신축공동주택의 기밀성능 실측에 관한 연구

The Field Measurement of Airtightness in the Apartment Buildings

박 원 석* 윤 재 옥**
Park, Won seok Yoon, Jae Ock

Abstract

Nowdays the apartment is a main type of modernized residential buildings. According to the improvement of construction techniques and functions of windows and doors, recent apartments are enhanced air tightness of windows, doors and building envelopes. As Infiltration is decreased and natural ventilation is reduced, energy could be saved in winter. However, indoor air quality is bad. The air Infiltration of a building could be enlarged by physical actions, such as building designs, constructions and reduction of air tightness which is caused by aging.

This research analyzes and measures with KNS-4000P (Sapporo air tightness measurement) the air tightness of the high rise apartments which is recently constructed and not occupied yet. With depressurization method, the KNS-4000 installed on the window and the indoor air-leakage was measured. At that time, Air come out from the edge of the windows and doors because of the pressure differences between indoor and outdoor. We measure the amount of the air as effective air leakage areas. This method of depressurization takes less time to measure than other methods and is less affected from other conditions. We measured infiltration of total 56 household, 29 households S apartment (total floor area : 64.42㎡) in Balan and 29 households D apartment(total floor area : 78.21㎡) in Chonan. As a result of the field measurements at October 2003, normalized leakage area of D apartment in Cheonan was 2.05㎠/㎡ ~ 3.49㎠/㎡ (average: 2.77㎠/㎡) and normalized leakage area of S apartment in Balan is 1.23㎠/㎡ ~ 1.68㎠/㎡ (average: 1.5㎠/㎡)

Keywords : Infiltration, Depressurization, Natural ventilation, Airtightness, Effective air Leakage area

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

2000년 통계청조사에 따르면 단독주택에서 살고 있는 거주자가 49.6%로 가장 많으며, 다음으로 아파트 거주가구 36.6%, 연립주택거주가구 5.8%등의 순으로 나타나고 있다. 1995년 통계에 비해 단독주택거주가구는 7.8% 감소한 반면 아파트 거주가구는 50.6% 증가 하였다.[1] 현대인의 주거에서 아파트가 차지하는 비율은 1950년대 아파트가 처음 국내에 지어진 이후로 꾸준히 증가하고 있다.

시공기술의 향상과 창호성능 개선으로 최근 지어지는 아파트는 창호의 기밀성능과 외피의 기밀성능이 향상되어 자연환기가 감소하고 이로 인하여 에너지절약은 이룰 수 있지만 실내공기의 청정도를 저하시키는 원인이 되고 있다. 현재 아파트 건설의 추세는 기밀수준을 계속 향상시키면서 실내 공기의 질은 기계환기 시스템의 도입으로 해결하려하고 있다.

아파트에서의 침기는 주로 현관문, 바닥과 천장, 창, 베란다의 창, 또는 문, 그리고 부엌과 화장실의 환기장치에서 주로 발생한다. 침기는 실내·외 온도차, 외부풍속, 풍향이 일정하다면 기밀성능에 비례한다. 틈새바람으로 인한 실내 오염물질의 유동은 IAQ에 직접적으로 영향을 주며 화재시에는 틈새를 통해 연기의 유입경로가 되어 안전상 위험요인이 될 가능성이 있다. 건물의 침기는 건물 외피에서 실내와 실외의 압력차로 인하여 발생한다. 압력차는 바람에 의한 압력의 차이 실내외의 온도차에 의한 공기의 밀도차이 연소기구나 환기기구 등의 사용 때문에 발생한다.

아파트의 시공성의 발전과 에너지 절약이라는 측면에서 아파트는 기밀성능이 향상되어 자연환기가 감소되고 건강에 나쁜영향을 미칠 수 있게 되었다. 그러나 국내에서는 이러한 아파트의 환기 및 기밀수준이 어느 정도에 이르고 있는지 형황 파악 및 분석에 관련된 연구가 미비하여 향후 아파트의 환기 및 기밀성능의 방향을 제시하는데 어려움이 있다. 기밀성능은 같은 건물에서도 완성후 해가 갈수록 또 계절에 따라서도 변화한는 것이 알려져 있다. 북유럽의 연구자에 따르면 시공 후 1~2년후에 누기량은 2배 가깝게

* 호서대학교 건축공학전공 석사과정
** 호서대학교 건축공학전공 교수
이 논문은 2003년도 호서대학교 특별학술연구비에 의하여 연구되었음

1) 통계청「인구주택 총조사」, 2000

증가하고 그 후에는 변화하지 않는 것이 보고되어 있다. 이것은 목재의 건조와 창이나 문의 마모가 주된 원인이라고 한다.

최근에 건설되어지는 아파트는 고층화 고급화되고 있고, 에너지절약이라는 문제와 맞물려 점점 더 기밀화 되고 있는 추세이다. 이러한 기밀화는 실내 공기오염이라는 문제를 가져왔다. 각종 건축자재로부터 발생하는 가스 및 유해물질의 발산은 새로 지은 건물일수록 그 농도가 높게 나타나기 때문에 신축건물에서의 환기는 더욱 중요하다고 할 수 있다.

외국의 경우를 살펴보면 일본의 경우는 건축연구소, 주택·건축연구소 에너지기구, 대학 및 기업연구소 등을 중심으로 주택의 기밀 및 환기성능 평가법에 대한 연구를 통하여 관련기준을 제시하고 있다. 미국 ASHRAE규격 '주택의 기밀성능'에는 환기부하에 대응하는 지표(Infiltration Degree Day)의 대소에 따라 지역을 구분하여 그 지역에 허용되는 기밀성능의 상한을 바닥면적에 대한 상당누기면적을 9단계로 나타내어 사용하고 있다. 또한 유럽 각국에서의 건물외피의 기밀성능에 관한 연구는 국제 에너지기구(IEA :International Energy Agency)의 후원으로 1980년에 설립된 AIVC (Air Infiltration & ventilation Centre)에 의해 스웨덴, 노르웨이, 영국, 네덜란드 등 북유럽 국가들을 중심으로 협동연구가 추진되고 있다.

국내 기존연구로는 다음과 같은 논문들이 있다. 초고층 아파트를 대상으로 아파트 환기성능을 Tracer Gas법으로 측정한 연구[2], Blower Door법에 의한 측정을 실시하여 환경설계를 위한 의사결정시 판단자료로 활용할 수 있는 실내공기환경과 외부환경부하를 고려한 환경성능 평가법을 제시한 연구[3], 부위별 누기량을 측정하기 위하여 창호 및 출입문등의 개구부에 적용 가능한 부위별 현장 기밀성능 평가시스템을 설계, 제작한 연구[4], 아파트를 대상으로 사용년수에 따른 기밀성능을 현장 실측하여 현황을 파악하고 분석한 연구[5], 그리고 우리나라의 고층아파트의 기밀성능 수준을 알아보고 외국의 기준과 비교한 연구[6] 등이 있으나 기준은 설정하기에 아직은 미비한 실정이다.

본 연구는 2003년도에 준공된 2지역의 25평 내외의 국민주택규모 고층아파트를 대상으로 침기량을 측정하였다. 압력차법중 감압법을 이용하여 실측하였다. 현재 건설되어지는 고층아파트의 기밀성능현황을 파악하고 분석하여 국내 아파트의 기밀성능 기준 선정에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구는 천안과 발안에 위치한 고층아파트를 대상으로 기밀성능 실측을 하였으며 천안과 발안에 위치한 철근콘크리트 구조의 국민 주택규모 신축아파트를 선정하였다. 기존에 연구된 국내·외의 침기량 측정법 및 외국의 기밀성능 기준을 살펴보고 자료 조사를 한 후 이를 정리하였다. 실측대상 고층아파트는 2003년에 건설되어진 27평형과 23평형 고층아파트로 입주 전 측정을 하였다. 실측 중 발생할 수 있는 오차들을 줄이기 위해 예비 실측을 실행하였다.

건물의 기밀성능 측정 방법으로는 가스추적법, 압력차 측정법, 부위별 현장 기밀성능 측정법등이 있다. 본 연구에서는 감압법(Depressurization)을 사용하는 기밀측정기(KNS-4000)을 이용하여 침기량을 측정하였다. 풍속의 측정은 다점선열선풍속계(KANOMAX 6540)를 이용하여 창호에 영향을 주는 범위인 창호앞 50cm 위치에서 그리고 앞 발코니와 뒤발코니 2곳에서 측정하였고, 그 지역의 기상청 데이터를 참고로 하였다.

2. 침기량 산정에 대한 이론고찰

2.1 침기량 이론

1)침기와 환기

환기의 방법은 기계환기와 자연환기로 크게 나눌 수 있다. 공기조화 설비를 갖춘 건물에서 환기는 보통 송풍기와 덕트 등 설비를 이용한 기계환기를 하게된다. 그러나 냉난방 설비가 있는 건물에서도 에너지 절약을 위하여 봄·가을에는 창문을 열어 자연환기를 하고 있다. 자연환기에는 통풍과 같이 창호나 현관을 열어 신선한 외기를 도입하는 환기와 침기와 같은 의도하지 않은 환기가 있다. 침기는 자연환기의 일종으로 바람이나 온도차에 의한 실내외의 압력차에 따라 개구부 이외에도 구조체의 틈새나 개구부의 틈으로 의도하지 않은 외기가 실내로 들어오는 현상을 말한다. 침기는 건물에서 필요한 건강환기의 일부를 담당한다는 측면도 있으나 제어되지 않는 침기는 냉·난방 부하요소로 작용하게된다.

침기(air infiltration)는 실내로 들어오는 공기이며 반대로 외부로 나가는 공기가 내기의 유출(exfiltration)인데 그 양은 서로 같으며 침기라는 용어가 일반적으로 사용되고 있다.

누기(air leakage)는 송풍기, 덕트 등 기계적 수단에 의해 환기를 위한 급기를 할때 실내가 가압 또는 감압됨으로써 실내와 실외의 압력차를 발생시켜, 압력이 높은 실내공기가 건물 외피의 틈새를 통해 외부로 빠져나가는 것을 말한다.

겨울철 침기는 신선한 외기의 도입과 외부 오염물질의 배출이라는 면에서 유리한 점이 있으나 차가운 공기의 실내 유입으로 난방부하에 불리한 영향을 미친다. 에너지 절약 이라는 문제와 건강 환기라는 두 가지 관점에서 볼

2)안태경, 초고층 공동주택의 환기성능 평가에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, p.p.321~324, 1992

3)안태경, 공동주택에서의 실내공기환경 및 외부환경부하를 고려한 환경성능 평가에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 11권10호, p.p.175~185, 1995

4)이윤규, 건물외피의 현장기밀성능 평가시스템 개발, 대한건축학회춘계학술발표대회논문집, 18권1호, p.p.475~482, 1998

5)원근호, 아파트 노후화에 따른 기밀 성능 평가, 대한설비공학회 동계학술발표대회논문집, p.p.508~513, 2002

6)안태경, 아파트의 환기 및 기밀수준 성능에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 15권1호, p.p.197~205, 1999

때 적절한 환기와 침기에 대한 적절한 기준이 필요하다 할 수 있다.

2)기밀성능

기밀성능이란 건물의 침기량이 어느 정도인지를 알아보는 것을 말한다. 기밀성능 평가를 위하여 환기량을 구하여 나타내거나 바닥면적당 상당누기면적으로 나타내기도 한다. 측정에서 얻어진 실내·외 압력차와 환기량 Q와의 관계는 다음 실험식으로 나타낼 수 있다.

$$Q=c(\Delta p)^n \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

여기서,

Q : 침기량 [㎥]

c : flow coefficient [㎥/(s · Pa^n)]

Δp : 실내 · 외 차압[Pa]

n : 극간특성치(pressure exponent, dimensionless)

위 식의 환기량을 누기면적으로 환산하여 침기량을 비교할 때, 보다 용이한 식으로 나타낸 것이 상당누기면적이고, 식(2)와 같이 구한다.

$$A_L = 10000Q_r \times \sqrt{(\rho/2\Delta p_r)}/\ C_D \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

여기서,

A_L : 상당누기면적 [㎠]

Q_r : Δp_r 에서의 예상환기량

(from curve fit to pressurization test data) [㎥/s]

ρ : 공기밀도 [kg/㎥]

Δp_r : 압력차 [Pa]

C_D : dischage coefficient

여기서 A_L값은 본 논문에서 사용하는 상당누기면적을 말한다. 건물의 기밀성능을 알아보기 위하여 상당누기면적을 바닥면적으로 나누어 나타내면 기밀성능의 상대적 비교가 가능한 바닥면적당 상당누기면적으로 나타낼 수 있다.[7)]

2.2 침기량 측정

침기량의 측정은 실내외의 압력차를 이용한 압력차법(가압법/감압법)과 추적 가스를 이용하여 실내의 공기가 얼마만큼 외기와 교환되는가를 측정하는 가스 추적법이 있다.

1)압력차법

압력차법은 송풍기(fan)을 이용하여 실내부 압력을 임의 조절한 후 압력계(manometer) 또는 압력차계로 실내외 압력차를 측정하여 공기유동량을 측정하는 방법이다. 단위실 또는 건물전체의 기밀성능 측정은 일반적으로 압력차를 10Pa에서부터 약 100Pa정도에 걸쳐서 5~10Pa간격으로 압력차를 증가시키면서 각 압력차에서의 공기유동량을 측정하여 건물고유의 공기 유동특성을 파악한다. 이를 근거로 정상상태의 압력차(일상적으로 실내외에서 발생하는 압력차를 의미하며 일반적으로 사용되는 기준 압력차는 1~4Pa 또는 10Pa)에서의 공기유동량을 산정하게 된다. 그림1은 압력차법으로 측정시 압력차에 따른 침기량의 관계를 그래프로 보여주고 있다.

그림1에서 보면 압력차가 증가함에 따라 침기량은 정비례로 증가하는 것이 아니라 낮은 압력범위에서는 급격히 증가하다가 30Pa를 지나면서 그 증가율이 줄어드는 것을 볼 수 있다.

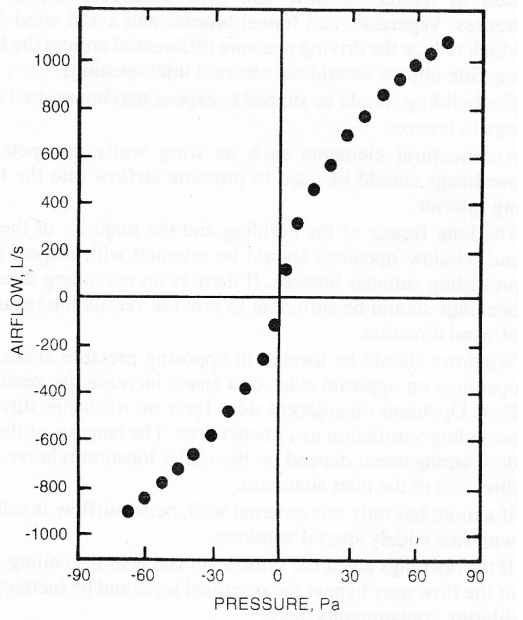


그림 1. 압력차법 측정에서 침기량과 압력의 관계

①감압법(Depressurization)

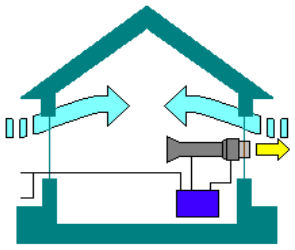


그림 6. 감압법 개념도

감압법은 팬을 이용하여 실내를 감압하여 실내부의 압력을 임의 상태로 유지시킨 후 단계적으로 압력을 증가 시켜 그 압력변화에 따른 침기량을 측정한다. 이 방식은 한 실 혹은 주호 전체를 대상으로 측정할 경우와, 어느 부위에 대한 누기량을 산출할 경우 사용된다.

실험조건을 임의로 변화시킬 수 있으며 계절의 영향을 크게 받지 않고 측정할 수 있어 압력차법을 이용하는 침기량 측정에 자주 쓰인다.

②가압법(Pressurization)

감압법과 같은 원리로 실내외의 압력차를 이용한 방법이며 감압법과는 반대로 공기를 실내로 불어넣어 실외로 빠져나가는 공기의 양을 측정하는 방법이다.

2)가스 추적법(Tracer Gas)

이 측정법은 추적가스를 임의로 실내에 분출한 후 그 농도의 변화를 가스측정기에 의해 측정하는 것이다.

추적가스로는 SF_2, CO_2 가스 등이 사용된다. 추적가스

7)ASHRAE, 2001 ASERAE Fundamentals Handbook, 2001

는 현장에서 사용하기에 위험성이 적은 불활성, 비독성, 불연성 이어야한다. 구입이 용이하고 가격이 저렴한 CO_2 가스가 주로 사용된다. 가스 추적법에 의한 실내 기밀 및 침기성능 측정 시 유의하여야 할 점은 실내로 분출된 추적가스가 실내에 균일하게 확산될 수 있도록 팬을 이용하여 적절히 혼합시켜 주어야 하는 것이다. 그리고 추적가스의 실내 농도 변화를 제대로 측정하기 위하여 여러 곳의 측정점 선정이 필요하다. 가스 추적법은 실제 건물 상황에서의 기밀 및 침기성능 측정에 유효하지만 온도차, 풍향, 풍속 등 기후 조건에 따라 측정결과가 크게 좌우되므로 측정 시 이에 대한 고려가 반드시 필요하다.

2.3 외국의 기밀성능 기준

1)기밀성능(Airtightness) 기준

건물외피의 기밀성능은 에너지 절약 효과 및 거주자의 쾌적감과 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 기밀성능은 건물내부에 인위적인 압력차(예를들면 50Pa)를 발생시켜 그에 따라 실내외에 발생하는 공기의 유동량을 이용하여 상당누기면적 또는 환기회수(air change rate)등 정량적으로 나타내어 평가한다. 그 대상을 건물 전체의 기밀성능과 구성요소별 기밀성능 등으로 구분하고, 평가하며 그 결과를 기준으로 반영하게 된다. 건물의 기밀성능 기준은 선진 각 국에서도 아직까지 기준압력차(reference pressure)나 공기유동량의 단위가 통일되어 있지 못한 실정이다. 대다수 산출된 기밀성능은 표1과 같은 평가방법과 단위로 평가하여 기준화하고 있다.

기밀성능의 평가수단으로는 바닥면적당 상당누기면적, 환기회수, 공기유동량, 상대적인 등급 등을 사용한다.

표 1. 기밀성능 평가수단 및 적용단위

평가수단	적용단위	비고
바닥면적당 상당누기면적 (Equivalent Leakage Area /flow area)	㎠/㎡,	건물전체
환기회수 (AirChange Rate/Hour)	회/시	건물전체
공기유동량 (Air flow rate)	㎥/s, ㎥/h, l/s, d㎥/s, ㎥/h·m, ㎥/h·㎡	건물전체 및 건물구성요소별
상대적 등급	압력차별 틈새길이나 면적당 공기누설량에 의한 상대등급으로 기밀성능 평가	건물 구성 요소별

① 전체 건물의 기밀성능

압력차법(Fan pressurization method)등을 이용하여 건물전체에 인위적으로 압력차를 발생시키고 기준 압력차에서의 공기 유동량이나 환기회수를 측정한 결과를 바탕으로 기준화한다. 각 나라마다 기밀성능의 평가 시 기준압력차, 실내를 압력을 주는(가압 또는 감압)방법, 압력차 측정점의 위치와 수, 유입 또는 유출시키는 공기량을 측정하는 방법 등이 조금씩의 차이는 있으나 기본 개념에서는 거의 유사하다.

② 건물구성요소별 기밀성능

건물구성요소별 기밀성능의 측정은 건물의 주요 공기 유동경로(air flow path), 즉 개구부, 출입문, 급/배기구, 구조체 틈새 등의 기밀성능을 평가하는 것을 말한다. 세부 건물구성요소를 통해 이동하는 공기 유동량이나 틈새면적 등을 측정하여 그 결과를 바탕으로 기준화한다. 대개 현장에서의 측정보다는 공장생산이 가능한 창호와 출입문 등에 대한 실험실 측정결과를 근간으로 기준을 설정하게 된다.

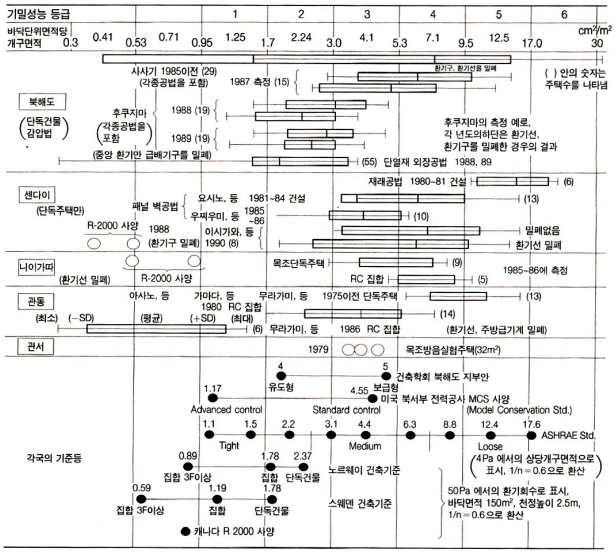
2) 외국 기밀성능 실태와 기준

각 국의 기밀성능에 대한 연구와 기준을 살펴보면, 일본의 경우는 바닥단위면적당 상당누기면적(개구면적)을 가지고 표 2에서 보는 것처럼 등급을 나누어 기준을 정하고 있다. 일본 북해도 지방의 주택은 혹독한 기후조건 때문에 단열 기밀화가 중요시되어 다른 지역보다 많은 연구가 진행되었다. 1988, 1989년에 측정한 북해도 실측주택의 기밀성능은 2등급~3등급으로 다른 지역에 비하여 기밀하며 그 이전의 주택과 비교해도 기밀화 되어 있는 것을 알 수 있다. 또, 환기팬과 환기구를 밀봉하면 누기면적이 10~20% 적어지는 것을 알 수 있다.

관동지방에서 단독주택의 기밀성능은, 1975년 이전의 주택은 등급4~5이었으나 1980년 RC구조 집합주택의 경우 3등급 이하로 나타났다. 관동지방의 집합주택은 최근에 더욱 더 기밀화하여 1등급이하의 것도 출현하고 있다.

일본에서는 주택의 에너지절약 기준으로부터 기밀성능이 5㎠/㎡ 이하인 것을 기밀주택이라 정의하고 있다.

표 2. 외국의 기밀성능 실태와 기준



캐나다의 R2000(캐나다 정부에 의해 진행되고 있는 고단열 고기밀주택계획)에 의한 주택은 극히 기밀한 것으로 나타나며, 바닥면적에 대한 상당누기면적이 약 1㎠/㎡로 엄격하게 적용하고 있다. 노르웨이, 스웨덴 주택은 일반적으로 기밀성능이 높아 단독건물은 2등급 3층이상의 집합주택은 1등급이하에 속한다.

표 3 각국의 압력차 측정법

기준/국가	압력차범위(Pa)	압력측정점	제한사항	오차	측정결과
ASTM E779-87(미국)	12.5~75	1점	풍속 2㎧이하, 온도5~35℃이내	A:±6% P:±2.5Pa	4Pa에서의 상당누기면적
JIS A-2001(일본)	15~50 감압법	4점	풍속 5.6㎧이하	A:±6% P:±2%	10Pa에서의 상당누기면적
CAN/CGSB149.10-1986(캐나다)	15~50 감압법	4점	풍속 5.6㎧이하	A:±6% P:±2%	10Pa에서의 상당누기면적
NEN 2686(네덜란드)	15~100 감압법	1점	풍속 6㎧,자연압력차 5Pa이하	A:±6% P:±3Pa	1, 10Pa 에서의 Flowrate
SS 021551(스웨덴)	20~50 가/감압법	1점	풍속 6㎧이하 (건물 10m내에서)	A:±6% P:±3Pa	50Pa에서의 회/시
NS-Intal30(노르웨이)	20~25 감압법	1점	풍속 6㎧이하	A:±6% P:±3Pa	50Pa에서의 회/시
ISO/에9972(ISO기준)	15~50 감압법	1점 중성대	압력차 3Pa 이내	A:±5% P:±5%	Flow coeff. & Exponent

각국의 기밀성능평가기준을 종합하면 다음 표4와 같다. 이 기준은 표1에서 언급한 바와 같이 매우 다양한 기준 압력차 평가 수단 및 적용단위를 갖고 있다.

따라서 먼저 건물전체의 기밀성능에 대한 각국의 기준을 알기 쉽게 기준 압력차 50Pa에서의 환기회수(ach)로 환산하면 다음 표5에서와 같이 1.0ACH~6.5ACH 범위의 값을 갖는다.

표 4. 각국의 기밀성능 평가기준(Standard & Regulations)

국가	전체건물에 대한 기밀성능기준		
	기준	압력차	비고
노르웨이	1.5~4.0ACH	50Pa	-
네덜란드	최대 : 100~200dm³/s (1.4~2.24ACH) 최소 : 30~50dm³/s (0.4~0.72ACH)	10Pa	1Class
	최대80dm³/s (0.72~1.15ACH)	10Pa	2Class
미국	0.4ACH	4Pa	ELA 고려
벨기에	3ACH	50Pa	기계환기시스템 적용
	1ACH	50Pa	폐열회수시스템 적용
이태리	10m³/hm²	9.8Pa	
	1.5~5.0ACH		학교의 경우
캐나다	1.5ACH	50Pa	최대치
프랑스	0.2ACH	-	비주거용건물
스위스	최소 : 2~2.5ACH 최대 : 3~4.5ACH	50Pa	-
스웨덴	3~6m³/hm²	50Pa	-
일본	0.5ACH	10Pa	RC조 주택
	0.7ACH		조적조 및 공업화주택
	1.0ACH		기타주택

표 5. 주요국가의 건물 전체 기밀성능 평가기준의 비교
(압력차 50Pa기준시)

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

주)ACH : Air Change rate per Hour
*미국과 캐나다는 최소 최대기준이 아닌 기준값

3)각국의 압력차 측정법

세계각국은 건물의 기밀정도를 정량적으로 나타내는 나름대로의 측정법과 기준을 가지고 있다. 건물의 총 누기량을 효과적으로 측정할 수 있는 일반적인 방법인 압력차 측정법에 대하여 측정기준을 정립하여 적용하고 있다. 이러한 측정법들은 표3에서 보는 바와 같이 국가에 따라 측정장비, 기준압력차등 세부적인 적용기법 면에서 다소 차이가 나고 있으나, 전체적으로 동일한 개념 및 원칙을 갖고 있다.[8)]

3. 공동주택의 침기량 실측

3.1 실측대상 아파트

대상 공동주택은 2003년 준공되어 10월에 입주한 충남 천안시 두정동의 D아파트와 경기도 화성시 발안의 S아파트이다. 전체면적에서 공용면적과 앞뒤 베란다 면적을 제외한 면적만을 실평수로 계산하였다. 그림3의 천안시 D아파트단지의 15층아파트 4개동으로 이루어져있고. 화성시 발안의 S아파트는 15층과 13층 아파트 14개동으로 이루어져 있다.

8)이윤규 외, 건물외피의 현장 기밀성능 현장시스템 개발, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, p.p. 475~482, 1998

그림 3. 천안시 D아파트

그림 4. 화성시 S아파트

표 6. 측정대상 아파트 개요

대상	D아파트	S아파트
위치	충남 천안시 두정동	경기도 화성시 발안
준공연도	2003년	2003년
크기	27평형(실평수23평) 바닥면적 :78.21㎡	23평형(실평수19.5평) 바닥면적 :64.42㎡
골조	철근콘크리트구조	철근콘크리트구조
실측호수	29호	27호
단지 외관사진	그림 2	그림 3
층수	15층	13층

주)실평수 : 전체면적에서 공용면적과 앞뒤 메란다 면적을 제외한 면적

1) D 아파트

아파트 단지는 그림5와 같이 15층 아파트 4개동으로 이루어진 고층아파트단지이며 총 호수는 326호이다. 각 주호는 27평형(실제바닥면적 : 78.21㎡)으로 한 층에 6개의 주호로 이루어져있다. 북쪽을 제외한 모든 면은 다른 아파트 단지와 면하고 있다. 실측대상으로 선정한 단지 내 아파트는 정남향으로 남쪽과 동쪽으로 다른 주동과 면하고 있고 서쪽은 20m도로, 북쪽은 50m도로와 면하고 있다. 그림 6은 실측주호 평면도 이다.

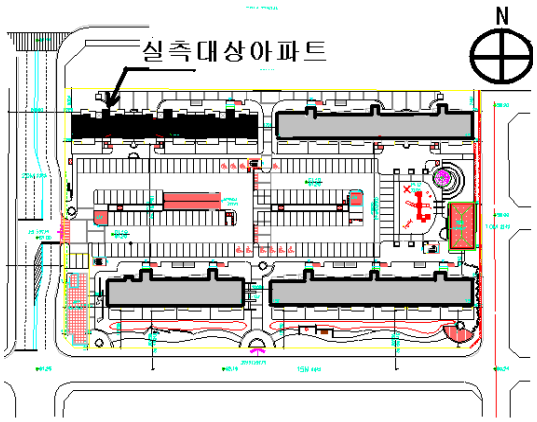


그림 5. 천안시 D아파트 배치도

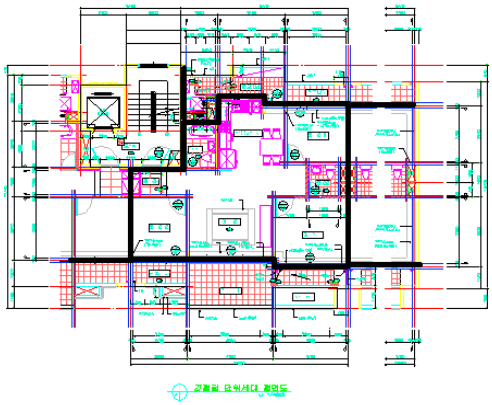


그림 6. 천안시 D아파트 측정주호 평면도

2) S 아파트

아파트단지는 그림7과 같이 14개 동이고 13층과 15층 건물로 이루어졌다. 측정대상주호는 13층아파트 23평형(실제바닥면적 : 64.42㎡) 고층 아파트이며 총 호수는 882호이다. 한 층은 4개의 주호로 이루어져 있다. 북쪽은 다세대주택 밀집지역이고, 동쪽으로는 기존 단층 주택단지와 면해있고 남쪽은 20m도로와 서쪽은 15m도로와 면해있다. 측정대상으로 선정한 단지 내 아파트는 정남향이고 북쪽을 제외한 모든 면이 다른 주동과 면하고 있다. 그림 8은 실측주호 평면도이다.

그림 7. 화성시 S아파트 배치도

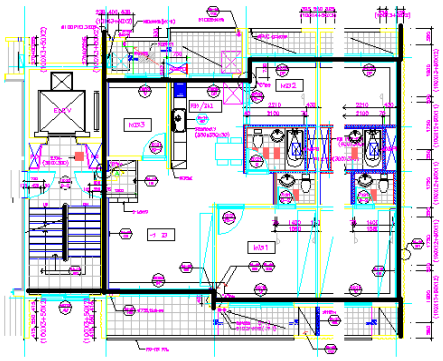


그림 8. 화성시 S아파트 측정주호평면도

3.2 실측 장비

본 실험에서는 감압법으로 침기량을 측정하는 KONA SAPPORO사의 KNS-4000P를 이용하였다. 그림9는 실제 건물에 침기량측정기를 설치한 모습이다.

그림 9. 기밀성능 측정장면

본 논문에서 사용한 KNS-4000 기밀측정기로 측정했을 때 얻어지는 값은 아래와 같다.

αA = 총상당 누기면적 (=A_L) [㎠]

n = 극간 특성치

α = 통기량

$Q_{9.8}$ = 9.8pa에서의 환기량 [㎥/h]

Q_{50} = 50pa에서의 환기량 [㎥/h]

3.3 실측방법

천안과 발안에 있는 2개의 아파트단지를 대상으로 천안 D아파트 총 326호 중 29주호, 발안 S아파트 882호 중 27주호 총 57주호에서 감압법(Depressurization) 으로 침기량 실측을 하였다. 각 호당 3회 이상 실측을 하여 평균값을 구하였다.

측정은 2003년 9월 16일부터 10월31일까지 실시하였고 측정조건에 맞지 않는 기상조건인 날을 피하여 측정하였다. 기밀성능 측정을 위해서 건물의 문과 창을 모두 닫고 주호내의 모든 부분의 압력이 일정하게 유지될 수 있도록 주호 내부의 모든 방문을 개방하였다. 또한 환기구를 통한 침기 영향을 줄이기 위하여 욕실2곳과 주방에 있는 환기구를 막았다. 거실 베란다 창을 비닐로 밀봉하고 창호에 기밀측정기(KNS-4000)를 설치하였다. 기기에 있는 팬을 이용하여 실내를 감압하게 되면 실외와의 압력차에 따라 발생되는 침기량을 측정한다. 이러한 압력차법은 다른 방법보다 상대적으로 측정에 소요되는 시간이 적고 외부조건에 영향을 적게 받는다는 장점이 있다.

보다 정확한 데이터 값을 얻기 위하여 한 주호당 3회이상 측정하였다. 외부풍속의 측정은 열선풍속계(KANOMAX 6540)를 이용하여 앞 발코니와 뒤 발코니 2곳에서 창호 앞 50cm 위치에서 측정하였다.

미국의 ASTM(American Society for Testing and Materials)기준에서는 침기량 측정 시 기상조건이 풍속 0㎧~2㎧, 외기온 5℃~35℃ 인 상황에서의 측정과 환기구 등은 밀봉한 후, 측정할 것을 요구하고 있다.

4. 실측결과 및 분석

기밀성능 측정으로 얻어진 상당누기면적 (αA)의 값을 바닥면적으로 나누어 바닥면적당 상당누기면적으로 나타내었다.

4.1 D아파트 실측결과 및 분석

감압법(Depressurization)을 이용하여 천안시에 있는 고층 아파트의 침기량을 실측한 결과를 표7로 보여주고 있다

표 7. D아파트 측정결과

호수	풍속 (㎧)	aA* (㎠)	바닥면적당 상당누기면적 (㎠/㎡)	$Q_{9.8}$** (㎥/h)
1501	1.6	160	2.05	234.3
1504	1.4	226	2.89	359.2
1506	1.4	219	2.80	319.3
1401	2.0	231	2.95	338.0
1404	1.2	208	2.66	303.9
1405	1.3	201	2.58	272.3
1406	1.2	201	2.57	274.5
1303	0.9	202	2.58	296.9
1304	1.2	187	2.39	273.7
1305	1.0	204	2.61	277.5
1306	0.9	241	3.08	295.1
1201	0.7	186	2.38	271.5
1205	0.7	221	2.83	281.6
1206	0.7	273	3.49	480.8
1101	0.5	251	3.21	366.4
1106	0.7	245	3.14	322.2
1001	0.6	195	2.50	285.0
1003	0.8	234	2.99	293.4
901	1.0	265	3.39	385.8
905	0.6	213	2.73	290.8
906	0.8	210	2.69	256.9
803	0.7	193	2.47	282.4
703	0.8	215	2.75	299.8
403	0.6	213	2.73	310.5
404	0.9	204	2.61	298.2
303	0.8	227	2.90	330.5
304	1.0	221	2.83	322.3
201	0.7	185	2.37	296.3
101	1.5	246	3.15	360.1
평균	**1.0**	**216**	**2.77**	**321.5**

* aA : 상당누기면적

** $Q_{9.8}$: 9.8Pa에서의 환기량

천안의 D아파트의 경우 상당누기면적은 160㎠~273㎠로 측정되었고, 평균값은 216㎠로 나타났다. 상당누기면적을 바닥면적으로 나눈 바닥면적당 상당누기면적 값은 2.05㎠/㎡~3.49㎠/㎡ 평균값은 2.77㎠/㎡ 이었다. 침기량 측정 시 주호의 남측 앞 베란다와 북측 뒤 베란다에서 측정한 외부풍속은 0.4㎧~1.47㎧로 측정되었고, 평균값은 1.0㎧이었다. 2003년 기상청 데이터[9]를 보면 측정기간 동안 천안기상관측소의 2003년 9월~10월 평균풍속은 1.5㎧로 나타났고 30년간의 기상청 자료를 분석한 연구결과에 의하면 천안의 풍향은 주풍향이 동풍이었다.[10] 측정 아파트는 정남향이므로 측면으로 바람을 받기 때문에 바람에 의한 고층아파트의 고층과 저층의 풍압차가 크게 나타나지 않고 침기량 차이도 크게 나타나지 않은 것으로 분석되었다.

4.2 S아파트 실측결과 및 분석

발안의 S아파트의 측정결과는 표8에서 보여주고 있다. 상당누기면적은 79㎠~108㎠로 측정되었고, 평균값은 101㎠로 나타났다. 바닥면적당 상당누기면적은 1.23㎠/㎡~1.68㎠/㎡이고 평균값은 1.5㎠/㎡이다.

표 8. S아파트의 측정결과

호수	풍속 (m/s)	aA* (㎠)	바닥면적당 상당누기면적 (㎠/㎡)	$Q_{9.8}$** (㎥/h)
1302	0.2	103	1.59	148.9
1303	0.3	100	1.55	143.9
1304	0.4	86	1.33	124.2
1202	0.2	103	1.59	147.7
1203	0.5	95	1.48	137.3
1204	0.4	89	1.38	128.5
1102	0.1	103	1.59	148.4
1001	0.8	100	1.55	144.1
1002	0.7	103	1.59	148.7
901	1.6	108	1.68	156.4
902	1.5	104	1.61	149.8
803	0.5	101	1.56	144.7
804	0.6	100	1.55	143.0
703	0.9	106	1.65	152.6
704	0.8	101	1.58	145.9
603	0.5	105	1.63	151.4
604	1.0	104	1.62	150.1
401	0.4	93	1.44	133.4
402	1.4	79	1.23	114.3
403	0.3	99	1.54	142.4
404	0.2	106	1.64	152.5
301	1.1	81	1.27	117.5
302	1.1	83	1.28	118.7
303	0.2	102	1.58	147.1
304	0.3	100	1.60	144.2
201	1.9	87	1.36	125.4
202	1.5	81	1.26	116.5
평균	**0.7**	**101**	**1.50**	**139.9**

* aA : 상당누기면적
** $Q_{9.8}$: 9.8Pa에서의 환기량

측정시의 외부풍속은 0.1m/s~1.91m/s로 측정되었고 평균풍속은 0.7m/s이었다. 발안지역의 기후자료 는 가장 인접한 수원기상대의 기상데이터를 사용하였다. 수원지역의 2003년 9월~10월 평균풍속은 1.8m/s이었고 30년간의 기상청 자료를 분석한 연구에 의하면 주 풍향이 동풍이었다. 정남향건물의 옆면으로 바람이 불기 때문에 고층아파트에서의 고층과 저층의 바람영향이 적고 고층과 저층의 침기량 차이도 크게 나타나지 않았다. S아파트는 D아파트보다 현관문의 기밀성이 우수하여 비교적 높은 기밀성능을 나타낸 것으로 여겨진다.

9)기상청 홈페이지 www.kma.go.kr
10)윤재옥, 기상청 자료를 이용한 도시의 바람자료 분석 연구, 한국생태환경건축학회논문집, vol 3 no 1 pp.5~12, 2003
11)안태경, "아파트의 환기 및 기밀수준 성능에 관한연구", 대한건축학회논문집, p.p.197~205, 15권 1호, 1999

4.3 기밀성능 평가

실측결과를 보면 천안의 D아파트의 경우 바닥면적당 상당누기면적은 2.05㎠/㎡~3.49㎠/㎡, 평균값은 2.81㎠/㎡ 이었고, 기밀등급은 2등급~3등급으로 나타났다. 발안의 S아파트의 경우, 바닥면적당 상당누기면적은 1.23㎠/㎡~1.68㎠/㎡, 평균값은 1.5㎠/㎡이었고 기밀등급은 1등급~2등급 이었다
1999년에 이루어진 기존연구[11]는 바닥면적당 상당누기면적값은 3등급~4등급수준에 들어가는 것을 보여준다.

표 9. 기밀성능등급

기밀성능등급		1	2	3	4	5	6	
바닥면적당 상당누기면적(㎠/㎡)	0.71	1.25	2.24	4.1	7.1	12.5	17.0	
천안 D아파트				×				(평균값 : 2.77㎠/㎡)
발안 S아파트		×						(평균값 : 1.5㎠/㎡)
기존연구								

× : 바닥면적당상당누기면적의 평균값

5. 결 론

본 연구에서는 2003년도에 준공된 2지역의 고층아파트를 대상으로 감압법을 이용하여 침기량을 실측하였다. 분석 결과는 다음과 같다.

1) 천안시 D아파트의 29주호를 실측한 결과 상당누기면적의 평균값은 216㎠ 로 측정되었고, 바닥면적당 상당누기면적의 평균값이 2.77㎠/㎡로 나타났다. 이는 기밀성능 표 2의 기밀성능등급으로 보면 2등급과 3등급에 해당된다. 바람에 의한 저층부와 고층부의 차이는 나타나지 않았다.

2) 화성시 S아파트의 27호의 측정결과 상당누기면적의 평균값은 101㎠로 측정되었고 바닥면적당 상당누기면적의 평균값이1.5㎠/㎡로 나타났다. 이는 표 2와 비교해보면 등급 1에 속한다. 저층부와 고층부의 침기량 차이는 나타나지 않았다.

3) 본 연구 측정결과에 의하면 고층아파트 저층부나 고층부의 외부풍속차가 크지 않았다. 바람이 고층아파트 측면에서 불어 저층과 고층의 풍압차이가 적은 것으로 사료된다. 고층부 저층부, 아파트의 침기량도 차이가 거의 나타나지 않았다.

추후 연구과제로는 주거건물을 대상으로 다양한 건축면적에서의 침기량 측정과 오피스나 다른 용도의 건물에서의 기밀성 조사 등이 있다. 외국과 같이 기밀성능 기준을 만들 수 있도록 데이터구축을 위한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

참고문헌

1. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1993
2. 안태경, 초고층 공동주택의 환기성능 평가에 관한 연구" 대한건축학회 학술발표논문집, p.p. 321~324, 1992
3. 조동우, 실내공기환경을 고려한 침기, 자연환기 및 기계환기성능의 상호관계, 대한건축학회논문집, 15권 8호 p.p. 201~208, 1999
4. 윤재옥, 기상청 자료를 이용한 도시의 바람자료 분석 연구. 한국생태환경건축학회논문집, vol 3 no 1 p.p. 5~12, 2003
5. ASHRAE, 2001 ASERAE Fundamentals Handbook, ASHRAE, USA, 2001