

간이형 에어베리어 시스템 적용사례 분석

조진균[†], 신선준, 차지형, 성재호, 홍민호

(주)한일 엠이씨 부설 기술연구소

The Simplified Air Barrier System in the Perimeter Area of Building

Jin-kyun Cho[†], Seon-joon Shin, Ji-hyoung Cha, Jae-ho Sung, Min-ho Hong

R&D Institute, Hanil M.E.C, 15-1, Yangpyung-dong 3-ga, Yeongdeongpo-gu, Seoul 150-103, Korea

ABSTRACT: Because the perimeter of buildings is strongly influenced by solar and the outdoor air temperature, the area has different environmental properties compared to the interior of a building, as in summer heat gain, and in winter heat loss. In particular, if the external wall is glass, the characteristics of the glass material make it pervious to outside conditions, thereby making big changes to the thermal environment. By combining shading device and the efficient exhaust system, an energy saving can be achieved compared to no air barrier systems. The simplified air barrier system is developed with the idea that energy could be conserved by carefully and effectively blowing out the air caught between the glass surface and the roller blind. The way it is configured is therefore by making the roller blind's air-path, and by placing the air output ducts in the most optimum positions. This simplified air barrier system will give improvement in the thermal environment of the parameter area that is strongly affected by solar and the outdoor condition.

Key words: 간이형 에어베리어 시스템(Simplified Air-barrier System), 외주부(Perimeter Zone), 에너지절약(Energy-saving), 에너지, 전산유체 해석(Energy, CFD Simulation)

1. 서론

최근 건물이 초고층, 대형화됨에 따라 외피의 경량화가 요구되고 있으며 이로 인한 창면적비 증가 및 단열에 대한 성능 저하 등이 문제가 되고 있다. 건물의 외피는 건물의 에너지 관점에서 보면 외주부 부하발생의 주된 요인이 되며, 특히 일사 등의 영향으로 냉방부하의 상당부분을 차지하고 있다. 따라서 외주부에서 발생하는 부하의 효율적인 처리가 더욱 중요해지고 있다. 그리고 외피의 고기밀화는 실내공기환경 개선을 위한 환기방법에도 영향을 미쳐 기계적인 환기방법에 의존하게 되었다. 초고층 건물에서는 외피부하의

효율적 처리 및 실내 공기환경의 개선을 위해 수방식보다는 전공기방식을 채택하고 있으며 외주부의 공조방식으로는 천장취출방식이 일반적으로 적용되고 있는 실정이다. 그러나 이러한 천장취출방식은 외피부하를 효과적으로 처리하지 못하고 겨울철 콜드드래프트를 발생시키는 문제점이 있다. 이에 반해 외피부하를 처리하기 위해 적용하는 일반적인 FCU방식 등은 내부와 외주부간의 혼합손실이 발생하여 에너지 효율 저하를 가져올 수 있다.⁽¹⁾ 이의 개선방안으로 에어베리어 시스템 및 에어플로어윈도우가 제안된다. 그러나 이러한 시스템들은 공사비의 상승을 수반하여 그 효과에 비해 적용되는 사례가 극히 적은 현실이다. 본 연구에서는 부하제거 성능과 공사비를 고려한 간이형 에어베리어 시스템을 제안하였으며, 본 시스템을 실제 적용한 건물의 실내환경을 측정하고 이를 기준으로 온열환경과 에너지 저감효과를 분

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-6340-3025; fax: +82-2-6340-3039

E-mail address: jinkyun.cho@himec.co.kr

석함으로써 향후 대규모, 초고층 건물의 하이브리드 공조시스템 및 에너지 절감방안을 제시하는데 목적이 있다.

2. 대상건물 및 적용시스템 개요

2.1 적용건물의 개요

대상건물은 2007년 준공한 ○○건물로 대지의 서측에 10차선 도로를 접하고 있고 건물의 접근성을 고려하여 서향으로 계획되었다. 이로 인하여 설계초기단계에서부터 외주부의 서측일사에 대한 대응방안이 적극 검토되었다.

Table 1 General building description

Project	○○ Building	
Location	Jung-gu, Seoul, Korea	
Number of Floors	B7F / 21F	
Site Area	about 3,150m ²	
Built-up Area	about 73,000m ²	
Structure	RC+SS	
Completion	2007	

2.2 시스템 개요

공기조화, 환기시스템은 변풍량(VAV) 방식의 바닥급기시스템으로 계획되었고 서측에는 일사부하를 효과적으로 제거하기 위해 외주부 배기시스템을 반영한 간이형 에어베리어 시스템이 적용되었다.

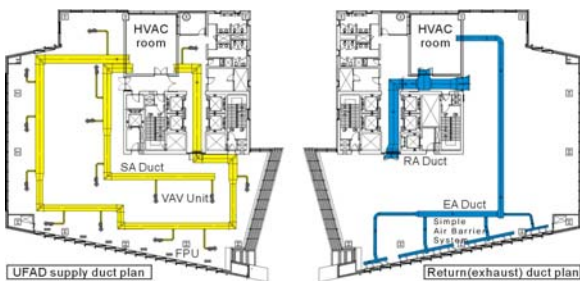


Fig. 1 Typical office plan / supply air duct(left) and exhaust, return air duct(right) path

간이형 에어베리어 시스템은 바닥급기 시스템과 전동블라인드를 접목시켜 공사비의 큰 증가 없이 외주부의 부하를 효과적으로 처리할 수 있

는 특징을 갖는다. 전동블라인드는 고정될 수 있는 고정가이드를 통해 이동을 하며 내부 차양기능과 에어플로어윈도우의 내창 역할을 하여 공기의 유도통로 기능을 한다. 또한 에어베리어 시스템의 유도팬(blast fan) 기능은 바닥급기 시스템의 FPU가 담당하고 외피와 전동블라인드 사이에 배기구를 설치하여 전형적인 push & full 에어베리어 시스템을 구현하였다.

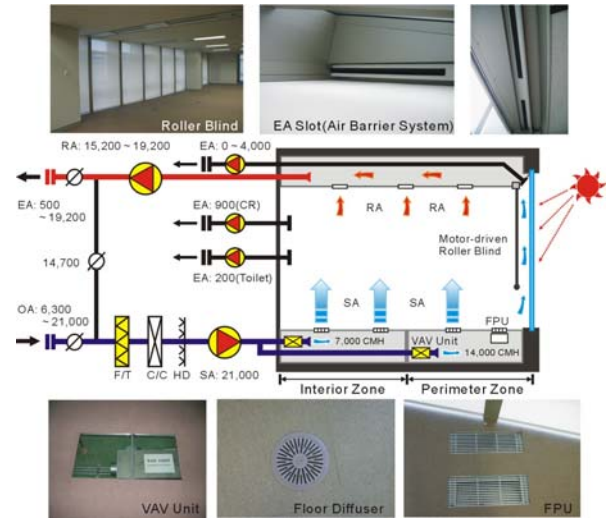


Fig. 2 Schematic diagram of simplified air barrier system with UFAD and system configuration

3. 실측에 의한 시스템 성능분석

3.1 실험개요

간이형 에어베리어 시스템의 성능을 평가하기 위해 대상건물 2개의 기준층(14,15F)을 중심으로 외주부 배기시스템작동 유무(on/off)에 따른 실험을 동시에 진행하였다.

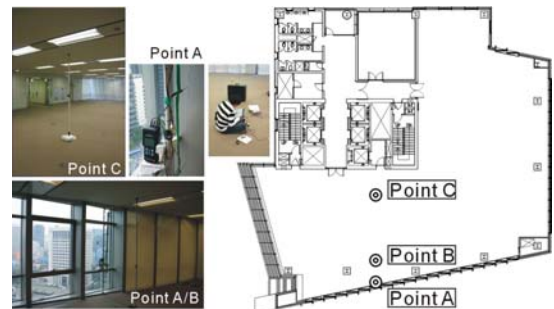


Fig. 3 Measurement points of indoor temperature

측정방법으로는 외피와 블라인드 사이(point A), 외주부존(point B), 내부존(point C)의 수직

온도분포를 측정하였다. 에어베리어 시스템의 성능을 객관적으로 분석하기 위해 실내부하발생이 없는 입주전에 측정을 진행하였다. 단, 측정시점이 9월이었고 운량이 많아 일사량이 높지 않았으며 외기온도도 냉방이 필요한 조건은 아니었다. 따라서 배기시스템에 의한 외주부 부분 과열저감 효율만을 관찰하였다.

3.2 측정결과

외주부의 배기시스템 on/off에 따른 point A의 피크시간대(14:00~17:00)의 평균 수직온도 분포를 보면 외기온은 25.3℃로 측정되었으며 평균 수직온도는 배기팬을 가동할 경우 27.1℃, 가동하지 않을 경우는 27.5℃로 나타났다. 또한 0.1~1.6m의 수직온도차는 3.5℃와 5.5℃로 배기팬을 가동하지 않을 경우 수직온도차가 더 크게 발생하며 보다 높은 수직온도 분포를 나타내는 것을 파악할 수 있었다. 이는 배기팬 가동시 상부로 열이 강제 배기되면서 상대적으로 낮은 온도 분포를 형성하는 것으로 판단된다. point B에서의 수직온도 분포의 차이는 거의 없는 것으로 나타났으며, 바닥급기 시스템의 특성인 온도 성층화 역시 파악되지 않았다. 이는 대상건물의 입주 전에 실험이 진행되었기 때문에 내부의 부하가 발생하지 않았고, 블라인드를 내린 상태로 실험이 진행되어 외피 부하의 영향을 거의 받지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 또한 point C의 동일시간대 수직온도 분포는 내부부하가 발생하지 않아 point B와 거의 동일한 온도 분포를 나타냈다.

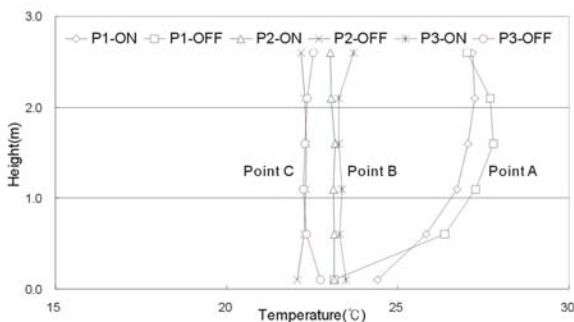


Fig. 4 Vertical air temperature distribution

본 실험은 하절기에 측정한 데이터가 아니므로 부하발생량에 대한 차이는 있지만 에어베리어 시스템을 통해 외주부의 축열된 공기를 강제 배기

함으로써 일사와 외피부하를 줄이고 에너지 절감을 극대화할 수 있을 것으로 분석되었다.

4. 연간 냉·난방부하 저감량 분석

4.1 건축물 에너지절약 기준

건축물 에너지절약 기준은 국내의 경우 외피의 단열기준 및 장비의 효율 등에 국한하고 있어 실제 건물에 발생하는 부하에 대한 기준이 명확하지 않다. 반면, 일본은 주택을 제외한 건축물 에너지절약 기준은 PAL(Perimeter Annual Load)과 CEC(Coefficient of Energy Consumption)를 판단 지표로 하는 성능기준을 사용하여 왔다. 외주부의 범위는 외피로부터 내부로 5m까지로 본다. 본 연구에서는 건물의 실질적인 부하기준인 PAL 수치로 간이형 에어베리어 시스템의 에너지 효율을 분석하였다.

$$PAL = \frac{\text{Annual Load of Perimeter (kWh)}}{\text{Total Perimeter Area (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Table 2 PAL(Perimeter Annual Load) indicator index

Type	PAL[kWh/m ²]	Type	PAL[kWh/m ²]
Hotel	117	Hospital	95
Retail	106	Office	84
School	89	Restaurant	153
Assembly	153	Factory	-

Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Japan

4.2 시뮬레이션에 의한 부하 저감량 예측

(1) 시뮬레이션 개요

본 연구에서는 부하저감 목표를 PAL 기준에 만족하는 수치를 설정하였고 외주부 공조시스템에 따른 부하 및 온도 저감을 검토는 TRNSYS 시뮬레이션을 이용하여 분석하였다. 에너지 시뮬레이션 모델은 기준층을 대상으로 일반적인 공조방식과 간이형 에어베리어 시스템 적용 등 외주부 부하처리 방식에 따라 2가지 case를 비교하였다.

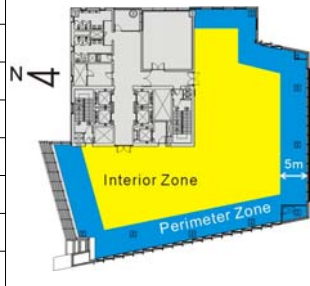
(2) 시뮬레이션 조건

Case별 대상 공간을 모델링하기 위하여, TRNSYS 16 프로그램의 모듈인 TRNBuild 프로

그램을 사용하였으며, 건물외피에 대한 물성치는 건물의 설계도면을 참조하여 적용하였다. 설계조건은 냉방의 경우 26℃, 난방의 경우 22℃로 설정하였고 내부발열은 설계계산서에 근거하여 부하조건을 적용하였다. 대상 건물은 업무시설 용도의 건물로 인체, 조명, OA기기 등에 대한 사용 스케줄을 8시간으로 설정하였고 주중, 주말로 운영패턴을 구분하였다. 또한 에어베리어 시스템은 외주부 배기시스템의 풍량과 공급되는 실내공기의 온도를 기준으로 제거가능열량 및 온도저감 정도를 산출하였다.

Table 3 Cases & boundary conditions for simulation

1. Perimeter Area Air-conditioning System	
Case1	UFAD + FPU with roller blind
Case2	UFAD + FPU and simplified air barrier system with roller blind
2. Interior Area Air-conditioning System	
Case1,2	UFAD with VAV unit
3. Simulation input data	
Perimeter Area	400.24m ²
Design condition	26℃/22℃
Occupant Density	0.2P/m ²
People	102 W/P
OA equipment	20 W/m ²
Lighting	20 W/m ²
Infiltration	0.5 ACH



(3) 시뮬레이션 결과

간이형 에어베리어 시스템은 실내의 공기를 외주부 배기시스템으로 유도하여 일사부하 및 외피 부하를 제거하는 개념으로 동절기와 하절기 모두 운전이 가능하다.

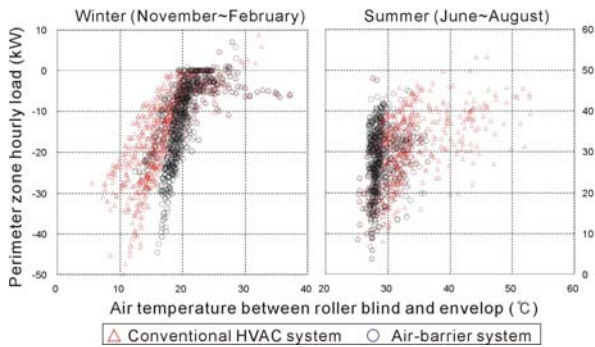


Fig. 5 Relationship between perimeter zone hourly load and air temperature

하절기에는 외피와 전동 블라인드 사이에 일사 부하가 발생하여 높은 고열이 형성되는데 실내의 공기(26℃)를 유입하여 부하를 제거하는 동시에 과열된 공기를 배출하여 온도를 저하시키는데 효과적이다. 반대로 동절기는 일사를 실내로 유입하여 난방부하를 상쇄시키고 에어베리어 시스템을 가동하여 실내공기(22℃)를 재이용함으로써 외피부하를 제거하는 동시에 냉각된 공기를 배기하여 외주부의 콜드드레프트를 방지할 수 있다. Fig. 5는 외피와 블라인드사이의 온도와 외주부 냉·난방 부하의 관계를 보여주고 있으며 간이형 에어베리어 시스템을 가동할 때 동절기와 하절기 모두 우수한 부하제거의 효과를 갖는 것으로 나타났다.

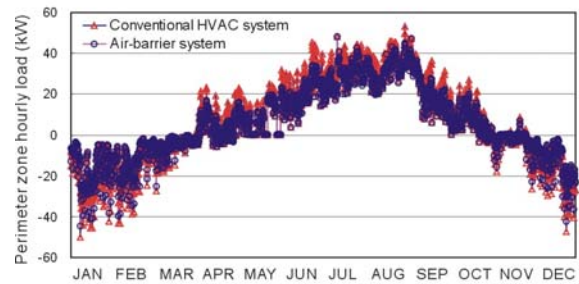


Fig. 6 Perimeter zone load profile of case1 & 2

간이형 에어베리어 시스템 가동유무에 따른 연간 부하프로파일을 보면 Fig. 6과 같다. 냉방 피크부하는 약 16.0%, 난방 피크부하는 약 10.5% 저감되는 것으로 분석되었다.

Table 4 Comparison of perimeter zone load

Perimeter zone		Case1	Case2	Remark
		Conventional HVAC system	Air-barrier system	
Peak load (W)	Cooling	53,307	44,760	16.0% ↓
	Heating	-49,824	-44,591	10.5% ↓
Annual load (kWh)	Cooling	25,562	21,532	15.8% ↓
	Heating	-12,731	-11,172	12.2% ↓
PAL (kWh/m ²)		95.7	81.7	14.6% ↓

외주부 기간부하는 냉방은 15.8%, 난방은 12.2% 저감되어 총 14.6%의 감소가 예상된다. 또한 PAL기준(사무실: 84 kWh/m²)으로 환산하여 비교를 해보면 간이형 에어베리어 시스템을 적용

하지 않을 경우 95.7 kWh/m²로 권장기준을 초과하였지만 적용할 경우는 81.7 kWh/m²로서 PAL 기준이하로 유지가 가능하여 대상 건물의 에너지 효율이 우수한 것으로 분석되었다.

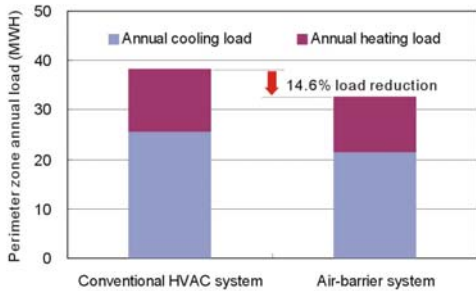


Fig. 7 Comparison of perimeter zone annual load

5. 수치해석에 의한 실내 온열환경 평가

5.1 수치해석 개요

에너지 시뮬레이션과 동일하게 기준층을 대상으로 일반적인 공조방식과 간이형 에어베리어 시스템 적용 등 외주부 부하처리 방식에 따라 2가지 case를 설정하여 CFD 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 범용 프로그램인 Star-CCM+를 사용하였고 해석 대상영역의 부하 및 급, 배기 풍량의 경계조건은 에너지 시뮬레이션 결과와 설계 계산서를 기준으로 하였다.

5.2 수치해석 방법 및 결과

(1) 시뮬레이션 모델링 및 조건

시뮬레이션 대상은 기준층의 하나의 span을 기준으로 8m×12m×2.7m의 직육면체 형태이며 외피 경계면으로부터 150mm의 위치에 블라인드가 설치되어 있는 것으로 구성하였다. 블라인드는 상부에서 2.4m 길이로 펼쳐진 상태이다. 해석대상의 체적은 약 260m³이며, 4각형 6면체 비정렬 격자를 사용하였다.

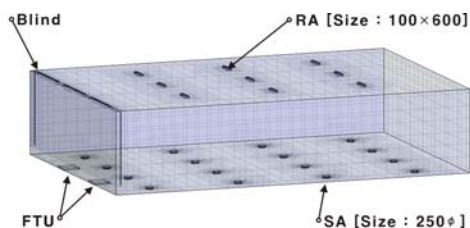


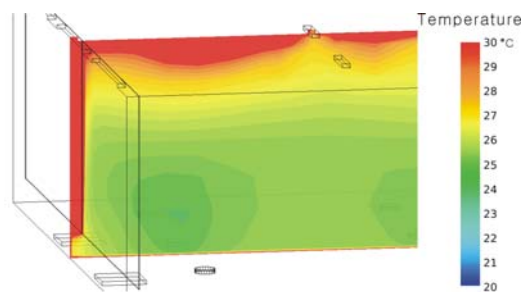
Fig. 8 Simulation modeling

Table 5 Boundary conditions for simulation

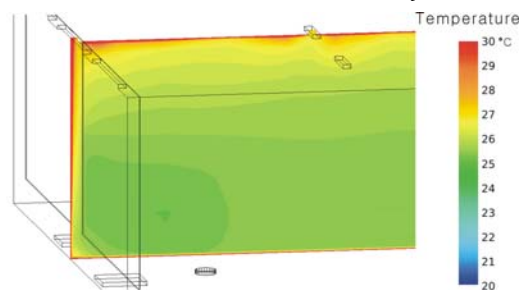
Summer condition		system	Case1	Case2
			Conventional HVAC system	Air-barrier system
Air volume	Perimeter EA		-	1,080 CMH
	SA(supply air)		2,400 CMH	2,400 CMH
	RA(return air)		2,400 CMH	1,320 CMH
Air temp.	Perimeter EA		-	26 °C
	SA(supply air)		18 °C	18 °C

(2) 시뮬레이션 결과

간이형 에어베리어 시스템 가동시인 Case2의 경우 하절기 외피 및 일사부하는 실내로의 유입이 크게 일어나지 않는 것으로 나타났다. Fig. 10의 기류분포를 보면 블라인드와 외피 사이로 공조된 실내공기가 유입되고 외주부 배기구를 통해 배출되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 거주역 높이인 1.5 m에서의 온도분포는 약 25°C로 하절기 설계기준온도인 26°C를 만족하여, 실내가 쾌적한 온열환경이 되도록 효과적으로 제어하는 것으로 분석되었다.



(a) Case1: conventional HVAC system



(b) Case2: simplified air-barrier system

Fig. 9 Air temperature distribution of perimeter zone

반면, 일반적인 공조시스템인 Case1를 보면, 외피 및 일사부하의 영향이 실내로 크게 작용하고 있음을 파악할 수 있다. Fig.10의 기류분포를 보면, 실내와 접한 블라인드 면 주위에서 과열된

공기의 상승기류가 발생하는 것으로 나타난다. 따라서 블라인드와 외피사이의 제거되지 않은 높은 열은 블라인드를 통과하거나 전도되어 실내로 유입되어 냉방부하를 가중시키고 있다. 이는 하절기 냉방시 실내부하의 변화와 더불어 고려되어야 할 중요한 변수로 판단된다. 실내의 온도는 설계기준인 26℃를 만족하고 있으나 과도하게 상승된 외피와 블라인드 사이의 공기는 구조체에 축열되어 실내 및 상층부에 냉방부하 상승의 원인이 될 수 있을 것으로 예상된다.

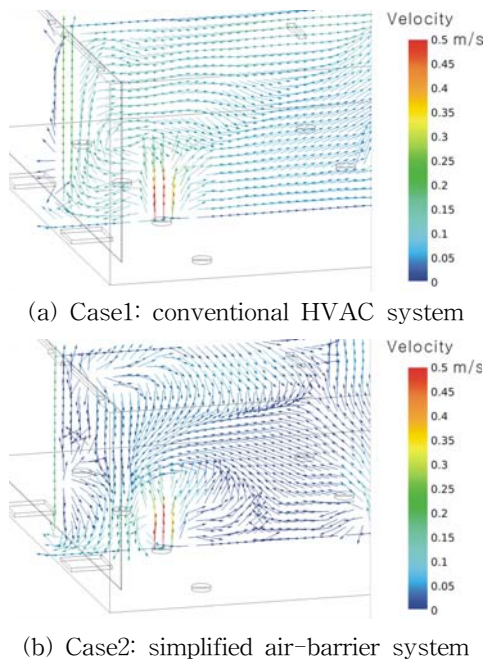


Fig. 10 Air velocity distribution of perimeter zone

5. 결론

본 연구는 외주부 부하특징을 고려한 전동블라인드와 배기시스템이 조합된 간이형 에어베리어 시스템을 개발함으로써 에너지 절약적인 설비시스템 선정과 합리적 설계로 유도하는 방향을 제시하였다. 따라서 하절기 및 동절기에 일사부하 및 외피부하를 효과적으로 처리할 수 있으며 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 대상건물에 대해 간이형 에어베리어 시스템의 적용 유무에 따라 외주부의 부하 저감율은 일반적인 공조방식에 비해 연간 약 15% 감소가 가능한 것으로 분석되었다.

(2) 또한, 블라인드와 외피 사이로 공조된 실내 공기가 유입되고 배기구를 통해 배출시켜 하절기에는 일사에 의한 과열을 방지하고, 동절기에는

외피주변의 냉각된 공기를 배기하여 콜드드래프트를 방지할 수 있다.

(3) 따라서 외부기온 변화에 따라 실내로 전달되는 부하의 영향을 완화시킴으로써 실내의 온열환경을 개선할 수 있다.

(4) 마지막으로 공사비의 증가를 최소화하고 효과를 극대화할 수 있는 외피시스템으로 그 활용 범위가 클 것으로 예상된다.

이상의 연구결과를 종합하여 간이형 에어베리어 시스템의 부하저감 및 실내 온열환경 개선에 대한 사항을 개략적으로 도출하였다. 일차적으로 외주부 부하기준으로 진행되었으나 향후 공조시스템, 열원을 포함한 종합적인 분석이 요구된다.

후 기

본 연구의 현장측정 및 분석에 도움을 주신 한국건설기술연구원의 건축·도시환경연구실에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Park B. Y., Ham H. D. & Son J. Y., 2005, Evaluation of Indoor Thermal Environment According to Air-Barrier Air Conditioning System in Perimeter Zone, Journal of SAREK of Korea, Vol.17 No.4
2. Kim Y. K & Yee J. J., 2003, Evaluation of Thermal Environment on Air-barrier Type Perimeter-less System with Underfloor Air Conditioning System, Journal of SAREK of Korea, Vol.15 No.5
3. Kim Y. K & Yee J. J., 2006, Evaluation of Thermal Environment of Air-barrier Type Perimeter-less System by Full Scale Experiment, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol.22 No.6
4. Takenaka Corporation, 2000, Energy-Saving Air Barrier System; Developed The blinds and exhaust system that were previously ignored have been redesigned, http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/news_e/pr0009/m0009_01.htm