

인체부하를 고려한 대규모 실내경기장의 동계 온열환경 특성 실측조사

Measurement Examination of Indoor Thermal Environment Characteristic in accordance with Heat Loads from Occupant for Large Enclosure in Winter

석 호 태*
Seok, Ho-Tae

채 문 병**
Chae, Mun-Byoung

최 동 호***
Choi, Dong-Ho

요 약

본 연구에서는 대공간의 동계시 인체발열에 따른 실내온열환경의 변화를 실측하고 난방조건 및 외부환경과 관련하여 대공간에서 형성되는 실내온열환경의 특성을 파악하는 것을 목적으로 한다. 본 논문에서는 대공간의 실내수직 및 수평온도분포, 객석의 온도분포, 실내표면온도분포, 객석의 풍속분포, 실내온열쾌적성 등의 실내온열환경을 검토한다.

Abstract

The purpose of this study is to grasp the characteristic of indoor thermal environment from large enclosures in connection with heating condition and outdoor environment. This study has measured indoor thermal environment in accordance with heat loads from occupant for large enclosures in winter. We examined indoor thermal environment of the large enclosures in this study which include temperature distribution vertical, horizontal, seat and surface and thermal comfort environment.

키워드 : 대공간, 온도성층, 인체발열

Keywords : Large enclosures, Heating stratification, Heat generation from occupancy

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 지방자치단체에서는 대표적인 랜드마크에 대해 대외적인 관심을 가지고 있다. 그 중에서도 도시발전과 시민의 행복권 추구라는 점에서 돛경기장 유치에 관한 논의가 활발하게 이루어지고 있으며, 야구·축구 등 인기스포츠의 다중 이용화 및 이벤트, 집회 등 다양하게 사용할 수 있는 대공간을 요구하고 있다.

일반적으로 대공간은 천장고가 높고 실용적이 크

며 거주역이 전체 용적에 비해 작거나 경량화된 외피가 외기에 직접 노출되어 실내외 열이동이 빈번하게 일어나는 대규모 공간이라고 정의 할 수 있다. 대공간 건물은 일반 건물과 달리 실내공간이 거대하고 천장고가 높으며, 실내환경에 대한 요구 조건과 이용형태에 따른 인원수 및 거주역 등이 다양하게 변화하게 된다. 따라서 실내공간의 환경을 사용자가 쾌적하게 느낄 수 있도록 유지하는 온열쾌적성 확보에 어려움이 있으며 실내환경제어의 문제점으로 지적되고 있다.

이에 본 연구에서는 대공간의 동계시 재실자의 인체발열에 따른 실내온열환경 변화를 실측을 통해 확인하고, 난방조건 및 외부환경과 관련하여 대공간에서 형성되는 온열환경의 특성을 파악하는 것을 목적으로 한다.

* 정희원, 영남대학교 건축학부 부교수

** 정희원, 영남대학교 건축공학과 석사과정

*** 교신저자, 정희원, 대구가톨릭대학교 건축학과 교수

Tel : 053-850-2733 Fax : 053-850-2730

E-Mail : dhchoi2@cu.ac.kr

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 동계시 재실자의 인체발열에 따른 실내 온열환경을 파악하기 위하여 배구경기가 열리는 실내체육관을 실측대상으로 선정하였다. 측정항목은 외부기상, 급·배기구의 온습도 및 풍속, 수직·수평온도, 객석의 풍속, 실내표면온도, 흑구온도, PMV 등이며 등간격으로 측정을 실시하였다. 그리고 측정결과를 바탕으로 실내의 수직·수평온도분포, 객석의 온도분포, 실내표면온도분포, 객석의 풍속분포, 실내온열쾌적성 등의 실내온열환경을 검토하고자 한다.

2. 실내온열환경 측정

2.1 측정개요

측정대상 건물은 서울 올림픽 체육공원 내에 위치한 실내경기장으로, 1986년에 준공된 지하 1층, 지상 3층의 철근콘크리트건물로서 건축면적 8,658m², 연면적 16,358m²의 규모이며, 직경 97m, 높이 22.4m이다.

관중석은 1~2층의 고정 관람석(5,223석)과 가변형 관람석(1,635석)으로 6,858명을 수용할 수 있다. 1층은 아레나, 가변형 객석, 사무실, 창고, 대관사무실, 2층은 VIP실, 편의시설, 관중석, 3층은 관중석으로 되어 있다. 측정대상 건물의 열원설비는 공원내 중앙공급실에서 증기가 공급되는 경기장 존과 지역난방공사에서 증온수가 공급되는 사무실 존으로 구분된다. 각 존에서 공급되는 열원은 지하공동구를 통해 측정대상 건물내의 공조기로 공급되어 정풍량 방식으로 공조가 이루어진다. 급기는 아레나 벽면 취출과 3층 객석 취출로 이루어지며, 배기는 천정 중앙부와 3층 객석 위 통행로 벽면 상부에서 이루어진다. 공조시스템은 각 존별로 냉난방용 1대와 환기용 1대가 설치되어 있다.

본 측정에서는 재실자의 인체발열이 있는 상황에서 체육관의 실내온열환경을 측정하였으며, 측정 공간내 대칭성을 고려하여 전체면적 1/2인 반원면적의 등간격 지점에 측정장비를 설치하여 측정하였다.

2.2 측정항목 및 측정지점

실내전체면적의 반원면적을 측정면적으로 선택하

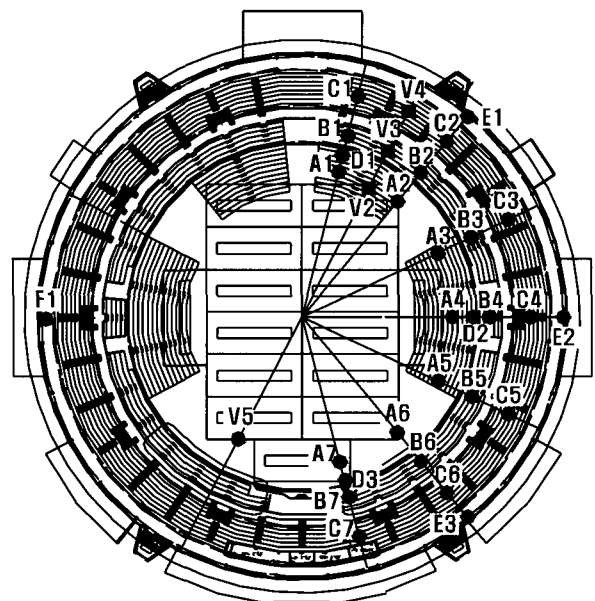
여 중앙을 기준으로 하여 등간격으로 측정지점을 배치시켰다. <그림 1>은 측정대상 건물의 측정지점을 나타내고 있으며, 측정항목은 <표 1>과 같이 모두 10개의 항목으로 측정하였다. <그림 2>는 실내온열환경 측정모습을 나타내고 있다.

외부기상은 측정대상 건물의 외부 인접 평지에 기상스테이션을 설치하여 측정하였다.

급기구·배기구의 온도 및 습도는 아레나의 급기구(D1, D2, D3) 3곳과 2층 객석의 급기구(C2, C4, C6) 3곳, 2층 객석 뒤 통로부분의 배기구(E1, E3) 2곳에서 측정하였다. 급기구·배기구의 풍속은 아레나의 급기구(D1, D3) 2곳과 2층 객석의 급기구(C2, C4, C6) 3곳, 2층 객석 뒤 통로부분의 배기구(E1, E3) 2곳에서 측정하였다.

수직온도는 V2~V5지점에서 모두 아레나 바닥면을 기준으로 0.1m 높이에서 측정점이 시작되며, 거주역인 3m 높이까지는 아레나 바닥면을 기준으로 하여 0.5m 간격으로, 3m 이상의 높이에서는 1.5m 간격으로 측정점을 설치하였다. 수평온도는 A1~A7, B1~B7, C1~C7지점에서 객석바닥을 기준으로 0.1m와 1.1m 높이에 측정센서를 설치하여 측정하였다. 실내표면온도는 실내전체면적의 1/2인 반원면적이 한눈에 보이는 지점(F1)에서 촬영하였다.

객석의 풍속은 1층 객석부분(B1~B7) 7곳과 2층



<그림 1> 측정대상 건물의 측정지점

〈표 1〉 측정대상 건물의 측정항목

측정항목	측정기기	측정지점 개수(point)	측정지점
외부기상	DAVIS/세창 인스트루먼트	1	측정대상건물 외부에 설치
급기구 배기구 온도 및 습도	SK-sato/KEIRYOKI	급기구	6 D1, D2, D3, C2, C4, C6
		배기구	2 E1, E3
급기구 배기구 풍속	Hotwire Anemometer /8570	급기구	5 D1, D3, C2, C4, C6
		배기구	2 E1, E3
수직온도	SOAM-TLS Monitoring Device (TLS)	57	V2~V5
수평온도	SOAM-TLS Monitoring Device (TLS)	0.1m	21 A1~A7, B1~B7, C1~C7
		1.1m	21
실내표면온도	THERMO TRACER/TH5104R	1	F1
객석의 풍속	Hotwire Anemometer /8570	1층객석	7 B1~B7
		2층객석	7 C1~C7
흑구온도	SOAM-TLS Monitoring Device	1층객석	3 B2, B4, B6
		2층객석	3 C2, C4, C6
PMV	Thermal Comfort Meter /AM-101	1	B4

객석부분(C1~C7) 7곳에서 측정하였으며, 흑구온도는 1층 객석부분(B2, B4, B6) 3곳과 2층 객석부분(C2, C4, C6) 3곳에서 측정하였다. PMV는 중간점인 B4지점에서 측정하였다.

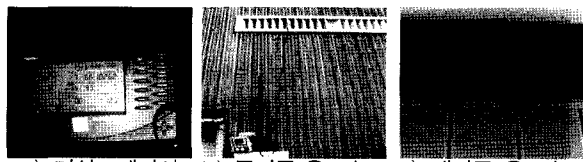
2.3 측정조건

2007년 2월 23일 예비실험과 2월 24~25일 본 실험을 실시한 후 배구경기가 열리는 2007년 2월 24일을 선택하여 실내경기장에서 하루 동안 측정을 실시하였다. 난방은 08시~12시까지 운전하였으며, 배구경기는 14시~18시까지 2경기가 진행되었다.

관람객은 12시부터 입장하였으며, <표 2>는 시간대별 관람객수를 나타내고 있다. 취출방식은 정풍량 방식이며 Air Tight Damper를 적용하고 있다. 경기장 내 출입구는 관람객 출입시 외에는 닫혀 있었다. 공조기는 1:2기계실 각 1대이며, 정압은 70(mmAq), 풍량은 33,000(CMH), 난방시 열량은 189,000(kcal)이다.

〈표 2〉 시간대별 관람객수

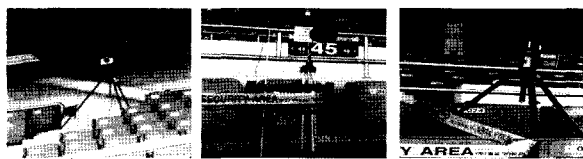
시간	관람객(명)	난방
08:00~12:00	20~30(진행요원수)	ON
12:30	55	OFF
13:00	166	OFF
13:30	367	OFF
14:00	657	OFF
14:30	934	OFF
15:00	1072	OFF
15:30	1276	OFF
16:00	1722	OFF
16:30	2100	OFF
17:00~18:00	2100~2150	OFF



a) 기상스테이션 b) 급기구 온·습도 c) 배기구 온·습도



d) 수직온도 e) 수평온도 f) 객석의 풍속



g) 실내표면온도 h) 흑구온도 i) PMV

〈그림 2〉 실내온열환경 측정모습

2.4 측정방법

외부기상은 측정대상건물의 외부 인접 평지에 기상스테이션을 설치하여 온도, 습도, 일사량 등의 데이터를 실시간으로 저장하게 하였다.

급기구·배기구의 온도 및 습도는 Air Tight Damper 중앙에 SK-SATO 센서를 위치시키고 10초 간격으로 SK-SATO에 자동으로 저장되게 하였다.

급기구의 풍속은 열선풍속계를 사용하여 T.A.B)

1) T.A.B (Test · Adjusting · Balancing) 시험 · 조정 · 평가

작업지침서에 규정하고 있는 방법에 의하여 풍속을 측정하였다.

수직온도는 V2~V5 지점 모두 아래나 바다면을 기준으로 0.1m 높이부터 TLS²⁾의 온도센서 칩을 연결하여, 거주역인 3m 높이까지는 아래나 바다면을 기준하여 0.5m 간격으로, 3m 이상의 높이에서는 1.5m 간격으로 TLS 온도센서 칩을 설치하였다. 수평온도는 A1~A7, B1~B7, C1~C7 지점에 객석바닥을 기준으로 0.1m와 1.1m에 TLS 온도센서 칩을 설치하여 측정하였으며 Monitoring Device를 통해 10초마다 컴퓨터에 저장되도록 하였다.

실내표면온도는 실내전체면적의 1/2인 반원면적이 한눈에 보이는 지점을 선정하여 촬영하였다. 촬영은 아래나, 중앙객석부분, 좌측객석부분, 우측객석부분, 천정부분으로 나누어 실시하였고, 9시~18시까지는 1시간 간격으로, 18시~24시까지는 3시간 간격으로 촬영하였다.

객석의 풍속은 열선풍속계를 사용하여 5초 단위로 12회 측정하여 평균값을 측정치로 하였다.

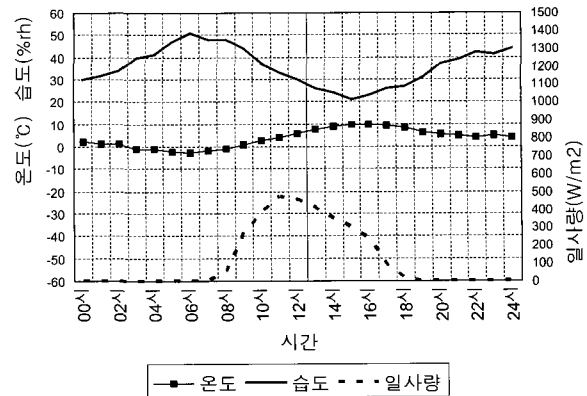
흑구온도는 흑구 안에 TLS 온도센서 칩을 설치하였으며, Monitoring Device를 통해 10초마다 컴퓨터에 저장되도록 하였다.

PMV는 열쾌적측정기를 사용하였으며, 쾌적성을 평가하기 위한 PMV 입력조건들은 ISO 7730에 따라 착의량은 실내 겨울철 의복에 해당하는 1.2 clo, 활동량은 착석안정 상태인 1met로 설정하여 20분 간격으로 건구온도, 상대습도, 평균복사온도, 기류속도, PMV 값을 자동으로 측정하였다.

3. 측정결과 및 실내온열환경 평가

3.1 외부기상

측정일인 2월 24일의 외기온도는 최고기온이 영상 9.9℃, 최저기온이 영하 2.6℃로서 겨울 날씨로는 비교적 높은 외기온도를 나타내었으며, 상대습도는 21%~51%를 나타내었다. 측정대상 건물의 외부기상



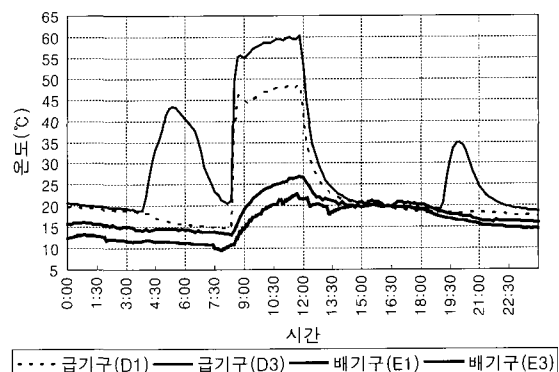
〈그림 3〉 외부기상조건

조건은 <그림 3>과 같다.

3.2 급기구·배기구의 온도

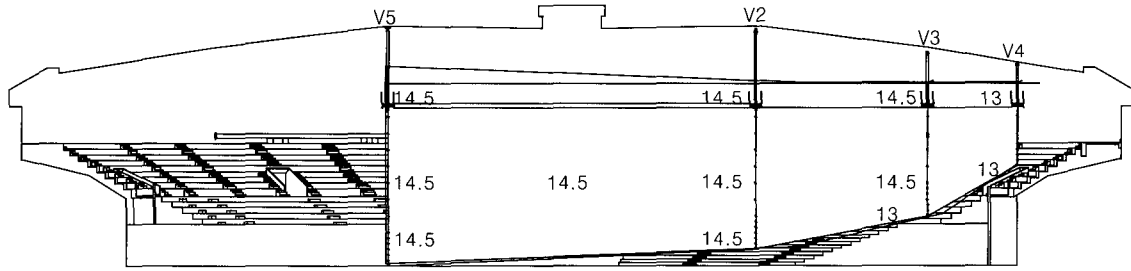
<그림 4>는 급기구·배기구의 온도측정결과를 나타내고 있다. 난방가동 중 D1에 위치한 급기구는 4~5℃이상, D3에 위치한 급기구는 55℃ 이상의 급기온도로 11.7℃의 온도차를 보였으며, 배기구 E1, E3의 온도는 최대 22.6℃, 26.6℃로 4℃ 전후의 온도차가 나타났다.

D3에 위치한 급기구에서 4시~8시, 19시~21시에 온도가 급격히 상승하였다. 이는 측정대상 건물의 인접건물에서 종교집회행사가 개최되어 4시~8시에 2시간, 19시~21시에 1시간 동안 난방이 실시된 것으로, 난방이 실시된 열원은 중앙공급실에서 수동으로 제어하는 밸브를 열어 지하 공동구를 통해 각 건물내 공조기로 공급받아 난방이 이루어진다. 따라서 측정대상 건물에 공급된 열원이 D3에 위치한 급기구를 통해 온풍이 급기되어 온도가 상승한 것으로 판단된다.

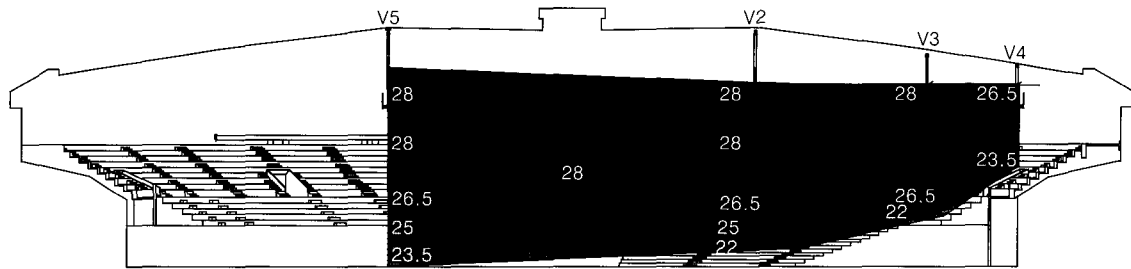


〈그림 4〉 급기구·배기구 온도

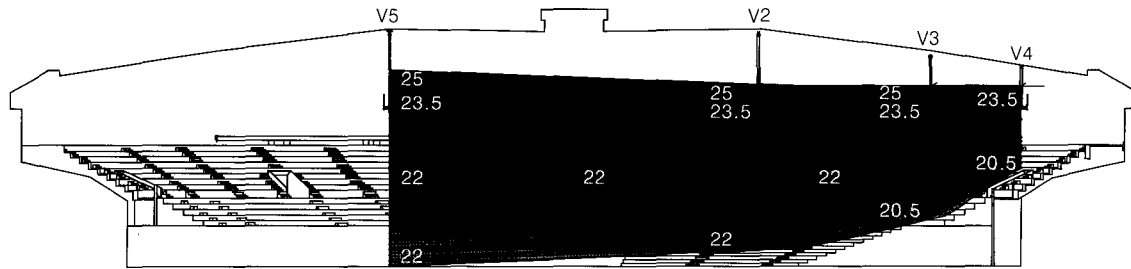
2) TLS(Temperature monitoring with thermal Line Sensor)는 모니터링 측정시스템으로 케이블내에 많은 센서가 장착되더라도 각 온도센서 칩의 정확한 위치에 대한 온도 값이 동시에 측정될 수 있는 센서이다.



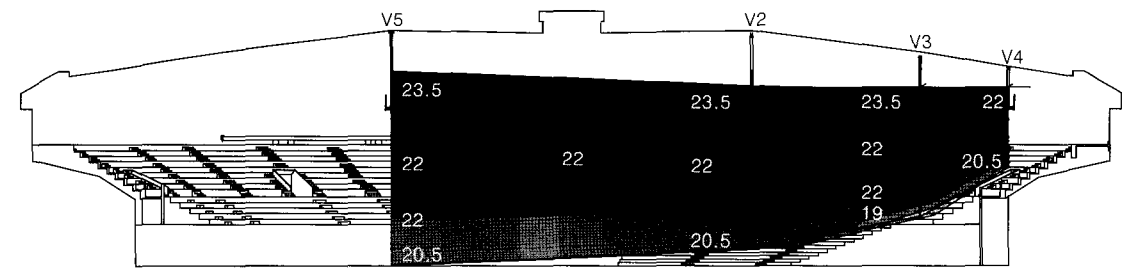
(a) 08시 - 난방 시작



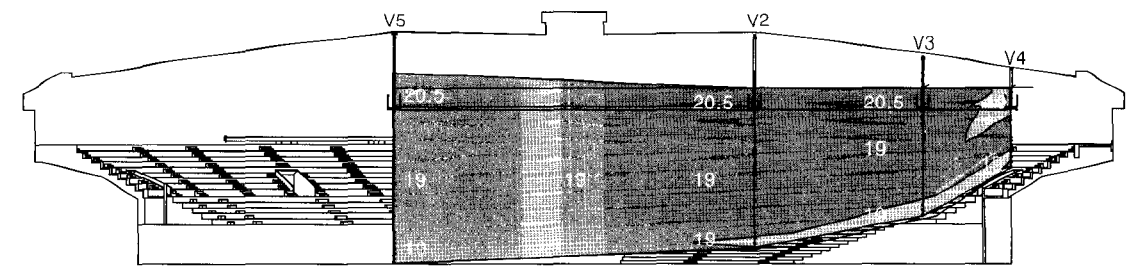
(b) 12시 - 난방 종료



(c) 14시 - 경기 시작 (관람객 : 657명)



(d) 18시 - 경기 종료 (관람객 : 1722명)



(e) 20시 - 경기 종료 2시간 후



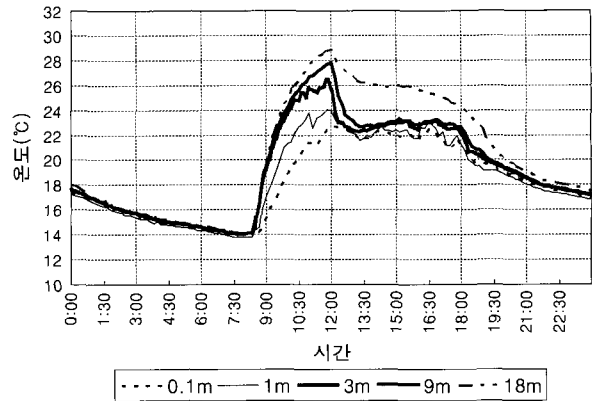
〈그림 5〉 수직온도분포

3.3 수직온도분포

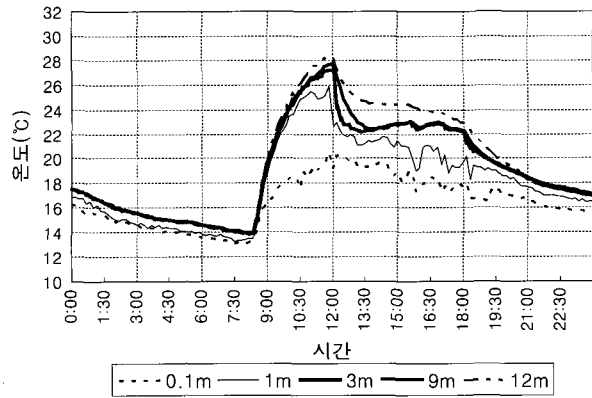
<그림 5>는 시간에 따른 수직온도분포를 나타내고 있다. 난방 시작시의 수직온도는 비슷한 양상으로 상하온도의 차이가 작게 나타났다. 난방개시 후 4시간이 경과되어 난방이 종료된 12시의 각 측정지점 수직온도를 살펴보면, 4°C~6°C의 상하온도차를 보이고 있으며, 1층 객석(V3)은 배구경기의 관람객 출입구가 있는 관계로 차가운 외기가 유입되어 온도차에 의한 온도성층이 형성된 반면, 2층 객석(V4)에서는 낮은 층고의 영향으로 상·하온도차가 낮게 나타났다. 한편, 난방종료 후 2시간 경과(14시)된 시점부터 경기가 시작되면서 난방시 생성된 온도성층이 서서히 완화되었다. 그러나 지속적인 인체발열로 인해 실내 상하온도구배는 경기종료시까지 장시간 유지되었으며 거주영역 주변은 20°C~22°C의 기온으로 형성되었다. 경기종료 후(18시 이후)부터는 급격한 실온강하가 발생하였다. 이것은 경기종료 후 재실자의 인체발열이 제거되면서 실내 열에너지가 실외 저온공기와 에너지교환이 발생되면서 기인된 결과로 판단된다.

3.4 수직온도변화

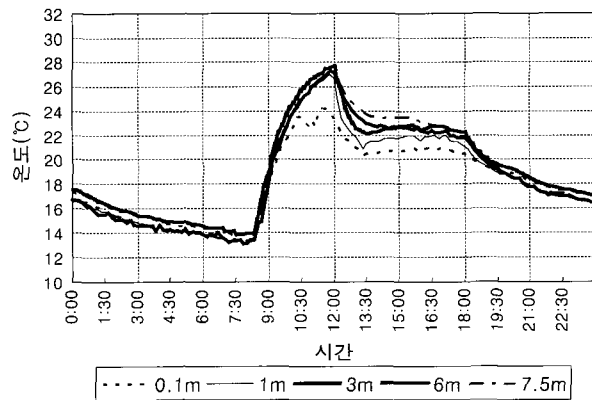
<그림 6>은 높이에 따른 수직온도변화를 나타낸 것으로, 아레나의 수직온도는 배구경기로 인해 측정이 불가능하여 수직온도변화에 대한 검토에서는 제외시켰다. 난방전의 실내온도는 외기온도의 영향으로 일출직후에 하루 중 최저 실내온도를 나타내었으며, 각 위치 및 높이에 관계없이 균등한 온도분포를 보였다. 이에 반해 난방이 가동된 8시~12시까지는 급속한 온도상승과 큰 온도구배가 발생하였으며, 고온의 공기는 부력에 의해 상부로 이동하였다. 그 결과 저온의 공기는 하부로 이동하여 가변형 객석보다 높은 위치에 있는 1층·2층 객석의 온도가 상대적으로 고온으로 형성되었다. 13시부터 18시까지 높이별 온도차를 살펴보면, 1층 객석(V3)은 관람객 출입구가 있는 관계로 상하온도차가 높게 나타났으며, 경기가 종료된 18시 이후에도 온도차가 지속되고 있었다. 하지만 가변형 객석(V2)과 2층 객석(V4)에서는 낮은 상하온도차로 인해 온도성층이 완화된



(a) 가변형 객석 (V2)



(b) 1층 객석 (V3)



(c) 2층 객석 (V4)

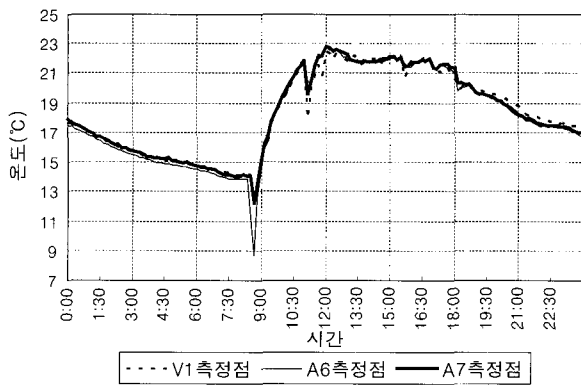
<그림 6> 수직온도변화

것으로 나타났으며, 경기가 진행 중인 14시에서 18시까지는 관람객에 의한 인체발열의 영향으로 22°C 전후의 온도가 유지되고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 관람객에 의한 인체발열이 공간내 수직온도구배를 지속적으로 유지시키는 원동력으로 작용하였다고 판단된다.

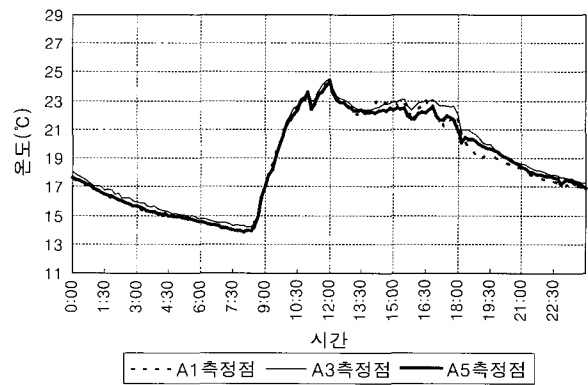
3.5 수평온도분포

<그림 7>은 수평온도분포를 나타내고 있다. 아레나나 1.1m 높이의 수평온도에서는 8시 30분~09시, 11시~11시 30분 동안에 배구경기 진행요원들의 빈번한 출입으로 인해 각각 0.9°C~5.1°C, 1.5°C~3.6°C의 온도차가 나타났다. 13시 30분~18시까지의 수평온도

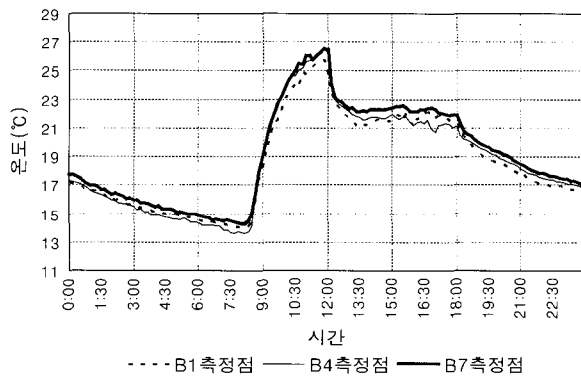
분포를 살펴보면, 가변형 객석의 경우 A1, A3의 온도가 상대적으로 A5의 온도보다 높게 나타났으나 개구부가 있는 1층 객석의 경우 관람객의 출입으로 인해 B1, B4온도가 B7의 온도보다 낮게 나타났다. 한편, 2층 객석은 관람객이 거의 착석하지 않은 관계로 균일한 온도가 나타났다. 이는 A1, A3에 편중되



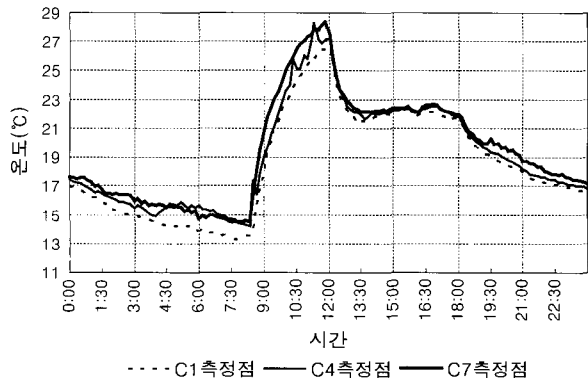
(a) 아레나 온도



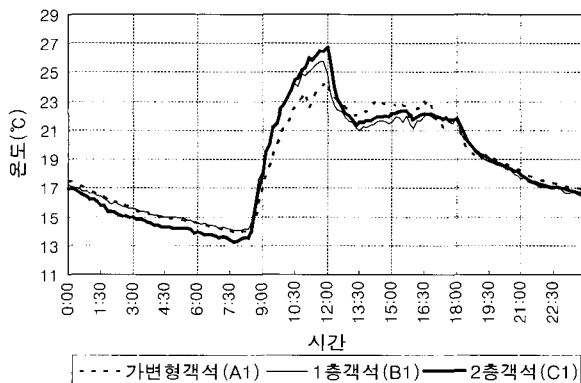
(b) 가변형 객석 온도



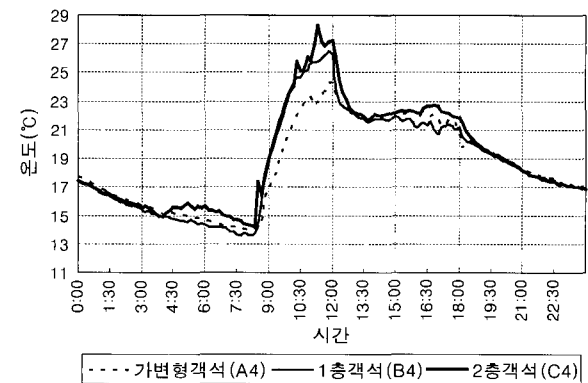
(c) 1층 객석 온도



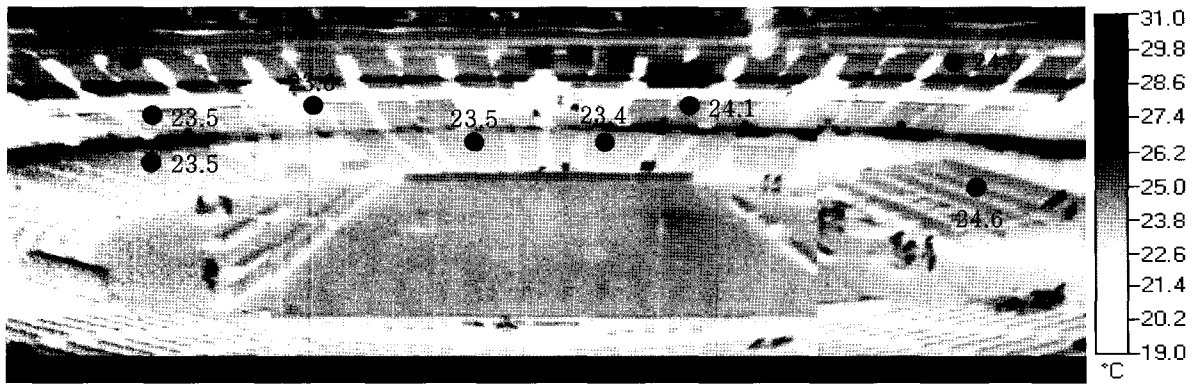
(d) 2층 객석 온도



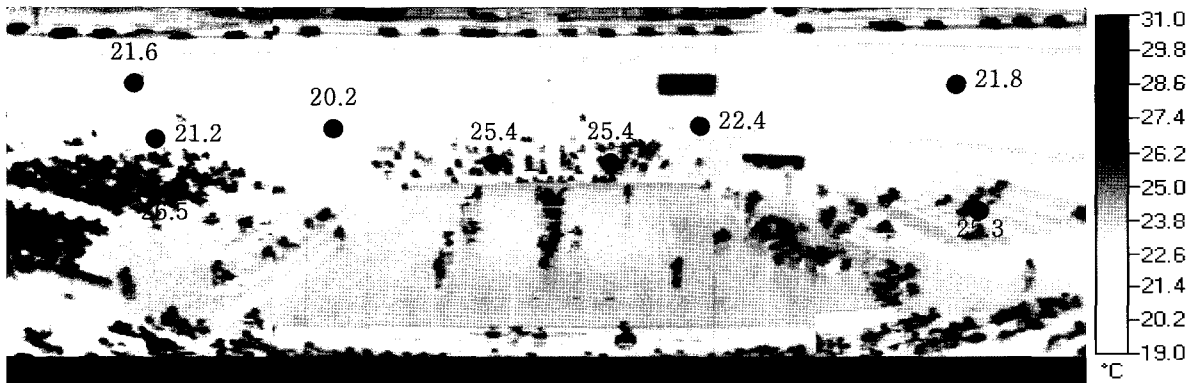
(e) 객석별 온도비교



<그림 7> 수평온도분포 (바닥면기준 1.1m)



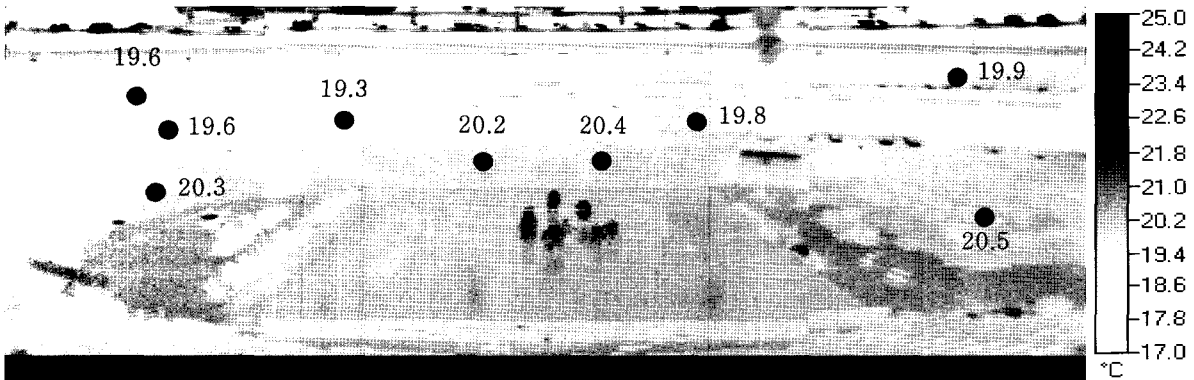
(a) 12시 - 난방 종료



(b) 14시 - 경기 시작 (관람객 : 657명)



(c) 18시 - 경기 종료 전 (관람객 : 1722명)



(d) 20시 - 경기 종료 2시간 후

〈그림 8〉 관람객 유·무에 따른 실내표면온도분포

어 착석한 관람객의 인체발열에 의해 온도가 상승한 것으로 판단되며, 각 객석의 수평온도가 21℃를 상회하여 경기종료시까지 온도가 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

3.6 객석의 온도분포

<그림 7 (e)>에서와 같이 난방 가동 중에는 가변형 객석과 1층 객석, 2층 객석의 온도차가 높게 나타났으나, 난방종료 후 배구경기가 진행 된 14시~16시의 각 객석의 온도분포비교에서는 가변형 객석과 1층 객석, 2층 객석 모두 비슷한 온도 분포를 나타내었으며, 수평온도가 22℃전후로 나타난 것은 관람객의 인체발열에 의한 것으로 판단된다.

3.7 표면온도분포

관람객 유·무에 따른 경기장 실내의 표면온도는 <그림 8>과 같이 나타내었다. 난방이 시작되어 종료된 직후인 12시의 객석 표면온도는 최저 23.4℃, 최고 24.6℃로서 객석 모두 비슷한 온도분포를 나타냈다.

그러나 배구경기가 진행된 <그림 8 (b), (c)>에서 관람객이 착석해 있는 가변형 객석과 1층 객석은 관람객이 비어 있는 객석보다 4.5℃~5.3℃ 높게 나타났다.

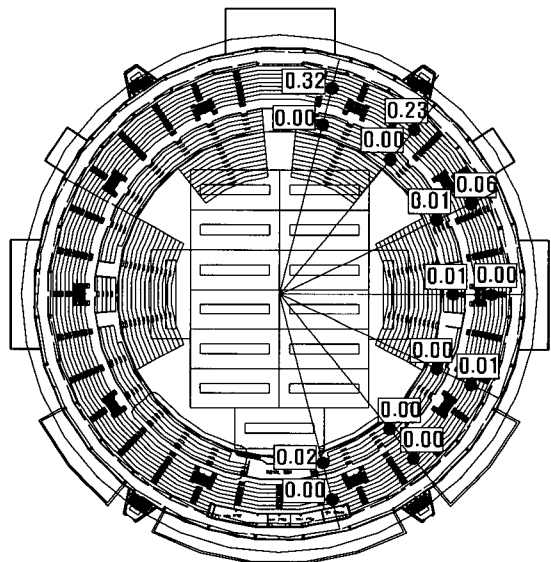
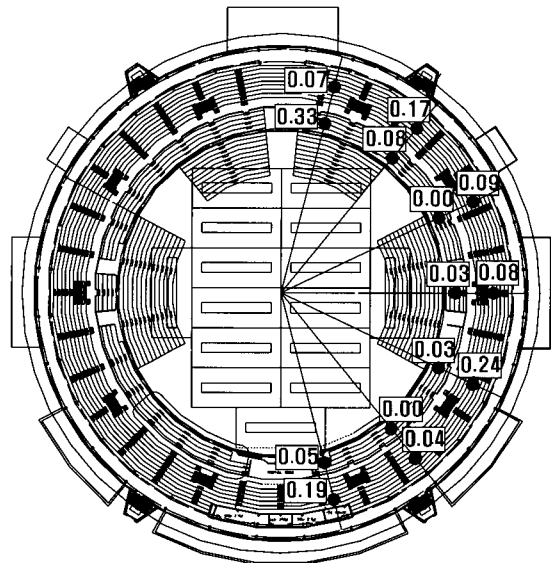
이것은 관람객의 인체부하에 의한 영향으로 표면온도가 상승한 것으로 파악되었다. 한편 관람객이 비어 있는 객석은 표면온도가 계속 떨어지고 있으며, 경기종료 2시간 후 객석의 표면온도는 급격히 낮아져 20℃ 전후의 온도분포가 나타났다. 따라서 경기장내 관람객 유·무에 따른 인체발열이 온도변화에 영향을 미친 것으로 판단된다.

3.8 객석의 풍속분포

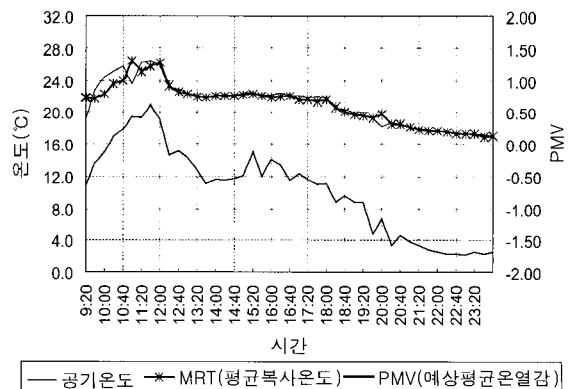
10시와 14시에 측정된 객석의 풍속은 <그림 9>와 같이 0%~0.33%의 저풍속이 측정되어 급기류에 의한 draft는 발생하지 않는 것으로 나타났다.

3.9 실내온열쾌적성 검토

<그림 10>은 MRT(Mean Radiant Temperature),



단위 : %
<그림 9> 객석의 풍속



<그림 10> MRT, PMV 분포

PMV(Predicted Mean Vote)의 측정결과를 나타내고 있다. MRT는 실내기온과 비슷한 분포를 보이고 있으며, 난방이 시작되어 11시까지 MRT가 기온보다 2°C 정도 높게 나타나 쾌적한 조건이라고 할 수 있다.

난방이 가동된 오전 중에 9시 20분 이전과 11시 40분 전후를 제외하고는 PMV가 ISO-7730 쾌적기준인 $-0.5 < PMV < +0.5$ (PPD < 10%)를 만족하였다. 그러나 난방이 종료된 이후부터는 PMV값이 급격히 떨어졌으며, 2경기가 진행된 배구경기의 시작과 종료에 따른 관람객의 이동으로 인해 PMV값은 다소 변화하는 양상을 나타내고 있으나 배구경기가 진행되고 있는 15시부터 17시까지의 PMV값이 $-0.46 \sim -0.12$ 로 나타나 ISO-7730 쾌적기준을 만족하여 실내온열환경을 유지하였다. 따라서 동계시임에도 불구하고 경기 진행 중에는 재실자의 인체발열로 인해 별도의 난방이 필요하지 않는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

대공간에서 동계시 재실자의 인체발열에 따른 실내온열환경을 실측을 통해 확인하고 실내의 수직수평 온도분포, 객석의 온도분포, 실내표면온도분포, 객석의 풍속분포, 실내온열쾌적성 등의 실내온열환경을 검토하였다. 본 연구에서 측정대상 건물에서의 측정 및 평가결과는 다음과 같다.

- 1) 수직온도의 측정결과, 난방시 가변형 객석보다 높은 위치에 있는 1층2층 객석의 온도는 고온의 공기가 부력으로 인해 상부로 이동하여 상대적으로 고온으로 나타났으며, 객석의 위치가 높을수록 수직온도 변화폭이 낮은 것으로 나타났다. 경기진행시 1층 객석은 관람객의 출입구가 있는 관계로 상하온도차가 높은 반면, 2층 객석에서는 낮은 층고의 영향으로 상하온도차가 낮게 나타났다. 경기진행시 수직온도가 22°C 전후의 온도를 유지하는 것은 경기장내 관람객의 인체발열에 의한 영향을 받은 것으로, 경기진행 중 공간내 수직온도구배가 지속적으로 유지되는 원동력으로 작용하였다.
- 2) 수평온도분포를 분석한 결과, 경기진행 중 객석별 각 측정지점의 온도는 21°C~23°C로 나타

났으며, 관람객이 집중되어 있는 객석의 경우 관람객의 인체 발열에 의해 온도가 상승한 것으로 판단되며, 이로 인해 각 객석의 수평온도가 경기종료시까지 21°C를 상회하여 온도가 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

- 3) 객석의 온도분포 측정결과, 난방이 종료된 후 경기진행 중의 객석 온도분포가 22°C 전후로 나타난 것은 관람객의 인체발열에 의한 것으로 판단된다.
- 4) 관람객 유·무에 따른 경기장 실내의 표면온도 측정결과, 배구경기 진행시 관람객이 착석해 있는 객석은 관람객이 비어 있는 객석보다 4.5°C~5.3°C 높게 나타나 관람객의 인체발열에 의한 영향으로 표면온도가 상승한 것으로 파악되었다. 이는 경기장내 관람객 유·무에 따른 인체발열이 온도변화에 영향을 미친 것으로 판단된다.
- 5) 실내온열쾌적성 검토 결과, 배구경기가 진행되고 있는 15시부터 17시까지의 PMV값이 $-0.46 \sim -0.12$ 로 나타나 ISO-7730 쾌적기준을 만족하여 실내온열환경을 유지하는 것으로 조사되었다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(과제번호#06 R&D B03)에 의해 수행되었습니다. 또한 실측실험을 수행함에 있어서 많은 협조와 도움을 주신 국민체육진흥공단 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 이상욱, "대공간 공조, 환기 설비 사례 및 분석에 관한 연구", 쌍용건설기술연구소, 가을호 v.40 2006, pp.54~59
2. 김두성 외, "대공간 열환경 검토 사례", 설비저널 제 30권 제4호, 2001, pp.25~32
3. 井啓明, 外 3名, "東京ドームの設備計画と実施(その2)空気設備", 空気調和・衛生工学, 第64卷 第4号, 1990.01, pp.60~70
4. 村上周三 外 2名, "大規模屋内体育館の温熱空

- 気環境に関する実測調査 東京体育館における暖房時の結果", 空気調和・衛生工学会学術講演会 講演論文集, 1990, pp.1293~1296
5. 中原利之 編集委員会, "ドームの建築, ドーム建築の事例", 空気調和・衛生工学 第73巻 第10号, pp.11-51
 6. 川瀬貴晴 외 3명, "さいたまスーパーアリーナの空気調和・衛生設備", 空気調和・衛生工学 第77巻 第10号, pp.19-25
 7. 大黒雅之 외 7명, "空間形状が変化する大空間観覧場における空調方式に関する研究, 第1報 冬期における暖房実測", 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 2000, pp.1465~1467
 8. 原広司 외 5명, "札幌ドームの熱環境計画と実施", 空気調和・衛生工学 第78巻 第10号, pp.47-54
 9. 大高一博, "ドーム建築の空調設備, ドーム型スポーツホールと居住域空調", 空気調和・衛生工学 第73巻 第10号, pp.1-6
 10. ISO-7730, Moderate thermal environments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 1984