

# 교실 천장형 Unit의 위치에 따른 온열환경 평가 연구

손영환\*, 조성우\*\*, 최정민\*\*

\* 창원대학교 대학원 건축공학과, \*\*창원대학교 건축학부, 창원대학교 건축학부

## A Study on the Evaluation of Thermal Environment

### according to the Location of Ceiling Type Unit in Classroom

Young-Hwan Son\*, Sung-Woo Cho\*\*, Jeong-Min Choi\*\*

**ABSTRACT:** Installation of ceiling type unit is achieved by one of efforts for agreeable classroom environment embodiment along with economic growth. But research about changing the position of ceiling type unit is lacking in present. Therefore, this thesis is to study the thermal environment of 5 different position cases of ceiling type, namely Case A, B, C, D, E. Here, Case C is the case that has the position of ceiling type center of the classroom and the other 4 alternatives are 0.7 m away from the Case C according to x and z axis. In this thesis temperature distributions, air current distribution, heat amenities such as PMV of occupants are analyzed as the environmental factors. Through these factors, Case C and Case D are the better position-alternatives than the alternatives of Case A, Case B and Case E because the latter cases the air current reaches directly to indoor occupants so that occupants feel chilly. This thesis has a conclusion under the condition of only one inlet air temperature and seat arrangement. But afterwards more inlet air condition and seat arrangement must be considered.

**Key words:** Predicted Mean Vote(온열쾌적지표), Ceiling type Unit(천장형 유니트), Classroom(교실), Thermal Comfort(열쾌적)

## 1. 서론

### 1.1 배경 및 목적

현행 학교 건물에서의 냉난방 설비와 관련한 시설기준은 '고등학교 이하 각급 학교설립 운영규정' (제 18751호 : 2005년 3월 25일)에 의해 이루어지고 있다. 그러나 교실의 온도를 18℃ 이상으로 유지해야 한다는 난방에 관한 조항만 현재 제

정되어 있지 않고 있다. 그러나 경제성장에 따른 생활수준의 향상과 교육시설의 중요성이 인식되면서 학교시설 현대화 계획에 따라 에너지의 효율적 이용과 쾌적하면서도 환경친화적인 학습환경 구현을 위하여 여러 노력들이 진행되고 있다. 이러한 노력의 일환으로 일반적으로 교실에 천장형 유니트의 설치가 이루어지고 있으나 기존건물의 경우 기 설치된 보로 인해 천장형 유니트의 설치 위치가 달라지는 경우도 종종 발생하고 있다. 이 경우 천장형 유니트의 위치 변경에 대한 온열환경의 정량적인 분석이 필요하지만 아직까지는 이에 대한 관련 연구가 부족한 실정이다.

† Corresponding author

Tel.: +82-55-279-7612; fax: +82-55-285-1120

E-mail address: meister5017@hotmail.com

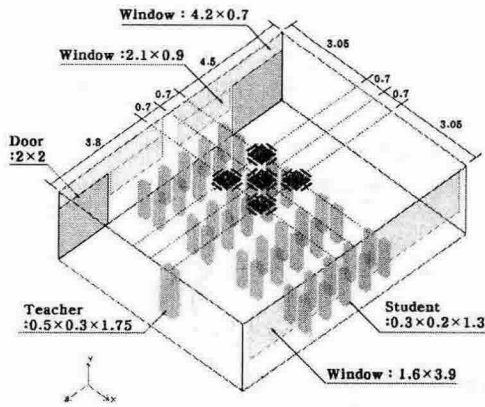


Fig. 1 Isometric Drawing of Classroom.

이에 본 연구에서는 천장형 유니트의 설치 위치에 따른 실내 온열환경에 대한 분석을 통해 그 특성을 파악하고 천장형 유니트 설치시 필요한 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

경상남도 소재 고등학교의 경우, 교실 규모는 가장 작은  $8.1\text{ m} \times 7.5\text{ m} = 60.75\text{ m}^2$  으로부터  $9.0\text{ m} \times 15\text{ m} = 135\text{ m}^2$  까지 모두 48종의 교실이 분포하고 있으며 이러한 교실들은 과거의 시설기준령에 따라 지어진 교실들의 규모는 학교 표준도

Table. 1 Boundary condition.

Category	Input data	
Temperature	Outdoor	34.9°C
	Corridor	30.5°C
	Air inlet	12°C
Relative humidity	Indoor	40%
Velocity	Air inlet	8 m/s
	Air outlet	1.8 m/s
Heat flux	Student	115 W/m <sup>2</sup>
	Teacher	160 W/m <sup>2</sup>
	Clo	0.5
	Outdoor Window solar radiation	180.3 W/m <sup>2</sup>
Heat transfer coefficient	Exterior wall	0.57 W/m <sup>2</sup> °C
	Interior wall	3.00 W/m <sup>2</sup> °C
	Window	3.26 W/m <sup>2</sup> °C
	Door	5.93 W/m <sup>2</sup> °C

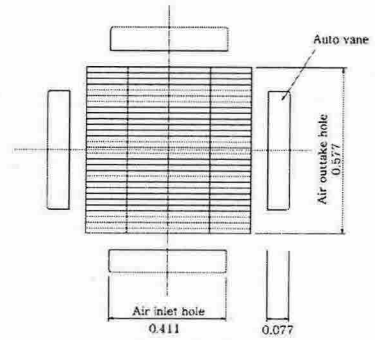


Fig. 2 Ceiling type unit model for simulation.

면에 의해 그 크기가 획일화되어 있다. 이중 표준 교실이라 지칭되는  $9.0\text{ m}$  (창측 길이)  $\times$   $7.5\text{ m}$  (칠판측 길이) =  $67.5\text{ m}^2$  크기 교실이 62.1%를 차지하고 있으므로 본 연구에서는 이 표준교실을 대상으로 선정하였고, 학생은 40인, 교사가 1인이며 재실자의 배치는 Fig. 3과 같다. 외기측 창문, 복도측 창문, 문의 형태 및 제원은 Fig. 1과 같다.

이상의 표준교실에 대해 천장형 유니트의 설치 위치를 교실 가운데로 한 Case C를 기본으로 하고, 여기서 보 설치로 인해 천장형 유니트 중심 위치를 X, Z축 방향으로 각각 0.7 m씩 변경한 A, B, D, E의 4개소를 설정한 대안을 추가하였다. 온열환경의 평가는 냉방시를 대상으로 Fluent사의 Airpak 2.1을 이용하여 온도분포, 기류분포, PMV 등을 통해 실시하였다.

## 2. CFD의 경계조건 및 격자분포

### 2.1 경계조건

본 연구에서는 천장형 유니트의 설치 위치에 따른 온열환경 평가시 해석은 정상상태로 수행하였으며 이때의 사용된 외기 및 실내 온도, 천장형 유니트의 취출 온도 및 기류속도, 재실자 발열 및 취득일사열, 구조체 관련한 열관류율 조건은 Table. 1과 같다.

교실의 조건은 중간층이라고 가정하였고, 이웃하는 교실과 위층 및 아래층 교실은 동일한 공조 상태라 가정하여 상하층 슬라브 및 칸막이벽을 통한 열이동은 없는 조건으로 가정하였다. 복도는 비공조 상태이기 때문에 교실 설정온도와 외기와의 평균값을 온도의 경계조건으로 하였다. 외기

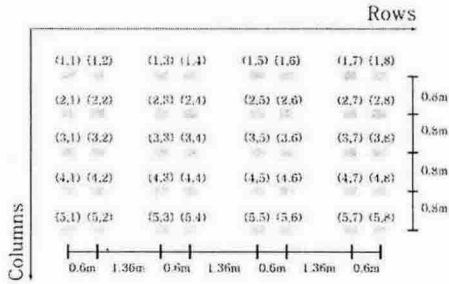


Fig. 3 Occupant location.

온도는 대상학교가 위치하고 있는 해당도시의 2005년 6월, 7월 및 8월의 3개월의 외기온을 고려하여 설정하였다. 실내의 학생들의 발열조건은 앉아서 수업 및 공부를 하는 형태이므로 이에 적합한 대사량<sup>(2)</sup>을  $115 \text{ W/m}^2$ 으로 하였고, 선생님의 경우에는 선 자세에서 수업을 하고 있는 것이 일반적이므로 학생들 보다 높은 대사량 값인  $160 \text{ W/m}^2$ 으로 가정하였다.

계산에 사용된 천장형 유니트 모델은 국내 L사의 제품을 대상으로 하였으며 그 형태는 Fig. 2와 같다. 그리고 취출 온도는 실측에 의한 값으로 입력하였고 취출 각도는  $40^\circ$ 일 때 가장 효율이 좋다는 연구결과<sup>(1)</sup>에 의해 설정하였다.

재실자에 대한 PMV 평가 시 해당위치 파악을 위해 학생위치를 Fig. 3과 같이 행렬번호 및 거리로 나타내었다.

## 2.2 CFD에 의한 격자 분석

CFD 해석을 위한 격자분할은 육면체의 형태로 설정하여 Table. 2와 같고, 분할은 비등간 간격으로 최대 크기는  $0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$ 로 제한

Table. 2 Grid system for computational fluid analysis.

Case	A	B	C	D	E
Element	61,464	60,667	60,849	60,955	61,862
Node	70,176	69,272	69,385	70,039	71,030

하였고 그리드 분할 수와 격자점 수가 다른 이유는 유니트와 학생의 위치관계가 케이스별로 다르기 때문이다.

## 3.CFD에 의한 결과 및 분석

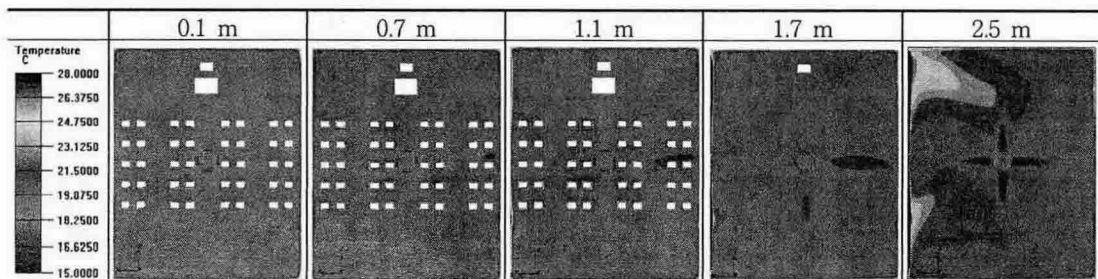
### 3.1 온도분포 분석

온도분포 분석을 위해 평단면을 바닥면에서부터 2.5, 1.7, 1.1, 0.7, 0.1 m의 경우로 구분하여 분석하였다.

먼저 Case C의 경우인 Table. 3을 살펴보면 2.5 m의 평단면에서는 외기측 창문부근에서  $28^\circ\text{C}$ 이상의 온도분포와 함께 천장형 유니트에서 취출되는  $17^\circ\text{C}$  전후의 십자형태의 기류분포가 선명하게 나타나며 전체적인 평단면 평균온도는  $20.9^\circ\text{C}$ 를 보이고 있다. 1.7 m의 평단면에서는 천장형 유니트에서 취출되는 4방향 가운데 교실의 후면측과 복도측에서만  $17^\circ\text{C}$ 의 온도분포가 보이고 이중 복도측의 취출방향의 온도분포가 가장 넓은 형태를 나타내고 있다.

1.7 m 평단면의 평균온도는  $20.6^\circ\text{C}$ 로 2.5 m에 비해서 약  $0.3^\circ\text{C}$  낮은 온도를 보이고 있다. 학생들 착석 시 호흡선 높이에 해당되는 1.1 m 평단면에서는 천장형 유니트에서 취출되는 4방향 가운데 복도측 취출방향의 온도가 아직까지  $17^\circ\text{C}$  내외를 보이고 있으며, 이 평단면의 평균온도는  $20.0^\circ\text{C}$ 이다.

Table. 3 Temperature analysis of horizontal section in Case C.



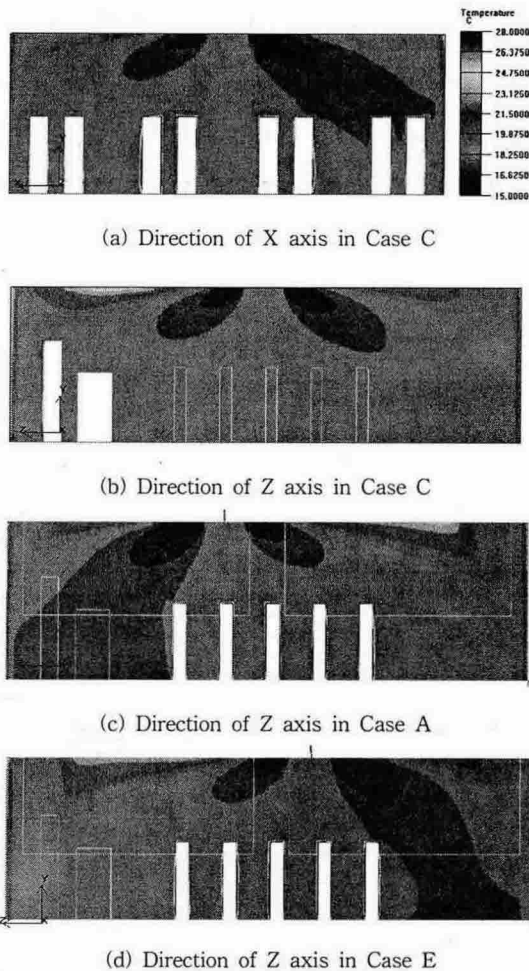


Fig. 4 Temperature analysis of vertical section.

0.7 m의 평단면에서는 천장형 유닛에서 취출되는 4방향 가운데 여전히 북도측 방향에서 약 17°C의 온도를 보이고 있으며 교실 전면의 교탁과 5, 6열 1행 사이와 교실의 학생 뒤쪽과 벽 사이 공간, 교실의 외기측과 북도측의 3행 주변에서 18°C의 낮은 온도 분포를 보이며 그 외 부분중 학생 주변은 20°C 내외의 온도를 보이며 그 나머지 교실 공간에서는 19°C의 분포를 보이고 있다.

이 0.7m 평단면의 평균온도는 19.5°C로 높이가 낮아짐에 따라 1.1 m에 비해 0.5°C 떨어진 형태를 보이고 있다.

0.1 m의 평단면에서는 천장형 유닛에서 취출되는 17°C의 온도를 가지는 공기흐름은 보이지 않고 0.7 m 평단면에서 학생주변에서 보이던 20°C 내외의 온도범위는 줄어들고 18°C의 온도범

위가 더 넓게 확장되어 전체적으로 19°C의 온도 분포를 나타내고 있다.

Z축과 X축 종단면을 살펴보면 Z축에서는 전후 1~5행의 학생좌석이 취출각도 40° 사이에 위치하고 있어 전체적으로 17°C 내외의 취출기류에 직접적으로 부딪히지 않고 있으며, X축 종단면에서는 창가측은 일사의 영향으로 기류의 진행방향의 온도가 18°C의 분포를 보이고 있지만 북도측은 일사의 영향을 받지 않아 7, 8열 좌석에서 취출기류가 도달하여 17°C의 온도분포를 보이고 있다.

Case A의 경우에는 2.5 m 평단면부터 0.7 m 평단면에 이르기까지 토출기류중 전면 및 북도측 방향의 토출기류가 모서리 부위로 집중하여 이 부분의 온도가 17°C 내외를 형성하며 낮은 형태를 보이고 있었다.

Case B의 경우에는 1.7 m 평단면에서 외기측과 실 후면측 토출기류의 온도가 높게 나타나고 있는데 비해, 전면 및 북도측방향의 토출기류의 온도가 상대적으로 낮은 형태를 보이고 있다.

Case D의 경우에는 1.7 m 평단면에서 실후면측과 북도측의 토출기류 온도가 낮게 나타나고 있으며, 1.1 m와 0.7 m 평단면에서는 북도측의 토출기류가 약해지는데 비해 실후면측 토출기류는 지속적으로 낮은 온도를 유지하면서 교실후면의 온도를 전체적으로 낮추고 있다

Case E의 경우에는 북도측 토출기류의 온도가 특히 낮은 형태를 보이면서 2.5 m 평단면에서부터 0.7 m 평단면에 이르기까지 북도측벽을 따라

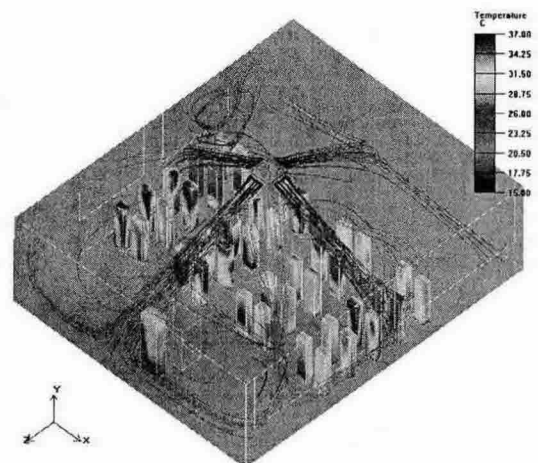
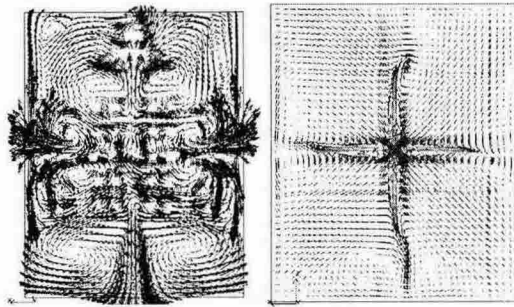


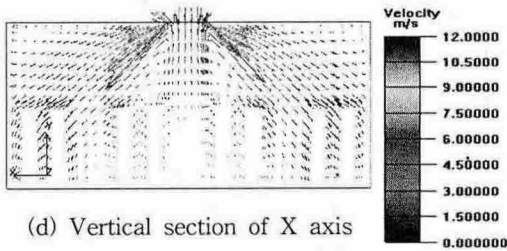
Fig. 5 Trajectory of particle and human body surface temperature analysis.



(a) 0.7 m (b) 2.5 m



(c) Vertical section of Z axis



(d) Vertical section of X axis

Fig. 6 Vector Section of Case C.

교실후면으로 진출하여 모서리 부분의 온도를 낮추고 있는 형태를 보이고 있다.

### 3.2 기류분포 분석

기류분포 분석을 위해 평단면을 바닥면에서부터 2.5, 1.7, 1.1, 0.7, 0.1 m의 경우로 구분하여 분석하였다.

전체적인 기류분포의 흐름은 5가지 Case 모두 유사한 형태를 보여주고 있었는데, 4방향의 토출구로부터 천장면에 대하여 40°의 하향기류로 취출되면서 거리가 길어짐에 따라 취출영역이 확대되어 벽체나 바닥 또는 재실자에 도달되는 형태를 보여주고 있다. 이후에는 교실 바닥을 따라 4변 취출영역의 가운데 부분에서 교실 바닥을 따라 상부의 천장형 유닛 흡입구로 향하거나 또는 취출구 4변의 모서리 부분을 통해 상승하면서 흡

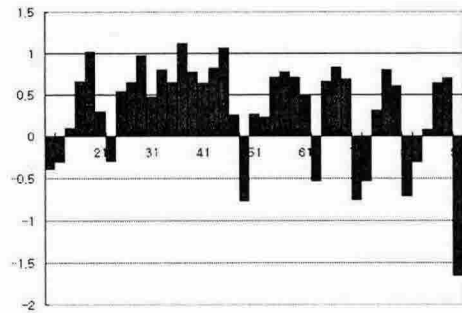


Fig. 7 PMV analysis graph-Case B.

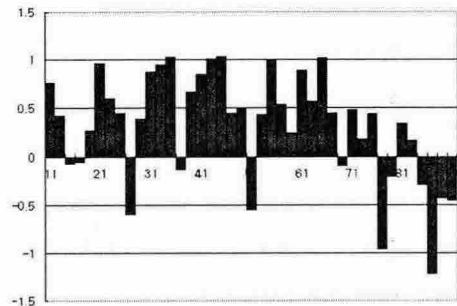


Fig. 8 PMV analysis graph-Case E.

입구에 도달하게 된다.

Fig. 5는 교실내의 취출공기의 온도 및 취출공기의 궤적을 나타낸 것이다. 이 가운데 재실자의 온도 표시는 신체의 표면온도를 나타낸 것이다. 공기의 궤적은 실선으로 표현했고 토출된 직후부터 120초간의 움직임을 나타냈다.

### 3.3 PMV 분석

교실 재실자인 학생과 선생님을 포함한 총 41명에 대해 PMV의 PPD 쾌적범위중  $-0.5 < PMV < 0.5$ , PPD < 10%에 들어가는 인원수를 알아보기 위하여 ISO Standard 7730<sup>(3)</sup>에서 규정하고 있는 계산법을 사용하여 검토하였으며, 그 결과는 Table. 3 및 Fig. 7, 8과 같다.

Table. 3 The number of People in the range of  $-0.5 < PMV < 0.5$ .

Case	A	B	C	D	E
# of People	16	12	20	21	22
PMV Average	0.36	0.32	0.26	0.25	0.31

분석결과 Case C와 Case D, Case E에서  $-0.5 < PMV < 0.5$ 의 쾌적범위에 들어오는 재실자수가 20명, 21명, 22명에 해당되며 Case A, B는 16명, 12명이 되어 Case C, D, E에 비해 불리한 것으로 나타났다. 한편 전체 41명에 대한 평균 PMV 평가에 있어서는 Case E가 0.31로서 Case C, D의 0.26, 0.25보다 높은 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구는 교실천장의 4 way 천장형 유니트 설치 위치에 따른 온도분포, 기류분포, PMV 분석 등 열쾌적성에 대하여 고찰하였으며, 천장형 유니트의 설치 위치는 교실 가운데로 한 모델 C를 기본으로, 여기에 보 설치로 인해 천장형 유니트 중심위치를 x, z축 방향으로 각각 0.7 m씩 변경한 A, B, D, E의 4개안을 대안으로 추가, 검토하였다. 본 연구에서 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 천장형 유니트의 설치위치에 대한 분석결과 각 대안별로 자기 다른 온도분포 및 기류분포를 나타내고 있는 것으로 나타났다.
- (2) 분석결과 Case C와 Case D, Case E에서  $-0.5 < PMV < 0.5$ 의 쾌적범위에 들어오는 재실자의 수가 20명, 21명, 22명에 해당되는 것으로 나타났는데 비해 Case A, B는 각각 16명, 12명으로 분석되어 Case C, D, E의 대안이 유리한 것으로 나타났다. 한편 전체 41명에 대한 PMV 평가에 있어서는 Case E의 PMV가 0.31로서 Case C, D의 0.26, 0.25보다 높은 것으로 나타났다. 따라서 교실 중앙에 설치하는 Case C의 경우나 보 위치로 인해서 중앙 설치에 제약이 있는 경우에는 Case D의 위치도 현재의 좌석배치 상황에서는 적합한 것으로 나타났다.
- (3) (2)와 같은 결과가 나오게 된 것은 취출온도가  $12^{\circ}\text{C}$ 로 낮은 온도여서 바로 이러한 온도에 재실자가 직접 닿을 경우에는 PMV값이 쾌적범위내에 속하지 않고 오히려 춥게 느낄 수 있어서 천장형 유니트의 토출 기류가 가능하면 직접 재실자에게 닿는 범위가 적은 Case C나 Case D의 위치가 바람직하기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구에서는 교실의 좌석위치를 고정시켜 천

장형 유니트의 적정 설치위치를 고찰하였으나, 추후에는 다양한 교실의 수업패턴 및 교육활동에 따른 천장형 냉방기 적정 설치위치를 검토하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- (1) Noh, K. C., Oh, M. D., 2004, Analysis on the Optimal Discharge Angle of the 4-way Air Conditioner by Thermal Comfort and Ventilation indices, Journal of SAREK, '04 Summer Annual Conference, pp.656-661.
- (2) Yi, K. H., 1997, Architectural environment design, Moonwoondang, Seoul, pp.61.
- (3) ASHRAE Standard 55-92, 1991, Thermal Environmental Condition for Human Occupancy, Ashrae, Atlanta, Georgia.
- (4) Noh, K. C., Oh, M. D., 2004, Experiments on the Comparison of Thermal Comfort Performance indices for Cooling Loads in the Lecture Room, Journal of SAREK, '04 Winter Annual Conference, pp.259-264.
- (5) Park, C. S., Park, M. Y., Yim, Y. B., 2001, Architectural environment design, 1th, Boseonggak, Seoul, pp.52-56.
- (6) Choi, J. M., Kim, Y. I., Park, H. S., 2003, A Study on the Evaluation of Heating-Conditioned Environment with the Size of Classroom, Journal of SAREK, VOL.15, No.12, pp. 1035-1042.