

초고층 공동주택의 하이브리드 환기시스템의 성능평가에 관한 연구

김 옥[†] 박창봉* 박진철** 김남규*** 이언구****
중앙대학교 대학원[†], (주)태영건설*, 중앙대학교 건축학부**
동원대학 소방안전관리과***, 중앙대학교 건축학부****

A study on the Performance of Hybrid ventilation system in High-rise Apartment Houses

Ok Kim[†], Park, Chang-Bong*, Jin Chul Park**, Nam-Gyu Kim***, Eon Ku Rhee****

[†] Graduate School Chung-Ang University, Seoul, KoreaD

*Taeyoung Corp, Seoul, Korea,

**Department of Architecture, Chung-Ang University, Seoul, Korea

***Department of Fire Safety Management, Tongwon College, Keongkido, Korea,

**** Department of Architecture, Chung-Ang University, Seoul, Korea

ABSTRACT : As the economic living standards are higher, the demands for more comfortable living space are also larger. In the response of this requirements, studies for improving indoor air environment have been conducted. In case of newly-built apartment buildings, the standard for the minimum ventilation to improve their indoor air quality was made.

This study analysed the experimental results from the mock-up test of the hybrid ventilation system which is composed of natural and mechanical ventilation.

Key Words: Super High-rise Apartment Houses(초고층공동주택), Hybrid Ventilation System(하이브리드 환기시스템)

1. 서론

최근 초고층 주거건물의 경우 건물은 구조적 특성상 개구부를 통한 자연환기를 기대하기 힘들고 특히, 채실자의 건강과 관련하여 실내공기의 질이 그 어느때보다도 강조되고 있는 상황이다. 따라서, 거주자의 건강을 보호하고 건물내 실내공기환경을 향상시키기 위해 초고층건물에 적합한 환기방식이 요구되고 있는 상황이다.

초고층 공동주택에서 이용가능한 환기방식은 급·배기방식의 조합에 따라 자연환기, 기계환기, 하이브리드 환기방식 이 세가지로 구분될 수 있다.

먼저 자연환기(Passive ventilation)는 급·배기가 압력과 온도 차에 의해 이루어지는 방식으로 별도의 동력이 필요치 않아 유지관리비가 저렴하다는 장점을 가지고 있으나, 외풍압, 온도차 등, 주위의 환경적인 요인에 따라서 일정한 환기량이 유입되지 못한다는 문제점을 가지고 있다.

또한, 기계 환기(Active ventilation)는 가장 많이 이용하는 방법으로 실내의 환기량을 일정하고, 확실하게 유지 관리할 수 있다는 장점을 가지고 있지만 초기투자비와 사후 관리비 부담이 크다는 단점을 갖고 있다.

[†] Corresponding author
Tel.:+ 82-2-827-0183:fax:+ 82-2-812-4150
E-mail address: okok8080@hotmail.com

한편, 하이브리드 환기(Hybrid ventilation)는 기계환기와 자연환기가 적절히 통합된 환기방식으로 특히, 실내공기질 유지를 위한 신선외기도입, 실내 온열쾌적성 제어 그리고 이를 유지하는 에너지소비의 최소화를 목적으로 하는 방식이다.

따라서 본 연구에서는 이와같이 자연환기와 기계환기의 각각의 장점을 선택적으로 이용하는 하이브리드 환기방식 중 자연급기 + 보조팬 방식을 이용한 창문일체형 하이브리드 시스템을 대상으로 mock-up 실험을 통하여 그 성능을 확인함으로써 환기설계의 자료를 제시하였다.

2. 하이브리드 환기 시스템

2.1 하이브리드 환기시스템의 개념

하이브리드(Hybrid)란 성질이 다른 두가지 사물을 혼성한다는 뜻으로 하이브리드 환기시스템(Hybrid ventilation)은 자연환기(Passive Ventilation)와 강제환기(Active Ventilation)를 병용하여 각 시스템의 장점을 선택적으로 이용하는 것을 목적으로 한다.

이러한 하이브리드 환기시스템의 특징으로는 실내 열쾌적과 실내 공기질을 적절하게 유지하면서 에너지소비를 최소화 할 수 있는 특징이 있으며 시스템이 간단하여 유지관리가 용이하고 시설비도 비교적 저렴하다는 특징이라 할 수 있다. 그러나 하이브리드 시스템의 적용 시 고려사항으로는 일정한 급기량을 확보해야하며 외기를 진량도입 시 실내와 적절한 풍량 및 풍속을 유지해야 한다는 점을 들 수 있다.

자연급기 + 보조 팬(Fan assisted natural)방식은 Fig 1과 같이 저압의 보조팬을 이용하기 때문에 소음이 저감되고 설치가 용이하다는 장점이 있지만, 환기시스템의 외부공간 노출로 거주자의 성향에 맞춰 디자인이 되어야 할 것이다.

현재 국내에 개발된 급기구의 형태는 Fig 2와 같이 벽면과 창문 일체형으로 크게 나뉘며, 벽면 자연환기구에 비해 창문 일체형 자연 환기구가 설치가 용이할 것으로 판단되어진다.

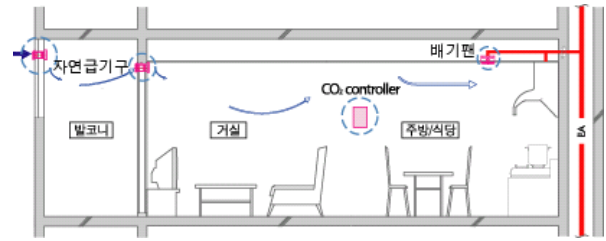


Fig 1. 자연환기 + 보조 팬(Fan assisted natural)방식 개념도

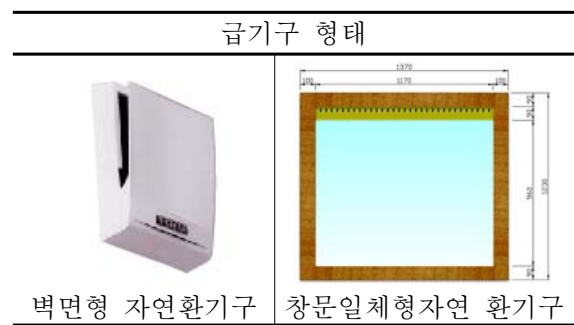


Fig 2. 벽면 자연환기시스템

2.2 하이브리드 환기시스템의 제어모드

하이브리드 환기시스템의 제어모드는 크게 분리모드와 동시모드로 구분할 수 있다.

1) 분리모드 : 자연환기와 기계환기가 동시에 운영되지 않는 모드로서 작업역과 주변역을 존을 구분하여 제어하는 방식이다. 즉, 환기요구량이 많은 작업역은 기계환기를 통하여 상시 신선외기를 공급하고, 환기요구량이 적은 주변역은 자연환기로 제어하는 방식이다.

2) 동시모드 : 자연환기와 기계환기가 동시에 운영되도록 하는 모드로서 자연환기로 적정환기가 이루어지지 않을 경우 기계환기팬을 보조적으로 설치하여 제어하는 방식이다. 특히, 동시제어모드는 연돌 효과와 연계하여 사용할 수 있다.

3. 하이브리드 환기(자연급기+보조팬)방식의 Mock-Up 실험

3.1 Mock-up 실험실 개요

자연급기 + 보조팬 방식의 하이브리드 환기실험을 위해 이용된 Mock-up 실험실은 C대학 공대 건물에 위치한 것으로 실험실의 개요 및 크기는 다음과 같다.

- 위치 : C 대학 건축관 2층
- 실 면 적 : $3.8 \times 6.15 = 23.4\text{m}^2$
- 적용 시스템
 - 실 2 : 자연급기구 + 보조팬이 결합된 환기시스템

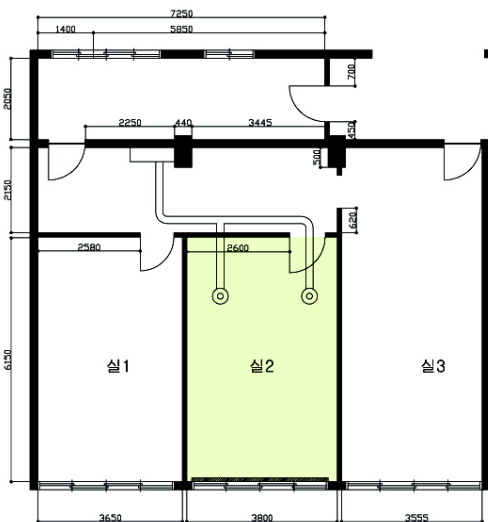


Fig 4. Mock-up 실험실

Fig 3과 같이 Mock-up 실험실에 창문 일체형 자연급기구를 설치하고 공동주택의 기준 환기횟수인 0.7회/h를 만족시키기 위해 배기팬(260CMH)을 설치한 하이브리드환기시스템이다. 그 세부적 내용은 다음과 같다.

- 자연급기(Fig. 4(a) 참조)
 - 창크기: 거실 및 각 침실 외부로 면한 고정창 또는 내부미서기창(1,230×2,754mm)
 - 급기구: 크기: 22mm×10mm(60개)
 - * 자동온도 감지센서 부착
 - (온도범위 -2°C~+20°C, -2°C에는 완전 CLOSE 상태이며 기온이 상승됨에 따라 조금씩

열려 +20°C에는 최대로 열리게 됨)

- 강제배기(Fig.4(b), (c) 참조)
 - 배기팬 성능 : 최대 풍량 260CMH
 - * 배기구의 댐퍼를 통해 조절하여 0,7회/h 즉, 42.4 CMH의 환기량을 유지
 - 천정덕트를 통하여 자연환기와 기계환기가 동시에 운영되는 방식
- Mock-up 실험실에 설치된 자연급기구 및 배기팬의 설치모습은 Fig 4와 같다.



(a) 자연 급기구



(b) 배기구



(c) 배기팬

Fig 5. 자연급기구 및 배기구, 배기팬의 설치 모습

3.2 하이브리드 환기(자연급기 + 보조팬 방식)의 성능 실험

본 실험은 자연급기 + 보조팬 방식의 하이브리드 환기 시스템의 환기성능을 파악하여 초고층 공동주택에 적용 가능성 유무를 파악하고자 한 것으로 Mock-up 실험실의 하이브리드 환기시스템 개념도는 Fig 5와 같다.

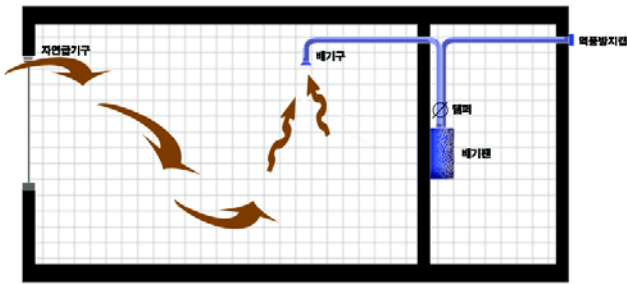


Fig 6. 하이브리드환기시스템 개념도

하이브리드(자연급기+보조팬배기) 환기시스템의 성능실험은 실면적23.4 m² (체적 60.8 m³)의 밀폐된 공동주택의 채실자를 실내에서 발생하는 오염물질로 간주하여 CO₂ 가스 발생기를 설치하고 환기량에 따른 오염농도변화량을 측정하였다. 이때, CO₂ 발생량¹⁾은 작업정도에 따라 다음과 같다(Table 1 참조).

Table 2. 작업정도별 CO₂ 발생량

작업정도	CO ₂ 발생량(m ³ /인h)
안정시	0.0132
극경작업	0.0132 ~ 0.0242(0.0187)
경작업	0.0242 ~ 0.0352
보통작업	0.0352 ~ 0.0572
중작업	0.0572 ~ 0.0902

따라서 CO₂ 가스 발생량은 주택의 거실에서는 안정을 취하거나 극경작업 만을 수행하는 경우가 대부분이기 때문에 극경작업시 발생하는 CO₂ 가스량을 기준으로 평균값인 0.0187m³/인h로 설정하였다.

이 때, 환기시스템은 자연급기와 보조배기팬 방식의 하이브리드방식을 배기팬의 작동에 따른 CO₂ 가스농도의 변화량을 측정하였고 특히, 배기풍량은 공동주택의 환기기준 0.7회/h를 고려하여 Mock-up실 크기에 적정환기량인 42.7m³/h로 설정하였다(Table 2 참조).

Table 3. Mock up실 기준 환기 횟수(m³/h)

실 명	Mock-up 실
면 적(m ²)	23.4(체적 60.8)
급기풍량(0.7회/h 기준)	42.4

그러므로, 자연급기와 보조배기팬이 조합된 하이브리드방식에서 배기풍량을 0.7회/h기준인 42.4 m³/h로 설정한 후 실내오염원을 채실자가 극경작업시 발생하는 CO₂ 가스발생정도에 따른 실험을 실시하였다. 특히, 환기시스템 미작동(자연급기구 Close와 배기팬 미가동) 시와 작동 시 (자연급기구 Open 및 배기팬 가동) 채실자의 수의 변화에 따라 측정하였다. 이 때의 측정 위치 및 측정기기 설치 모습은 Fig 7, 8과 같다.

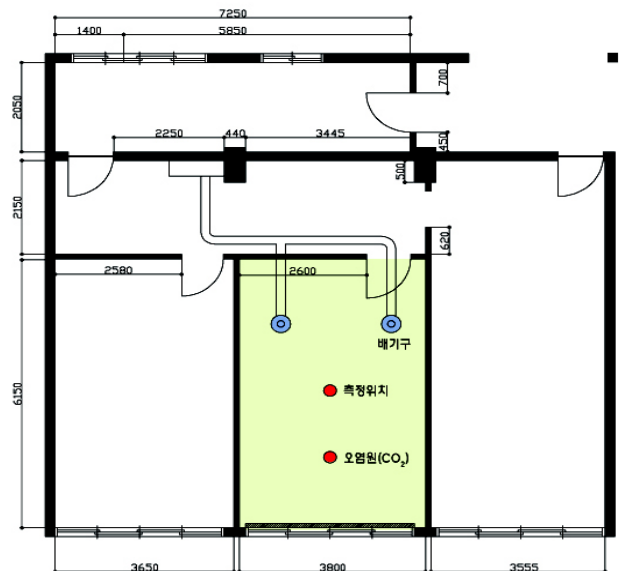


Fig 7. Mock-up 실험실의 오염원 및 측정 위치



Fig 8. Mock-up 실험실측정 장면

3.3 실험 결과

앞에서 언급한 하이브리드 환기시스템의 환기성능 실험을 환기시스템 미작동(자연급기구 Close와 배기팬 미가동) 시와 작동 시(자연급기구 Open 및 배기팬 가동)에 재실자의 수의 변화에 따른 측정결과는 다음과 같다.

(1) 재실인원 1인 시

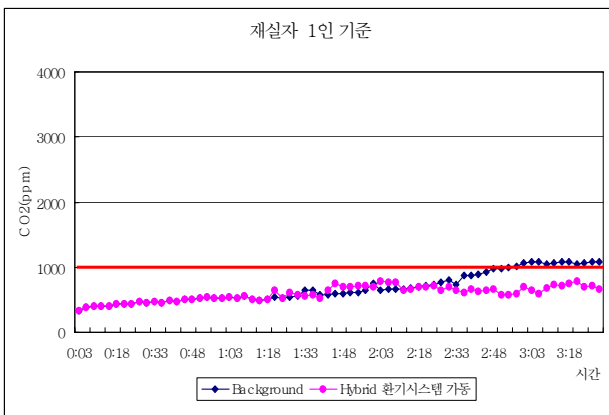


Fig 9. 재실자 1인 일때 CO₂ 농도변화

1인당 인체에서의 CO₂ 가스 발생량이 극경작업 기준으로 0.0187 m³/h (=0.31 l/min)인 경우, 하이브리드 환기시스템 미작동 시에는 약 3시간이 경과하면서부터 CO₂ 가스의 기준농도인 1000ppm을 초과하는 것으로 나타났다. 그러나, 하이브리드 환기시스템 작동 시(자연급기구 개방 및 배기팬 가동) 오염물질이 지속적으로 발생하여도 오염농도는 최대 790ppm으로 기준치에 훨씬 미치지 못하는 것으로 나타났다.

(2) 재실인원 2인 시

Fig 10은 오염물질 발생이 재실인원 수가 2인 일 경우이다. 즉, 하이브리드 환기시스템 미작동 시에는 약 1시간이 경과하면서부터 CO₂ 가스의 기준농도인 1000ppm을 초과하는 것으로 나타났다. 그러나, 하이브리드 환기시스템 작동 시(자연급기구 개방 및 배기팬 가동) 오염농도분포는 기준치를 지속적으로 만족하는 것으로 나타났다.

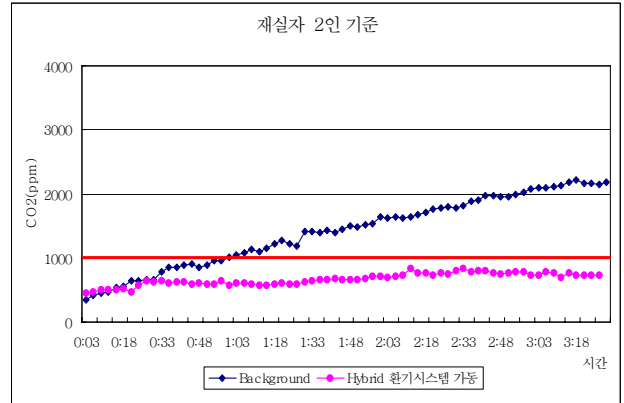


Fig 10. 재실자 2인 일때 CO₂ 농도변화

(3) 재실인원 3인 시

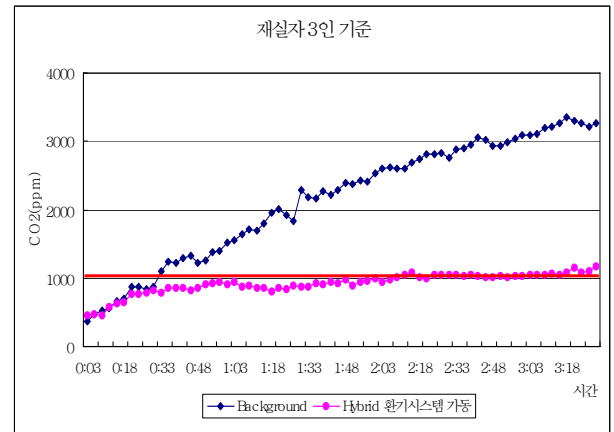


Fig 11. 재실자 3인 일때 CO₂ 농도변화

Fig 11은 오염물질 발생원인 재실인원 수가 3인일 경우, 하이브리드 환기시스템 미작동 시에는 30분이 경과하면서부터 CO₂ 가스의 기준농도인 1000ppm을 초과하는 것으로 나타났다.

한편, 하이브리드 환기시스템 작동 시(자연급기구 개방 및 배기팬 가동) 오염농도가 기준치 이내의 분포를 보였지만 앞의 오염물질발생이 1인과 2인인 경우와 달리 지속적으로 기준치 이내분포가 아니라 2시간 이후 기준치를 약간 초과하고 있었다. 이는 본 실험실의 바닥면적이 23.4m²인 경우 실험실의 적정 거주인원은 최소 1.5인(15m²/人)로 재실인원 3인은 용량을 초과하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구는 자연환기와 기계환기의 각각의 장점을 선택적으로 이용하는 하이브리드 환기방식 중 자연급기 + 보조팬 방식을 이용한 창문일체형 하이브리드 시스템을 대상으로 mock-up 실험을 실시한 것으로 그 결과는 다음과 같다.

자연급기 + 보조팬 방식의 하이브리드 환기시스템의 성능을 환기시스템 미작동(자연급기구 Close와 배기팬 미가동) 시와 작동 시 (자연급기구 Open 및 배기팬 가동)에 재실자의 수의 변화에 따른 측정결과는 다음과 같다.

즉, 먼저 환기팬 미작동시 오염물질 발생원인 재실인원 수가 1인일 경우, 약 3시간 경과후 CO₂ 가스의 기준농도인 1000ppm을 초과하는 것으로 나타났다. 또한, 재실인원수 2인 인 경우 약 1시간 경과 후 그리고 재실인원 3인인 경우 약 30분 경과 후 기준치를 초과하고 있었다.

그러나, 하이브리드 환기시스템 가동시에는 모두 기준치인 1000 ppm을 만족하고 있었다.

따라서 밀폐된 실내에서 오염물질 발생시 자연급기 + 보조팬 방식의 하이브리드 방식으로 0.7회/h 이상의 환기량을 지속적으로 유지할 수 있었고 특히, 오염농도가 모두 기준치 이내에 들고 있음을 확인할 수 있었다.

이와같은 자료는 추후 초고층 건물의 환기설계의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 “건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산C04-01)에 의한 것임”

참고문헌

1. 이진경, “기존공동주택의 공기환경 개선을 위한 환기시스템 적용에 관한 연구”, 중앙대 학위논문집, 2004
2. 김옥, 김남규, 박진철, 이언구, “초고층 주거용 건축물에 적용된 환기시스템에 관한 사례연구”, 대한 설비공학회 학술발표대회, 2006.06
3. 김건우, 김옥, 전성원, 박진철, “공동 주택에서 창문일체형 하이브리드 환기시스템의 성능평가에 관한 연구” 대한 설비공학회 학술발표대회, 2006.11