

ISO 창문 단열시험방법의 특징과 KS 개정의 필요성

건축구조부 책임연구원 || 임홍순

1. 서론

창이나 문은 개폐하거나 채광을 위한 구조로 되어 있기 때문에 벽 등과 같이 부위에 단열재를 충전하면 단열성이 좋아지는 것이 아니고, 용도 구조상 오히려 취약하며, 그 구성이 복잡하게 되는 것이 많다. 따라서 창이나 문의 단열성을 평가하기 위해서는 단순계산으로는 신뢰할 수 있는 정확한 평가가 곤란하여 실제 제품을 측정하지 않을 수가 없다.

창호 및 문은 내부구조나 재질이 각기 다른 구성재들로 이루어져 있어 표면에 부위별 온도편차가 크기 때문에 부재 양면의 대표적 표면온도를 결정할 수 없다. 따라서 스티로폼, 우레탄폼, 유리면, 압면 등 균질 두께 단열재와 같이 표면온도차에 의존하는 열전도도(열저항)를 적용할 수 없으며, 양측의 공기온도차를 기준으로 하는 열관류율(또는 열관류저항)값을 이용하는 것이 일반적이다.

그러나 2000년 제정된 ISO 12567-1의 창문 제품의 단열성능 시험방법에서는 기존 KS F 2278(창 및 문의 단열성능 시험방법, 1998)에 규정되어 있는 측정요소(공기온도)이외에도 추가적으로 측정장치내 기류용 배플판 표면 및 부착물의 열복사에 의해 시험체에 미치는 영향을 환경온도로 환산하여 반영하도록 되었고, 더욱이 동일 창호시험체에 대하여 부착물에 고정하는 창틀의 두께와 설치깊이 등 경계위치에 따른 모서리 손실부분을 보정하도록 되어 현행 국내에 적용되고 있는 열관류측정방법보다 기술적이고 정확성을 요구하

고 있어, 창호에 대한 단열성능 측정의 신뢰성을 확보하기 위해서는 새로운 개념의 ISO 창문 단열성시험방법에 대한 정확한 이해와 절차의 도입이 필요하다.

따라서 여기에서는 새로운 개념으로 개정된 ISO 12567-1(Thermal performance of windows and doors-Determination of thermal transmittance by hot box method-part1: Complete windows and doors)을 중심으로 현행 KS규격과의 비교를 통해 시험 설정이나 교정방법에 대하여 소개하고 도입의 필요성을 논하고자 한다.

2. KS 단열성능(열관류)시험규격 현황

국내 KS규격에 규정된 창호 및 문에 대한 단열성능 측정방법은 KS F 2278 (창 및 문의 단열성능 시험방법, 1998)에 의해 열관류율을 측정하고 있으며, 기존방식의 공기온도차에 의한 열관류율을 산출방법에 따르고 있다.

한편 벽체의 단열시험방법은 최근 국제 부합화 따라 ISO 8990(Thermal insulation-Determination of steady-state thermal transmission properties-Calibrated and guarded hot box)내용을 근간으로 KS F 2277(건축용 구성재의 단열성능측정방법, 2002)이 대폭 개정되어. 기존의 KS F 2277(주택용 단열재의 단열성능시험방법, 1980)의 소형시험체에 의한 교정열상자법(CHB)의 규정과 KS F 2299(건축물

부재의 정상상태에서의 단열성능시험 방법, 1985)은 새로이 개정된 KS F 2277의 내용과 중복되는 부분이 있으나 국내 현실에 맞추어 기존 설비의 사용성을 고려하여 부속서B, 부속서C로 각각 정리하여 당분간 병행 사용하는 것으로 하고 있으

며, 샌드위치패널 등 균질평면재에 적용되는 보호열상자법은 KS F 2273(조립용판 및 그 구조부분의 성능시험방법, 2000)에 규정되고 있다.

이러한 KS 규격의 개정 및 폐지 현황 및 특징은 <표 1>, <표 2>와 같다.

<표 1> 국내 건축부재 단열성능 시험규격 현황

시험구분	종래	현재
창호	KS F 2278(창 및 문의 단열성능시험방법, 1998)	변동없음
벽체	KS F 2277(주택용 단열재의 단열성능시험방법, 1980)	KS F 2277(건축용 구성재의 단열성능시험방법, 2002)
	KS F 2299(건축물 부재의 정상상태에서의 단열성능시험방법, 1985) -2002년 폐지	본문 : ISO8990 규격으로 일치화 개정 부속서B : 기존 KS F 2277의 내용을 규정 부속서C : 기존 KS F 2299의 내용을 규정
	KS F 2273(조립용판 및 그 구조부분의 성능시험방법, 2000)	변동없음

<표 2> 건축부재의 단열성능 시험방법 종류 및 특징 비교(KS 규격)

시험기준	측정법	시험대상	결과표시
KS F 2278 (창 및 문의 단열성능시험방법, 1998)	교정열상자법 (CHB법)	창 및 문	RU
KS F 2273 (조립용판 및 그 구조부분의 성능 시험 방법, 2000)	보호열상자법 (GHB법)	조립용패널 부재	U, C
KS F 2277 (건축용 구성재의 단열성능시험방법, 2002)	보호열상자법 (GHB법) 교정열상자법 (CHB법)	건축물 부재 (균질재, 비균질재 복합부재)	U, C, RU, R

※ λ(열전도도), R(열저항), C(열컨덕턴스), U(열관류율), RU(열관류저항)

3. 창문단열성능(열관류)시험방법 국제동향

ISO는 최근 창호 단열성시험에서 복사 등에 의한 환경온도 요소들을 반영하는 새로운 측정방법인 ISO 12567-1(2000) 제정하였으며, 2004년에는 일본도 창문 단열성능시험방법인 JIS A 4710를 전면 개정하여 ISO와 일치화 하였다. 다만, KS 창호 단열성시험규격은 ISO와 일치화 되지 않은 상태이다.

또한 ISO에서는 창호형태가 일반창보다 더욱 복잡하여 설치 등에 따른 측정값 변동요인이 많아 문제가 있었던 지붕창 및 돌출창문에 대한 단열시험방법을 2005년에 ISO 12567-2 규격으로, JIS는 2006년 4월 새로이 제정되었다. 해외규격 ISO 일치화 현황은 <표 3>과 같다.

<표 3> 해외 단열시험방법의 ISO일치화 현황

구분	해외규격	KS	ISO일치화
창문	ISO 12567-1:2000 JIS A 4710 :2004	KS F 2278 :1980	JIS : 부합화 KS : 미부합화
	ISO 12567-2:2005 (지붕창, 돌출창) JIS A 1492:2006	-	미제정(KS)

또한 ISO 등 해외규격과 KS의 주요내용을 비교하면 가열상자의 개구부(전열부) 크기 및 시험체크기, 측정온도기준(장치내 복사영향 고려 유무), 보정열량 산출규정 등이 차이를 비교하면 <표 4>와 같다.

〈표 4〉 창, 문 열관류(단열)시험규격 주요내용 비교

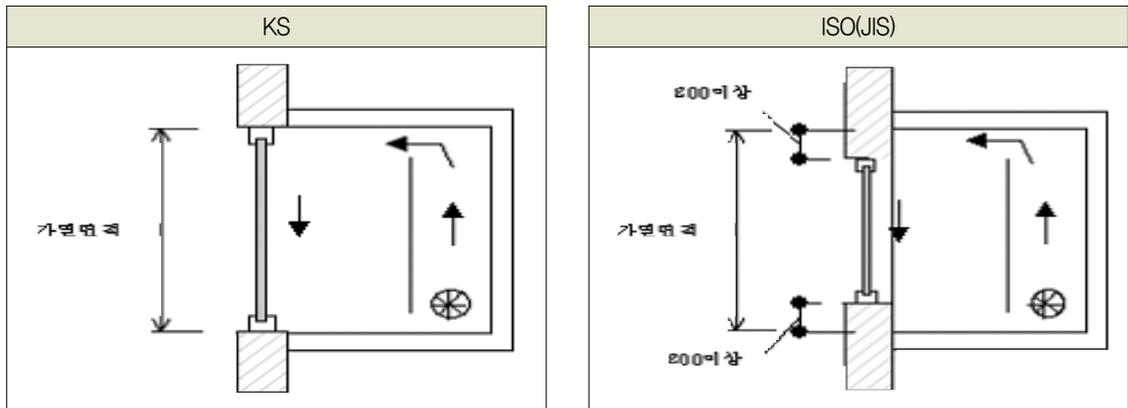
구 분	KS F 2278	ISO12567-1	JIS A 4710
가열상자 개구부 (전열부)	약2m×2m	시험체의 각변에서 200mm이상 커야함. (최소1.5m×1.5m)	시험체의 각변에서 200mm이상 커야함. (최소1.5m×1.5m)
시험체크기주1)	0.6m ² 이상 (통상2m×2m)	창1.48m×1.23m 문2m×1m (최소0.8m ² 이상)	창1.7m×1.8m 문1.7m×1.3m 0.9m×1.9m
측정온도주2)	공기온도	환경온도 (공기온도+복사온도)	환경온도 (공기온도+복사온도)
시험체 설치형태에 따른 열류보정주3)	세부규정 없음	열류보정값 산출규정	열류보정값 산출규정

주1) 창문 시험체는 ISO, JIS에서는 고정된 크기를 정하고 있으나 KS는 최소만 규정함.

주2) 측정온도는 ISO, JIS에서는 공기온도+복사온도를 반영한 환경온도를 기준함.

주3) ISO, JIS에서는 설치형태에 따른 표준보정값을 명시하고 있으나, KS는 일반적인 교정절차만 규정되어 있고 세부규정 없음.

〈표 5〉 창문 시험체 설치 방법 비교



아울러 시험체 설치방법 차이는 〈표 5〉에서와 같이 KS에서는 창문시험체를 가열상자 개구부 전체에 맞추어 시험하나 ISO(JIS)에서는 내부 경계면에서 200mm 이상 이격 되도록 시험체를 교정 부착틀에 고정하여 설치한다. 이는 시험체 모서리 부분으로의 열량손실을 정확히 교정하기 위한 절차이다.

4. 측정원리

일반적으로 창이나 문의 단열성능시험은 틀(프레임)샤시, 판유리, 기밀재 및 크레센트나 노브 등 부속품을 포함 전체에 영향을 고려한 총합 열관류율(U값) 또는 열관류저항을 측정하는 것이다.

다만, 시험체의 주변 외측에서 실제로 건물에 부착되었을 때 생기는 측로 열류 영향은 포함하지

않고 더우기 태양복사열 투과도 단열성능에 산입되지 않는다. 또한 틈에서 누설되는 공기도 제외한다. 즉, 측정방법상 기밀성 영향이 없도록 하는 것으로 되어, 가열상자법에서는 완전 밀폐상태로 측정한다. 따라서 창이나 문의 단열성능시험방법은 제품에 대하여 단열성능을 파악하거나 제품의 공정한 열성능 평가를 행하기 위한 표준시험이며, 시험은 창이나 문이 실제로 사용된 상태를 가정한 제품에 대한 시험조건으로 실시된다.

창이나 문의 단열성능시험의 측정원리는 가열상자에 의해 열관류율(U값이라고 말함) 또는 열관류저항의 측정방법에 근거하며, [그림 1]에서 측정방법 원리를 나타내었다. 열상자는 보호열상자의 경우와 교정열상자의 경우가 있으나 실제로 장치로서 간단한 교정열상자의 경우가 많이 이용된다. 따라서 여기에서는 교정열상자법을 중심으로 언급하고자 한다.

교정열상자법으로 창, 문의 열관류율을 측정하는 경우 시험체를 부착하는 판넬이 사용되기 때문에 열량 출입이 다음 식(1)과 같이 된다.

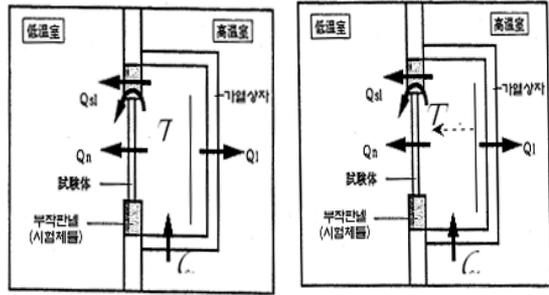
$$Q_n = Q_t - Q_l - Q_{sl} \dots\dots\dots(1)$$

- 여기서 Q_n : 시험체로 통과하는 열량
- Q_t : 가열상자 발생열량(W)
- Q_l : 가열상자 교정열량(W)
- Q_{sl} : 부착판넬 교정열량(W)

$$T_w = f(T_a, T_r)$$

- T_a : 공기온도
- T_r : 저온실 및 가열상자 내부의 각각의 배플판과 부착판 노출부분 온도로부터 각각의 시험체 표면에 미치는 복사영향에 의한 환산온도

부착판넬은 경계 끝단부의 열류량도 포함하여 고정한다. 끝단부 열류량은 부착판넬을 교정하기



공기온도 T_a 차 기준(KS방법) 환경온도 T_n 차 기준(ISO방법)
(그림 1) 측정개념도

위한 표준판의 위치, 두께 및 열저항(열전도도)에 따라 산출하며,

표면에서의 적절한 대류 열전달을 가지도록 조정되어야 한다.

창 또는 문의 열관류율 산출은 현행 KS F 2278(창문의 단열시험방법)에서는 시험체 양측의 공기온도차를 기준으로 하나 ISO 12567-1의 개정 규격에서는 장치내부의 복사요인을 고려한 환경온도를 기준으로 하여 산출한다. 그 산출식은 다음 식(2, 2)에 따라 구할 수 있다.

$$\text{공기온도 } T_a \text{ 기준(KS방법)} U = \frac{Q_n}{\Delta T_a \cdot A} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{환경온도 } T_n \text{ 기준(ISO방법)} U = \frac{Q_n}{\Delta T_n \cdot A} \dots\dots\dots(2)$$

- 여기서 U : 열관류율(W/m^2K)
- ΔT_a : 양측의 공기온도차(K)
- ΔT_n : 양측의 환경온도차(K)
- A : 전열면적(m^2)

중요한 사항은 환경온도는 저온실과 가열상자 내부의 공기온도 뿐아니라 각부위 내부면 온도로부터 방사되는 복사를 포함한 요소로서 시험체에 미

치는 영향을 실제적으로 고려해야함을 의미한다.

5. 시험장치 요구사항

시험장치는 기본적으로 보호열상자법이나 교정 열상자법에 의한 시험장치와 같이 열량을 측정하는 가열상자, 보호실, 저온실, 기류발생장치 및 계측장치로 구성된다. 다만, 창이나 문과 같은 시험체는 형상 때문에 시험장치 개구부에 단순히 장착되지 않기 때문에 부착패널을 이용하게 된다. 창문의 열관류시험장치 규격인 ISO 12567-1은 벽체의 열관류시험방법인 ISO 8990의 장치규격을 따르며, 다만, 창호의 설치조건에 따른 부착패널을 포함한 열류 교정절차 등이 추가로 요구된다.

국내 많은 시험기관이나 제조업체에서 열상자법에 의한 시험장치를 보유하고 있으나, 일반적인 장치사례는 [그림 2]에 나타난 것과 같으며, 또한 외국의 시험기관의 시험장치 사례를 [그림 3]에 나타내었다.

주요 구성장치에 대한 특징은 다음과 같다.

5.1 가열상자

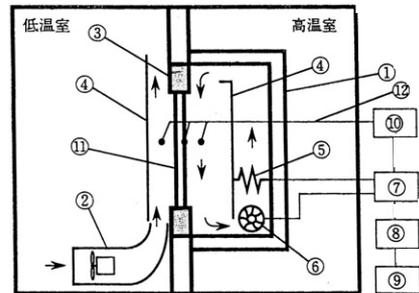
가열상자는 본체벽을 통과소실되는 열량이 개구부를 통과하는 열량의 0.5% 이내로 변동이 없도록 단열성이 좋거나(ISO), 열저항이 2.6-4.3m²K/W 이상의 재질로 하도록(KS F 2278)하고 있으며, 일본의 사례로서 열전도도가 0.04(W/m²K) 이하의 발포폴리스틸렌과 같은 단열재로 두께 100mm 이상으로 하며, 표면은 강성 및 내구성을 가지도록 합판 등을 붙이며, 알루미늄판 등 금속판으로 해도 좋으나 시험체 부착부위 등에서 열교 현상이 일어나지 않도록 한다. 내부 표면은 장파 방사율이 0.8 이상의 마감재로 한다.

가열상자 내부는 히터와 송풍팬을 장착하여 기류가 안정되도록 시험체 전면에 배플판을 설치한

다. 배플판의 표면도 장파 방사율을 0.8 이상으로 한다. 기류속도는 배플과 시험체 사이에서 자연대류에 가까운 0.3m/s 이하로 한다.

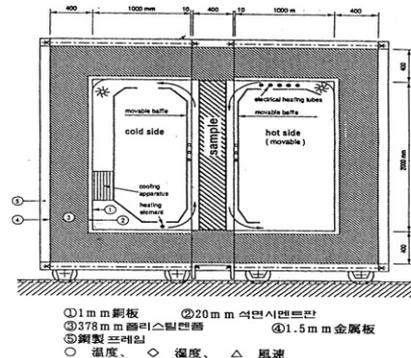
가열상자 개구부(전열면적)는 ISO 12567-1에서 개구부의 중심에 설치된 시험체의 모서리 경계선으로부터 200mm 이상 여유거리를 가지는 크기로 하도록 규정하고 있으며, 이는 시험체 모서리 경계면에서 누설되는 열량을 확실하게 교정하기 위한 것으로 주의할 필요가 있다.

그러나 현행 KS F 2278(창 및 문 단열시험방법)에서는 이러한 모서리 이격 규정이 없이 시험체를 가열상자 개구부(전열면적)에 맞추어 2×2m 크기로 하여 실시하는 것이 일반적이다. 따라서 KS기준에서는 모서리 열류보정 규정이 명확히 되어 있지 않다.



①較正熱箱 ②氣流吹出裝置 ③시험체 ④パッフル
⑤미터 ⑥송풍팬 ⑦電力計 ⑧전원제어수단장치
⑨安定化電源 ⑩데이터장치 ⑪試驗體 ⑫T熱電對

[그림 2] 교정열상자법 시험장치에



①1 m 鋼板 ②20 m 2면시멘트판
③378 m 폴리스티렌폼 ④1.5 m 金屬板
⑤鋼製 프레임
○ 溫度、◇ 濕度、△ 風速

[그림 3] 외국 교정열상자법 측정장치 사례(벽용)

5.2 향온실, 저온실

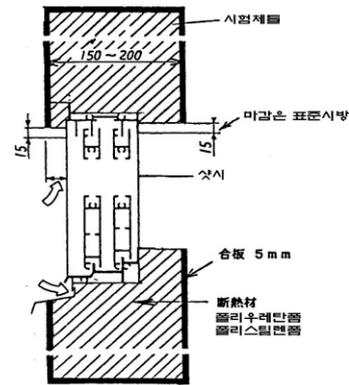
향온실, 저온실은 각각 소정의 온도(일반적으로는 20℃ 및 0℃)로 설정할 수 있으며, $\pm 1^\circ\text{C}$ 의 범위로 제어 할 수 있도록 한다. 실제로 온도제어는 경우 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 이내이다.

저온실의 크기는 일반적으로 별도 제한없이 가열상자(향온실)의 크기에 따라 정해지며, 재질은 가급적 에너지 손실을 방지할 수 있는 단열성과 투습저항이 확보 된 재료를 사용하도록 권장하고 있다. 상자내부에는 균일한 온도분포와 시험체의 표면열전달저항을 일정 범위에서 유지하기 위해 송풍팬에 의해 배플과 시험체 사이의 기류 속도를 조정할 수 있게 요구한다. ISO에서는 0.1m/s~10m/s 범위를 권장하고 있으며, 현행 KS F 2278에서는 시험체의 가열측 및 저온측의 기류조건을 일정하게 유지하기 위해 표준판의 표면열전달저항값을 이용하여 사전에 기류속도를 조정 설정하게 되어 있으며, 통상 3m/s 정도가 적당한 것으로 보고되고 있다.

5.3 부착판넬(시험체들)

부착판넬은 가열상자와 같은 사양으로 한다. 다만 면재는 합판 또는 플라스틱시트 등 비교적 열전도성이 좋은 재료로 한다. 판넬의 두께는 두께는 150~200mm, 열저항 $4.3\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ 이상이 되도록 규정하고 있으며, 시험체의 최대두께보다 두꺼울 필요가 있다. 판넬 표면의 장과장방사율은 가열상자와 같이 0.8 이상으로 한다.

실제 알루미늄합금샤시의 부착판넬 제작은 상당히 까다로우나 합판으로 틀을 만들고 샤시틀과의 사이를 현장발포 우레탄폼으로 충진하여 제작하는 경우도 있으며, 어느 것도 부착판넬의 교정 열량이 용이하게 구해지도록 할 필요가 있다.(그림4 참조)



(그림 4) 알루미늄샷시의 부착판넬 사례

5.4 열량측정장치

가열상자의 발열량 측정은 팬과 히터에 대하여 전력계로 측정한다. 전력계의 정밀도는 0.5급이상으로 하고 전력계는 실효전력을 측정할 수 있는 것으로 한다.

또한 최근에는 가열상자내를 온도제어하는 경우도 있어, 정상상태에서도 히터에 인가되는 전력이 약간 변동하는 것 때문에 적산하는 기능이 측정기에 필요하다.

5.5 온도측정장치

온도는 T형 열전대(동/콘스탄탄)을 이용하고 정밀도가 0.1°C 까지 교정된 데이터로거로 계측한다. 온도측정은 열전대를 이용한 전기적 측정방법에 의하며, KS 2278(문, 창호 단열성능시험방법, 1998)에서는 시험체 표면온도 측정시 0.1°C 이내까지 교정한 지름 0.2mm 이하의 CC열전대를 사용(단, 공기온도 측정시 지름 0.2mm이상 사용가능)을 권장하고 있으며, 온도측정은 KS의 대부분 기준에서 저온측과 가열측의 상호 마주보는 위치에서 측정하도록 규정하고 있으며, 시험체표면온도 및 공기온도 측정개소 및 위치까지 규정하고 있다.

공기온도 및 표면온도 측정센서는 1㎡마다 2개 이상 또는 측정면마다 9개 이상 또한 시험체 표면에서 온도측정지점간 온도차이가 저온 및 고온 측 평균온도 차이의 20%를 하느냐가 시험체의 균질성 여부 즉 표면온도 측정여부를 판단 기준으로 권장된다. 공기온도 측정위치는 가열측 및 저온측 시험체 표면으로부터 10cm 이상 이격하되 시험체 표면온도 측정지점과 동일한 위치에서 측정하고 있다.

그러나 ISO 12567-1의 규격에서는 상기 KS규격에서의 온도 측정지점 이외에 추가적으로 부차 판넬(틀) 및 배플판에 분포된 지점에서 추가적인 온도측정을 요구하고 있다. 이는 장치(실)내부의 각 표면으로부터 시험체로의 복사에 의한 영향을 각부 표면온도를 측정하여 공기온도와 함께 환경 온도로 환산하여 열관류율 값에 반영하기 위한 것이며, ISO기준이 현행 KS F 2278과 가장 큰 차이 라 하겠다.

6. 열관류시험 실시방법

6.1 정상상태(Steady-state)

시험체의 단열성능(열관류율, 열관류저항)은 시험체 내부의 열 흐름이 안정상태 즉 시간 경과에 따른 열 흐름변화가 없을 때의 값을 취하여야 하므로 관련 시험데이터는 정상상태(Steady-state)에 도달된 후에 수집되어야 한다.

ISO기준에서는 정상상태 조건에 대한 구체적인 명시는 하지 않고 있으며, 다만 열관류저항, 열관류율, 가열상자에 투입되는 전력, 온도 등의 데이터의 변화정도로 정상상태를 인정하고 있으나, KS F 2278 등 단열성시험에서는 정상상태의 정의를 가열상자내 히터 및 팬의 설정 전력공급의 변동없이 시험체 양측의 공기온도, 표면온도가 거의 일정해지고 그 시간에 따른 계속 감소 또는 증

가함 없이 가열상자와 저온실간의 공기온도차 변동이 1시간당 온도차의 2~3% 이내인 상태로 규정하고 있다. 그러나 정상상태(Steady-state)에 도달되는 시간은 시험체의 열적성능, 표면상태 및 시험장비의 온도제어성능 등에 따라 많은 변화가 발생하여 그 시간을 예측하기 어려우므로 시험자의 숙련된 경험과 컴퓨터에 의존할 수밖에 없다.

6.2 온도조건

시험체 양측면 온도차 즉 가열상자와 저온실간의 온도조건 설정은 기본적으로 시험체가 설치되는 현장조건과 유사한 상태를 유지하는 것을 원칙으로 하고 있으나, 이 조건을 설정하는 것이 현실적으로 어려운 경우가 발생 할 수 있으므로 일부 기준에서는 <표 6>과 같이 온도설정 조건을 권장하고 있다.

<표 6> 단열성 시험기준별 온도조건

시험기준	온도조건
ISO 기준	평균 공기온도 약 10℃, 공기온도차 20℃±2K
KS 기준	항온실 및 가열상자 20℃±1℃ 저온실 0℃±1℃

6.3 측정데이터 선정

시험결과는 정상상태(Steady-state)에 도달된 후 공기온도, 시험체표면온도, 가열상자내 투입전력 등을 측정하여 데이터를 <표 7>과 같이 선정 결정한다.

<표 7> 열관류 시험기준별 측정데이터 선정방법

시험기준	측정데이터 선정방법
ISO 기준	최소 3시간동안 측정값 차이가 1%일 때 종결
KS 기준	30분 간격으로 3회 측정값

6.4 단열성능 결과표시

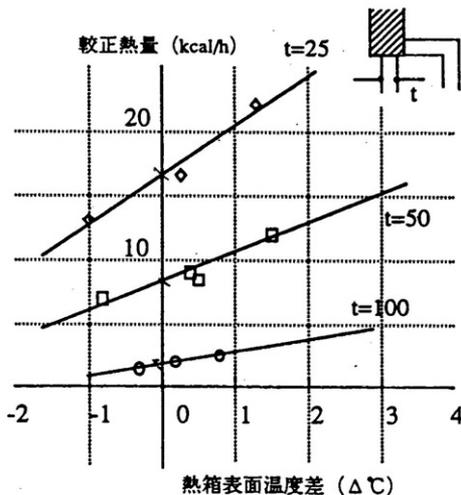
창 및 문의 단열성시험은 측정된 공기온도(KS), 환경온도(ISO), 열량, 전열면적 등을 이용하여 열관류율을 산출하게 된다.

7. 교정열량의 교정방법

교정열상자법에 의한 측정에서는 가열상자와 부착패널의 2개의 교정이 필요하다.

7.1 가열상자의 교정

가열상자의 교정은 가열상자 개구부에 열전도도를 알고 있는 재료를 부착하여 발생하는 발생하는 열량과 통과열량의 차이를 빼서 교정열량 Q_1 을 구한다. 이때 표준판의 경계끝단에서 열류(끝단부에서 되돌아오는 열)를 고려할 필요가 있으나, 창을 측정하는 경우 끝단부 열류는 부착패널 두께가 두꺼우므로 상당히 작다. 교정열량은 표준판두께(t)를 변수로 하여 가열상자 양측면 온도차와의 관계를 나타내면 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 가열상자 교정선도 사례

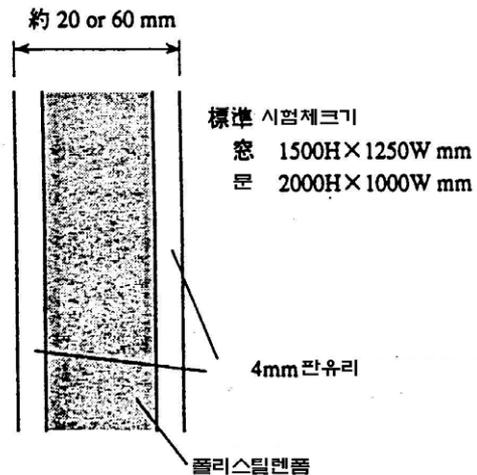
7.2 부착패널(시험체틀)의 교정(ISO 12567-1)

7.2.1 표준판(교정판)

표준판의 크기는 시험체와 같은 크기의 것이 필요하다. 표준판은 시험조건을 기준화하기 위해서 사용되는 것으로 부착패널의 교정열량(경계 끝단 열류도 포함)과 표면열전달율을 결정하기 위해서 사용한다.

표준판으로서는 기본적으로 가열상자의 교정에 사용하는 것과 같으나 두께(d_c)가 일정하고 열저항(R_c) 또는 열전도도(λ_c)이 미리 파악되어 있어야 한다. 또한 표면은 평행, 평활하고 시험체의 두께에 대응하여 여러 종류의 두께가 다른 것을 준비할 필요가 있다.

끝단 손실열류를 구하기 위하여 표준판은 측정하는 것과 같은 정도의 열저항과 두께를 가진 것이 가장 정확도가 좋은 교정을 할 수 있다. 끝단열류는 어느것이 라도 열저항보다도 두께의 영향을 받으므로 두께에 주의할 필요가 있다. 일반적으로 압출법의 폴리스틸렌폼판을 표준판으로 하고 있으나 ISO에서는 [그림 6]에 나타난 바와 같이 균질한 플라스틱폼의 양면에 유리판을 붙인 샌드위



[그림 6] ISO 교정판넬 예

치패널(2종류 두께)를 표준판으로 하고 있다. 이것은 방사 등의 표면성상을 최대한 측정물에 유사하도록 하는 것으로 생각되며, 취급상에서 보면 폴리스틸렌폼판이 용이하고 복사율과 표면성상의 거칠기가 유사하면 표준판으로서 재질로서는 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있다.

7.2.2 교정방법

표준판은 부착판넬에 냉각측에서 그림 8에 나타난바와 같이 정해진 위치에 설치하고, 다음으로 언급되는 양측 표면열전달저항을 설정하여 정상상태의 표준판 표면온도차(ΔT_{sc})에서 통과열량(Q_c)를 산출하여 다음식(3)에서 부착판넬 교정열량을 구한다.

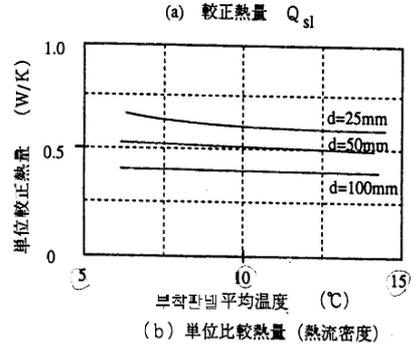
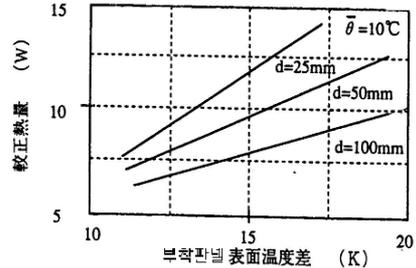
$$Q_{s1} = Q_t - Q_l - Q_c \dots\dots\dots(3)$$

- 여기에서 Q_n : 시험체로 통과하는 열량
- Q_t : 가열상자 발생열량(W)
- Q_l : 가열상자 교정열량(W)
- Q_{s1} : 부착판넬 교정열량(W)

$$\text{표준판을 통과하는 열량 } Q_c = \frac{\lambda_c \cdot \Delta T_{sc} \cdot A}{d_c}$$

부착판넬의 평균온도를 일정하게 양측온도를 변화시켜, 부착판넬의 교정열량을 판넬표면온도차와의 관계로 나타낸 것으로는 [그림 7(a)]와 같다. 표준판의 두께에 따른 Q_{s1} 이 변하는 경우는 [그림 7(b)]와 같이 구하여 진다. 통상측정은 온도차 20K로 측정하나 부착판넬의 Q_{s1} 은 시험시 측정조건에 맞추도록 한다.

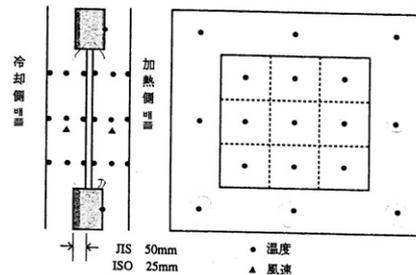
한편 개정된 ISO 12567-1에서는 창호 시험체 두께와 부착물에 설치깊이에 따른 모서리 열류손실 교정값을 부록표에 명시하고 있어 창호 시험체 설치조건에 따른 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.



[그림 7] 부착판넬(시험체들)교정열량(개념)

7.2.3 온도·풍속 측정위치

가열냉각양측의 표준판온도 및 공기온도는 전열면적을 9등분하여 각 중심 위치에서 측정한다. [그림 8] 또한 공기온도의 시험체표면에서 거리에 있어서는 기류의 경계층을 벗어난 위치로 하고 KS에서는 약10cm, 기류의 경계밖을 측정하는 것으로 되어 있으므로 부착판넬과 배플의 폭 중간의 위치로 하고 있다. 기류는 중심 위치에서 측정하나 예측된 기류분포가 작도록 조정할 필요가 있다.



[그림 8] 온도·풍속 측정위치

8. 시험방법(ISO 기준)

8.1 표면열전달저항의 설정

표면열전달저항은 최초 교정시의 표준판을 이용하여 실시한다. 양측의 표면열전달저항(Rst)합이 KS에서는 0.16m²K/W 되도록 기류를 조정설정한다. 이후 실제 측정에 있어서는 이것을 일정하게 유지되어야 한다. 또한 가열측 표면열전달저항을 0.11m²K/W, 냉각측은 0.05m²K/W로 하도록 규정하고 있다.

Rst는 다음 식에 의해 구한다.

$$Rst = (\Delta T_{ac} - \Delta T_{sc}) \cdot A / Q_c \dots \dots \dots (4)$$

여기서 ΔT_{ac} : 양측 공기온도차(K)

ISO12567-1에서는 ΔT_{ac}는 교정시 환경온도 차이이며, 7.4항에 기술한 바와 같이 복사의 영향을 고려하고 있다. 다만 환경온도를 산출하기 위해서 표면열전달저항을 다음 식(5)에서 구하도록 하고 있다.

$$h_{ac} = \frac{q_c - h_{ri}(T_{ri} - T_{ci})}{T_{ac} - T_{ci}} \dots \dots \dots (5)$$

여기서 h_{ai} : 가열측표면열전달율

q_c : 단위 표준판 통과열량(=Q_c/A)

h_{ri} : 열상자 가열측 복사전달율

T_{ci} : 표준판 가열측표면온도

T_{ri} : 표준판 가열측표면 겉보기 평균복사온도

T_{ai} : 가열측 평균공기온도

T_{ri}, h_{ri}는 7.4항에 나타낸 (9) 및 (10)식에서 구하여 진다.

냉각측표면에 대하여도 동일하게 다음 식(6)에

서 구하도록 하고 있다.

$$h_{ae} = \frac{q_c - h_{re}(T_{re} - T_{ce})}{T_{ae} - T_{ce}} \dots \dots \dots (6)$$

여기서 h_{ae} : 냉각측표면열전달율

q_c : 단위표준판통과열량(=Q_c/A)

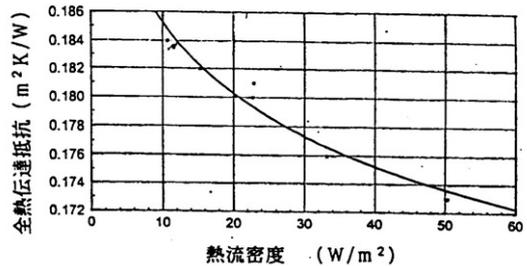
h_{re} : 냉각측 복사전달율

T_{ce} : 표준판 냉각측표면온도

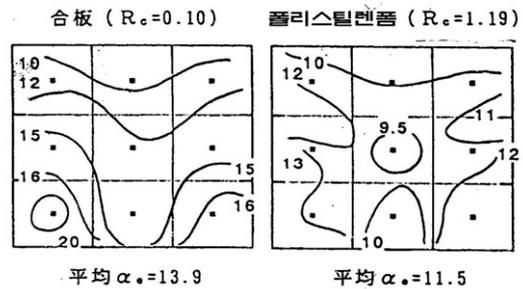
T_{re} : 표준판 냉각측표면 겉보기 평균복사온도

T_{ae} : 냉각측 평균공기온도

T_{re}, h_{re}는 7.4항에 나타낸 (9) 및 (10)식에서 구하여진다.



(그림 9)교정시 전열전달저항Rst



(그림 10)표면열전달율의 부위별 차이 및 분포

양측 표면열전달저항의 합계Rst는 q_c(단위표준판통과열량 즉 열류밀도)의 관계로서 나타낼 수 있다. [그림 9]에 그예 (4)를 나타낸 바와 같이 열기밀도가 크게되면 즉 열저항이 작을 수록 표면열

전달 저항은 작아진다. 이것은 방사열전달이 증가하기 때문이나 같은 기류조건이어도 합판과 폴리스틸렌폼에서는 평균 표면열전달율이 다른 측정 결과의 예(11)를 [그림 10]에 나타낸다.

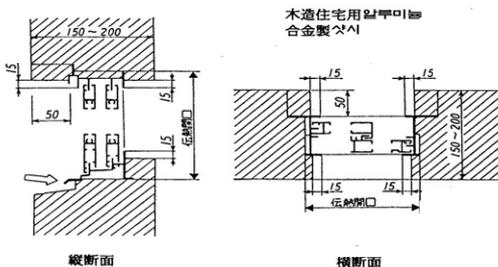
8.2 측정조건, 측정회수

온도조건은 가열측 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 냉각측 $0 \pm 1^\circ\text{C}$ 를 표준으로 한다. 온도 및 열량은 정상상태에 도달한 후 30분 간격으로 3회 측정하고, 그 평균으로 정한다.

9. 결과 산출

9.1 전열면적의 산정

전열면적(A)는 교정시 표준판 면적이 권장되나 실제 알루미늄샷시 틀의 형상은 복잡하여 단순히 면적을 규정할 수 없다. 기본적으로는 건물구조체 개구부의 내측을 전열면적으로 하고 있기 때문에 [그림 11]에 나타난 바와 같이 부착용 날개 및 실링받이 등 돌출부를 제외한 틀의 바깥치수로 하고 있다. 샷시 특히 알루미늄합금제 샷시는 시공을 고려한 여러 가지 형태가 있기 때문에 유리하거나 불리한 경우가 생길 수도 있다. 예를 들면 외측에 붙이는 타입의 샷시는 측정시 실제의 전열면적보다 결과를 산출시의 전열면적이 크게 되어 겉보기 상 열관류저항이 크게 계산될 수 있다.



(그림 11) 시험체 전열면적 산정방법 예

9.2 표면열전달저항 보정

교정시 가열상자측 표준판 표면열전달저항 $0.11 \pm 0.02 \text{m}^2\text{K/W}$, 저온실측 표면열전달저항이 $0.05 \pm 0.02 \text{m}^2\text{K/W}$ 가 되도록 기류를 조정하며, 창 및 문에 대한 측정시 가열 및 저온실 양측의 표면 열 전달저항의 합이 $0.16 \text{m}^2\text{K/W}$ 이 되지 않을 경우는 양측 열전달저항의 합과 $0.16 \text{m}^2\text{K/W}$ 과의 차를 열관류저항에 산입 보정한다.

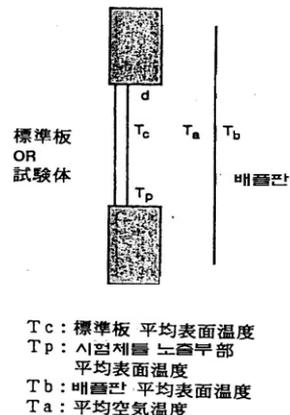
9.3 열관류율(열전달저항) 산출

열관류율은 (1)식에서 구하여지나 표면열전달저항은 기준상태에서 보정하는 경우는 다음 식(7)에서 구한다.

$$U_{st} = [U - 1 + (0.16 - R_{st})] - 1 \dots\dots\dots(7)$$

9.4 새로운 환경온도 개념

환경온도(Environmental Temperature)는 [그림 12]에 나타난 바와 같이 측정시에 표준판 또는 시험체와 배플판 및 부착판넬의 위치관계에 의거 복사를 고려한 온도이다.



(그림 12) 판넬의 부위별 위치관계와 기호

양측의 환경온도(Tn)은 다음 식(8), 식(9)와 같이 정의된다.

$$T_n = \frac{h_a T_a + h_r T_r}{h_a + h_r} \dots\dots\dots(8)$$

$$= F_a T_a + (1 - F_a) T_r \dots\dots\dots(9)$$

여기에서 h는 표면열전달율
 Ta : 평균공기온도
 Tr : 평균복사온도
 Fa : 총합열전달율에 대한 대류성분의 비율, Fa=ha/(ha+hr)

Tr은 표준판의 겉보기 표면에 의한 복사온도로써 다음 식(10)에 의해 주어진다.

$$T_r = \frac{\alpha_{cb} h_{cb} T_b + \alpha_{cp} h_{cp} T_p}{\alpha_{cb} h_{cb} + \alpha_{cp} h_{cp}} \dots\dots\dots(10)$$

여기서 Tp : 부착판넬 노출부 평균표면온도
 Tb : 배플 평균표면온도

또한 hr은 평균복사전달율로서 다음 식(11)에 의해

$$h_r = \alpha_{cb} h_{cb} + \alpha_{cp} h_{cp} \dots\dots\dots(11)$$

여기서 hcb,hcp : 흑체복사전달율
 acb,acp : 표준판 또는 부착판넬 및 배플위치관계에 따른 형태계수를 고려한 복사율(그림 12 참조)

이 흑체방사전달율은 다음 식(12), 식(13)에 따라 계산된다.

$$h_{cb} = \sigma (T_c^2 + T_b^2) (T_c + T_b) \dots\dots\dots(12)$$

$$h_{cp} = \sigma (T_c^2 + T_p^2) (T_c + T_p) \dots\dots\dots(13)$$

여기서(스테판볼츠만정수) = 5.67x10⁻⁸W/m²K

acb,acp 는 배플판에서 표준판 및 부착판넬 노출부분(그림 12의 d치수부)에서 표준판으로 복사율로서 2차반사를 무시한 단순한 복사율은 다음

식(14),식(15)로 계산된다.

$$\alpha_{cb} = \epsilon_c \cdot \epsilon_b (f_{cb} + (1 - \epsilon_b) f_{cb} \cdot f_{bb}) \dots\dots\dots(14)$$

$$\alpha_{cp} = \epsilon_c \cdot \epsilon_p (f_{cp} + (1 - \epsilon_p) f_{cp} \cdot f_{pp} + (1 - \epsilon_b) f_{cb} \cdot f_{bb}) \dots\dots\dots(15)$$

여기서 f는 형태계수로서 복사전열을 나타낸다.
 ε은 각각 반구형 복사율이다.

형태계수는 샘플 부착판넬의 부착위치(깊이) 따른 변화이다. 또한 ha는 대류성분의 표면열전달율로서 앞서의 교정시에 구한 (5)식에서 구해진다.

이와 같이 하여 양측의 환경온도Tn이 구해지는 것으로 생각되나 일반적으로 현재의 KS에 따른 공기온도를 이용한 열관류율을 산출하는 경우와 환경온도를 이용한 경우를 비교하면 환경온도차가 공기온도차보다도 작게되어 열관류값이 크게 산출된다. 측정예를 <표 5>에 나타난다. 이것을 보면 가열측 배플판의 표면온도가 공기온도에 비해 상당히 낮기 때문에 환경온도와의 차가 크게 되어 공기온도로서 계산된 결과와의 차가 영향을 준 것으로 생각된다.

그러나 실제로는 공기온도와 환경온도는 가열측과 냉각측의 양방향으로 각각 같은 값을 나타내는 경우가 많고 특히 시험체의 열저항이 표면열저항보다도 훨씬 큰 경우나 냉각측에 의해 강제대류로 열전달 대류 성분이 복사성분보다 상당히 큰 경우는 양쪽 온도는 각각 일치한다. 이와 같은 경우는 공기온도차를 이용하여 열관류율을 구하여도 결과의 오차는 무시할 수 있는 것으로 알려져 있다.

아래 <표 8>은 일본의 측정사례로서 동일한 창문 시험체에 대하여 ISO방법(환경온도)과 KS방법(공기온도)에 의한 측정값을 비교한 것으로 열관류값이 각각 2.70W/m²K과 2.48W/m²K로서 차이를 나타내고 있다. 이 차이는 시험체 모서리부분

에서의 열량차이로 보인다.

〈표 8〉 동일한 창문시험체에 대한 열관류율 측정결과 사례
(일본 교정기관인 건재시험센터 자료)

項目	測定・計算値	備考	
加熱側 (平均)	空気温度 θ_{ai}	20.50 °C	
	배플판温度 θ_{bi}	17.78 °C	
	매널코브기 温度 θ_{pi}	17.61 °C	
冷却側 (平均)	空気温度 θ_{ae}	0.34 °C	
	배플판温度 θ_{be}	0.79 °C	
	取付 배플판表面温度差 ΔT_{ss}	19.73 °C	
熱量	発熱量 Q_t	103.72 W	
	較正熱量 Q_{sl}	10.06 W	
	熱流密度 q_m	49.95 W/m ²	
環境温度	Fai	0.433	9式
	Fae	0.753	9式
	θ_{ri}	17.74 °C	10式
	θ_{re}	0.79 °C	10式
	加熱側 θ_{ni}	18.94 °C	8式
	冷却側 θ_{ne}	0.45 °C	8式
温度差	環境温度差 ΔT_n	18.49 K	
	空気温度差 ΔT_a	20.16 K	
結果	環境温度差일때 U值	2.70 W/(m ² K)	
	空気温度差일때 U值	2.48 W/(m ² K)	
	両面熱伝達抵抗 Rst	0.174 m ² K/W	

10. 시험결과 필수항목

시험결과의 보고는 시험장치의 사양 기타 다음과 같은 항목을 보고하여 데이터의 신뢰성을 높일 필요가 있다.

- 1) 시험체종류
- 2) 시험체의 형상, 치수(중단면, 횡단면)
- 3) 시험체의 전열개구부, 면적
- 4) 교정데이터, 시험조건(온도, 기류)
- 5) 측정데이터(각열량, 각부온도, 환경온도)
- 6) 열관류율(열관류저항)
- 7) 기준상태로 교정한 열관류율

11. 맺음말

창이나 문 등 건물 개구부에 사용되는 건축부재의 단열성능측정법에 대하여 현재 ISO기준을 중심으로 설명하였다. 현재 KS F 2278에서는 공기온도차에 따라 열관류율을 구하고 있으나, 최근 개정된 ISO12567-1에서는 환경온도 등 새로운 단열성능측정방법을 규정하고 있다. 더우기 국내 국가공인시험기관(KOLAS)은 물론 국제공인시험기관 협정(ILAC)에 의해 발행되는 창, 문 제품의 시험성적서는 국제적 공통성과 신뢰성 확보가 우선되어야 한다.

따라서 KS의 국제규격(ISO)으로의 부합화가 필요하다. 아울러 국내 창, 문 제조업체에서는 창 또는 문 제품이 다양하게 형상, 치수의 것이 있어 이것에 대응하기 위한 사전 품질관리 노력도 필요하다.

새로운 ISO측정방법의 내용들은 측정의 정확도를 높이고자 하는 데 귀결될 수 있다. 다만, 국내의 시험장비의 성능, 시험조건 유지 등에 제한적인 요소가 있는 것은 사실이나, 측정기관들의 적극적인 노력과 투자가 필요한 시기라고 판단된다. 또한 측정기관간의 토의와 협력을 통해 국내 산업규격의 국제표준화 수준에 적극 대응하고, 측정의 전문성과 시험결과의 소급성 확보를 위한 기술적 시스템을 갖추어야 할 시기라고 판단된다. **FILK**