현장측정을 통한 대형 할인매장의 실내환경 평가

박 병 윤†, 정 용 호*, 함 흥 돈**, 손 장 열***
수원과학대학 건축과, *청운대학교 건축환경설비학과, **대원과학대학 실내환경설계과, ***한양대학교 건축대학

Evaluation of Indoor Environment Characteristics through Field Measurement in Large-sized Discount Stores

Byung-Yoon Park†, Yong-Ho Jung*, Heung Don Ham**, Jang-Yeul Sohn***
Department of Architecture, Suwon Science College, Hwaseong 445-742, Korea
**Department of Architectural Environment Engineering, Chungwoon University, Hongseong 350-701, Korea*
***Department of Indoor Environment Design, Daewon Science College, Jechon 390-702, Korea*
****College of Architecture, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea*

(Received March 11, 2005; revision received July 20, 2005)

ABSTRACT: It is important to control indoor environment for influence on health and comfort of occupants in large-sized discount stores. On the other hand large-sized discount stores have a large number of visitors, vestibules, open spaces, high energy consumption and increasing of outside air intake. This study aims to offer the design data of building services system that can save energy and control environment through field measurement selecting two large-sized discount stores. Indoor environment factors such as temperature, relative humidity, air velocity and concentrations of CO_2, CO gas and TSP were measured and evaluated. In each case of CO_2, and CO gas, its maximum values were 2,800 ppm and 20 ppm. So proper strategy for the indoor air quality is indispensable in this type of building. Dry bulb temperature varies from 18℃ to 28℃ according to a measuring point and time. From this results, it is inferred these buildings had excessive equipment capacity. In terms of economical and environmental points, these data will be utilized to the design of HVAC system of retail facilities.

Key words: Indoor environment(실내환경), Energy consumption(에너지 소비량), Large-sized discount store(대형 할인매장), Field measurement(현장측정)

1. 서 론

생활수준의 향상, 자동차 문화의 발달, 유통시설의 현대화에 따라 우리나라에서는 대도시를 중심으로 많은 대형 할인매장이 건축되어 운영되고 있으며, 앞으로도 지방, 도시 등을 포함하여 그 보급이 확산될 것으로 예상된다. 대형 할인매장의 경우 고객에게 쾌적한 공간을 제공하여 물품 구매의 욕구를 증대시킬 필요가 있으나, 현재 운영되고 있는 대형 할인매장의 경우 고객들로부터 실내환경에 대한 거부감이나 불만이 제기되기도 한다. 또한, 이러한 대형 할인매장은 물품판매의 마진율이 적게 책정되어 있어 대규모 고객을 대상으로 한 물품의 대량판매가 필요하므로 이에 따라 막대한 에너지가 소비되는 특성을 지니고 있다. 따라서 이에 따른 설계, 시공, 운영단계에

† Corresponding author
Tel.: +82-31-350-2295; fax: +82-31-350-2295
E-mail address: bypark@ssc.ac.kr

서의 실내환경이나 에너지 절약에 대한 연구 및 우리나라의 실정에 대한 구체적인 검토가 필요한 실정이다.

건축적인 측면에 볼 때 할인점의 형태는 부지의 규모 및 조건에 따라 외국의 도시 근교 아웃렛 매장의 형태를 모방하여 대규모 부지를 이용하는 단층형 매장과 도심지 저가 백화점의 형태를 모방한 복측형 매장으로 대별된다. 우리나라의 경우 판매면적 6,000 m^2 이상인 할인매장들을 대상으로 조사한 결과 단층형과 복층형 매장은 총 조사건물 62개 중 각각 43개와 11개로 나타났으며, 기타 복합용도의 건물 내에 임대의 형태로 나타났다(디스카운트 머천다이져, 2001년 1월).

본 연구에서는 이러한 대형 할인매장에서 실내환경의 개선과 에너지 절감을 목적으로 건물유형의 대표성이 있다고 판단되는 대상건물 중 복층형인 A매장, 단층형인 B매장 2곳을 대상으로 하여 실내환경과 에너지 사용시설에 대한 설계도서의 검토, 현장측정 등의 연구를 수행하여 문제점을 파악하고, 개선방안을 제시하여 향후 건축되는 할인매장 시설에 반영할 수 있는 자료의 제시를 목적으로 한다.

Table 1 Descriptions of A discount store

Architectural descriptions	
Location	Suwon
Structure	SRC
Use	Retail facility
Basement	2 floors
Ground	6 floors
Total area	57,069.56 m^2 (17,263.54 py)
Service area	23,907.00 m^2 (7,231.83 py)
Characteristics	Multi-stories retail space
Azimuth	South-west

Table 2 Descriptions of B discount store

Architectural descriptions	
Location	Incheon
Structure	SRC
Use	Retail facility
Basement	1 floors
Ground	2 floors
Total area	31,894.24 m^2 (9,664.92 py)
Service area	17,541.00 m^2 (5,315.70 py)
Characteristics	Single-story retail space
Azimuth	East

2. 측정내용 및 방법

2.1 측정대상 건물개요

본 연구에서는 대형 할인매장의 실내환경을 평가하기 위하여 2001. 8.25~8.30까지 2곳의 대형 할인매장을 대상으로 하여 실내공기환경 및 열환경을 측정하였다. 2곳의 할인매장 선정시에는 대표성이 있다고 판단되는 단층형 매장과 복층형 매장을 각각 선정하여 건물의 형태 및 시스템에 따른 실내환경 및 에너지 소비특성을 비교 평가하였다. Table 1과 Table 2는 각각 선정된 할인매장 건물의 건축개요를 나타내고 있다.

2.2 각 건물별 공조방식 개요

Fig. 1과 Fig. 2는 각각 매장별 공조방식의 개념을 나타내고 있다. 매장별 주요 공조방식으로 A매장은 CHU(cooling and heating unit), B매장은 AHU+CHU 방식이다. 여기에서 CHU는 실내 열부하의 제거를 목적으로 한 공조용 기기로서 기본적인 기능은 FCU(fan coil unit)와 거의 동일하

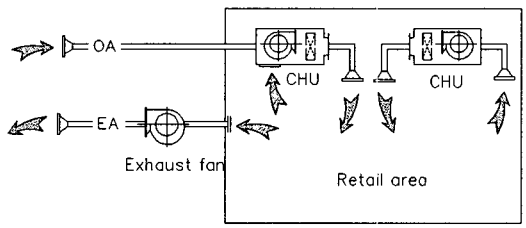

Fig. 1 Air conditioning system in A discount store.

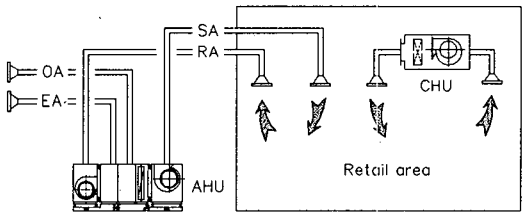

Fig. 2 Air conditioning system in B discount store.

나, 판매시설과 같이 실내 영업공간의 확보가 필요한 경우 천장에 설치할 수 있도록 제작된 기기이다.

Fig. 1에 나타낸 바와 같이 A매장의 경우 실내환경조건의 유지를 위하여 CHU를 기본시스템으로 채택하고 있으며, 신선외기의 도입을 위하여 건물의 외주부(실제적으로는 외벽면에 인접되어 외기도입이 가능한 공간)에 설치된 CHU의 경우 실내공기의 순환기능뿐만 아니라 기기의 후면에 덕트를 연결하여 일부 외기를 도입할 수 있는 CHU를 설치하고 있다. 도입되는 외기량은 실내에서 필요로 하는 최소외기량 이상으로 설정되어 있으며, 국소적으로 배기가 필요한 일부 매장의 배기풍량을 감안하여 풍량밸런스를 유지할 수 있도록 구성되어 있다.

B매장의 경우에는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 AHU(air handling unit)와 CHU를 조합한 시스템으로서 CHU는 단지 실내 냉난방부하의 처리를 위하여 실내공기가 재순환되는 일반 FCU와 같은 기능을 담당하고 있다. A매장의 경우와 마찬가지로 외주부에는 AHU를 설치하여 실내 냉난방부하의 처리 및 신선외기의 공급을 실시하고 있다. A매장과 마찬가지로 도입되는 외기량은 실내에서 필요로 하는 최소외기량 이상으로서 실내로부터의 배기풍량을 감안하여 풍량밸런스를 유지하고 있다.

2.3 실내 열·공기환경 측정

실내공기환경은 현재 건물시스템의 운전에 따른 실내공기환경 실태를 파악하고 개선방안을 제시하기 위하여 CO_2 가스농도, CO 가스농도 및 부유분진(TSP) 농도를 측정하였다. 실내온열환경 요소로는 각 공간 대표점 4~18지점의 바닥높이 110 cm에서 건구온도, 복사온도, 상대습도 및 기류속도를 대상으로 실내 평면온도분포, 수직온도분포 및 시간별 변화를 측정하여 열환경의 쾌적성 여부와 운전의 적정성 및 온도 불균일 여부를 파악하였다. Fig. 3과 Fig. 4는 각각 측정 대상건물의 평면 및 각각의 실내 열·공기환경에 대한 측정점을 나타내고 있다. 측정점의 배치는 복층형인 A매장의 경우 층별로 4곳을 선정하여 층의 구성 및 변화에 따른 사항을 검토하고자 하였으며, 단층형인 B매장의 경우 평면상의 존별로 측정점을 배치하여 존별 특성을 파악하고자 의도하였다.

2.4 외피 및 구조체 열성능 측정

건물의 단열상태와 외피의 열성능을 파악하여 에너지 절약을 위한 개선안 제시를 목적으로 적외선 열화상 장치를 이용한 열성능 평가를 실시하였다. 구조체의 열성능 평가는 A매장의 경우 건물의 외피 열성능을 평가하기 위해, 주로 유리로 이루어진 남서측 외관과 동남쪽 외관을 대상으로 적외선 열화상 장치를 이용하여 건물의 표면온도분포를 측정하였다. 측정시간은 오후 2시에서 3시까지 일사를 가장 많이 받는 시간대에 실시하였다. B매장의 경우 건물의 형태에 따라 건물의 전체 외피면적 중 측면부의 면적이 차지

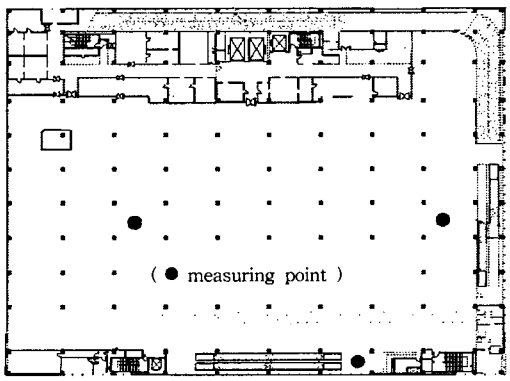

Fig. 3 Measuring points of each floors in A discount store.

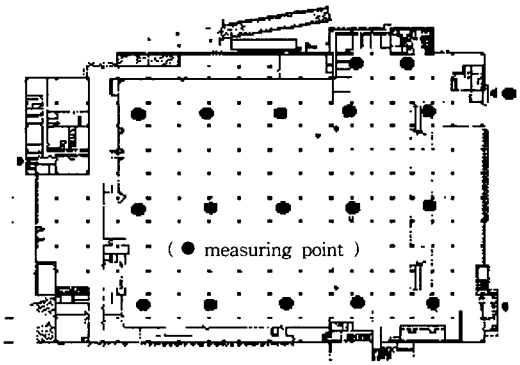

Fig. 4 Measuring points of 1st floors in B discount store.

Table 3 No. of people for questionnaire

	A store	B store
Man	54	44
Woman	106	166
Sum	160	210
Total	370	

하는 비율이 낮고 오히려 단층형으로서 지붕면의 외피면적이 높은 비율을 차지하므로 천장부위에 대한 측정을 실시하였다. 주요 측정부위로서는 단열재 접합부위 및 보와 천장단열의 접합부위를 측정함으로써 열교현상으로 인한 온도의 차이를 제시하고자 하였다.

2.5 실내환경의 쾌적도 조사

실내환경의 쾌적도 설문조사를 실시하여 재실자의 실내환경에 대한 만족도를 조사함으로써 실내환경에 대한 전반적인 평가 및 건물의 운영에 관한 개선안을 제시하고자 하였다. 설문조사는 A매장과 B매장의 건물 내 근무자 총 370명을 대상으로 매장 내 실내환경에 대한 설문지를 회수 후 건강상태가 양호한 것으로 응답한 설문지를 대상으로 분석을 실시하였다. 설문 대상인원의 구성은 Table 3에 나타난 바와 같으며 전체 대상인원 중 20~30대의 인원은 303명으로서 82% 정도의 비율을 차지하고 있었다. 설문지의 내용은 응답자의 일반사항으로서 건강상태, 평소의 체질에 대한 질문을 실시하였고, 근무자의 주관적 반응을 알아보기 위한 몸전체 기류감, 습도감, 온냉감과 매장 내 실내환경에 관한 만족도에 대한 질문

Table 4 Measuring items and equipment

Contents	Items	Equipments
IAQ	CO CO_2	Multi-gas Monitor Type1302(B&K)
	TSP	Model PH-5 (SIBATA)
Thermal comfort	DBT WBT	Model SK-RHG (SATO)
	GT	Globe meter (SIBATA)
	Air velocity	TSI (Kanomax)
Insulation	DBT	TVS (Inframetrics)
Survey	-	Questionnaire

Table 5 Permitted range of measuring item

Items	Range	Reference
CO_2	Below 1,000 ppm	ASHRAE Standard 62-1999
CO	Below 10 ppm	U.S. EPA
TSP	Below 0.15 mg/m^3	U.S. EPA

으로서 실내공기환경에 대한 만족도, 실내 냉난방 조건에 대한 만족도 등을 조사하였다.

2.6 측정위치

측정점으로 A매장은 매장 내 층별(1~3층) 4~5점, 무빙워크 층별(각 층) 1점 및 방풍실 등을 선정하여 1~2시간 간격으로 열환경 요소를 실시간 측정함과 동시에 채집공기는 샘플링 백을 이용하여 분석하였다. 특히 무빙워크의 경우 측면의 전부분이 유리로 되어 있어 투과일사에 의한 영향을 검토하였으며, 방풍실의 경우 실내의 배기풍량으로 인하여 다량의 외기가 유입되어 실내 열환경에 영향을 미칠 것으로 사료되어 각각 별도로 측정을 실시하였다. B매장은 단층형 매장으로 1층을 공조존별로 구분하여 존별 4~5점에 대해 1~2시간 간격으로 A매장과 같은 방식으로 열 및 공기환경 요소를 측정하였다. 매장 내 대표점(2점)에 대해서는 C-C 열전대 및 Data-Logger를 설치하여 각각 매장 내 및 무빙워크의 수직온도분포를 연속적으로 측정하였다. 매장 내 대표점은 각 층 및 건물별로 주변의 영향을 가급적 적게 받는 대표지점을 선정하였다. 실내냉방을 위한 열원설비가 적정한 수준으로 운전되고 있는지 판단하기 위하여 연속측정을 실시함으로써 건물의 설계 및 유지 관리의 적정성을 평가하였다. Table 4는 본 연구에서 적용된 측정항목 및 기기를 나타내며, Table 5는 측정항목에 대한 기준을 나타낸다.

3. 측정결과 분석 및 고찰

3.1 실내 공기환경

Fig. 5는 A매장과 B매장에서 측정한 실내의 CO_2 가스농도와 외기의 CO_2 가스농도를 나타낸 것이다. A매장 2층의 경우 최고 2,900 ppm, B매

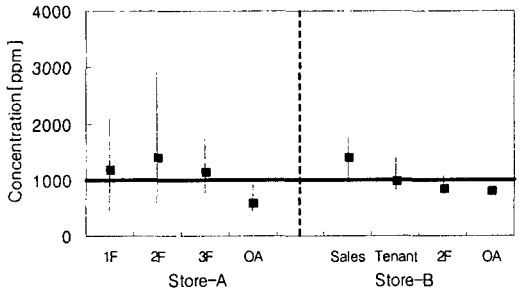

Fig. 5 CO_2 concentration for each building.

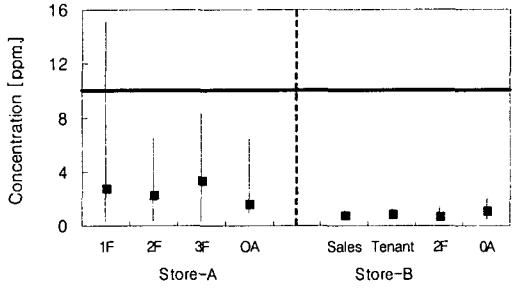

Fig. 6 CO concentration for each building.

장의 경우 최고 1,800 ppm까지 상승하였고, 평균 농도 또한 A매장에서 1,300 ppm, B매장에서 1,200 ppm을 보여 주거용 건물 및 사무용 건물에 비해 상당히 높은 것으로 나타났다. 이는 기본적으로 평일의 경우 1일 평균 이용고객 약 8,000~10,000명, 주말의 경우 15,000~20,000명에 이르는 높은 인원밀도가 주원인으로 생각되어질 수도 있으나, 특히 A매장에서 실내 평균 CO_2 가스농도가 높게 나타난 것은 실내 환기시스템의 환기성능 저하의 영향으로 판단된다.재실자에 의해 주로 발생되는 CO_2 가스의 농도 상승원인으로서는 A매장의 경우 공조시스템을 CHU(cooling and heating unit)를 이용한 수방식으로 하여 외기의 도입이 원활하게 이루어지지 않기 때문으로 사료되며, B매장의 경우 존별 AHU와 CHU를 설치하였으나 외기조건에 따라 외기도입량을 조절하도록 되어 있어 외기온도 상승시 외기도입량이 감소되기 때문인 것으로 나타났다. 특히 A매장의 경우 실내공간의 외주부에 해당하는 공간에는 외기도입형 CHU를 설치하였으나 CHU의 장비특성상 외기의 도입성능에 문제가 있는 것으로 판단된다. 외기의 도입이 제대로 이루어지지 않는 주된 원인으로서 외기도입덕트의 길이가 실내공급덕트에 비하여 상당히 길게 설치되어 있고, 또한 실내환기용 그릴이 기기의 하면에 바로 설치되어 있어 외기도입을 위한 경로에 발생하는 공기저항이 실내 재순환되는 공기경로에 비하여 상당히 높게 나타나는 것이 주원인으로 나타났다.

따라서 외기도입을 위한 덕트가 설치되어 있으나 실제 실내로 공급되는 공기에는 외기와 실내 재순환 공기의 적절한 혼합이 이루어지지 않고 있어 결과적으로 실내공기만이 재순환되는 상태로 운전되고 있는 것이다. 설계 당시에 이러한 점이 간과되었을 가능성이 높게 나타나고 있어 이에 대한 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다. 현재상태에서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 기존의 재순환 공기루트에 강제적으로 공기저항을 부가시켜 기존의 외기덕트에 작용하는 공기저항을 줄여 주는 방법이 필요할 것으로 사료되며, 이 경우 팬동력의 상승을 최대한 억제하도록 조치하여야 할 것이다.

Fig. 6은 실내 CO 가스농도를 나타낸 것으로서 전반적으로 기준으로 정하고 있는 10 ppm 이하로 유지되었으나 A매장의 Food Court에서 영업개시와 함께 일시적으로 15 ppm까지 상승하였고, 2, 3층 매장의 경우 4, 5층 무빙워크의 CO 가스농도 상승과 더불어 2, 3층의 CO 가스농도가 10 ppm까지 상승하였다. Food Court의 경우 주방에서 발생된 연소가스가 제대로 배출되지 않아 발생된 현상으로 판단되며, 2, 3층의 경우 4, 5층 주차장에서 발생된 CO 가스가 무빙워크를 통해 유입된 것이 원인이었다. 건물의 1층에 위치한 Food Court의 조리장에 설치된 후드로부터 배기가 이루어지고 있으므로 건물 내 부압이 작용하여 상당량의 외기가 출입구를 통하여 유입되고 있는 것으로 생각된다. 결국 주방의 연소가스는 효과적으로 배기되지 못하고 대신 실내의 공기가 후드로 유입

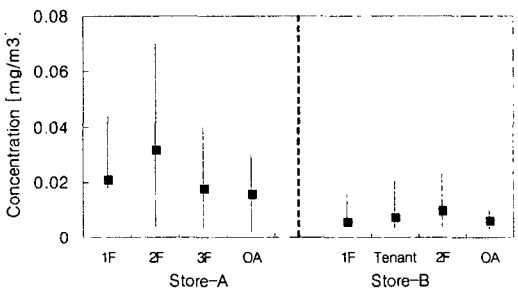

Fig. 7 TSP concentration for each building.

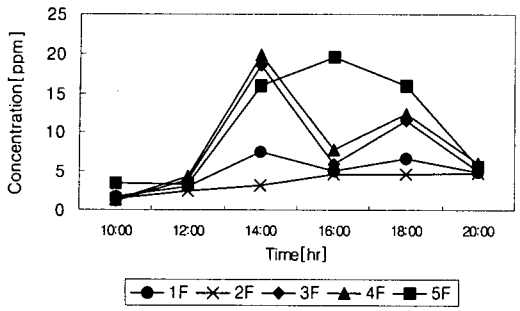

Fig. 8 CO concentration in moving-walk in A discount store.

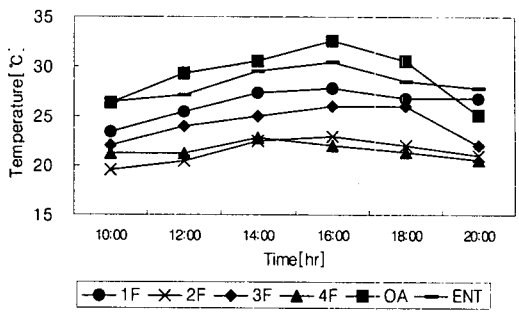

Fig. 9 DBT variation in A discount store.

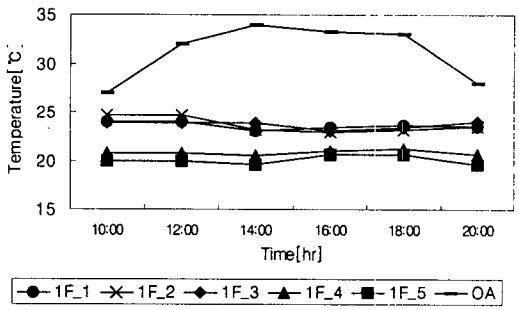

Fig. 10 DBT variation in B discount store.

되어 배출되고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 실내 부유분진농도를 나타낸 것으로 국내에서 규정하고 있는 0.15 mg/m^3 이하로 유지되는 것으로 나타났다. 단, 매장 A의 식품매장인 2층에서 분말성분의 비산에 의해 다른 공간에 비해 다소 부유분진농도가 높게 나타났으나, 전반적으로 부유분진은 적정하게 관리가 되고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 8은 A매장 무빙워크의 시간대별 CO 가스농도의 변화를 나타낸 것이다. 주간 영업시간대에 실내거주공간에서의 CO 가스농도가 10 ppm을 초과하는 것으로 나타났는데, 이는 건물 내 지하층에 위치한 주차장과 상층부 주차장으로부터의 차량연소가스가 유입된 것으로 생각된다.

무빙워크의 경우 상하층간의 연결부로서 수직적인 기류이동이 자연스럽게 발생하는 장소로서 외부의 공기유입 등으로 인하여 실내환경의 상태가 심하게 변동되는 곳이다. 따라서 자연대류현상이 심하게 나타나는 동절기에는 더욱 많은 오염공기의 유입이 예상됨으로 이에 대한 대책으로서 주차장 출입문의 적극적인 차단방법이 고려되어야 할 것이다.

3.2 실내 열환경

Fig. 9와 Fig. 10은 각각 A매장과 B매장의 시간별 온도변화를 나타낸 것이다. A매장의 경우 2, 3층에서 상당시간 24℃ 이하의 낮은 온도로 유지되고 있으며, 각 층간 온도편차는 3.9~6.2℃의 범위로 나타나 에너지의 과다한 소비 및 재실자의 불쾌감을 유발할 수 있는 것으로 판단된다. 매장 B의 경우 1층 식품코너(1F_4, 1F_5)는 냉동냉장 쇼케이스의 영향으로 주변에 비하여 2.9~4.8℃ 낮은 22℃ 이하의 온도로 유지되고 있는 것으로 나타나 A매장과 마찬가지 과다한 에너지가 소비되고 있었다. 이 부분도 다른 존과 마찬가지로 24~25℃ 정도의 분포를 나타내는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 이 경우 쇼케이스의 냉각효과가 결국은 에너지 과소비량으로 추정될 수 있으며 예상되는 추정치는 ASHRAE 관련자료에 근거하여 추정해 본 결과 Table 6에 나타낸 바와 같이 약 119,013 W(≒102,000 kcal/h) 정도로서 건물 전체 열원용량(600 USRT×3 EA)의 약 1.9%에 해당하는 것으로 파악되었다. 즉, 외기 건구온도의 분포가 하절기 피크시에 나타나는 온도분포를 보이고 있음에도 불구하고 실내의 건구온도가 지나치게 낮게 유지되고 있는 것으로 나타났다.

이는 단지 실내 열환경적인 불쾌감뿐만 아니라 에너지 설비의 운영 측면에서 상당한 문제점을 나타내고 있는 것으로 판단된다. 기존의 열원설비가 과다하게 책정되어 있으며 이를 운전하는 경우에도 단지 매장의 영업적인 차원에서 운영되고 있어 이에 대한 대책이 필요할 것으로 사료된다. 한편, A매장의 경우 푸드코트에 인접하여 주

Table 6 Refrigerating Effect (RE) produced by display fixture

Fixture type	RE (W)	Length (m)	Total RE (W)
Single deck	235	47	11045
Single deck/Double island	451	45	20295
Single deck	414	22	9108
Meat/Singledeck	336	36	12096
Meat/Multideck	1053	25	26325
Produce/Singledeck	231	74	17094
Produce/Multideck	922	25	23050
Total			119013

*ASHRAE Handbook HVAC Application 2003.[9]

출입구가 설치된 1층은 실내온도가 30℃까지 상승하였는데, 이는 출입구를 통한 외기의 유입 때문인 것으로 판단되며 이는 1층의 푸드코드에서 실내 냄새의 확산을 방지하기 위하여 공조풍량 자체를 음압으로 유지하게 되면서 나타나는 결과로 추정되었다. 이러한 사항을 분석하기 위하여 푸드코트의 공조풍량에 대한 Air-balance를 검토한 결과 급기풍량은 66,000 CMH, 배기풍량은 후드배기를 포함하여 약 78,000 CMH 정도로 선정되어 배기풍량이 약 18% 정도 높게 나타났다. 특히 주출입구 이중자동도어의 상호거리가 2.8 m로 협소한 상태에서 사람들이 쇼핑카트를 가지고 출입할 경우 양측도어 모두가 개방되어 있는 경우가 상당시간 발생하고 있는 것으로 조사되어 풍량공급의 불균형에 의한 영향이 가장 크게 작용한 것으로 판단된다.

Fig. 11은 A매장 2층의 오후 2시의 평면온도분포를 나타낸 것이다. 2층의 경우 식품매장으로 평면의 상단 및 좌측부분에 냉장설비가 설치되어

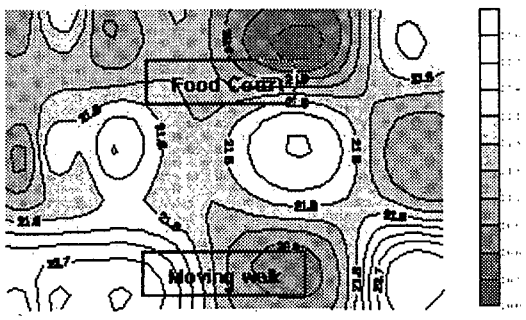

Fig. 11 DBT distribution of second floor in A discount store.

있다. 따라서 그림에 나타난 바와 같이 평면의 상단 및 좌측 존이 20℃ 정도인 반면, 우측 존은 23℃로 3℃ 정도의 온도편차를 보이고 있는 것으로 나타났다. 2층의 경우 전반적으로 낮은 온도분포를 보이고 있으며, 특히 냉동냉장설비의 인접공간에는 과도한 냉방이 실시되고 있어 냉방에너지의 효율적인 이용이 이루어지지 않고 있음을 알 수 있었다. 여기에서 이러한 과다한 냉방운전의 원인으로서 실내 CHU의 제어에 대한 문제를 고려할 수 있다. 각 존별로 천장에 설치된 CHU는 각 기기마다 이방밸브(2-way control valve)를 이용한 개별분산제어를 실시하고 있다. 즉, 실내 열부하의 변동에 대응하여 밸브의 개도를 조정함으로써 냉수 공급량을 조절하여 실내환경조건을 유지하도록 구성되어 있다. 그러나 매장의 영업적인 측면이 강조되면서 밸브의 개도를 조절하기 위한 실내온도센서가 천장부에 설치되어 실제 거주역보다 높은 온도분포를 보이고 있는 매장 상부 공간의 온도를 감지함으로써 거주역에서의 쾌적한 온도제어에 문제가 발생되는 것으로 사료된다. 따라서 쾌적하고 에너지 절약적인 실내환경을 유지하기 위해서는 정확한 온도감지를 위하여 온도센서의 설치위치를 거주역에 설치하여야 하며, 동시에 실내온도 설정값의 완화 및 냉수공급온도 상향조정 등을 통하여 냉방에너지의 효율적 이용이 가능할 것으로 생각된다. Fig. 12는 A매장 무빙워크 부분 건구 및 복사온도 차이와 일사량을 나타낸 것이다. 열환경에 있어 복사온도는 인체의 열적 쾌적감에 있어 중요한 요소로서 일반적으로 건구온도와 동일하거나 약간 높은 상태를 쾌적한 조건이라 할 수 있다. 한편, A매장 무빙워크의 측면은 조망을 위하여 유리가

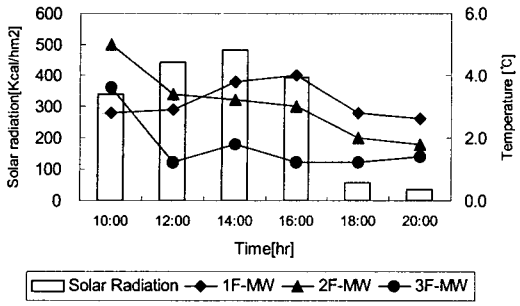

Fig. 12 Solar radiation and difference of DBT and GT in moving walk.

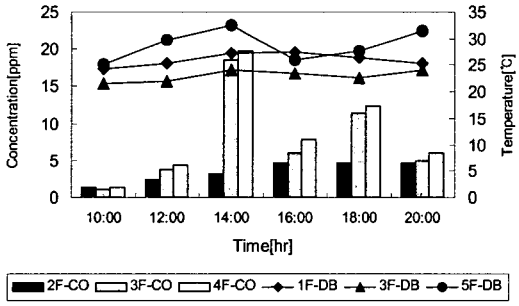

Fig. 13 CO concentration and DBT variation in A discount store.

Fig. 14 A store facade temperature distribution of main entrance by TVS capture screen.

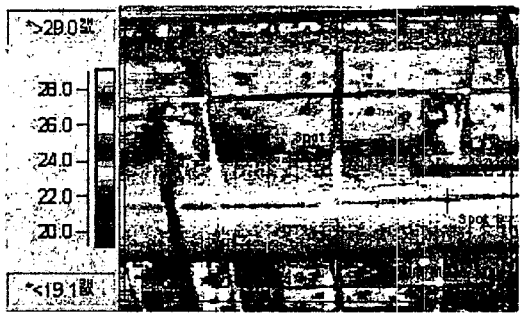

Fig. 15 B store ceiling component temperature distribution by TVS capture screen.

설치되어 있으며, 이로 인해 Fig. 12에 나타낸 바와 같이 오전 11시부터 오후 5시의 주간시간대에 400 kcal/m^{2}h 이상인 상당량의 일사가 유입되어 실내 열환경에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 측정결과 일사량이 많은 주간에 건구 및 복사온도 차이는 최대 5℃ 정도 발생하는 것으로 나타나 복사열에 의해 상당한 불쾌감을 유발할 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 투과일사에 의한 복사열의 저감을 위해서는 일사차단을 위한 유리를 설치하거나 외부차양 등을 설치하는 등의 건축적인 대책이 필요할 것으로 판단된다.

Fig. 13은 A매장 무빙워크의 CO 가스농도 및 층별 기온을 나타낸 것으로 무빙워크의 기온은 매장 내 기온과 유사하게 나타났다. 시간별 온도편차는 2℃ 정도로 나타났으나 1층과 최상층의 온도편차는 최상층이 5℃ 정도 높게 나타나 전체적으로는 안정적인 기류형성이 예상되나 3층에서 5층 구간은 시간에 따라 온도의 역전현상이 발생되어 이에 따른 5층 기류의 유입이 예상된다.

한편 Fig. 14는 A매장 주출입구 윗부분의 3, 4, 5, 6층 부분의 적외선 열화상 화면을 나타낸다. 전반적인 온도분포는 40~42℃의 높은 온도를 보여주고 벽체부분인 Area2 부분의 온도는 최저 34.5℃, 최고 41.8℃이며 평균 표면온도는 40.4℃로 창 부분의 표면온도 분포에 비해서 3℃ 정도 높게 나타나고 있다. 그 이유는 벽체보다 열관류값이 상대적으로 높은 유리면이 외기보다 낮은 실내온도의 영향을 많이 받기 때문으로 사료되며 건물의 냉방에너지가 유리면을 통하여 누출되고 있음을 알 수 있다. Fig. 15는 실내 천장의 적외선 열화상 화면이다. 보와 슬래브가 접하는 부분(Spot 1)에서의 표면온도가 27.1℃로 단열재 실내측 부분(Spot 2)의 표면온도인 23.8℃보다 3.3℃ 정도 높게 나타났으며, 보의 표면온도(Spot 3)인 25.3℃보다 1.8℃ 정도 높게 나타나고 있어, 보와 단열재의 접합부에서 열교(heat bridge)가 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 단열재의 표면의 온도가 실내온도와 동일하게 나타나는 것으로 보아

단열재료의 단열성은 양호하나 보와 단열재의 접합부분의 단열 보강이 필요한 것으로 나타났다.

3.3 실내환경의 쾌적도

Fig. 16은 A, B 각 매장에서의 실내 온냉감에 대한 설문지 조사결과를 나타낸다. 재실자의 실내 온·냉감은 "보통이다", "만족한다", "매우 만족한다"의 비율이 각각 68%, 63%를 나타냈다. 수치상으로 A매장의 경우가 좀더 높은 만족도를 나타냈으나 상기 결과에 대하여 설문 대상인원인 A매장의 인원 160명, B매장의 인원 210명을 대상으로 κ^2 분포에 의한 검정을 실시한 결과 유의수준 5%에서 양측 분포는 차이가 없는 것으로 나타남으로써 공조시스템의 차이에 의한 실내 온냉감의 차이는 없는 것으로 볼 수 있다. 온·냉감에 대한 반응은 전반적으로는 과반수 이상의 인원이 대체적으로 만족하는 것으로 나타났다.

Fig. 17은 실내공기환경에 대한 설문지 조사결과이다. 온열환경에 대한 설문지 조사결과와는 달리 A, B매장에서 "보통이다"라고 응답한 인원이 각각 33%, 51%, "나쁘다"라고 응답한 인원이 45%, 32%로 나타나 전반적으로 평균 80% 정도의 재실자가 "보통 이하"라고 인식하고 있는 것으로 나타났다. 실내오염농도의 차이에 따른 실내 거주자의 반응에 대한 통계분석을 실시한 결과 3%의 유의수준으로 검정한 결과 실내오염농도가 재실자의 반응에 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있었다. 특히 A매장의 경우 전체 응답자 중 절반 가까이의 응답자가 "나쁘다"라고 응답함으로써 실제 건물의 공기환경 측정결과와 일치되는 결과를 보이고 있다.

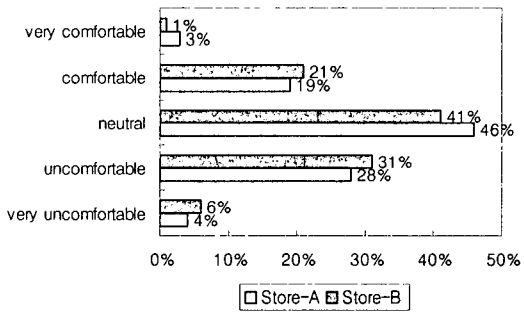

Fig. 16 Questionnaire result for indoor thermal comfort.

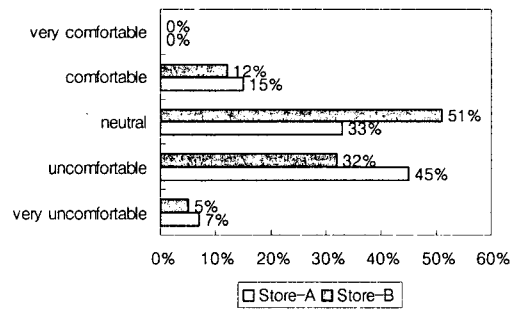

Fig. 17 Questionnaire results for indoor air quality.

측정결과를 기초로 실내 평균 상대습도 60%, 실내공기 온도범위는 19.8~27.8℃, 평균 복사온도 22.3~27.2℃, 기류속도 0.15 m/sec, 착의량 0.9 clo, 활동량 1.2 met인 경우 표준유효온도인 SET는 23~27℃ 범위로서 재실자의 70% 이상이 쾌적감을 느낄 수 있는 것으로 나타났다.

따라서 본 대상건물과 같은 다중이용시설의 경우 실내공기환경의 개선이 가장 시급한 문제임이 파악되었으며, 이를 위하여 건물의 계획시 초기단계인 설계과정에서부터 쾌적한 실내공기환경의 조성을 위한 대책을 고려하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구는 대형 매장의 실내환경 평가와 개선을 목적으로 진행하였으며 실내공기환경 및 온열환경에 대한 측정 및 분석결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) CO_2 가스농도는 A매장, B매장 모두 국내 및 ASHRAE Standard 62-1999 기준치인 1,000 ppm을 초과하고 있었으며 재실자가 집중되는 시간대에는 2,000~2,800 ppm에 이르는 것으로 나타나 외기도입을 위한 공조시스템 및 운전방법에 대한 검토가 필요한 것으로 판단된다. CO 가스농도는 매장 내에서 전반적으로 10 ppm 이하로 유지되고 있었으나 매장 A 무빙워크의 경우 상층 주차장으로부터 유입된 것으로 판단되는 CO 가스로 인해 20 ppm까지 상승하는 것으로 나타나 방풍실을 통한 공기유입 및 무빙워크의 공기유동에 대한 대책이 필요한 것으로 나타났다.

(2) 외기 건구온도의 분포가 하절기 피크시에 나타나는 온도분포를 보이고 있음에도 불구하고 매장내의 실내 건구온도가 지나치게 낮게 유지되고 있는 것으로 나타났다. 이는 단지 실내 열환경적인 불쾌감뿐만 아니라 에너지 설비의 운영 측면에서 상당한 문제점이 있는 것으로 판단된다. 기존의 열원설비가 과다하게 선정되어 있으며 이를 운전하는 경우에도 단지 매장의 영업적인 차원에서 운영되고 있어 이에 대한 대책으로서 실내온도 설정값의 완화 및 냉수공급온도 상향조정, 온도센서의 위치조정 등을 통하여 별도의 초기투자비용 없이 실내환경의 쾌적성을 유지할 수 있으며 동시에 에너지의 효율적 이용이 가능할 것으로 생각된다. 한편, 주출입구가 있는 1층은 30℃까지 상승하였는데 이는 출입구를 통한 외기의 유입 때문인 것으로 판단되며 이는 1층의 푸드코드에서 실내 냄새의 확산을 방지하기 위하여 공조풍량을 음압으로 유지하게 되면서 나타나는 결과로 판단된다.

(3) 남서향의 대형 창가에 위치한 무빙워크에서의 건구온도와 복사온도는 상당한 차이를 나타내고 있었으며 따라서 무빙워크에서 짧은 시간 노출이 되는 경우에도 상당한 불쾌감을 일으킬 수 있으므로 유리로부터의 일사유입을 최소화할 수 있는 방안이 설계시 건축계획 및 설비적인 측면에서 검토되어야 할 것이다.

(4) 실내환경의 쾌적도에 관한 설문조사 및 쾌적도 평가결과 온냉감, 기류감, 습도감 등에 대해서는 대체적으로 만족, 실내공기환경에 대해서는 "보통 이하"로 평가되었다. 실내환경의 쾌적도는 측정결과와 일치하는 것으로 나타났으며, 대형 매장과 같이 다중이용시설의 경우 실내공기환경의 개선이 우선적으로 필요함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Sohn, J. Y., Lee, S. M. and Kang, T. S., 1996, The changing characteristics of CO and CO_2 gas concentration according to the type of a building, Korean thesis of Korean Society of Living Environmental System, pp. 19-20.
2. Lee, S. M., 2000, The evaluation and characteristics of ventilation rates and indoor air quality in buildings, Ph. D. thesis, Hanyang University, Seoul, Korea, pp. 47-54.
3. Hoagland, L. C., Moisture transfer characteristics of heat recovery ventilation systems employing rotary materials-winter and summer conditions, 1998, Draft of paper presented at BTECC Conference on Air infiltration, pp. 86-91.
4. Barringer, C. G. P.E., 1989, Effect of residential air-to-air heat and moisture exchangers on indoor humidity, ASHRAE Transactions Part 1, pp. 464-481.
5. Fisk, W. J. P.E., 1985, Formaldehyde and tracer gas transfer between airstreams in enthalpy-type air-to-air heat exchangers, ASHRAE Transactions Part 1, pp. 173-185.
6. Huang, Y.J., 1989, DOE-2.1D Data base of building loads for prototypical multifamily buildings in the U.S, ASHRAE Transactons Part 2, pp. 786-797.
7. ASHRAE, 1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ANSI/ASHRAE Standard 62-1999, pp. 3-13.
8. Alexander, R. C. P.E., 1992, Comparison of performance indices for heat-recovery ventilators, ASHRAE Transactions Part 2, pp. 71-81.
9. ASHRAE Handbook HVAC Application, 2003, Chap 2, Retail Facility, p. 2.3.