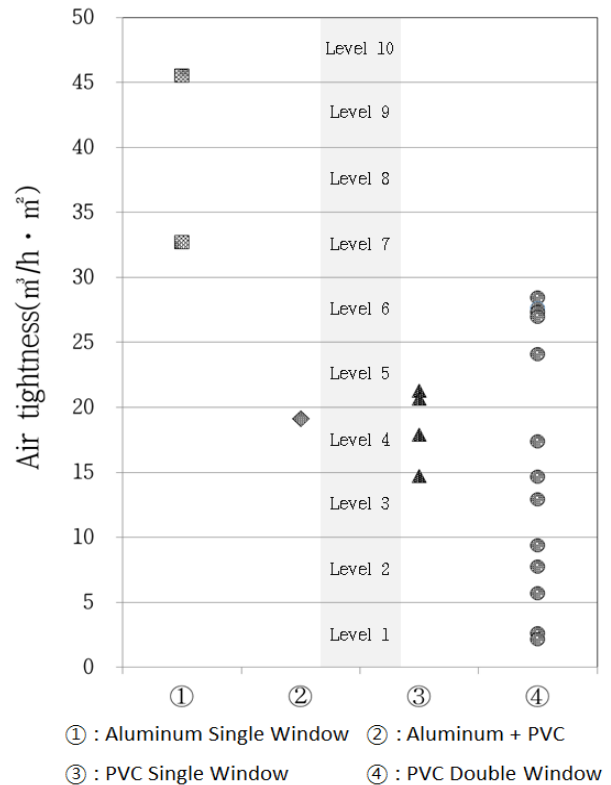


Fig. 9 Airtightness level according to window type

Table 3 Airtightness level of One-room housing

Item	Sealing		Before - After (m ³ /h)	Window area (m ²)	Air tightness (m ³ /h·m ²)	Level
	Before (m ³ /h)	After (m ³ /h)				
A_House	596	471	125	5.9	21.3	5
B_House	413	343	70	4.8	14.7	3
C_House	475	430	45	1.6	28.5	6
D_House	573	483	90	2.8	32.7	7
E_House	797	766	31	1.8	17.4	4
F_House	412	361	51	5.5	9.4	2
G_House	633	548	85	3.1	27.6	6
H_House	318	227	91	3.3	27.3	6
I_House	519	378	142	6.9	20.7	5
J_House	300	203	97	5.1	19.1	4
K_House	385	329	56	2.3	24.1	5
L_House	496	219	277	6.1	45.5	10
M_House	242	226	16	1.2	12.9	3
N_House	259	204	55	3.7	14.7	3
O_House	441	367	74	4.1	17.9	4
P_House	447	437	10	1.8	5.7	2
Q_House	584	572	12	4.4	2.6	1
R_House	257	243	14	1.8	7.8	2
S_House	193	134	59	2.2	27.0	6
T_House	105	100	4	2.0	2.2	1

5. 결론

본 연구는 다가구 및 다세대 원룸주택의 기밀성능을 알아보기 위해 블로어도어(Blower door)를 이용하여 대전지역 원룸 20세대를 실측하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 원룸주택 20세대의 평균 ACH50은 가압조건에서 19.2 회/h, 감압조건에서 12.8 회/h로, 가압조건이 감압조건보다 1.5배 이상 높게 나타나는 것으로 분석되었다.

(2) 선행연구 결과인 아파트의 ACH50보다 실측한 원룸주택의 ACH50이 4배 이상 높게 나타나 원룸주택의 기밀성능이 매우 취약한 것으로 판단된다.

(3) 창호밀봉을 통해 원룸주택의 침기 및 누기 부위를 분석한 결과 창호를 통해 약 16%가 발생하고 나머지 84%는 구조체 접합부나 콘센트, 환기구 등을 통해 발생하는 것으로 판단된다.

(4) 바닥면적에 따른 원룸주택의 기밀성능을 분석한 결과 바닥면적이 커질수록 ACH50도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 선행연구인 아파트 기밀성능과는 상반되는 결과로 시공품질의 균일도와 상관관계가 있을 것으로 판단된다.

(5) 원룸주택에 설치된 창호의 기밀성 등급을 약식으로 분석한 결과 창호종류에 따라 창호의 기밀성능에 차이가 뚜렷하며, 동일한 종류의 창호에서도 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다.

Acknowledgement

본 연구는 한국에너지기술연구원 지원으로 수행되었습니다. (과제번호 : GP2010-0003-05)

References

- [1] Lee, S. B., 1995, An Evaluation of Airtightness Performance and Analysis of Energy Saving Potential in Apartment Housing, Journal of Korean Solar Energy Society, Vol. 15, No. 3, pp. 119-125
- [2] Lee, Y. G., and Shin, C. W., 2013, The Air Leakage Characteristics and Airtightness Performance of a Newly Built Apartment, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 25, No. 11, pp. 606-611
- [3] Shin, H. K., and Jo, J. H., 2011, Comparison of Test Conditions of the Fan Pressurization Method in measuring the Building Airtightness, Architectural Institute of Korea, Vol. 27, No. 8, pp. 279-286
- [4] Yoon, J. O., 2013, Field Measurement of Infiltration in New Apartments using De-Pressurization method, Korean Journal of KIEAE, Vol. 13, No. 3, pp. 27-32
- [5] Lee, T. G., and Yun, D. Y., 2013, The measurement study on the airtightness of dwellings based on the passive design, Korean Journal of KIEAE, Vol. 13, No. 2, pp. 13-20
- [6] Shin, U. C., Yoon, J. H., and Baek, N. C., 2005, Experimental Study on Airtightness Performance of the House with High Levels of Insulation and Airtight Construction, Journal of Korean Solar Energy Society, Vol. 25, No. 4, pp. 61-67
- [7] 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 of Detached Houses in chung-cheong area, Journal of Korean Solar Energy Society, Vol. 28, No. 5, pp. 65-71
- [8] Kim, K. L., Kim, J. H., and Kim, H. Y., 2008, Analysis of the air exchange rate which follows in airtightness performance of the studio building, Proceedings of the AIK-PK, n.2008, v.01(2008-12)
- [9] Statistics Korea, 2010, Population and Housing Census(Household · Housing)
- [10] Korean Standard Information Center, Thermal Insulation-Determination of building airtightness-Fan Pressurization method, KS L ISO 9972.
- [11] Korean Standard Information Center, The method of air tightness for windows and doors, KS F 2292.
- [12] Jo, J. H., 2010, Measurements of the Dwelling Unit Airtightness in High-rise Residential Buildings, Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 10, pp. 337-344
- [13] 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, Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 7, pp. 303-310
- [14] Seo, J. Y., and Yoon, J. O., 2012, Field Measurement of Infiltration in Apartment with Depressurization Method, Proceedings of the AIK, Vol. 32, No. 2, pp. 293-294
- [15] Shin, C. W., and Lee, Y. G., 2012, A Study on Airtightness Performance of Apartments adoption Ventilation System, Proceedings of the SAREK, 2012, 6, pp. 342-345