

# 창의 경사도에 따른 열관류율 변화에 관한 연구

## A Study on the Change of Heat Transmission Coefficient According to the Degree of Window's Slope

황 하 진\* · 이 경 희\*\*  
Hwang, Ha-Jin · Lee, Kyung-Hee

### Abstract

This study investigated the heat transmission coefficient through the experiment that the skylight, slope window of 60 degree and 30 degree consisted of pair glass and the double window of external window and internal window paper were suitable for heat insulation

As the result of experiment, the heat transmission coefficient of slope window was 1.06 times in the 60 degree, 1.18 times in the 30 degree and 1.31 times in the skylight as a standard lateral window.

The heat transmission coefficient in the double window of external window and internal window paper was  $3.017 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$ . The slope window was not suitable for the prescription by the increase of the heat transmission coefficient, so the user must pay attention to the treatment.

This study investigated only the slope window of 12mm and 16mm pair glass and the double window of external window and internal window paper, study on the various pattern of window must be achieved in a future.

## I. 서 론

### 1. 연구의 목적

창은 열, 빛, 음, 환기의 다양한 기능을 가지고 있을 뿐 아니라 실내거주자의 신체적 건강과 쾌적함, 심리적면 등 공간환경의 질과도 밀접한 관계를 가지고 있다.

특히 열적인 성능에 있어서 창호는 벽체, 지붕과 같은 다른 외피구조에 비하여 매우 취약한 부위이므로 에너지 절약적 차원에서 깊이 고려되어야 할 부분이다.

현재 건물에서 유리의 사용량은 점차 증가 추세에 있으며 유리의 단열성능에 관한 연구도 활발히 이루어져, 우리나라에서도 창에 관한 단열규

정을 법적으로 정하여 놓았다. 현행 창의 단열규정에 관한 법<sup>1)</sup>에 의하면 『거실의 외기와 접하는 창은 그 열관류율이 중부지역 2.9이하, 남부지역 3.1이하, 제주도 5.0이하로 할 것』으로 규정되어 있다. 그러나 현대건축의 다양한 형태에서 비롯된 경사창과 이중창 중 한국에서 널리 이용되는 외부유리와 내부창호지로 구성된 이중창의 열관류율값 연구는 부족한 형편이다.

따라서 본 연구에서는 pair glass로 구성된 60°와 30° 경사창과 수평천창 및 외부유리와 내부창호지로 구성된 이중창이 단열규정에 적합한가를 열관류율값을 산정할 수 있는 실험장치를 계획하여 실험을 통하여 간편하게 열관류율값을 알아보고자 한다.

\* 정회원, 밀양대 건축공학과 시간강사, 공학박사  
\*\* 정회원, 밀양대 건축공학과 교수, 공학박사

1) 건축물의 설비기준등에 관한규칙 제21조(건축물의 열손실방지)

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 창 의 경사도에 따른 열관류율 변화를 조사하기 위하여 수직창, 60° 경사창, 30° 경사창, 수평천창을 실험대상으로 설정하였다. 창 의 경사도는 건물의 계획에 따라 수직창에서 수평천창까지 다양한 변화를 보일수 있으나 본 연구에서는 경사도에 따른 개괄적인 변화양상을 검토하기 위해 상기의 경사도로 설정하였다.

유리는 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 3mm 유리를 사용했으며 pair glass는 12mm pair glass, 16mm pair glass를 사용하였다.

본 연구는 아래와 같은 순서로 진행하고자 한다.

1. 건축물에서 각 구조에 따른 전열이론을 바탕으로 실험장치를 계획한다.
2. 본 연구에서는 예비실험을 통해 실험장치의 타당성을 검증한다.
3. 실험을 통해 창 의 종류별 열관류율을 산정한다.
4. 경사도에 따른 열관류율을 비교, 검토한다.

## II. 창 의 열관류율 산정을 위한 실험장치

구조체의 열관류율은 재료의 열전도율 및 두께 그리고 실내·외 열전달율에 따라 변화되며 여기서 실내·외 열전달율은 국소대류열전달율의 적분평균에 의해 평균대류열전달율을 산정하고 복사열전달율과의 합에 의해 결정된다. 그러나 본 연구에서는 열전달율의 산정과정을 생략하고 간단한 실험장치를 이용해 경사창의 열관류율을 산정해 보고자 한다.

실내·외에 기온차가 발생할 경우 단위시간당 손실열량은 식 ①②을 통해 산출할 수 있다.

$$Q = K (t_i - t_o) A \dots\dots\dots ①$$

식 ①에서  $t_i$ 와  $t_o$  및  $Q$ 를 알고 일정하게 이를 일정하게 유지할 때 열관류율은 식 ②와 같이 산

출할 수 있다.

$$K = \frac{Q}{(t_i - t_o) A} \dots\dots\dots ②$$

본 연구에서는 식 ②를 통해  $K$ 를 구할 수 있다고 가정하였으며 적용되는 변수는 실내·외 기온, 실내공급에너지 및 창 의 면적이다.

따라서 상기실험을 위한 기본조건은 실내외 기온과  $Q$ 를 일정하게 유지하는 것, 즉 정상상태를 유지하는 것이다. 그러므로 본 실험에서는 기온변화폭이  $\pm 1^\circ\text{C}$ 로 자동 조절되는 저온창고를 실험실로 하여 그 기온을 본 실험의 외기온으로 하였으며 실내기온 및 전열량  $Q$ 는 30W전구를 설치하여 실내기온변화가 안정되었을 때 실험체 내부기온을  $t_i$ 로, 그리고 전구로 들어가는 유입에너지를  $Q$ 로 하였다. 이를 바탕으로 각 창 의 열관류율을 도출하였다.

### 1. 실험방법

본 실험에서는 실내 유입에너지의 전부가 관류를 통해 방열되도록 계획하였으며 타 변수는 차단하였다.

겨울철 현장조건과 유사한 실험환경을 조성하기 위해서 실험체 내외의 기온차와, 표면의 성상(복사율, 표면처리상태), 기류 등을 외기와 비슷한 조건으로 조절하였으며 일사에 의한 영향은 차단하였다. 이를 위해 실내기온 5°C의 저온창고에서 대구지역 겨울철 평균 외기풍속인 3.5m/s의 바람을 실험체에 가했다.

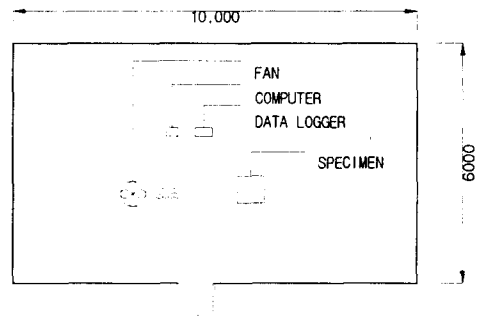


그림 1. 실험실 평면 및 실험장치 배치도

2) 한운호(1995), 건축설비, 문운당. p.109.

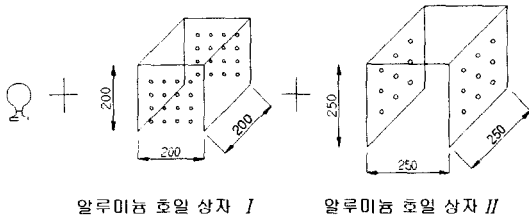


그림 2. 실내열원장치 개념도

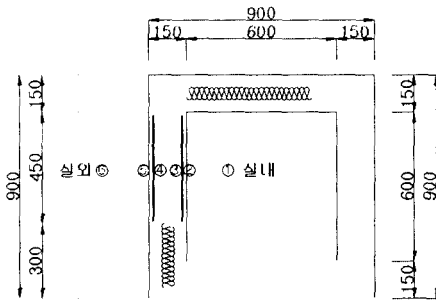


그림 3. 실험체 온도측정지점

- ① 실내기온
- ② 안쪽유리 실내측 표면온도
- ③ 안쪽유리 실외측 표면온도
- ④ 바깥쪽유리 실내측 표면온도
- ⑤ 바깥쪽유리 실외측 표면온도
- ⑥ 실외기온

실험체 내부의 공급열원은 30W, 220V의 백열 전구를 사용하였으며 실험의 신뢰도를 높이기 위하여 Automatic Voltage Regulator E3100을 통해 정확한 전류를 측정하여 실내유입 에너지를 산정 하였으며 다음과 같이 계산하였다.

$$220V \times 0.135A = 29.7W$$

$$29.7W \times 0.86 = 25.54kcal/hr$$

백열전구는 2500 °K~3200 °K의 온도로 단파 장 빛에너지와 장파장 열에너지를 각각 약 20%와 80%의 비율로 방산한다. 본 실험에서는 단파 장 빛에너지를 장파장 열에너지로 전환시키기 위해 복사율이 낮은 알루미늄 호일(18μ) 상자를 2 겹으로 제작하여 열원을 감쌌으로써 빛에너지의 유출을 차단하였으며 실험체바닥 위 중앙에 설치

하였다.

측정요소는 실험체내의 기온 및 실험실기온, 유리의 표면온도, 풍속이며, 유리의 표면온도 측정 지점은 그림 3과 같다.

## 2 실험체

실험체는 창 이외의 열손실을 최소화한다는 계획 하에 외피를 두께 50mm, 비중 0.015인 스티로 폴을 3겹 사용하여 제작하였으며 실내 체적은 0.216m<sup>3</sup>(0.6m×0.6m×0.6m)가 되었다. 창을 통한 열손실은 크게 틈새를 통한 환기손실, 유리를 통한 관류손실로 나눌 수 있다. 틈새에 의한 환기손 실은 창틀의 종류와 기밀성에 따라 그 차이가 크 므로 본 연구에서는 목재창틀을 사용하고 틈새를 밀폐하여 창틀에 의한 열손실을 동일한 조건으로 하였다.

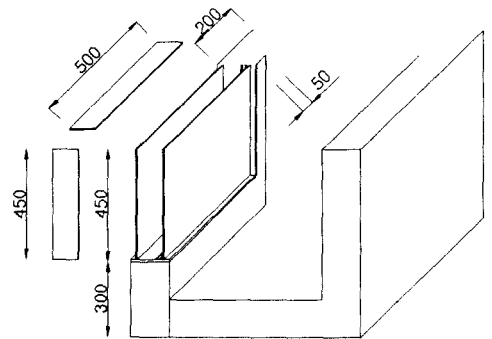


그림 4. 이중창 단면도

표 1. 창틀 및 유리의 종류

재	료	규	격
창틀	나무		
	유리	투명유리	3
		창호지	39.2g/m <sup>2</sup>
		불투명유리	3
		pair glass	12(S3 <sup>*</sup> +A6+S3)
		pair glass	16(S5+A6 <sup>**</sup> +S3)

\* Single glass 3mm

\*\* Air space 6mm

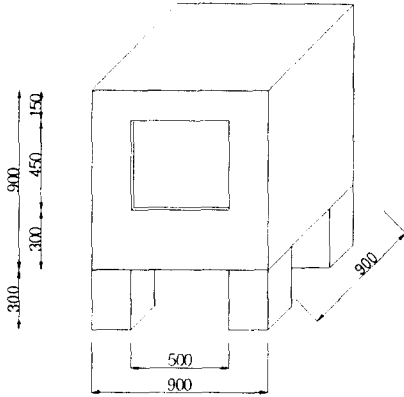


그림 5. 실험체

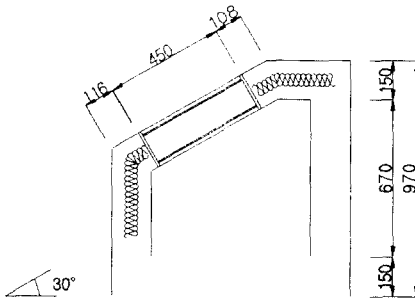


그림 6. 30° 경사창 상세도

pair glass의 내부공기층은 소량의 실리카겔을 넣어 수분을 제거하였으며 계산의 단순화를 위해 바닥부분은 벽체, 천장과 동일한 조건이 되도록 실험체를 실험실 바닥으로부터 30cm 높이에 설치하였다.

### III. 예비실험

II장에서 제시한 실험방법과 실험장치로 실험을 행할 경우 실험장치의 정확성 확인을 위해 계산에 의한 창 열관류율과 실험에 의한 열관류율값을 비교하여 실험장치의 타당성을 검증하고자 한다.

#### 1. 실험에 의한 열관류율 산정

실험에 의한 열관류율 산정은 II장과 같은 실

험방법으로 실험을 행할시 실험체 내부에 일정한 열량을 공급하여도 실내기온이 더 이상 상승하지 않을 때 공급열량과 실험체 외피를 통한 손실열량은 동일하다고 볼 수 있다. 여기서 실내 공급열량에서 벽, 바닥, 천장으로의 관류손실열량을 빼면 창으로의 관류손실열량을 구할 수 있다. 벽, 바닥, 천장으로의 손실열량은 다음 식에 의해 구한다.

$$Q_1 = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{a_4}} (t_i - t_o) A \dots\dots\dots ③$$

$$Q_2 = \frac{1}{\frac{1}{a_2} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{a_4}} (t_i - t_o) A \dots\dots\dots ④$$

$$Q_3 = \frac{1}{\frac{1}{a_3} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{a_4}} (t_i - t_o) A \dots\dots\dots ⑤$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \dots\dots\dots ⑥$$

$$Q_4 = Q - Q_1 - Q_2 - Q_3 \dots\dots\dots ⑦$$

$$Q_4 = K_1 (t_i - t_o) A \dots\dots\dots ⑧$$

$$K_1 = \frac{Q_4}{(t_i - t_o) A} \dots\dots\dots ⑨$$

Q : 실내 발생열량 (kcal/hr)

Q<sub>1</sub> : 벽체를 통한 관류손실 열량 (kcal/hr)

Q<sub>2</sub> : 바닥을 통한 관류손실 열량 (kcal/hr)

Q<sub>3</sub> : 천장을 통한 관류손실 열량 (kcal/hr)

Q<sub>4</sub> : 유리를 통한 관류손실 열량 (kcal/hr)

K<sub>1</sub> : 유리창의 열관류율 (kcal/m<sup>2</sup> · hr · °C)

d : 재료두께(m)

λ : 열전도율 (kcal/m · hr · °C)

a<sub>1</sub> : 실내 수평 열전달률(kcal/m<sup>2</sup> · hr · °C)

a<sub>2</sub> : 실내 수직 하향 열전달률(kcal/m<sup>2</sup> · hr · °C)

a<sub>3</sub> : 실내 수직 상향 열전달률(kcal/m<sup>2</sup> · hr · °C)

a<sub>4</sub> : 실외 열전달률(kcal/m<sup>2</sup> · hr · °C)

t<sub>i</sub> : 실내기온 (°C)

t<sub>o</sub> : 외기온 (°C)

A : 표면적 (m<sup>2</sup>)

수직창을 대상으로 하여 12mm, 16mm pair glass와 중공층 두께가 각각 8cm, 10cm, 12cm인 3mm유리 이중창의 계산치와 실험치를 비교하였

으며 표 2와 그림 7은 실험에 의한 창의 열관류율 산정에서 3mm유리로 구성된 이중창 중 공기층 두께 8cm인 경우에 대한 열관류율 산정을 예로 나타낸 것이다.

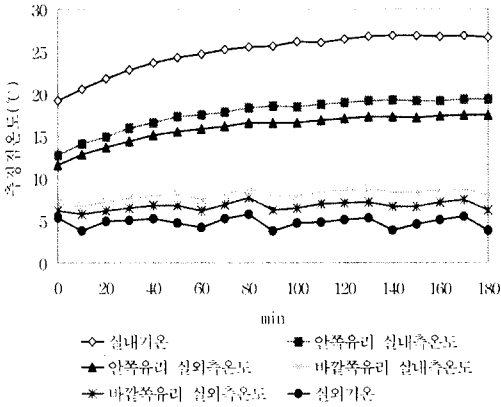


그림 7. 3mm유리 8cm간격의 시간경과에 따른 각 측정점 온도변화

표 2. 3mm유리 이중창 8cm간격의 열관류율

	K	t <sub>i</sub>	t <sub>o</sub>	A	손실열량
Q <sub>1</sub>	0.206	26.81	4.85	2.025	9.161
Q <sub>2</sub>	0.204	26.81	4.85	0.563	2.522
Q <sub>3</sub>	0.206	26.81	4.85	0.563	2.547
Q <sub>1</sub> +Q <sub>2</sub> +Q <sub>3</sub>					14.23
Q					25.54
Q <sub>4</sub>					11.31

$$K_1 = \frac{Q_1}{(t_i - t_o) A} = 2.453 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$$

## 2. 계산에 의한 열관류율 산정

이중창과 pair glass의 경우는 중공층을 포함한 다층평면벽과 같은 전열과정을 거치며 그 식은 아래와 같다.

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{d_{ai}}{\lambda_{ai}} + \frac{1}{\alpha_o}} (t_i - t_o) A \dots \textcircled{10}$$

d<sub>ai</sub> : 공기층의 두께 (m)

λ<sub>ai</sub> : 공기층의 열전도율(kcal/m · hr · °C)

표 3은 계산에 의한 창의 열관류율 산정에서 3mm유리로 구성된 이중창 중 공기층두께 8cm인 경우에 대한 열관류율을 계산한 예를 나타낸 것이다.

표 3. 3mm유리 이중창 8cm간격

부위	재료	두께	λ	r = $\frac{d}{\lambda}$
유리	내표면			0.125
	유리	0.003	0.9	0.003
	공기층	0.08	0.385	0.208
	유리	0.003	0.9	0.003
	외표면			0.05
R <sub>G</sub> = 0.389 K <sub>G</sub> = 2.571				
창틀	내표면			0.125
	목재	0.15	0.15	1
	외표면			0.05
R <sub>F</sub> = 1.175 K <sub>F</sub> = 0.85				
K = K <sub>G</sub> × 0.94 + K <sub>F</sub> × 0.06 = 2.468				

표 4. 계산치와 실험치의 열관류율(kcal/m<sup>2</sup> · hr · °C)

창종류	계산치	실험치
12mm pair glass	2.979	3.023
16mm pair glass	2.929	2.986
3mm 이중창 8cm간격	2.468	2.400
3mm 이중창 10cm간격	2.480	2.466
3mm 이중창 12cm간격	2.492	2.474

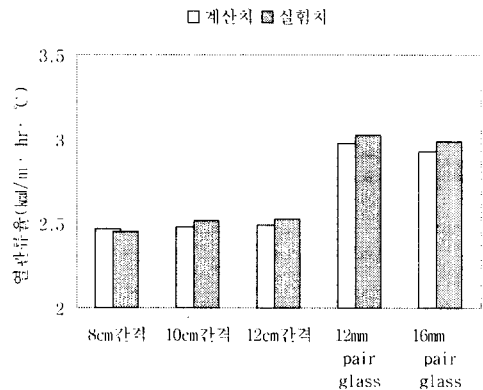


그림 8. 계산치와 실험치의 열관류율 비교

계산에 의한 열관류율값과 실험에 의한 열관류율값을 12mm, 16mm pair glass와 3mm 이중창의 중공층의 두께에 따라 정리하면 표 4와 그림 8과 같다.

12mm, 16mm pair glass와 중공층의 두께에 따른 열관류율값은 실험결과와 계산결과가 0.014~0.068kcal/m<sup>2</sup>·hr·℃로 나타나 계산결과와 실험결과가 거의 일치함을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 전술한 실험장치가 본연구의 목적에 적합하다고 사료되므로 이상과 같은 방법에 의해 경사창과 외부유리와 내부창호지로 구성된 이중창의 열관류율 산정을 위한 실험을 실시하였다.

#### IV. 실험 결과 및 검토

본 장에서는 예비실험에 의해 검증된 실험방법과 실험장치를 통해 12mm, 16mm pair glass로 구성된 경사창과 외부유리와 내부창호지로 구성된 이중창의 열관류율을 산정하였다.

##### 1. 경사창

본 절에서는 12mm pair glass, 16mm pair glass를 통해 경사도에 따른 창 의 열관류율을 검토하였다. 경사도에 따른 pair glass의 열관류율산정을 위한 실험은 예비실험과 동일한 실험장치와 실험방법을 사용하며 실험체는 60° 경사창, 30° 경사창, 수평천창의 3가지 종류를 대상으로 하였다.

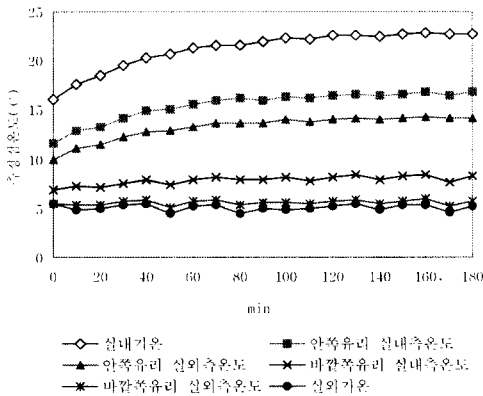


그림 9. 30° 경사창 12mm pair glass의 시간경과에 따른 각 측정점 온도변화

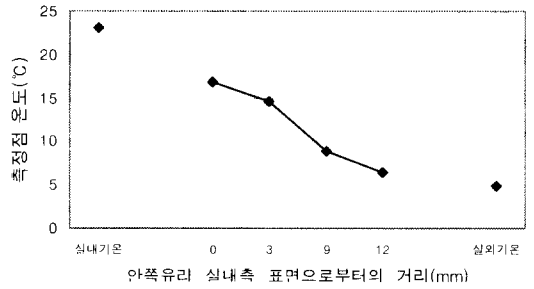


그림 10. 30° 경사창 12mm pair glass의 온도구배

표 5. 30° 경사창 12mm pair glass의 열관류율

	K	t <sub>i</sub>	t <sub>o</sub>	A	손실열량
Q <sub>1</sub>	0.206	23.07	4.85	2.204	8.227
Q <sub>2</sub>	0.204	23.07	4.85	0.563	2.081
Q <sub>3</sub>	0.206	23.07	4.85	0.383	1.430
Q <sub>1</sub> +Q <sub>2</sub> +Q <sub>3</sub>					11.738
Q					25.540
Q <sub>4</sub>					13.802

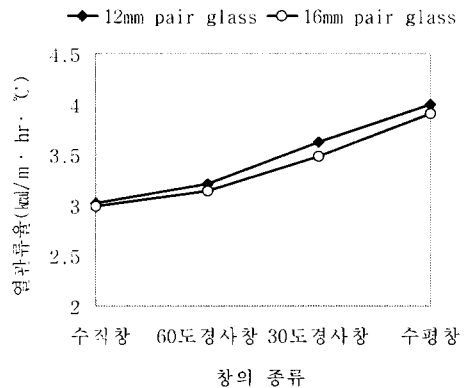
$$K_1 = \frac{Q_4}{(t_i - t_o) A} = 3.627 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{℃}$$


그림 11. 창 의 경사도에 따른 열관류율

표 6. 창 의 경사도에 따른 열관류율

	12mm pair glass	16mm pair glass
수 직 창	3.023	2.986
60° 경사창	3.210	3.143
30° 경사창	3.627	3.479
수 평 천 창	3.996	3.902

그림 9, 그림 10, 표 5는 경사도에 따른 창의 열관류율 산정에서 12mm pair glass로 구성된 30° 경사창의 시간경과에 따른 각 측정점의 온도변화와, 온도구배 및 열관류율을 나타낸 것이며 그림 11과 표 6은 경사도에 따른 창의 열관류율을 나타낸 것이다.

표 6에서 수직창과 각 경사창을 비교한 결과 수직창의 열관류율값을 기준으로 할 때 12mm pair glass, 16mm pair glass의 평균 열관류율값은 60° 경사창의 경우 수직창의 약 1.06배, 30° 경사창의 경우 약 1.18배, 수평천창의 경우 약 1.31배로 나타나 수직창으로부터 수평천창으로 창의 경사도가 변화할수록 열관류율이 증가함을 알 수 있다. 동일한 조건에서 창의 경사도가 수직창으로부터 수평천창으로 변화될 경우 열관류율의 변화요소 중 재료의 열전도율 및 두께와 재료의 복사율에 의해 결정되는 복사열전달율은 변화되지 않으며 대류열전달율의 변수인 기류속도 및 실내측 창표면온도와 실내기온과의 차가 변화되므로 열관류율의 증가이유는 대류열전달율의 변화 때문인 것으로 사료된다. 대류열전달율은 유체의 열전도율과 비열 및 밀도 등 열적 성질과 유체의 속도에 영향을 미치는 점성 등에 따라 변화된다. 따라서 공기의 경우, 일정 열전도율, 비열시 온도차에 따라 밀도가 변화되고 이에 따른 공기의 유동에 의해 기류속도 및 온도차가 변화되므로 수직창으로부터 수평천창으로 경사도가 변화됨에 따라 상향열류의 증가로 인해 대류열전달율이 커진 것으로 사료된다.

12mm pair glass의 경우 실내온도는 수직창이 24.76°C, 60° 경사창이 24.16°C, 30° 경사창이 23.07°C, 수평천창이 22.02°C로 수직창의 실내기온이 가장 높게 나타났으며 16mm pair glass의 경우도 동일한 구배를 보이고 있다.

## 2. 유리와 창호지로 구성된 이중창

본 절에서는 예비실험에서 사용된 실험체를 이용하여 실외측에 3mm유리창과 실내측에 창호지

창으로 구성된 이중창의 열관류율을 산정하여 보았다. 중공층은 이중창의 일반적 두께인 12cm로 하였으며 실험결과 열관류율은 3.017kcal/m<sup>2</sup>·hr·°C로 나타나 남부지방과 제주지방의 경우 건축물의 열손실방지를 위한 규척에 적합한 것으로 나타났으나 중부지방의 경우 규척치에 미달되므로 사용상 주의가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

경사창과 이중창의 전열특성을 고찰하여 각 창의 열관류율값을 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 창의 경사도에 따른 열관류율값을 비교한 결과 수직창을 기준으로 할 때 60° 경사창의 열관류율값은 약 1.06배, 30° 경사창의 열관류율값은 약 1.18배, 수평천창의 열관류율값은 약 1.31배로 나타났다.

2) 건축법에 『거실의 외기와 접하는 창은 그 열관류율이 중부지역 2.9이하, 남부지역 3.1이하, 제주도 5.0이하로 할 것』 이라고 규정되어 있는데 남부지방의 경우 pair glass로 구성된 경사창 및 수평천창은 단열규정에 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 중부지방의 경우 pair glass로 구성된 수직창, 경사창 그리고 수평천창이 모두 단열규정에 미치지 못하므로 pair glass의 사용시 주의가 필요할 것으로 사료된다.

3) 외부유리, 내부창호지로 구성된 2중창의 열관류율값은 3.017kcal/m<sup>2</sup>·hr·°C로서 남부지방과 제주지방의 경우 건축물의 열손실방지를 위한 규척에 적합한 것으로 나타났으나 중부지방의 경우 규척치에 미달되므로 사용상 주의가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 12mm, 16mm pair glass로 구성된 30°, 60° 경사창 및 수평천창에 한하여 간단한 실험장치를 통해 열관류율을 산정하였으나 추가연구를 통해 다양한 창의 종류와 각도에 대한

연구가 필요하며 열관류율 산정시 적용되는 실내 열전달율에 대하여 경사도에 따른 실내 열전달율의 변화에 관한 연구가 이루어져야할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 大韓建築學會(1994), 建築設計資料集.
2. 朴胤成(1985), 建築計劃原論, 文運堂.
3. 朴相東 外(1984), 住居用 建物の 에너지節約 研究(Ⅱ), 韓國動力資源研究所.
4. 朴相東 外(1984), 住居用 建物の 에너지節約 研究(Ⅲ), 韓國動力資源研究所.
5. 尹龍鎭(1986), 窓戶의 熱性能에 關한 研究, 大韓建築學會 學術 發表論文集.
6. 康雨(1985), 에너지節約을 위한 事務所 建物 窓規模의 最適設計, 延世大學校 碩士學位論文.
7. 李璟會(1986), 建築環境計劃, 文運堂.
8. 李商雨 外(1993), 建築環境計劃論, 泰林文化社.
9. 鄭玟采(1981), 斷熱窓門의 開發, 慶熙大學校 附設 太陽에너지 研究所.
10. 韓允昊(1995), 建築設備, 文運堂.
11. 韓允昊(1988), 集合住宅의 熱環境에 關한 研究, 啓明大學校 博士學位論文.
12. 大林組編(1965), 負荷計算, Standard Manual.
13. 渡邊要(1978), 建築計劃原論 I. II, 丸善株式會社.
14. ASHRAE Handbook of Fundamentals, 1985.