

대공간의 열환경을 고려한 거주역 공조 계획에 관한 연구

박종수*

*인하공업전문대학 건축과
e-mail:jspark@inhac.ac.kr

A Study on Air Conditioning Plan Considering Thermal Environment in Large Space

Jong-Soo Park*

*Department of Architecture, Inha Technical College

요 약

대공간 건물의 내부에서 재실자들은 주로 바닥부분의 거주역에서 생활을 하게 되나, 공조를 하는 경우에 더워진 공기는 자연대류 현상에 의해 대공간의 상층부로 이동하여 상층부와 하층부 간에 수직온도분포가 불균일해질 염려가 있다고 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 대공간 건물의 건축적 특성 및 열환경 요소와 공조설계 방침을 조사해본 결과, 거주역 공조가 열환경 및 에너지 측면에서 적절한 공조 방식 안임을 확인할 수 있었다. 또한 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 이용한 난방 사례연구를 통해 동일 대공간에서 거주역 공조안 적용 시가 비적용 시보다 거주역에서 약 5°C 높은 난방 효과를 나타내는 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

1. 서론

대공간 건물은 건축적으로 보면 바닥 면적에 비해 천장이 높으며, 사용 측면에서는 일반 사무소 건물처럼 규칙적이고 지속적이지 않다. 즉, 비정규적이고 간헐적으로 많은 인원을 한정된 시간 동안 집중적으로 수용하는 특징을 갖고 있다.

대공간의 내부에서 재실자들은 주로 바닥부분의 거주역에서 생활을 하게 되나, 냉·난방을 하는 경우에 더워진 공기는 자연대류 현상에 의해 대공간의 상층부로 이동하여 상층부와 하층부 간에 수직온도분포가 불균일해질 염려가 있어 대공간은 재실자를 위해 거주역을 대상으로 하는 냉·난방 공조시스템을 채택하여야 한다고 보고되고 있다.

본 연구는 [그림 1]에서와 같이 대공간 건물의 건축적 특성 및 열환경 요소와 공조 설계 방침을 조사

한 후, 거주역 공조를 실현해보는 난방 시 대공간 공조계획 사례연구를 수행한다.

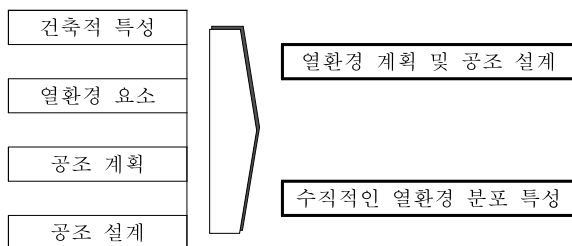
2. 대공간의 건축적 특성 및 열환경 요소

2.1 건축적 특성

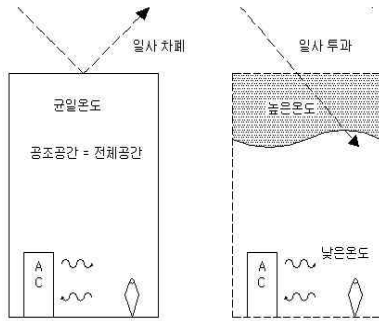
대공간이란 벽, 유리, 지붕으로 둘러싸인 건물 내의 큰 공간을 의미하며, 열적인 부력이 공기의 유동에 큰 영향을 미치거나, 거주역이 전체 용적에 비해 작거나, 레이레이 수(Rayleigh Number)가 클 때 대공간이라고 정의할 수 있다.

대공간이란 단지 단어의 의미대로 큰 용적을 갖는 공간을 칭하는 것이 아니라, 환경조절의 난이도라는 관점에서 이해되어야 한다. 환경조절의 어려움은 공간 규모 및 형상과 거주영역에 밀접히 관련되어 있으며, 대공간의 경우는 거주영역이 바닥 근처에 한정되어 있다. 또한 공간이 높아 일반 건물과는 달리 열환경의 분포차가 커지는 특징을 가지고 있다.

실내환경조절 측면에서 대규모 공간을 정의하는데 사용되는 주요한 몇 가지 요소는 ① 천장 높이, ② 실공간의 용적, ③ 실제 사용공간, ④ 외벽 면적비이다. 이러한 요소들에 의해 발생하는 문제점으로는 수직 방향의 열환경 편차, 하강되는 냉기류에 의



[그림 1] 대공간의 특성



[그림 2] 폐쇄공간과 유리공간의 비교

한 불쾌한 드래프트(draft), 구조체의 열용량과 단열 성능의 약화에 따른 냉·난방 부하의 증가, 공간 용적에 비해 실제 사용 체적의 제한 등이 있다.

2.2. 열환경 요소

대공간의 구조는 크게 폐쇄적인 공간과 개방적인 공간으로 분류할 수 있다. [그림 2]는 폐쇄적인 대공간과 유리를 사용한 대공간과 비교한 것으로 일사 유입 효과의 차이, 외부 열부하의 차이, 수직온도차의 차이를 알 수 있다.

[그림 3]은 대공간내의 열환경의 형성과정을 나타낸 것으로, 주로 일사열과 구조체의 물성치, 실내 발열, 투입 열량, 기류의 조건 등에 의해 이루어진다.

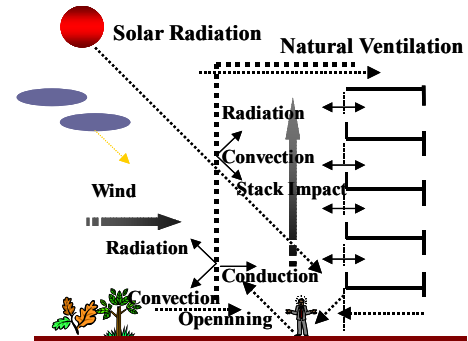
3. 대공간의 공조설계

대공간에서 공조설계의 기본방침은 국소방식이다. 즉, 공조의 주요대상은 바닥 근처 또는 2, 3층의 객석 부분에 대한 것이다. 냉방의 경우에는 건물의 기능에 따라 바닥 근처의 부분 냉방방식을 채택한다.

대공간에서는 냉기의 확산을 최소한으로 억제하는 계획이 가장 효과적이다. 냉기는 그 물리적 속성으로 인하여 자연적으로 바닥 근처에 쌓이게 된다. 그러므로 공급되는 냉기의 움직임을 예측하고 냉방이 필요한 부분에 공급될 수 있도록 유입·유출구 위치를 적절하게 선정하는 것이 중요하다. 부력(negative buoyancy)에 의한 냉기의 하강율은 예상외로 크다.

냉방이 필요한 구역은 통상 낮은 위치이므로 냉기를 대공간 바닥 부분에 느린 속도로 공급하는 것이 효과적이다. 이러한 경우 상층 부분은 높은 온도를 유지하게 되고 수직 방향으로 큰 온도차를 보이기는 하지만, 거주공간은 쾌적한 온도를 유지할 수 있으므로 바람직하다.

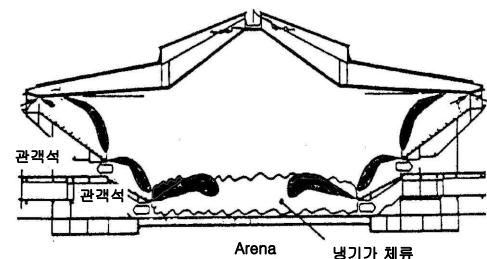
난방 공기는 냉방과 달리 열기가 부력에 의해 위로 올라가서 거주공간이 아닌 천장 밑 부분에 모이



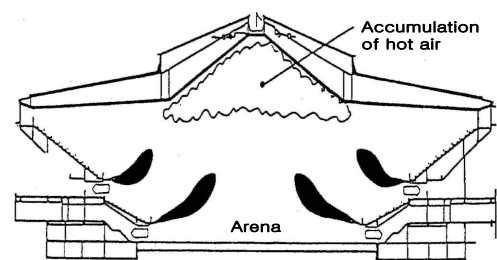
[그림 3] 대공간의 열환경 형성 과정

게 된다. 대공간에 가장 확실한 난방시스템은 바닥을 직접 난방하거나 의자 아래에 유입구를 두어 난방구역에 직접 난방 공기를 공급하는 것이다, 만약, 그렇지 못한 경우에는 수동으로 작동되는 팬시스템을 사용하는 것이 필요하다. 이러한 시스템은 더운 공기를 바닥 부근까지 이동시킬 수 있다.

[그림 4]와 [그림 5]는 냉방 및 난방 시의 공기 유동 상태를 나타낸 것이다.



[그림 4] 냉방 시 공기유동

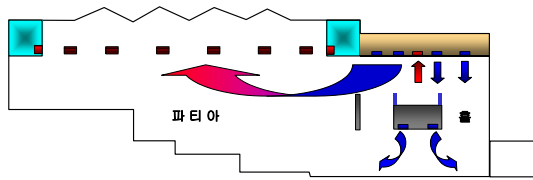


[그림 5] 난방 시 공기유동

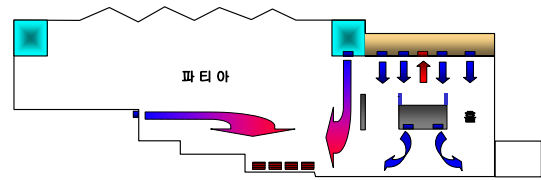
4. 사례연구

4.1 개요

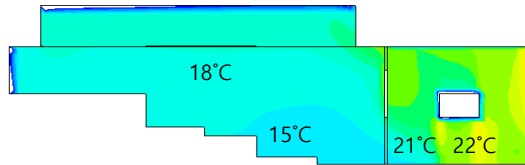
사례연구 대상 공간은 중앙홀과 파티오 공간은 천장이 높고, 면적이 넓은 대공간으로, 열적 부력이 실내의 기류 거동에 영향을 미쳐, 일반적인 공조방식을 적용할 경우 온도 및 기류 분포에 있어서 심각한 불균형을 초래할 수 있다. 따라서 난방 시 거주역



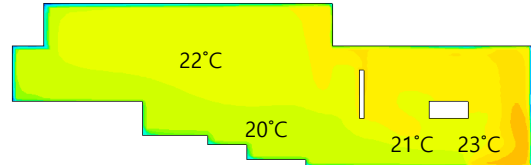
[그림 6] 비거주역 공조 개념도



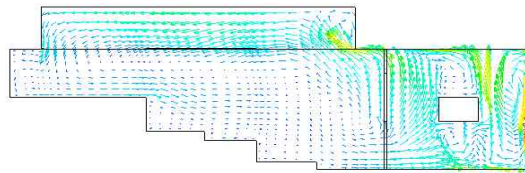
[그림 7] 거주역 공조 개념도



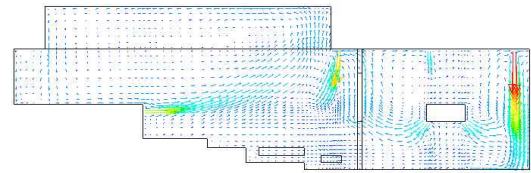
[그림 8] 온도분포(비거주역 난방: 중앙단면부)



[그림 9] 온도분포(거주역 난방: 중앙단면부)



[그림 10] 기류분포(비거주역 난방: 중앙단면부)



[그림 11] 기류분포(거주역 난방: 중앙단면부)

공조의 효율성을 검증하기 위해 [그림 6] 및 [그림 7]과 같이 비거주역 공조와 거주역 공조를 적용하는 2가지의 공조방식에 대해 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 이용하여 예측을 해 보았다.

해석을 위한 경계조건은 2가지 방식 모두 부하계산 결과에 근거하여 동일하게 실내 설정온도는 20°C, 급기온도는 28.3°C로 하였고, 벽면은 단위면적당 손실열량을 적용하였다. 급기풍량은 비거주역 공조안에서는 홀 상부에서 23,183CMH, 브릿지에서 10,602CMH, 거주역 공조안에서는 휴게공간 2,750CMH, 파티오 상부 2,808CMH, 홀 상부 14,875CMH, 브릿지 12,640CMH, 브릿지 상부는 936CMH로 풍량을 분배하여 급기를 유도하였다.

4.2 해석결과

비거주역 공조안은 급기구의 대부분이 홀에 위치함으로 [그림 8]에서와 같이 파티오 내부의 거주역 전반에서 15°C 안팎의 온도 분포를 보여 거주역에서 난방성능이 매우 불량한 것으로 나타났다. 홀 상부의 브릿지에서의 전망을 위한 홀과 파티오 사이의 벽 상단의 개방 면적으로 상당량의 열량이 [그림 10]에서와 같이 부력의 영향으로 빠져나감으로써 이러한 현상을 가중 시키는 것을 알 수 있었다.

이에 반해 거주역 공조안의 경우 [그림 9]에서와 같이 파티오 내부의 거주역이 20~21°C 사이의 온도

분포를 가지는 것으로 나타난 것은 거주역에서의 난방 효과가 양호하다는 것을 알 수 있다.

[그림 10]과 [그림 11]의 기류의 흐름은 이러한 현상을 증명해주는 것으로 판단할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 대공간 건물의 건축적 특성 및 열환경 요소와 공조 설계 방침을 조사해본 결과, 거주역 공조가 열환경 및 에너지 측면에서 적절한 공조방식임을 확인할 수 있었다. 또한 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 이용한 난방 사례연구를 통해 동일 대공간에서 거주역 공조안 적용 시가 비적용 시 보다 거주역에서 약 5°C 높은 난방 효과를 나타내는 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- [1] 박종수 손장열, "대공간 건축물의 열환경 예측에 관한 연구", 한국생활환경학회 논문집 제5권 제2호, pp.47~54, 12월, 1998년.
- [2] Heisellberg, P.K., Murakami, S., Roulet, C.A. "Ventilation of Large Spaces in Building, part3 Analysis and Prediction Techniques", Final Report of IEA-ECB&CS Annex 26, 1998년.
- [3] 中原信生, "大空間の空氣調和計劃", 空氣調和・衛生工學 第51卷第11號, 1976년.