

공동주택 자연침기현상 측정연구

정 형 호, 송 준 원*, 홍 구 표**†, 박 철 용**, 김 진 업***, 양 경 모****, 이 복 만*****

현대산업개발(주)기술연구소, *현대건설(주)기술연구소, **쌍용건설(주)기술연구소
백산건설(주)기술연구소, *풍림산업(주)기술연구소, *****한신공영(주)기술연구소

A Study of Natural Infiltration Phenomenon in Apartment Buildings

Chung Hyung Ho, Song Jun Won* Goo-Pyo Hong**, Cheol Yong Park**,
Kim Jin Up***, Yang Kyung Mo****, Lee Bok Man*****

ABSTRACT: An infiltration was realized as an important part of ventilation to change fresh air with contaminated air in a house. In this study, it was measured the infiltration in new apartment buildings according to Seasons, height etc. We measured the infiltration by using tracer gas method and did for 24hours. To quantify the infiltration, Sulfur Hexafluoride(SF₆) gas was used. The Constant Concentration was conducted during experimental process and the concentration of the gas was measured with a gas monitor.

In the results of the measurement, the infiltration were appeared over 0.6 ACH in winter and about 0.2 ACH in summer and autumn. Also the infiltration were measured more highly at high and low stories than middle stories in winter.

Key words: Infiltration (침기), Ventilation(환기), Tacer Gas Method(추적가스법),
Constant Concentration(일정농도법), ACH(환기회수, 회/h)

1. 서론

최근 들어 국내에도 실내공기질(IAQ)에 대한 국민들의 관심과 인식이 높아짐에 따라, 그동안 자연환기에 의존하던 주택 환기부문에 일정환기량을 확보하도록 법제화가 이루어졌다. 이에 따라 공동주택에서도 일정한 환기량 확보가 가능한 환기설비도입이 요구되어지고 있다. 2005년 1월 건축법 21조에서 환기설비설치를 의무화 시켰고 2006년 사업승인이 되는 공동주택에 적용될 것으로 예상되고 있다. 따라서 건설사들은 아파트의 입지, 층수, 평형 등의 제반 사항들을 고려하여, 환기설비 설치기준을 적용하려 하나 국내에 공동주택에 관한 환기 설비에 대한 체계적인 연구가 선행되지 못한 상태여서 어려움을 겪고

있는 실정이다.

공동주택에서 필요한 환기의 일부를 담당하고 있는 침기는 냉,난방 부하요소에도 영향을 미친다. 공동주택의 환기설비를 설치하기에 앞서 실내환기에 기여 역할을 하는 침기량 측정에 관해 알아볼 필요가 있다.

본 연구에서는 하절기, 중간기, 동절기에 신축되어 입주하는 주택을 대상으로 침기를 계절별, 높이별, 평형별, 각 실별 변화를 측정하였다. 측정 방법으로는 추적가스법을 이용하여 24시간이상 침기량 변화를 살펴보았다.

이를 통해 최근 신축된 공동주택의 침기량을 분석하여 공동주택의 침기량을 예측하고, 환기설비를 설치하는데 있어서 기초 데이터를 제시하고자 한다.

†Corresponding author

Tel.: +82-2-3433-7722; fax: +82-2-3433-7739

E-mail address: gphong@ssyenc.com

2. 침기에 관련된 이론 고찰

2.1 침기

침기(Infiltration)란, 자연환기의 일종으로 바람이 개구부 이외에도 구조체의 틈새로 의도하지 않은 외기가 실내로 유입되는 현상이다. 이러한 침기의 발생원인으로는 실내·외의 온도차에 의한 공기의 밀도차가 원동력이 되는 중력환기(Gravitational Ventilation)와 건물의 외벽면에 가해지는 풍압이 원동력이 되는 풍력환기(Wind-forced Ventilation)로 나눌 수 있다.

2.2 침기량 측정방법

침기량을 측정하는 방법에는 송풍기 가압방법인 압력차법과 추적가스를 이용하는 방법이 있다. 압력차법은 실내에 블로어도어(Blower door)를 통하여 송풍기로 가압한 상태에서 주입되는 풍량을 측정한다. 틈새 간극을 통한 외기 침투율을 측정하기 위한 것으로서 건물의 기밀성능을 측정하는데 주로 사용된다. 추적가스를 이용한 환기량 측정방법은 건물외피에 영향을 주지 않으면서 외기와외의 공기교환량을 비교적 손쉽게 측정할 수 있다.

본 연구에서 사용되는 방법은 추적가스를 이용한 추적가스법이다. 추적가스법에는 주입방법과 샘플방법에 따라 농도감쇠법(Decay or Step Down), 정량주입법(Constant Injection), 일정농도법(Constant Concentration)이 있다.

농도감쇠법은 가장 간단하고 널리 사용되고 있는 방법으로 초기에 일정량의 추적가스를 주입하여 실내공기를 혼합한 후 초기농도와 말기농도를 측정하여 지수식으로부터 환기량을 구하는 방법이다. 일정시간의 구간에서만 농도측정이 가능하며 연속적인 시간의 흐름에 대해서 환기량을 구하기는 어려운 점이 있다. 일정농도법은 실내에 일정한 농도를 유지하기 위해 필요한 추적가스의 주입율을 측정하는 방법이다. 이 방법은 시간에 따라서 변화하는 환기량을 측정할 수 있으며 각 실마다 개별 제어가 가능하여 멀티지역을 측정할 수 있는 장점이 있다. 정량주입법은 일정량의 추적가스를 실내에 방출하면서 실내의 농도변화를 측정하는 방법이다. 이 방법은 기계적 환기시스템과 같은 높은 환기량을 측정할 때 매우 유용한 방법이다.

3. 침기량 측정

3.1 측정개요

본 연구는 2005년 7월부터 2006년 1월까지 계절별 침기현황을 알아보기 위하여 하절기, 중간기, 동절기에 측정을 수행하였으며, 각 절기별 측정대상 세대수가 18세대씩 총 54세대를 측정하였다. 공동주택에서 가장 많은 분포를 보이는 30평형대의 현장을 위주로 측정하였고 평형별 측정세대수를 살펴보면 30평형이 39세대, 20평형이 6세대, 40평형대가 9세대를 측정하였다. 공동주택 상층, 중간층, 하층의 3개 세대를 동시에 측정하여 외부의 기상조건이 동일한 상태에서 상호 비교할 수 있게 진행하였다.

3.2 측정기기 및 방법

3.2.1 측정기기

추적가스를 이용한 장치는 추적가스의 분배장치, 샘플링 장치, 측정장치 및 제어장치로 구성된다.

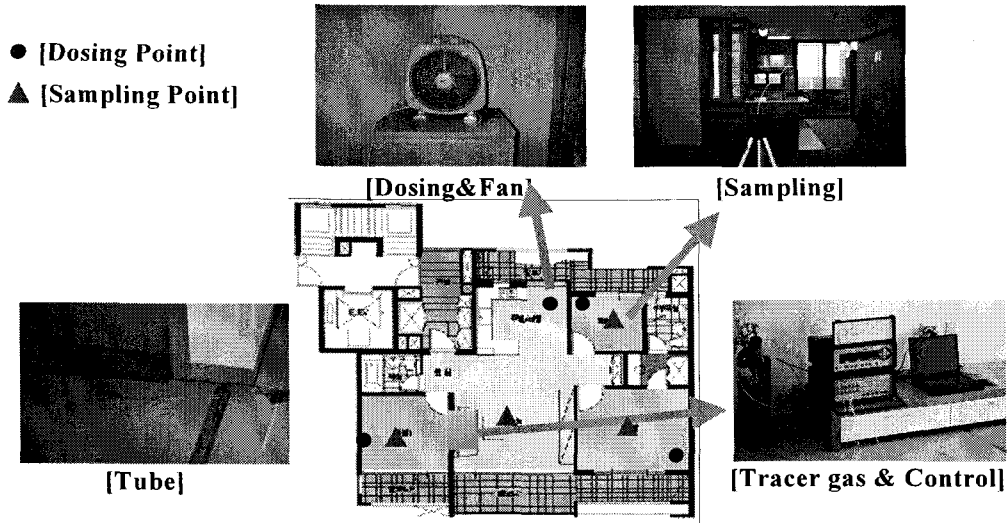
추적가스 및 분배장치는 헬륨, 수소, 메탄, 이산화탄소, 일산화탄소, 질소산화물 그리고 방사선 물질등이 추적가스로 이용되고 있다. 최근 가장 광범위하게 사용되고 있는 추적가스는 SF₆가스, 할로젠 냉매, 그리고 과불화탄소등이다. 이러한 가스들은 음전기적 추적가스로서 전자포획에 의해 측정된다. 분배장치는 가스용기로부터 제어된 양의 추적가스를 건물내의 적합한 위치에 방출시키고 적절하게 분배하기 위한 장치이다. 레귤레이터와 유량계를 통해 일정한 압력이 공급될 수 있다. 본 연구에서는 공기중에 잘 혼합되는 SF₆를 추적가스로 선정하였다.

각 실 중앙점에 위치한 측정점들은 가스모니터를 통해 샘플링 되어 분석하고 외부로 버려진다.

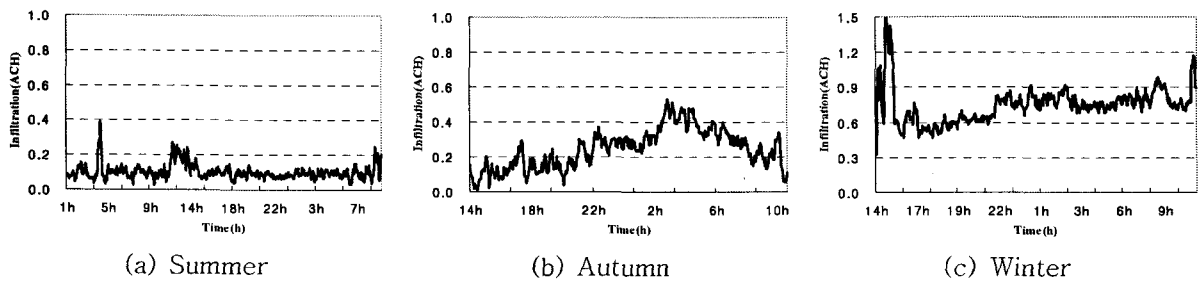
측정 및 제어장치는 가스모니터를 통해 발생하는 농도와 측정되어지는 농도에 의해 환기량을 계산하며 제어한다

3.2.2 측정방법

Fig. 1과 같이 각 실에 발생점과 측정점을 설치한다. 발생점은 각 실에서 확산이 잘 일어날 부분에 설치하여 fan을 통해 추적가스가 잘 분포되게 하며 측정점은 각 실의 중앙점에 위치하여



[Fig. 1] Experimental Apparatus of Measuring Infiltration



[Fig. 2] Infiltration Results of Livg Room according to Seasons

측정한다.

각 현장들은 일정농도법을 통해 24시간의 침기량의 변화를 살펴보았다. 각 실 안에 일정한 농도가 유지되도록 발생점에서 농도가 발생하면 이를 각 실의 중앙점에 위치한 샘플링 장치에서 측정하게 된다. 각 실은 5ppm을 유지하도록 농도를 설정하였다. 침기가 많이 일어나면 일정한 농도를 유지하기 위해 많은 양의 추적가스가 발생될 것이며 침기가 일어나지 않는다면 실의 농도가 일정함으로 추적가스가 발생되지 않을 것이다. 측정되는 양과 발생량의 비례제어를 통해 환기량을 산정하게 되며, 각 실의 부피를 통해 환기회수를 계산하게 된다.

대상건물의 상,중,하층을 선택하여 3대의 장비로 동시에 측정하였으며, 건물별로 최상층이 각기 달라서 대상건물의 하층은 2층 또는 3층을 선택하고, 중간층은 건물의 중간높이에 있는 층을 선택하였으며 상층은 최상층에서 1~2개 아래층을 선택하여 실험하였다.

측정시 각 실의 방문은 닫고 각 실별로 침기량

을 측정하였으며, 발코니 외부재시는 없는 상태에서 측정하였다. 외부재시가 설치된 현장은 열고 측정하여 동일한 조건을 유지하였다.

4. 침기량 측정 결과

Fig. 2는 각 계절별 거실의 침기분포를 나타낸 것이다. 하절기에는 약 0.1~0.2회/h의 분포에서 평균 0.15회/h 침기량을 나타내고 있다. 중간기에는 약 0.05~0.5회/h정도의 분포를 나타내며 평균 0.25회/h정도임을 알 수 있다. 높은 분포를 나타내는 동절기에는 0.5~1.2회/h정도이며 평균 0.75회/h를 나타내고 있다. 시간에 따라 침기량이 변화하는 것을 알 수 있고 외부 기상요소에 의해 침기량이 변화하는 것으로 판단된다.

각 절기별 전체 침기량 측정결과를 Table 1에 나타내었다. 먼저 계절별로 구분하여 A건설사 현장부터 K건설사까지 전국에 있는 지역을 방문하여 측정하였으며 실험일자와 준공일자를 기록하였다. 이는 측정현장의 시공현황 상태를 알 수

Table 1. Result of Infiltration

Season	Site	Date of Measurement	Date of Completion	Size (Pyeong)	Infiltration(회/h)			
					High	Middle	Low	Average
Summer	A (Inchon)	05.07.27~29	05.07.15	33	0.09	0.14	0.14	0.13
	B (KimHae)	05.08.10~11	05.07.22	32	0.15	0.23	0.18	0.19
	C (Seoul)	05.08.17~18	05.08.15	33	0.23	0.12	0.14	0.16
	D (YangJu)	05.08.23~26	05.07.22	24	0.23	0.12	0.26	0.20
				32	0.33	0.34	0.26	0.31
44	0.25	0.19	0.20	0.21				
Autumn	E (Ilsan)	05.09.26~28	05.09.23	33	0.11	0.18	0.18	0.16
				46	0.16	0.16	Error	0.16
	F (SanBon)	05.09.28~30	05.09.30	34	0.17	0.20	Error	0.18
				45	0.29	0.16	0.35	0.27
	G (NamYangJu)	05.10.12~14	05.10.31	34	0.17	0.24	0.31	0.24
34				0.13	0.19	0.21	0.17	
Winter	H (Daeku)	05.11.28~30	05.12.12	24	Error	0.53	0.71	0.62
				32	0.88	0.39	1.28	0.85
	I (Ansan)	05.12.07~09	06.06	32	0.74	0.50	0.70	0.65
	J (Seoul)	05.12.28~30	05.12.12	32	Error	0.83	0.88	0.86
	K (Seoul)	06.01.03~06	05.12.20	36	0.24	0.32	0.48	0.35
36				0.39	0.34	0.47	0.39	

있으며, 측정시점이 대부분 준공후나 직전에 침기량을 측정하여 실제 입주상태와 동일한 상태로 측정하였다. 한 현장에 대해 평형별로 3개의 세대인 상, 중, 하층을 측정하였으며 각 세대마다 각 실을 측정하여 세대의 평균 침기량을 나타낸 것이다.

4.1 계절별 침기현황

Fig. 3은 하절기, 중간기, 동절기에 측정한 현장의 침기량을 나타내었다. 하절기에 A현장의 3개세대의 평균 침기량은 0.13회/h이며, 각 현장의 평균 침기량을 나타내었다. 하절기와 중간기는 침기량이 약 0.2회/h 정도로서 비슷한 침기량의 분포를 나타내고 있다. 동절기는 평균 0.6회/h 이상의 분포를 보이고 있다. Table 1에서 동절기에 K현장은 침기량이 약 0.4회/h 정도로 낮게 분포

되었으며 이는 기밀성이 높게 시공된 것으로 판단된다. 대체로 침기량이 동절기에 높은 분포를 보이는 원인으로 실내·외 온도차가 크고 풍압차인 것으로 여겨지나 이는 추후 정밀하게 연구해야 할 것으로 판단된다.

4.2 높이별 침기현황

대상현장에서 동시에 상층, 중간층, 하층세대를 24시간 이상 측정하여 높이에 따른 침기현황을 살펴보았다. 하절기와 중간기는 침기량이 작아서 높이별로 비교가 어려우나 동절기의 H사를 살펴보면 상층과 하층이 침기량이 많고 중간층이 상대적으로 침기량이 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. Table 1에서 겨울철에 높이별 데이터를 살펴봐도 중간층이 전체적으로 낮게 분포하는 것을 알 수 있다.

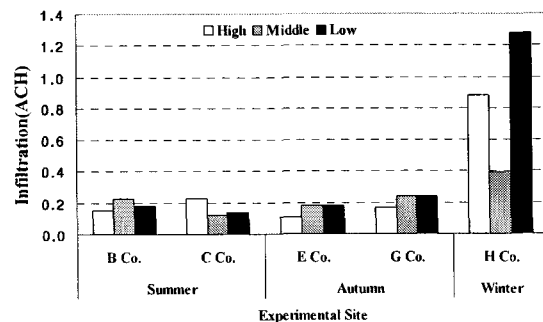
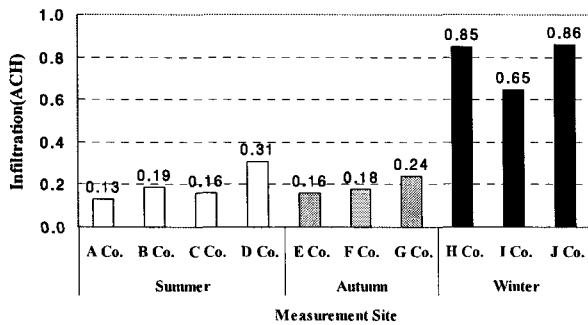


Fig. 3 Infiltration Results According to Seasons Fig. 4 Infiltration Results According to Elevation

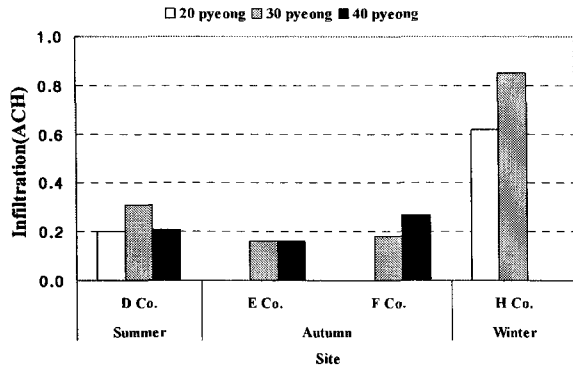


Fig. 5 Infiltration Results According to Size

4.3 평형별 침기현황

대상세대에서 주로 측정된 평수는 30평형대이며 20평형 6세대와 40평형 9세대를 각 실별로 측정하여 대상세대에 대한 침기량을 Fig. 5에 나타내었다.

하절기에 측정된 D사는 24평 3개세대, 32평 3개세대, 44평 3개세대를 측정하여 비교한 결과 20평형대 보다 30평형이 침기량이 많게 나타났고, 40평형대는 다시 작아지는 것을 볼 수 있다.

중간기에 측정된 E사와 F사는 30평형대와 40평형대를 측정하였다. E사의 경우 30평형대와 40평형대의 침기량이 0.16회/h로 낮게 나타났고, F사의 경우 30평형보다 40평형대가 0.1회/h정도 높게 나타났다.

동절기를 살펴보면 20평형대 보다는 30평형대가 침기회수가 높게 나타났다.

평형이 커질수록 침기량이 0.1회/h정도 높거나 비슷한 분포를 나타냈다. 이는 틈새길이는 커지지만 체적도 커지므로 침기량은 비슷한 분포를 나타내는 것으로 판단된다.

4.4 각 실별 침기현황

측정대상 현장 중 30평형대의 현장을 각 실별로 침기현황을 측정된 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 각 사에서 측정된 대상세대의 전체 침기량에서 살펴볼때, 거실이 높게 분포하며 침실이 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 거실이 침실에 비해 체적이 크고 앞 뒤로 개구부가 크게 있으므로 기류의 이동이 조금 더 원활하다고 판단된다. 동절기인 H현장에서 침실이 침기량이 높게 났으며 이는 난방부하가 크게 작용하고 있으므로 단열재를 추가하는 등의 작업을 통해 난방

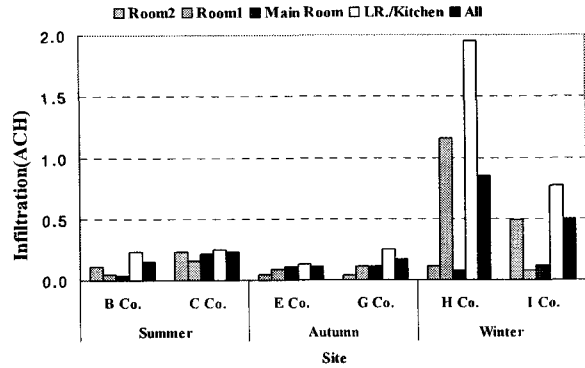


Fig. 6 Infiltration Results According to Each Room

부하를 줄일 수 있다고 판단된다.

4.5 실내 방문의 개·폐여부

지금까지 측정방법은 일정농도법으로 각 실의 방문을 닫고 측정하여 각 실의 침기량을 살펴보고 대상세대의 침기량을 구하였다. 각 실에 방문의 개·폐 여부에 따라 침기량을 살펴보았다.

중간기와 동절기에 비교세대 2세대씩을 선정하여 중간기에는 첫째날에 방문을 닫고 측정하고, 둘째날에는 방문을 열고 측정하였다. 동절기에 303호는 방문을 닫았다가 열고 측정하였고 305호는 열어놓고 측정하였다.

중간기에는 작은 침기량의 변화이므로 명확하게 판단할 수 없으나 동절기에는 방문을 열고 측정된 세대가 침기량이 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 305는 첫째날과 둘째날의 변화량이 거의 없고 303호는 0.15회/h정도 문을 열고 측정된 세대가 높게 나타났다. 이는 전체 방문을 열어둠으로써 작은 침기량이지만 기류의 흐름이 더 원활이 잘 흐른다고 판단된다.

4.6 발코니 확장여부

발코니 구조변경이 합법화 되어 거실부분에 발코니 공간을 확장한 세대를 측정하였고, 외부 새시가 설치되어 닫혀진 세대와 비교하였다.

발코니 확장세대는 전체 15층 아파트 중에서 상층인 14층에 위치하였고, 발코니를 확장하지 않은 세대는 동일한 주동에 하층인 2층에 위치하였으며, 외부새시는 상층과 하층세대 모두 닫고 측정하였다. 동절기에 상층과 하층이 비슷한 침기량을 나타내고 있으므로 상층과 하층을 비교하게 되었다.

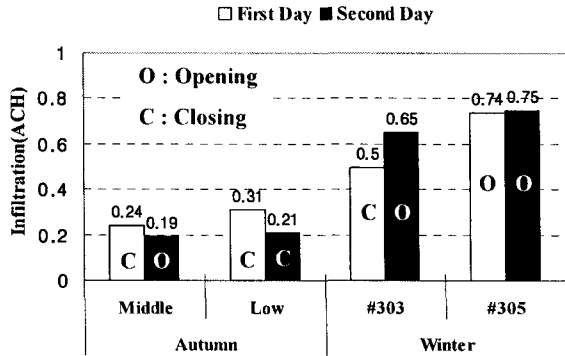


Fig. 7 Infiltration Results According to Closing or Opening Door

발코니를 확장한 1403호보다 203호가 침기량이 높은 분포를 보이고 있음을 알 수 있다. 지금 발코니 확장세대가 생기고 있기 때문에 추후 여러 세대를 측정하여 확장하지 않은 세대와의 침기량 분포를 판단해야 할 것으로 생각된다.

5. 결론

공동주택의 침기량 측정에 관한 연구는 하절기, 중간기, 동절기 각각 18세대씩 54세대를 대상으로 실험하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 침기량 측정방법에는 송풍기를 이용하여 가압 또는 감압하는 압력차법과 추적가스를 이용하는 추적가스법이 있다. 본 연구는 SF₆가스를 추적가스로 이용하여 일정농도법으로 측정하였다.

2) 계절별 침기량을 살펴보면 하절기와 중간기는 세대 평균 침기량이 약 0.2회/h 정도로 비슷한 분포를 나타내고, 동절기에는 0.6회/h 이상임을 알 수 있다.

3) 높이별 침기량을 살펴보면 동절기에는 상층과 하층이 중간층보다 침기량이 높게 나타나고 있고, 하절기와 중간기는 침기량이 작아서 상, 중, 하층이 비슷한 수준으로 나타났다.

4) 평형별 침기량을 살펴보면 평형이 커져도 침기량은 비슷한 분포를 나타내거나 0.1회/h 정도 커짐을 알 수 있다.

5) 각 실별로 침기량을 살펴보면 측정대상세대의 평균 침기량보다 거실이 높게, 침실이 낮게 분포되어있다.

6) 그 외에 방문의 개·폐여부와 발코니 확장세대에 대해서도 침기량을 측정하였다.

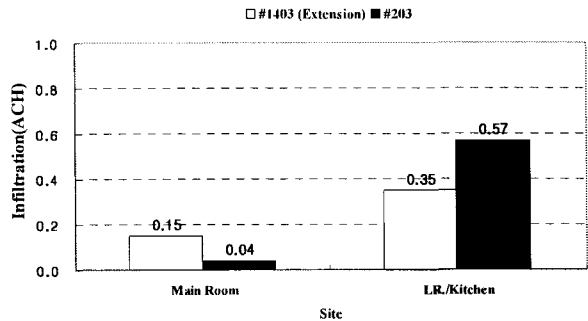


Fig. 8 Infiltration Results According to Extension Balcony

침기 현상은 외부기상조건에 많은 영향을 받으나 각 요소별로 상관성을 밝히기는 어려우며 복합적인 차원에서 추후 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한 침기는 계절별, 높이별, 실별에 따라 다르게 나타나며 재실자가 의도하지 않은 환기이므로 공동주택에 적용하고, 조절할 수 있는 기계 환기설비에 대해 검토하는 것이 필요하다. 아울러 실내자재의 오염물질 방출량을 저감한다는 측면보다는 재실자의 건강을 고려한다는 측면에서 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 18개 건설업체와 한국건설경영협회의 주관으로 신축공동주택 실내공기질 개선방안이라는 공동연구의 일환으로 수행되었으며, 이에 대해 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- ASHRAE Fundamental, 2001. 「Tracer gas measurements」, Chapter 26.26
- H.T.Han, 1999 「Applications of tracer gas method for ventilation experiments」, Proceeding of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering., Vol.28 No.6, pp452-462
- T.K.Ahn, 2005, 「A Study on the calculation of minimum required air change per hour for apartment house」 Korean Journal of AIK Vol 21, No.12