단열성능 시험장비

임홍순 / 환경시험실 선임연구원

1. 머리말

건물의 기밀화, 단열화가 확산되면서 샤시창이나 샤시문 등의 건축부재에 대한 단열성의 요구가 증대되고 있다. 특히 창은 거실에 설치되는 경우가 많아 벽 등과 같이 단열재를 사용하여 단열성을 크게 높일 수 없기 때문에 실내 열환경이나 난방부하에 큰 영향을 마치고 있다. 또한 문이 있는 현관부분 등은 종래 비공조공간으로 생각되어 단열성은 그다지 고려되지 않았으나, 근래에 와서는 건물전체를 난방하는 것이 일반화되면서 문의 단열화도 요구되고 있다.

건축부재의 단열성은 일반적으로 열관류저항이나 열관류율로 표시되며, 교정열상자법(CHB법)에 의해 측정이 가능하다. 그러나 단열재료 등을 측정하는 경우와 달리 건축부재는 틀이나 부속자재를 포함하는 복합체로서 한부분을 따로 떼어 평가할 수는 없으며 건축부재 전체를 실제 사용하는 크기로 측정할 필요가 있다. 이 때문에 시험장치도 실제의 창이나 문의 크기를 고려한 규격을 가진다. 2m×2m정도의 개구부를 가진 가열상자를 사용하며, KS F 2277(주택용단열재의 단열성 시험방법)에 준하여 측정하는 방법 등도 있으나 여기에서는 KS F 2278(창 및 문의 단열성능 시험방법)의 방법에 근거하여 금번 방재시험연구소 환경시험실에 도입된 열관류시험장치의 구성 및 측정원리 등을 소개한다.

KS F 2278은 기본적으로는 KS F 2277과 같은 교정열상자법을 이용하나 다만, 큰 건축부재의 측정에 적정하도록 장치 크기나 시험체부착방법, 기류조건의 설정방법 등이 정하여져 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

2. 측정원리 및 장치구성

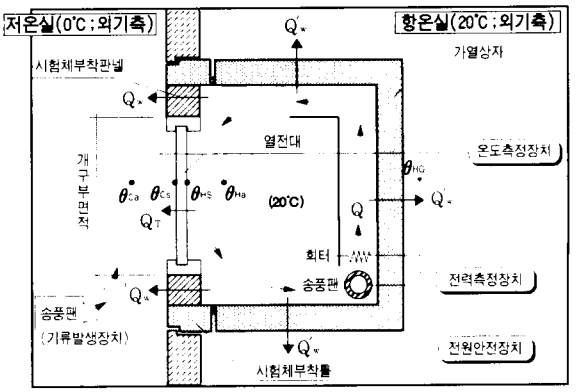


그림 1 시험장치 개요도

장치는 그림1에 나타난 바와 같이 시험체 부착부를 중심으로 항온실과 저온실 및 가열상자, 기류발생장치로 구성되며, 가열상자 속에는 일정 열량을 발생하기 위한 전열히타와 교반용 팬이 설치되어 있다. 가열상자를 실내로, 저온실측을 실외로하여 시험체를 설치하며 겨울철 난방시를

가정한 온도조건(가열상자 및 항온실내 20℃, 저온실내 0℃)을 설정하고 있다. 또한 시험체의 실외측 표면에는 외기의 자연바람을 가정하여 기류발생장치에 의해 바람을 불어넣게 되어있다.

가열상자에 일정한 열량(Q)을 가하면, 열은 시험체를 통과하며(Q_T), 시험체 주위 부착 판넬에서도 유출되며(Q_w), 또한 가열상자와 항온실간의 온도차가 생기면 가열상자 벽에서도 열이 유출된다.(Q'_w) 이러한 유출 열량은 그림2, 그림3에 나타난 바와 같이 표준판을 이용하여 교정하는 것에 의해 Q_w는 가열상자와 저온실의 온도차로 Q'_w는 가열상자와 항온실의 온도차로 구할 수가 있다. 그러므로 한번 시험체 부착판넬과 가열상자를 교정하여 두면 각 부분의 온도를 측정하는 것에 의해 Q_w, Q'_w를 구하고 Q에서 차를 빼면 Q_T를 알 수 있다.

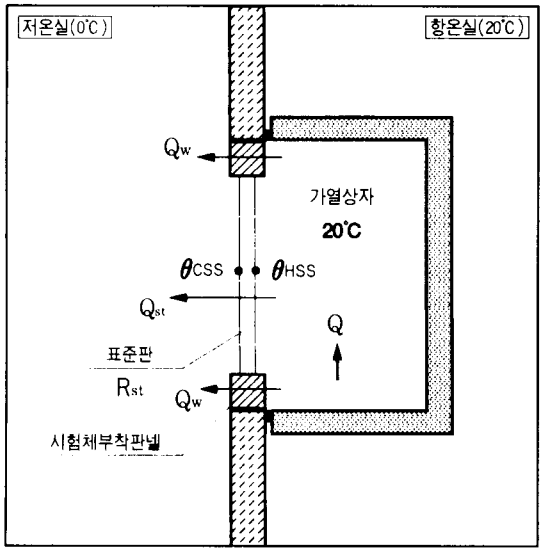
이와같이 하여 시험체를 통과하는 열량을 구하면 시험체의 열관류저항은 양측의 공기온도를 측정하므로 정의에 의해 다음 식에 따라 산출된다.

$$R = \frac{\Delta\theta \times A}{Q_T} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

여기서

R : 열관류저항(㎡ · h · ℃/kcal)

$\Delta\theta$: 가열상자와 저온실의 공기온도차(℃)



$$Q_{st} = \frac{(\theta_{HSS} - \theta_{CSS}) \cdot A_{st}}{R_{st}}$$

$$Q_w = Q - Q_{st}$$

Q_{st} : 표준판통과열량(kcal/h)

Q_w : 시험체부착판넬통과열량(kcal/h)

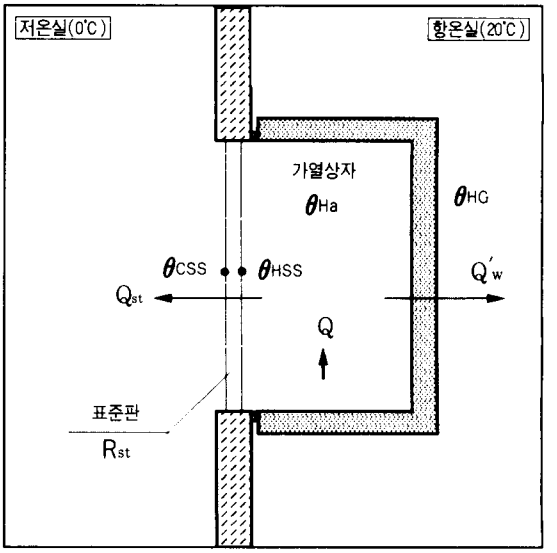
θ_{HS} : 가열상자측 표준판 표면온도(℃)

θ_{CS} : 저온실측 표준판 표면온도(℃)

R_{st} : 표준판 열저항(㎡ · h · ℃/kcal)

A_{st} : 표준판 면적(㎡)

그림 2. Q_w 값의 교정



$$Q_{st} = \frac{(\theta_{HSS} - \theta_{CSS}) \cdot A_{st}}{R_{st}}$$

$$Q'_w = Q - Q_{st}$$

Q_{st} : 표준판통과열량(kcal/h)

Q'_w : 시험체부착판넬통과열량(kcal/h)

θ_{HS} : 가열상자측 표준판 표면온도(℃)

θ_{CS} : 저온실측 표준판 표면온도(℃)

R_{st} : 표준판 열저항(㎡ · h · ℃/kcal)

A_{st} : 표준판 면적(㎡)

그림 2. Q'_w 값의 교정

3. 측정절차

가. 시험체 설치

건축부재의 크기나 형상은 각기 다르며, 건물 개구부에서의 시공방법도 다르기 때문에 각각의 시험체마다 부착판넬을 갖추는 것은 실용적이지 못하며, 표준적인 개구부를 가진 판넬을 사용하여 교정하여 두고, 시험체 크기에 가까운 것을 선택하여 사용하면 좋다.

시험체와 부착판넬간의 틈은 단열재나 고무질 테이프 등을 사용하여 완전히 막고, 부재간의 접합부분도 마감 단열재 위치까지 밀어 넣는다.(그림4) 마감 단열재 위치는 기본적으로 시험체의 표준적인 시공상태에 따르며, 사용 단열재는 압출발포폴리스틸렌 등이 적당하다. 또한 마감 단열재 부분의 면적이 크고, 그곳을 통과하는 열량이 무시할 수 없는 경우에는 Q_W를 보정하여 다시 마감 단열재 부분을 포함한 Q_W의 교정이 필요하다. 이것은 시험체의 단열성이 클수록 결과에 미치는 영향도 크기 때문에 주의할 필요가 있다.

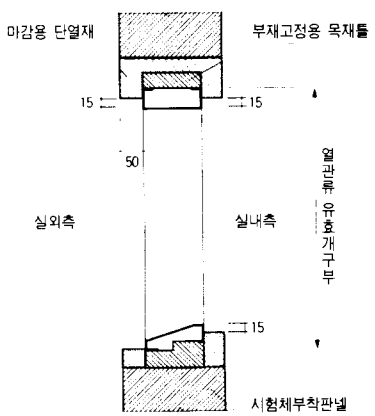


그림 4. 표준적인 시험체 부착방법

나. 표면 열전달저항 설정

시험체 양면에서 실제의 실내·실외 조건을 가정하여 기류를 받기 때문에, 실내측 열전달저항 Ri는 0.13±0.02 ㎡·h·℃/kcal로, 실외측 열전달저항 Ro는 0.06±0.02 ㎡·h·℃/kcal로 설정하지 않으면 안된다. 일반적으로 표면 열전달 저항은 열의 흐름이 균일하고 시험체표면온도가 일정한 경우에 측정할 수 있다. 건축부재는 복합재료이어서 부분적으로 표면온도가 다르기 때문에 엄격히 말하면 표면열 전달저항을 구할 수 없으나 KS 규격에서는 편의상 시험체 주요부 표면온도를 이용하여 다음 식에서 Ri, Ro를 구하여 진다.

$$R_I = \frac{(\theta_{Ha} - \theta_{HS}) \cdot A}{Q_T} \quad \cdots\cdots(2)$$

$$R_O = \frac{(\theta_{cs} - \theta_{Ca}) \cdot A}{Q_T} \quad \cdots\cdots(3)$$

여기서

Q_{Ha} : 가열상자내 공기온도(℃)

θ_{Ca} : 저온실내 공기온도(℃)

θ_{HS} : 시험체 주요부 실내측표면온도(℃)

θ_{CS} : 시험체 주요부 실외측표면온도(℃)

A : 시험체 전열면적(㎡)

시험체 주요부로는 샤시창에서는 창틀유리 중앙부분, 문에서는 문 중앙부분이 이에 해당한다. 그러나 주요부와 기타부분에서 큰 온도차가 생길 경우에는 Ri, Ro를구하지 않는다. 또한 시험체에 따라서는 주요부가 특정하게 없는 경우도 있다. 이러할 때는 열량교정과 같이 시험체를 대신하여 표준판을 부착하여 Ri, Ro를 구하고 기류를 설정하는 편이 좋다. 또한 Ri을 0.13±0.02 ㎡·h·℃/kcal범위로 설정하는 데는 가열상자내 기류속도를 상당히 작게 하는 것으로 되며, 가열상자내 공기온도분포가 크게될 우려가 있기 때문에 기류경로등에 유의하여 설정할 필요가 있다. Ro는 기류발생장치에 의해 시험체의 실외측에 3m/s정도의 바람을 보내면 설정될 수 있는 것으로 알려져 있으며, 기류발생장치의 사양이나 바람의 형식은 특별히 규정되어 있지 않으나 시험체 전체에 똑같이 기류를 보내는 것이 필요하며, 풍량을 조절할 수 있는 것이 편리하다.

다. 단열성능의 결과 표현

정상상태에 있어서의 온도, 열량 측정값에서

다음 식을 이용하여 결과를 산출한다.

$$R = \frac{(\theta_{Ha} - \theta_{Ca}) \cdot A}{Q_T} + \Delta R \quad \cdots(4)$$

$$K = \frac{1}{R} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

$$Q_T = Q - (Q_W + Q'_W) \quad \cdots\cdots\cdots(6)$$

$$\Delta R = 0.19 - (R_i + R_o) \quad \cdots\cdots\cdots(7)$$

여기서

R : 열관류저항(㎡·h·℃/kcal)

K : 시험체 열관류율(㎡·h·℃/kcal)

θ_{Ha} : 가열상자내 공기온도(℃)

θ_{Ca} : 저온실내 공기온도(℃)

A : 시험체 전열면적(㎡)

Q_T : 시험체 통과열량(kcal)

Q_W : 시험체 부착판넬(또는 마감단열재부분) 통과열량(kcal)

Q'_W : 가열상자벽체 통과열량(kcal)

ΔR : 표면열전달저항 보정값(㎡·h·℃/kcal)

R_i : 실내측 표면열전달저항(㎡·h·℃/kcal)

R_o : 실외측 표면열전달저항(㎡·h·℃/kcal)

여기에서 주의가 필요한 것은 전열면적 A 설정방법이다. KS에서는 취약부분으로 되기 쉬운 부재틀을 포함하여 건축부재의 전열면적으로 간주하고 있기 때문에 건축구체의 개구부 내부치수까지 전열면적으로 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 실제로는 틀 형상이나 시공방법에 따라 판단이 곤란한 경우가 있어 면적을 취하는 방법에 따라 시험결과에 큰 오류를 가져다 줄 우려가 있다. 그러므로 KS등 해당규정을 참고하여 전열면적을 산정하도록 한다.

ΔR은 내외측 표면 열전달저항의 합계값을 0.19㎡·h·℃/kcal로 하는 보정값이다. 결과를 표현할 때는 어떠한 방법에서 Ri, Ro을 구하였는가를 명기하도록 한다.

5. 맺음말

이상 KS F 2278에 근거하여 창 및 문의 단열성능시험방법에 근거한 열관류시험장치의 구성과 측정원리에 대하여 설명하였다. 이 시험방법은 건축부재 뿐만 아니라 벽체 등에도 적용할 수 있으며, 비교적 큰 구성재의 단열성능을 시험할 때 표준적인 시험방법으로 되어 있다.

금번 방재시험연구소의 건축구조부재의 열관류 시험장치의 신규 도입을 계기로 건축물의 열환경, 음환경분야 업무로 구성된 환경시험실로 개편되며, 환경분야의 신재료 및 공법의 성능평가 및 개발연구에 보다 적극적으로 대처할 수 있게 되었다. FLK