

## 사례조사를 통한 대공간의 열환경 분석에 관한 연구

정 성 진<sup>\*†</sup>, 윤 해 동<sup>\*</sup>, 변 운 섭<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>(주)우원엠앤이 부설연구소, <sup>\*\*</sup>(주)우원엠앤이

### A Study on the Characteristics of Thermal Environment in Large Space by Case Study

Seong-Jin Jeong<sup>\*†</sup>, Hae-Dong Yun<sup>\*</sup>, Woon-Seob Byun<sup>\*\*</sup>

*Reseach institute, Woowon M & E, Seoul 151-015, Korea*

**ABSTRACT:** Recently, the size of Large Space has been gradually enlarged, according to the development of technology, and because they're used not only for indoor events, but also for various outdoor sports, for example, baseball or soccer. Therefore, there are more demands for developing indoor environment control technology to establish indoor thermal-environment which is proper for different events held in Large Space. This study aims at offering some basic data which can be referred to as the construction guide for the full-scaled construction of Large Space in Korea by arranging the matters to be attended to in designing, and controlling technologies for efficient Large Space design.

**Key words:** Large space(대공간), Thermal-environment(열환경), CFD(전산유체역학)

#### 1. 서론

국내의 경우 올림픽을 시작으로 첨단 건축공법에 의해 다양한 형태의 대공간이 건설되었고 최근에는 실내스포츠용 경기장뿐만 아니라 실외경기장인 경륜장, 야구장 등이 돔형 대공간으로 바뀌어 가고 있다. 또한 여가시간이 증대됨에 따라 여가시간 활용을 위한 스포츠 공간 및 대규모 집회공간의 수요가 점차 높아지고 있으며 한국야구 위원회를 비롯한 지방자치단체의 돔 경기장 추진 계획이 발표되면서 대공간에 대한 연구의 필요성과 관심이 증가하고 있다.

대공간은 실내를 인공적, 기계적으로 조절하여 보다 쾌적한 공간에서 계절조건에 제한 없이 집회, 이벤트 행사를 비롯한 야구, 축구 등 각종 스포츠 경기를 진행할 수 있는 장점을 가지고 있는

반면, 높은 천장고에 의한 공기분포상의 문제와 행사 및 집회공간의 특성상 일시에 수천에서 수만의 관객이 운집하는 특징을 가지고 있어 실내환경 제어측면에 많은 어려움이 발생하고 있다. 따라서 대공간은 일반 건축물과는 차별화된 실내환경조절 수법이 요구되어진다. 이와 같은 문제들로 인해 대공간은 초기계획 시점에서의 정확한 예측과 운영특성에 따른 실내환경 조절 기법이 고려되지 않는다면 에너지소비가 큰 건축물이 될 우려가 있다.

이에 본 연구에서는 실측사례를 통해 대공간에서 발생하는 열환경 특성을 파악한 후, 대공간 설계사례를 통해 계획단계에서 고려된 사항과 CFD해석으로 나타난 열환경을 분석함으로써 대공간의 실내환경개선 및 에너지절약 방안을 위한 기초데이터로 활용코자 한다.

† Corresponding author

Tel.: +82-2-860-9725; fax: +82-2-860-9788

E-mail address: korjsj@300302.com

## 2. 연구 방법

본 연구에서는 실측사례에서 나타난 온도분포, 기류분포를 중심으로 대공간의 실내환경 특성을 파악하고 대공간에서 발생할 수 있는 문제점을 조사하였다. 이를 바탕으로 실측사례와 유사한 특성을 가지고 있는 대공간 설계사례를 조사하여 설계단계에서 고려된 사항과 문제점을 분석하였다. 실측에서 나타난 온도분포 및 기류분포의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 설계사례에 적용된 공조방식을 조사하였으며 설계사례의 CFD분석을 통해 나타난 실내온도분포 및 기류분포를 분석함으로써 대공간의 실내열환경 특성 및 공조방식을 평가하였다.

## 3. 실측 사례를 통한 대공간 열환경 분석

### 3.1 실측 대공간 개요

실측대상건물은 수도권 소재 체육공원 내에 위치한 실내체육관으로 1986년 준공된 지하1층, 지상3층(높이:22.4m, 직경:97m)의 철근콘크리트 구조로서 건축면적 8,658㎡, 연면적 16,358㎡ 규모이다. 1,2층 객석 5,223석, 가변형 객석 1,635석을 갖추고 있으며, 지하층은 기계실, 전기실, 1층은 경기장 아레나, 가변형 객석, 사무실, 2층은 객석, VIP실, 3층은 객석으로 배치되어 있다. 지붕구조는 케이블 돔 구조로서 실리콘 코팅 유리섬유로

마감되었다.

공조시스템은 경기장 존에 냉난방용 1대와 환기용 1대, 사무실 존에 냉난방용 1대와 환기용 1대가 각각 설치되어 이들이 경기장 존과 사무실 존에 정풍량 방식으로 열원을 공급한다.

### 3.2 실측 대공간의 열환경 특성

#### 3.2.1 온도분포

##### (1) 냉방

냉방시의 수직온도분석 결과 밀도가 큰 저온의 취출기류가 하부로 이동함에 따라 하부공간에서는 설계기준온도를 만족하였으나 천장의 상부공간에서는 상승된 고온의 공기가 축적되어 온도성층이 형성되었다. 상부공간에 형성된 온도성층은 상층부에 배기팬을 설치하여 배출함으로써 고온의 공기가 거주역까지 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

##### (2) 난방

경기장 중앙의 상하온도차는 [Fig. 1, 2]에서와 같이 비난방시의 경우 2℃ 정도로 작게 나타났으나, 난방시의 경우 상하 온도차가 5℃ 전후로 비교적 크게 형성되었다. 1층 객석과 2층 객석에서는 상대적으로 낮은 층고의 영향으로 상하온도차는 작아진 반면, 평균기온은 높이가 높은 만큼 상대적으로 고온을 나타내었다. 난방시의 경기장 중앙의 수직온도분포를 분석한 결과, 실측 대상

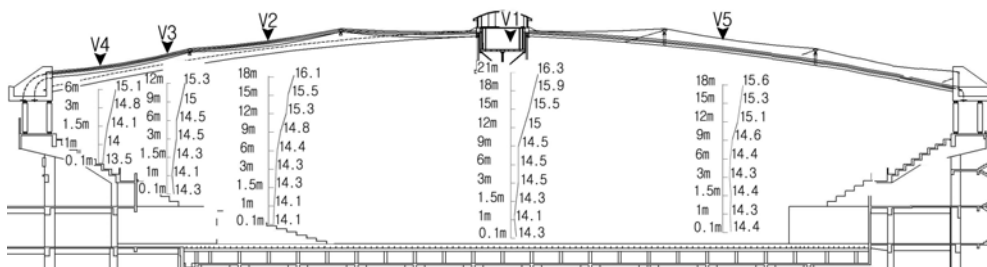


Fig. 1 Temperature distribution in large space(without heating)

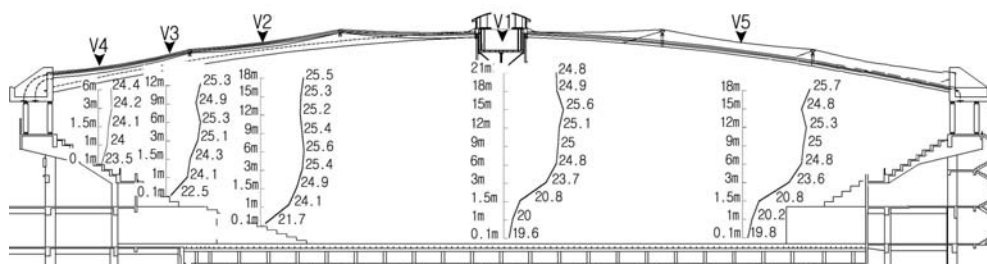


Fig. 2 Thermal stratification in large space(heating)



a) Seat zone(Heating)



b) Seat zone(Cooling)



c) Arena zone(Heating)



d) Arena zone(Cooling)

Fig. 3 Air flow patterns of heating and cooling

공간에서는 상부1.5~3.0m 높이를 경계로 급격한 온도변화를 나타냄으로서 상부의 온도성층이 이 위치까지 확장한 것을 확인할 수 있었다[Fig. 2].

### 3.2.2 기류분포

#### (1) 냉방

냉방시의 기류가시화 실험에 의한 기류흐름을 [Fig. 3(b, d)]에 나타내었다. 냉방시의 경기장 취출기류는 객석 선단 급기구에서 아레나로 향해 취출된 후 급기류의 부력에 의해 공간하부로 서서히 하강한 후 경기장에 근접한 위치에서 주변으로 서서히 확산되는 양상을 나타내었다. 객석 급기구에서는 객석바닥부근에서 저속으로 취출된 급기류가 서서히 하강한 후 객석을 따라 하부로 확산되는 모습을 나타내었다. 따라서 취출구 상부에 위치한 객석영역에는 직접적인 취출기류의 영향을 받지 못하는 것으로 나타났다.

#### (2) 난방

난방시의 기류가시화 실험에 의한 기류흐름을 [Fig. 3(a, c)]에 나타내었다 난방시의 취출기류는 경기장 급기구에서 경기장으로 향해 취출된 후 급기류의 강한 부력에 의해 공간상부로 빠르게 상승한 후 지붕에 근접한 위치에서 주변으로 서서히 확산되는 양상을 나타내었다. 객석 급기구는 객석바닥부근에서 저속으로 취출된 급기류

가 취출과 동시에 상승한 후 공간상부에서 확산되는 모습을 확인할 수 있었다. 따라서 경기장 바닥부근으로는 취출기류가 직접적으로 도달되지 못하였다.

## 4. 설계사례 조사

### 4.1 ○○대표종합훈련원-다목적체육관

#### 4.1.1 공조방식 및 고려사항

- (1) 전공기방식으로 충분한 환기량 확보를 고려
- (2) 측면취출+상부배기 공조방식 적용
- (3) 온도 성층화 해소를 위한 기류유인팬 설치
- (4) 상·하부 환기창 설치로 자연환기 및 중간기 외기냉방을 극대화

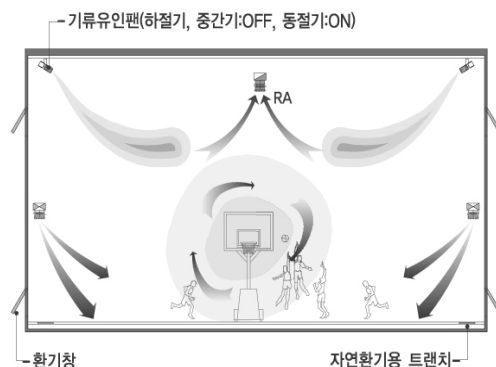
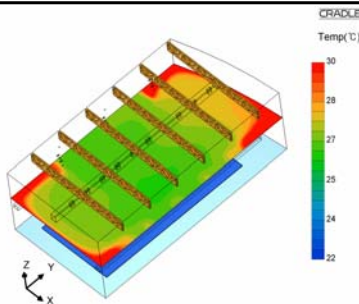
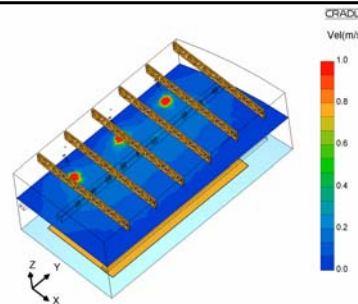
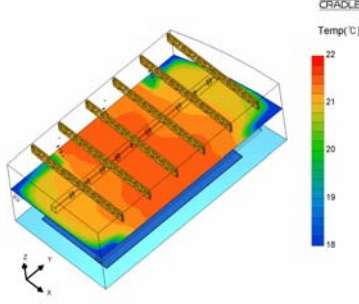
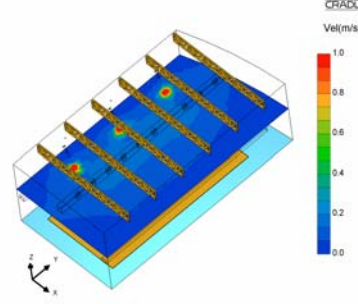


Fig. 4 Air conditioning system

Table 1 Analysis of CFD result

Subject	Temperature distribution	Air flow distribution
Cooling		
Heating		

4.1.2 CFD분석 결과

- (1) 온도분포 : 냉방시 23~26℃, 난방시 20~22℃로 양호한 온도분포를 나타냄
- (2) 기류분포 : 경기장부분 0.24m/s, 관람석부분 0.16m/s로 안정적인 유속을 나타내어 드래프트 방지

4.2 ○○체육부대-실내종합경기장

4.2.1 공조방식 및 고려사항

- (1) 상부취출+하부환기+객석부 천정복사 패널로 온열환경 개선 및 지붕살수에 의한 냉방부하 감소
- (2) 관람석 중심의 기류환경 조성, 온도 성층화 해소를 위한 기류유인팬 설치
- (3) 복사난방으로 객석부 온열 환경 향상

4.2.2 CFD분석 결과

- (1) 온도 : 관람석 및 경기장 전 영역에서 국부적인 냉(온)열감에 의한 불쾌감의 발생 없이 설계실온을 충족하였으며 난방시 상부 복사 패널 방사에 의해 관람석 상·하 전 영역에서의 균일한 온도분포를 형성하였다.
- (2) 기류 : 국부적인 기류유동에 의한 불쾌영역이 발생하지 않고 상부 기류유인팬에 의한

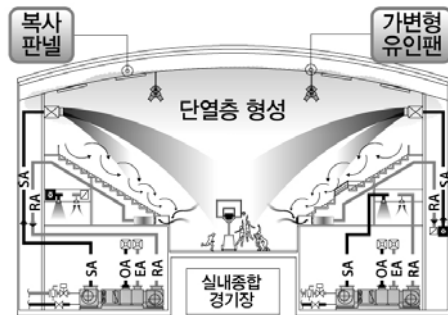


Fig. 5 Air conditioning system(cooling)

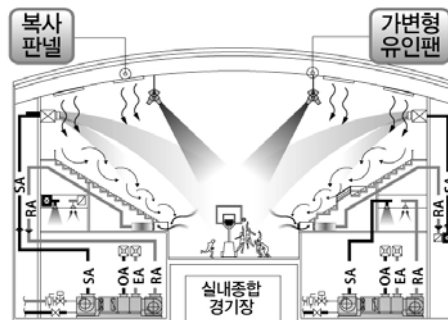


Fig. 6 Air conditioning system(heating)

Table 2 Analysis of CFD result

Subject	Temperature distribution	Air flow distribution
Cooling		
Heating		

강제유동에 따라, 관람석 전 영역으로 원활한 기류유동이 형성되었다.(관람석의 평균 유속 : 0.23m/s)

성층화 방지를 고려

(4) 중간기 온도 제어를 통한 외기공급과 전동창 개방으로 자연환기를 적극 이용할 수 있도록 고려

### 4.3 ○○○공원-실내경기장

#### 4.3.1 공조방식 및 고려사항

- (1) 경기장 전면 수경시설의 수원을 이용하여 구체축냉 시스템으로 냉방부하 저감을 유도
- (2) 우수를 경기장의 지붕에 살수하여 혹서기 외피 냉방부하를 저감
- (3) 유인팬 적용으로 상부고임열 순환 및 온도

#### 4.3.2 CFD분석 결과

- (1) 온도 : 난방시 상부 복사패널에 의해 전영역에 걸쳐 설계기준온도를 충족하였으며 전영역에서 균일한 온도분포를 형성하였다.
- (2) 기류 : 상부 유인팬에 의한 강제 기류유동에 따라 국부적인 기류정체영역이 발생하지 않으며 실 전체에 원활한 기류유동이 형성되는 것으로 나타남

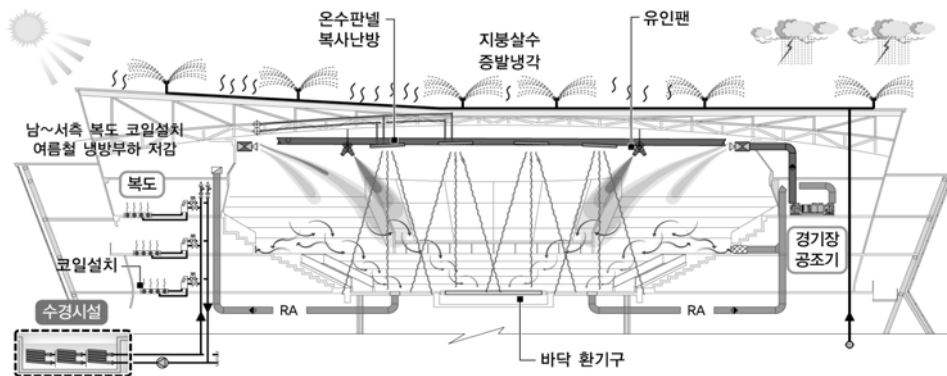
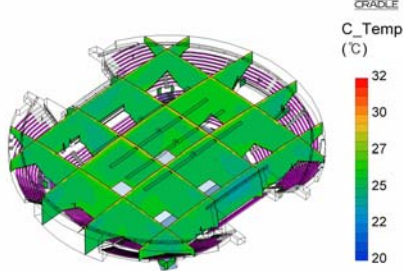
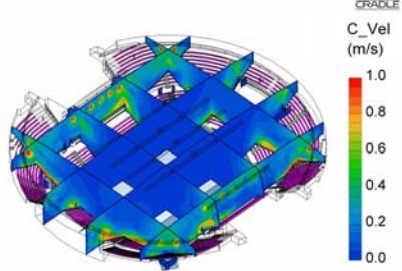
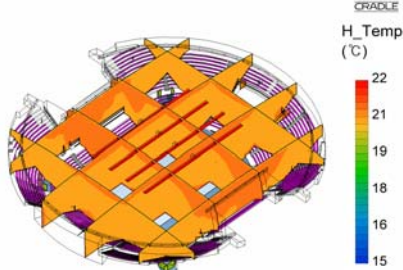
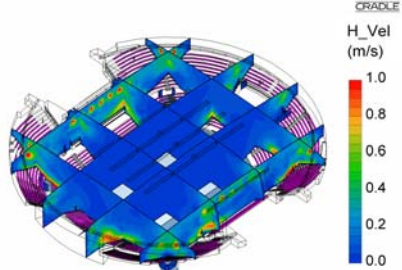


Fig. 7 Air Conditioning System



Table 3 Analysis of CFD result

Subject	Temperature distribution	Air flow distribution
Cooling		
Heating		

## 5. 결론

본 연구에서는 기존 연구사례에서 나타난 대공간의 열환경 특성을 파악하고 유사한 형태와 특성을 가진 국내 설계사례를 CFD분석을 통해 실내 온도분포 및 기류특성을 분석하였다.

본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 냉방시에는 관객과 조명 등의 실내부하요소를 포함하여 외부의 높은 온도에 의한 천정면과 외주벽에 발생하는 복사열에 의한 온도 상승 등이 있다. 또한, 대공간은 하부영역에 거주역이 집중되어 있으므로 실내공간 전체를 냉방대상으로 하지 않고 냉기류의 부력을 이용하여 대상공간에만 기류흐름을 유도하는 공조 시스템이 적용되고 있다.
- (2) 난방시에는 공간의 상하 온도차가 크게 나타나고 특히 낮은 곳에 위치한 경기장과 객석영역은 급격한 온도저하가 발생된다. 따라서 지붕과 벽면의 단열성능을 강화하여 외부의 냉기 침입을 최소화하고 대상공간의 천장 및 벽체에 복사난방을 설치하여 관람석영역에 복사난방을 적용하는 방안이 고려되고 있다. 또한 난방시 크게 발생하는 온도 성층화로 인한 에너지소비를 줄이기 위해 거주역에

직접난방을 공급하는 방식과 상부에 기류유인팬 등을 설치하여 고온의 상부공기와 저온의 하부공기를 혼합하여 난방에너지를 절약하는 방안도 고려되고 있다.

## 참고문헌

1. Choi, D.H. et al, A Study on the Indoor Thermal Environment of the Large Gymnasium Space in Winter Journal of the Korean Association for Spatial Structures, Vol. 7, No.3, pp. 67~77.
2. Seok, H. T. et al., Measurement Examination of Indoor Thermal Environment Characteristic in accordance with Heat Loads from Occupant for Large Enclosure in Winter, Journal of the Korean Association for Spatial Structures, Vol. 7, No.3, pp. 979~107.
3. Yang, J. H. et al., A Case Study on the Cooling and Heating System of Dome Stadiums in Japan, Journal of the Korean Association for Spatial Structures, Vol. 7, No.3, pp. 109~118.