

# 유리 커튼월의 열관류율 및 결로저항성능과 그 평가

유리 커튼월의 주요 열적 성능인 열관류율과 결로저항성능에 대한 이해를 돕고 그 평가방법의 특징, 문제점 및 활용방안에 대해 논한다.


권용상

대우건설 건축기술팀 (improman@dwconst.co.kr)

## 유리 커튼월의 열적 성능

유리 커튼월의 열적 성능은 매우 다양한 항목과 평가 지표로 표현될 수 있으나 미국 NFRC(national fenestration rating council)에서는 그림 1과 같이 다음의 다섯가지 지표로 나타내고 있다.

- U-Factor
- Solar Heat Gain Coefficient
- Visible Transmittance
- Air Leakage
- Condensation Resistance

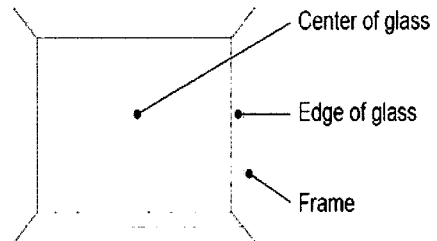
 National Fenestration Rating Council <b>A</b> CERTIFIED	<b>World's Best Window Co.</b> Millennium 2000+ Vinyl-Clad Wood Frame Double Glazing • Argon F. • Low E Product Type: Vertical Slider	
	<b>B</b>	
<b>ENERGY PERFORMANCE RATINGS</b>		
U-Factor (U.S./I-P)	Solar Heat Gain Coefficient	
<b>C 0.35</b>	<b>D 0.32</b>	
<b>ADDITIONAL PERFORMANCE RATINGS</b>		
Visible Transmittance	Air Leakage (U.S./I-P)	
<b>E 0.51</b>	<b>F 0.2</b>	
Condensation Resistance		
<b>G 51</b>	<b>-</b>	
<small>Manufacturer stipulates that glass ratings conform to applicable NFRC procedures for determining window product performance. NFRC ratings are determined for a fixed set of environmental conditions and a specific product size. NFRC does not recommend any product and does not warrant the build quality of any window for any specific use. Consult manufacturer's literature for more product performance information. www.nfrc.org</small>		

[그림 1] NFRC의 성능등급

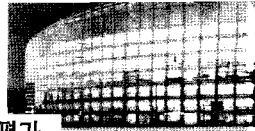
이중 SHGC 및 VT는 유리의 광학적 성질에 의해 좌우되고 기밀성은 프레임의 성능에 의해 좌우되며 그 평가 및 예측이 용이하나 열관류율 및 결로 저항 성능은 커튼월의 구성 요소별 영향이 모두 포함되어 있으므로 평가 및 판단이 용이하지 않고 단일 지표로 나타낸 값도 그 적용에 한계를 가지고 있으므로 주의해야 한다. 따라서 본 기고에서는 유리 커튼월의 열적 성능 중 열관류율 및 결로저항성능을 중심으로 평가 지표 및 평가방법에 대해 살펴보는 기회를 갖고자 한다.

## 유리 커튼월의 열관류율

열관류율은 부재의 단열성능을 나타내는 대표적인 지표로 건물의 에너지효율에 큰 영향을 미치며 특히 난방기의 실내 쾌적조건과 결로에 영향을 미치는 내



[그림 2] 유리 및 프레임 구조로 된 외피 시스템의 온도 분포 영역



## 유리 커튼월의 열관류율 및 결로저항성능과 그 평가

부 표면온도에 직접적인 영향을 미치는 원인이다.

유리 커튼월과 같이 유리화 프레임으로 구성된 외피의 경우 표면온도 분포가 그림 2와 같이 크게 3가지 영역으로 나뉘지며 각각의 열관류율 차이가 크다.

따라서 시스템 전체의 열관류율 예측은 식 (1)과 같이 영역별 열관류율의 가중평균으로 도출한다.

$$U_o = \frac{U_{COG}A_{COG} + U_{EOG}A_{EOG} + U_F A_F}{A_{COG} + A_{EOG} + A_F} \quad (1)$$

### 유리 중심부의 열관류율

유리 중심부의 열관류율은 일반적으로 유리생산업체가 제시하는 Data값을 통해 예측할 수 있다. 복층 유리의 열관류율은 구성재인 판유리의 두께에 따른 차이는 거의 없으며 공기층에 밀접한 관계가 있다. 12 mm 공기층을 형성한 복층유리의 경우 약 2.7 W/m<sup>2</sup>·°C의 열관류율을 나타내며 공기층의 두께 및 충전가스에 따라 그 값이 변화한다.

이는 복층유리의 단열성능이 대부분 중공층의 대류 및 복사에 의한 열전달에 좌우 되기 때문이다. 특히 복사열은 온도에 따라 변화하므로 열관류율은 측정온도 차이에 따라 그 값이 변화한다. 그림 3은 로이복층유리에 아르곤을 충전한 시험체와 로이삼중유리에 아르곤을 충전한 경우의 내외부 온도차에 따른 열관류율의 차이를 나타내고 있다. 복층유리의 경우 온도차가 20 K를 넘는 경우 열관류율의 차이를 나타내나 삼중유리의 경우 추가된 중공층이 온도차를 줄임으로써 온도차에 의한 열관류율 변화가 미미한 것을 확인할 수 있다.

국내 건축물 구성재에 대한 단열성능 시험들이 일반적으로 항온실 20°C, 저온실 0°C로 20 K의 온도차를 갖는데 비해 ASHRAE 겨울조건인 경우 항온실 21 (70°C), 저온실 -18°C (0°F)로 39 K의 온도차를 갖고 시험을 하므로 일반적인 복층유리에서는 열관류율 값의 차이가 나타날 것임을 알 수 있다. 따라서 열관류율 값의 적용 및 비교에 있어 그 시험조건을 확인하고 보정하는 작업이 필요하다.

### 유리 단부의 열관류율

유리 단부라 함은 프레임에서부터 중심부로 62.5 mm 폭을 영역을 의미하며 유리의 중심부의 열관류율을 주요변수로 간봉의 종류에 따라 각각의 식 (2), (3)(ASHRAE Handbook)으로 추정할 수 있다.

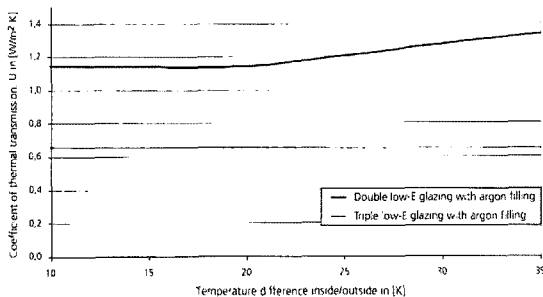
알루미늄 간봉

$$U_{EOG} = 1.266 + 0.842U_{COG} - 0.027U_{COG}^2 \quad (2)$$

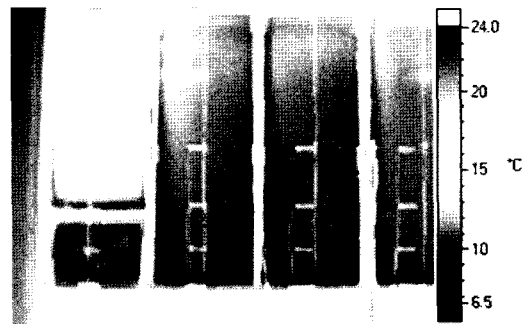
단열간봉

$$U_{EOG} = 0.681 + 0.682U_{COG} - 0.043U_{COG}^2 \quad (3)$$

단부는 그림 4와 같이 낮은 표면온도로 인해 대부분 가장 먼저 결로가 발생된다. 특히 단부 중에서도 창외 Sill 부분에서 가장 낮은 온도 분포를 보이고 있다. 이에 대한 주요 원인은 간봉에 의한 열전도에 있다. 간봉의 재료 중 가장 일반적으로 사용되는 것은 알루미늄 간봉으로 재료의 특성상 높은 열전도율을 가지고 있으므로 열관류율이 높을 수밖에 없다. 이에 따른 개선방법으로 열전도율이 낮은 유기계 재료



[그림 3] 내외부 온도차와 열관류율



[그림 4] 창호의 열화상 측정

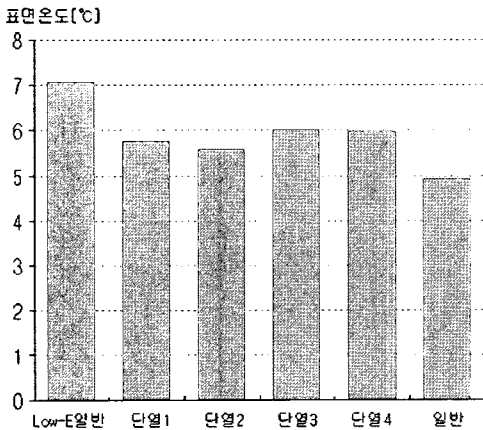
를 사용한 간봉 즉, 단열간봉을 사용한다. 단열간봉 적용 시 유리취부 방식 및 실링재 종류에 따라 구조적 성능 및 상용성을 반드시 검토해야 한다.

단열간봉 적용 시 표면온도의 변화를 살펴보면 유리의 취부 시스템 등에 따라 다소 변화가 있을 수 있다고 판단되나 Pocket Glazed 방식(프레임이 외부로 노출되는 형태)의 경우 큰 폭의 온도 상승은 이루어지지 않는 것으로 판단된다. 그림 5는 당사에서 수행한 국내 시판되는 간봉 종류별 유리단부의 표면 온도 측정 결과이다. 시험은 외부온도 -15℃, 내부온도 22℃, 상대습도 20%의 비결로 조건에서 측정하였으며 알루미늄 단열바에 Pocket Glazed 타입으로 24T복층유리 및 24T로이복층유리를 적용하였다.

간봉의 성능을 살펴보면 일반간봉에 비해 단열간봉을 적용했을 경우 Sight Line에서 약 1℃의 온도 상승이 나타났다. 동일한 일반간봉에 로이유리를 적용한 시험체는 일반유리를 적용한 경우에 비해 2℃가 상승하여 가장 높은 온도를 나타내었다. 유리 중심부 온도는 로이복층유리가 14℃, 복층유리가 약 10℃를 나타내었다.

이상의 결과에서 단부의 단열 성능은 중심부와 큰 차이를 나타내며 단열간봉 보다 유리 중심부의 열관류율이 단부의 온도 상승에 더 큰 기여를 함을 알 수 있다.

단 이 시험들은 pocket glazed 단열바를 적용한 것으로 pocket 내부의 대류현상으로 인한 온도저하 영향이 있을 것으로 판단된다. SG(structurally glazed)



[그림 5] 간봉 종류별 유리단부 표면온도

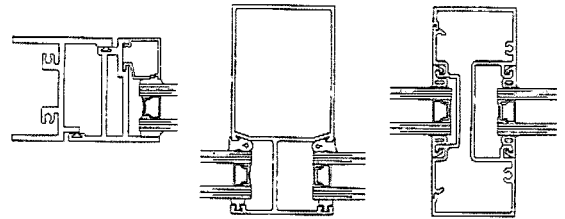
프레임을 적용한 A사(단열간봉 공급사)의 시험성적서에 의하면 단열간봉에 의한 온도상승 효과는 다소 개선된 2 ~ 3℃로 나타난다.

**프레임의 열관류율**

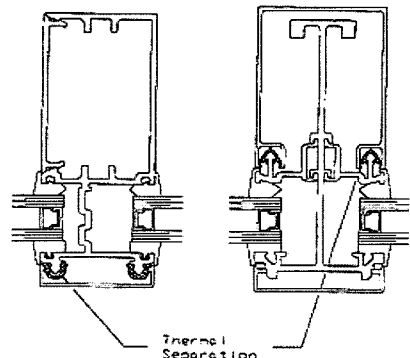
유리 커튼월은 구조적 성능, 가공성, 내구성 등의 요인으로 대부분 알루미늄 프레임을 사용한다. 알루미늄 프레임의 열관류율은 그 타입에 따라 큰 차이를 나타내고 있으며 또한 알루미늄의 높은 열전달율로 인해 대체로 유리의 열관류율에 비해 낮은 수치를 나타내므로 전체적인 열관류율을 저하시키는 요소로 작용한다. 특히 단열 성능이 낮은 바를 사용하는 경우 그 영향이 더욱 크다. 알루미늄 프레임은 크게 다음의 네 가지 타입으로 구분할 수 있다.

비단열 프레임(non-thermal frame)은 그림 6과 같이 내외부 사이에 1.6 mm 미만의 차단재가 설치된 바를 의미한다.

열교개선 프레임(thermally Improved frame)은 그림 7과 같이 부재 내외부 사이에 1.6 mm 이상 5.3



[그림 6] 비단열 프레임(non-thermal frame)



[그림 7] 열교개선 프레임(thermally Improved frame)



mm 미만의 낮은 열전도율( $\leq 20.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ )을 가진 열교차단재 또는 열린 공기층(open air space)을 형성한 것이다.

단열 프레임(thermally broken frame)은 그림 8과 같이 최소 5.3 mm 이상의 열교차단재 또는 열린 공기층을 형성한 것으로 일반적으로 많이 쓰이는 폴리우레탄, 폴리아미드 계열의 단열바 들이 이 범주에 속한다.

SG 프레임은 구조용 코킹으로 유리를 취부하는 방식으로 알루미늄 부재가 외부에 노출되지 않는 특징이 있다. 따라서 기술한 4가지 방식 중 대체로 가장 낮은 열관류율을 갖는다.

이상과 같은 프레임 방식에 대해 AAMA 507-01에서는 각각의 열관류율을 수록하고 있다. 이 수치들은 1997 ASHRAE Handbook 및 AAMA 자료에 근거한 보수적인(최악의 경우에 해당하는) 값이다.

이를 통해 열관류율은 structurally glazed가 가장 우수하며 단열간봉의 효과는 바의 열관류율이 우수할수록(낮을수록) 효과적인 것으로 판단할 수 있다.

그러나 표 1의 값을 실제 프로젝트의 열관류율로 적용하기에는 너무 높은 수준이라고 판단된다. 기타 문헌에 나타난 프레임의 열관류율은 표 2와 같으며 AAMA제시 열관류율과 큰 폭의 차이가 있다. 따라서 커튼월 프레임의 열관류율에 대해선 시뮬레이션 또는 실물시험 등을 통해 검증할 필요성이 있다.

그림 10은 창호 또는 커튼월의 전체 면적에 대한 유리면적(vision area)과 유리의 열관류율(U-factor)로 시스템 전체의 열관류율을 추정하는 그래프이다.

알루미늄 단열바에 일반간봉(알루미늄)을 적용하

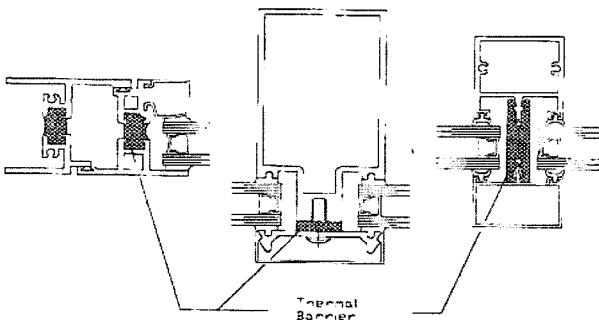
는 조건이다. 일반적으로 시스템에 대한 유리면적비는 창 의 크기에 따라 70 ~ 95% 정도까지 다양하게 분포한다. 예를 들어 동일한 구성재료의 두 개의 창이 유리면적비가 80과 90이라고 가정하면 전체 시스템에 대한 열관류율은 각각  $4.05$  및  $3.2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ 로 큰 차이를 나타낸다. 물론 이 그림에 적용된 알루미늄 단열바의 열관류율은 개폐창, 고정창, 커튼월 중에서 최악의 경우에 해당되는 값(based on worst case value)을 적용하였으므로 프레임의 영향이 다소 과장되었다고 볼 수 있으나 전체 시스템의 열관류율이 유리면적비에 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 커튼월의 열관류율은 동일한 재료와 프레임을 적용하더라도 그 크기와 입면 형상에 대해 차이가 크므로 시험체 선정 시 주의해야 하며 입면별 변화가 큰 프로젝트는 열관류율을 활용하는데에 그 한계가 있다.

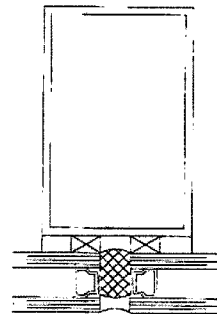
또한 열관류율 시험에 적용되는 시험체의 크기도 문제가 된다. 실제 적용되는 커튼월의 모든 부재가 포함되는 실질 크기의 시험체는 열관류율 시험 가능 크기를 넘어설 수 있다. 따라서 이러한 경우 시험체를 축소하여 시험해야 한다.

이러한 문제점으로 인해 커튼월의 열관류율 시험은 시스템 전체의 값보다 구성요소의 열관류율에 대한 정보를 얻는 것이 필요하다. 따라서 시험체의 구성요소별 표면온도의 측정이 병행되어야 할 것이다.

그러나 국내 커튼월 열관류율 측정에 준용될 수 있는 시험 규정인 KS F 2277 건축용 구성재의 단열성 측정방법과 KS F 2278 창호의 단열성 시험방법을 살



[그림 8] 단열 프레임(Thermally Broken Frame)



[그림 9] SG 프레임(structurally glazed frame)

<표 1> 프레임 방식별 열관류율 (AAMA 507-01)

Framing System	U - Value ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	
	Aluminum Spacer	Insulating spacer
Non-thermal	16.82	16.81
Thermally Improved	14.20	13.63
Thermally Broken	9.94	9.26
Structurally Glazed	7.21	5.79

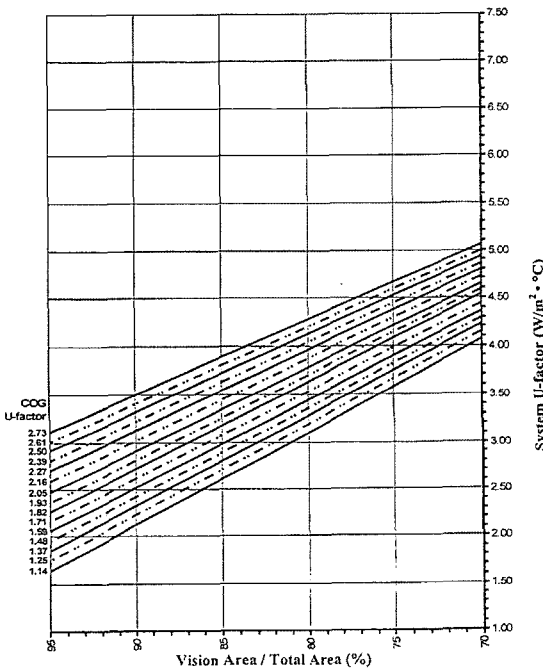
<표 2> 프레임 방식별 열관류율 (기타 문헌)

Framing System	U - Value ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	
	Charlie*	Oesterle**
Wood	2.7	1.5-1.7
Vinyl	3.4	1.5-1.7
Thermally Broken AL.	5.7	2.0-2.8

\* Window Performance For Human Thermal Comfort(Final Report to the NFRC) - 시뮬레이션 가정치

\*\* Double Skin Facades - 커튼월 프레임의 적정(relevant) 열관류율

Thermally Broken Chart (Aluminum Spacer) - SI Units  
Vision Area



[그림 10] System U-factor vs Percent of Vision Area (AAMA 507-01)

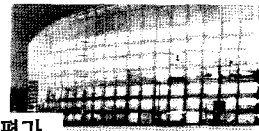
피보면 KS F 2277의 경우 시험체의 표면온도를 측정하도록 규정하고 있으나 불균질한 시험체의 경우, 즉 불균일에 의한 표면 온도의 차가 시험체 양 표면의 평균 표면 온도차의 20%를 초과한 경우 표면 평균 온도는 측정할 수 없고 시험체 양쪽의 환경 온도차로부터 열관류율만을 측정하도록 되어 있으며 KS F 2278에서는 시험체의 표면 온도 측정에 대한 규정이 없이 다만 환경온도차만 측정하도록 되어 있다.

이와 같은 규정으로는 시험결과를 통해 활용될 수 있는 정보가 매우 제한적이다. 따라서 활용도 높은 커튼월의 열관류율 측정을 위해 시험체 표면온도 측정에 관한 구체적인 규정 또는 지침이 필요하리라 판단된다.

### 유리 커튼월의 결로저항 성능

결로 저항성능이라 함은 겨울철 실내의 표면결로에 대해 어느 정도 저항할 수 있는지를 판단하는 것이다.

표면결로의 발생원인은 부재의 표면 온도가 실내 온습도 조건에 따른 노점온도 이하로 떨어지기 때문이다. 따라서 결로 저항성능은 외기 조건에 대한 실



내 온도 예측이 주요 근간을 이룬다.

$$t_i = t_f(t_f - t_{if}) \times U \times R_f \quad (4)$$

실내 표면온도는 식 (4)와 같이 열관류율을 통해 구할 수 있다. 그러나 커튼월의 열관류율은 각 구성 요소 별 영향이 포함된 값이므로 이를 통해 표면온도를 예측하는 것은 불가능하다. 따라서 결로저항 성능 측정은 실제 온습도 조건에 따른 결로 상태를 관찰하거나 각각의 부재에 대해 표면온도를 측정하는 방법으로 수행된다.

### 육안관찰 (Thermal Cycling Test의 변형)

그러나 국내의 커튼월 결로 저항성능 시험방법을 살펴보면 주로 Mock-up Test 시험체에 대해 표면온도 측정 없이 온습도 조건에 의한 결로발생 유무를 육안으로 관찰하는 방법이 주로 적용되고 있다.

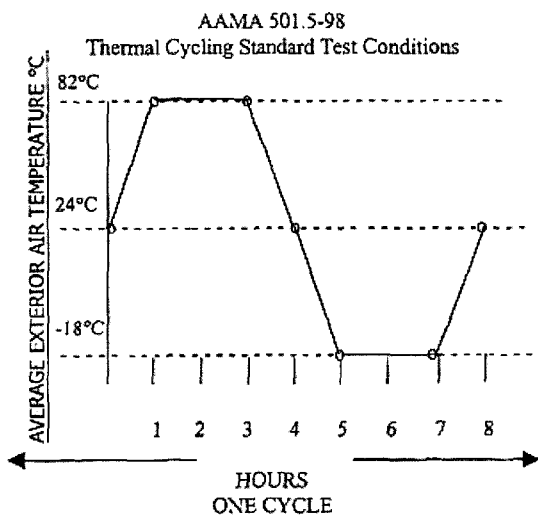
이는 AAMA 501.5-98 Test Method For Thermal Cycling Of Exterior Walls에 규정되어 있는 시험의 변형이다. 이 시험에서 주로 오해하는 사항이며 이해해야 할 사항은 시험의 목적이 실내의 열류 흐름에 대한 성능을 측정하는 것이 아니라는 것이다. 일반적으로 금속커튼월은 태양열에 의해 그 표면온도

가 80℃ 이상으로 가열된다. 이에 따라 커튼월 프레임(주로 알루미늄)은 그 높은 열팽창계수에 의해 신축변형을 일으키며 이로 인해 커튼월이 적절하게 디자인 되지 않았다면 가스켓, 실런트의 변형, 부재의 비틀림 등이 나타날 수 있으며 이는 기밀성능 및 수밀성능 저하로 나타나므로 이에 대한 검증을 위한 시험이다. 이로 인해 시험체는 기타 성능시험(기밀, 수밀, 구조, 층간변위 등)의 연속적인 과정을 거친다. 이 시험의 외부 설정온도는 시방서에 규정되지 않았을 경우 그림 11과 같이 +82℃, -18℃이다. 이는 태양의 복사열에 의한 표면온도 상승을 대류로 재현하기 위함이다. 시험의 온도 편차는 ±3℃이다. 본 규정에서는 1.1시험의 목적과 한계(objective and limitations)에서 이 시험방법은 AAMA 1503의 정확성과 재현성을 가질 수 없다고 명기되어 있다.(시험체가 너무 크며 온습도 분포의 정밀도가 떨어짐)

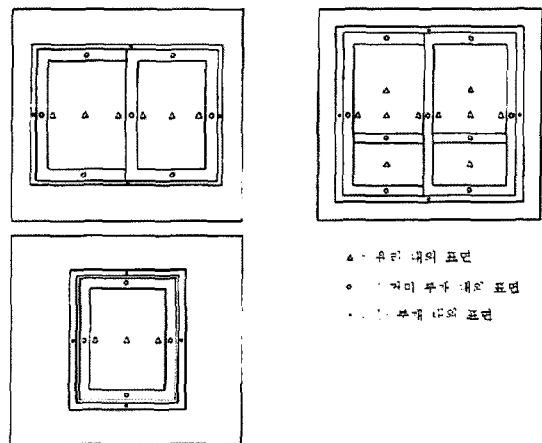
그러나 국내의 실정을 보면 위의 시험에 실내 습도를 조정하여 결로시험으로 활용하고 있다. 또한 표면온도 측정이 이루어지지 않으므로 결로 저항성능에 대해 정량화된 지표를 얻을 수 없다.

### 온도저하율

국내 정량화된 결로 저항시험으로는 KS F 2295 창



[그림 11] Thermal Cycling Standard Test Conditions (AAMA 501.5-98)



[그림 12] 표면온도 측정위치 (KS F 2295)

호의 결로 방지 성능 시험방법이 있다.

시험 방법은 구성부재의 각각에 온도 측정 센서를 부착하여 표면 온도를 측정하고 실내 온습도 설정 조건을 변화하여 실제 결로 유무 또한 육안으로 관찰하여 기록한다.

$$P_x = \frac{t_I - t_x}{t_I - t_{II}} \quad (5)$$

결로 저항성능의 정량적인 지표는 식 (5)와 같이 온도 저하율로 산출할 수 있으며 각각의 측정점에 대해 모두 산출한다.

이 시험은 부재의 표면온도를 측정하여 각각의 온도저하율을 산출하고 실내 온습도 변화에 따른 결로 사항의 육안관찰을 하는 두가지 내용으로 이루어져 있으므로 전술한 커튼월 결로 시험에 비해 유익한 정보를 얻을 수 있으나 표면온도 측정 위치에 대해 좀 더 개선이 필요하다고 판단된다. 예를 들어 그림 12에서 유리의 표면온도 측정 부위를 살펴보면 일반적으로 유리의 하단부가 가장 낮은 온도분포를 나타내지만 이 부분에 대한 온도 측정은 이루어지지 않는다. 또한 프레임에 있어서도 부재의 결합 방법

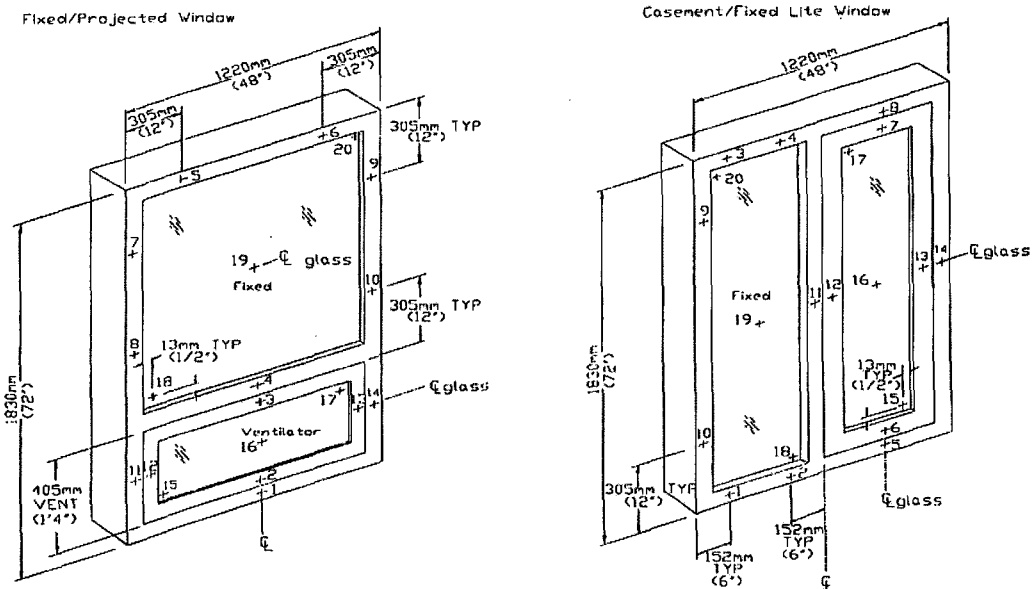
등에 따라 코너 등의 온도 분포가 취약할 수 있으므로 이 부위의 온도를 측정할 수 있는 방법이 필요하다. 또한 열관류율을 같이 측정하지 않으면 활용 정보가 제한된다.

### Condensatin Resistance Factor

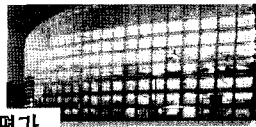
이와 같은 문제점에 어느 정도 부합하는 평가 방법으로는 시험체의 열관류율 및 결로저항성능을 측정하는 AAMA 1503-93 Voluntary Test Method for Thermal Transmittance and Condensation Resistance of Windows, Doors and Glazed Wall Section이 있다.

기본적인 측정은 열관류율 측정 및 시험체의 고온 측에 표면온도를 측정하여 CRF(Condensation Resistance Factor)를 산출한다.

실내의 조건은 일정하게 고온측 21도 저온측 -18를 유지하며 실내는 상대습도 이하의 비결로 조건을 유지한다. 표면온도 측정은 그림 13과 같이 유리에 총 6개소, 프레임에 14개소로 총 20개의 측정장치를 부착하고 별도로 4개의 움직이는 측정장치(roving thermocouple)로 프레임의 최저온도가 나타나는 것을 찾아 측정한다.



[그림 13] 표면온도측정 위치 (AAMA 1503-98)



## 유리커튼월의 열관류율 및 결로저항성능과 그 평가

측정치를 바탕으로 CRF의 산출은 다음의 식 (6), (7)에 의한다.

$$CRF_{(G)} = \frac{GT - t_{II}}{t_I - t_{II}} \times 100 \quad (6)$$

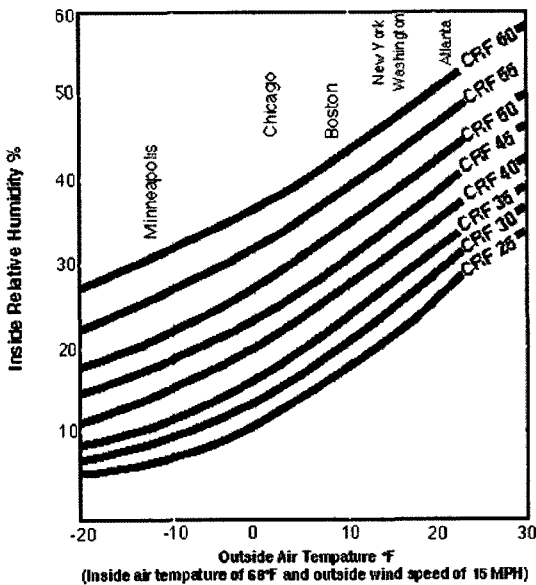
$$CRF_{(F)} = \frac{FT - t_{II}}{t_I - t_{II}} \times 100 \quad (7)$$

여기서 GT는 유리의 평균온도 즉 유리표면에 부착된 6개의 센서에 대한 평균값이다. FT는 가중프레임 온도로 기존에 부착된 14개 센서의 평균온도인 Fp와 프레임의 최저온도 부분에 부착된 4개 센서의 평균온도 Fr로 식 (8)과 같이 가중치 W를 산출하고

$$W = \frac{FT_p - FT_r}{FT_p - (t_{II} + 10)} \times 0.40 \quad (8)$$

이를 이용해 식 (9)와 같이 FT를 산출한다.

$$FT = FT_p(1 - W) + WF_r \quad (9)$$



[그림 14] Condensation Resistance Factor Curves (AAMA 1503-98)

이상의 방법으로 측정된 CRF<sub>(G)</sub> 및 CRF<sub>(F)</sub> 중 최소 값이 주어진 시스템의 CRF이다. 이는 커튼월 등의 구성요소들에 대한 결로 저항성능을 종합하여 단일 수치로 나타낸 것으로 그 값이 클수록 결로 저항성능이 우수하다.

CRF의 활용을 위해 AAMA 1503.98에서는 Condensation Resistance Factor Curves를 수록하여 실내 온도 68℃(20°F)에서 주어진 CRF 및 외기 조건에 따라 결로가 발생하는 상대습도를 구할 수 있도록 하였다.

그러나 CRF의 적용에도 문제점이 지적되고 있다. 첫째 CRF와 그에 따른 결로 발생 상대습도가 실제 시험치와 불일치하는 점, 실내 온도조건이 고정되어 있어 활용에 제한이 있는 점, 또한 시험실의 조건이 실제와 다름에 따라 생기는 차이점들이 그것이다.

그림 15와 그림 16은 동일한 창호에 대해 그 설치조건에 따른 표면온도를 시뮬레이션 한 결과이다. 설치 조건이 시험실과 같이 높은 열저항을 가진 벽체에 설치하는 경우(그림 15)에 비해 실제 상태인 되어지는 조적벽에 설치할 경우(그림 16) 표면온도가 크게 저하한다. 동일 지점에서의 온도차는 최대 4.9℃이다.

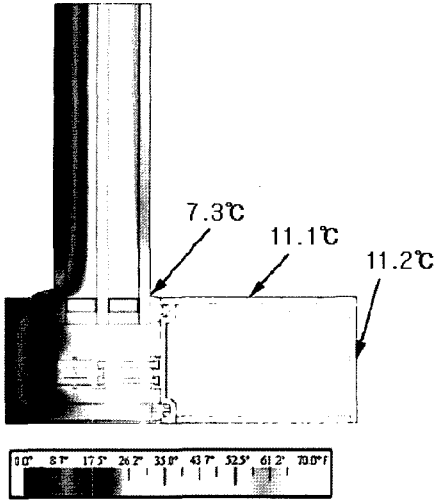
이같은 원인으로 인해 단순히 CRF라는 단일 지표로 실제 커튼월의 결로를 예측하는 것은 무리가 있다.

그러나 이 시험에서 주목해야 할 것은 시험체인 유리커튼월에 대한 많은 정보를 제공한다는 점이다. 시험체에 대한 열관류율 데이터와 이에 추가하여 커튼월의 입면구획에 따라 프레임 18개소(고정 14개, 이동 4개)와 유리 6개소의 표면온도를 측정 데이터를 통해 각 부재별 표면온도 및 열관류율 예측, 결로 취약부분의 위치 및 원인규명 등에 활용될 수 있다.

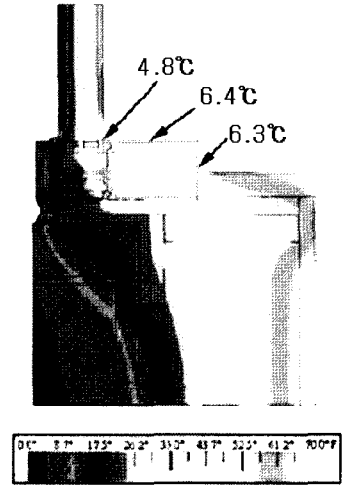
또한 전술한 바와 같이 프로젝트에 대해 각 타입별로 단일 및 결로 시험을 하는 것은 많은 시간과 돈을 낭비하므로 시뮬레이션을 통한 예측이 매우 중요하다. 그러나 실무적으로 시뮬레이션을 의뢰하는 경우 그 신뢰도에 대한 회의적인 답변을 많이 듣는다. 이에 대한 보완으로 이 시험을 통해 얻는 데이터를 활용하면 정확성을 높이고 유익한 정보를 제공할 수 있다.

커튼월의 실물 시험은 비용과 시간이 많이 드는 작업이다. 이는 단순한 품질시험이 아닌 설계과정으로





[그림 15] 단열프레임의 시뮬레이션 결과 (설치조건 미고려)



[그림 16] 단열프레임의 시뮬레이션 결과 (설치조건 고려)

이해해야 하며 각각의 시험에 대한 의도를 정확하게 파악하여 시험을 수행해야 한다. 비싼 비용을 지불하고 수행한 시험들이 그저 요식행위로 전락하지 않고 실제로 유익하게 활용될 수 있도록 하는 것은 우리 기술자의 몫이다.

### 첨부

#### 기호해설

- $U$  열관류율
- $U_{COG}$  유리 중심부의 열관류율
- $U_{EOG}$  유리 단부의 열관류율
- $U_F$  프레임의 열관류율
- $A_{COG}$  유리 중심부의 면적
- $A_{EOG}$  유리 단부의 면적
- $A_F$  프레임의 면적
- $t_1$  고온측 표면온도
- $t_2$  저온측 표면온도
- $t_x$  측정부위의 표면온도
- $t_f$  고온측 공기온도
- $t_{ff}$  저온측 공기온도
- $r_f$  실내 열전달 저항
- $r_{ff}$  실외 열전달 저항
- $P_x$  측정 부위의 온도저하율

- $CRF$  Condensation Resistance Factor
- $CRF_{(G)}$  유리의 CRF
- $CRF_{(F)}$  프레임의 CRF
- $GT$  유리표면의 6개 관측점에 대한 표면평균온도
- $FT$  프레임의 가중표면온도
- $FT_p$  프레임의 14개 측정점에 대한 표면평균온도
- $FT_r$  최저온도부위에 위치한 4개 이동측정점에 대한 표면평균온도
- $W$  프레임 가중표면온도 산출을 위한 가중치

#### 그림 출처

- 그림 1. Architectural Graphic Standards / AIA
- 그림 2. Window Performance For Human Thermal Comfort / Charie 외
- 그림 3. Double Skin Facade / Oesterle 외
- 그림 4~5. 단열간봉 성능평가 보고서 / 대우건설 기술연구원
- 그림 6~10. AAMA 507-01 / AAMA
- 그림 11. AAMA 501,5-98
- 그림 12. KS F 2295
- 그림 13~14. AAMA 1503-98
- 그림 15~16. Finding A Better Measure of Fenestration Performance / Sean