



주거용건물의 에너지절약 계획

본고는 한국동력자원연구소 박상동 건물연구실장
과 박효순·윤용진 연구원에 의해 연구보고된 「주거
용 건물의 설계 개선 방안」에 관한 보고서 중 「주거용
건물의 에너지절약 계획」을 발췌, 게재한다.(편집자
주)

2. 부위별 단열방법

가. 단열재의 종류와 특징

단열재는 그 섬유나 기포 중에 움직임이 없
는 공기를 가지고 있는 것이 특징으로 일반적
으로 열전도율이 0.05kcal/mh℃ 이하인 재로
를 말한다. 현재 주택에 많이 사용되고 있는 단
열재나 단열성이 있는 건축자재는 다음과 같다.

1) 무기섬유계 단열재

유리섬유나 암면 등은 유리나 암석을 녹여
섬유 형태로 만든 것이다. 투습성이 있는 것이
결점이나 난연, 흡음성, 탄력성이 있어 시공이
나 취급이 간단하다. 주로 천정 위나 외벽, 바닥
등에 사용된다.

2) 발포플라스틱계 단열재

포장재로도 사용되는 foam stylen이나 추출발
포 폴리스티렌, 경질우레탄폼, 폴리에틸렌폼 등
이 있으며 이들은 플라스틱을 발포시켜 촘촘한
틈새에 공기나 기타의 기체를 형성시킨 판 형
태의 단열재이다. 불에 타는 것이 결점이나 흡
수성이 작고 내압축성이 좋다. 이 외에 현장에서
발포하여 충전시키는 형태인 우레탄폼이나
우레아폼이 있다.

3) 연질섬유판

천연의 목재섬유를 이용하여 판 형태로 성형
한 것으로 내장 마감재로 많이 이용된다.

4) 경량기포콘크리트

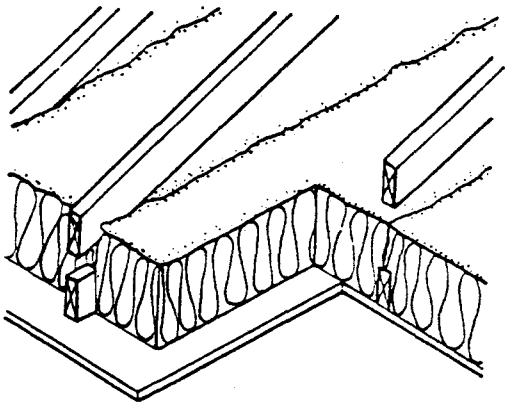
콘크리트에 기포를 삽입하여 경량화시킨 것
으로 ALC라 불리는 것이 주요 제품이다. 특히
이 재료는 구조재로도 직접 이용 가능한 단열
재이다.

나. 천정단열

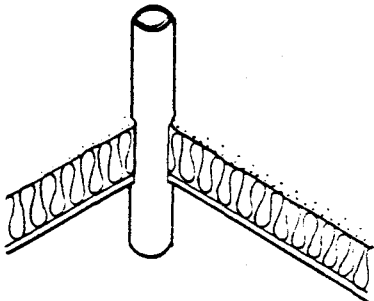
주택의 지붕을 통한 열손실을 최소화하는데
가장 좋은 방법은 천정단열을 증가시키는 것이
다. 이는 난방기에 그 효과가 더욱 좋으며 여름
철에는 열취득을 줄이는 역할을 한다. 천정의
단열재로는 솜이나 두루마리등 여러 형태가 있
다. 현재 천정 단열재로 가장 많이 이용되는 것
은 fiber glass, mineral wool, cellulose fiber, 발포
플라스틱계 단열재 등이 있다. 단열재를 시공할
때는 단열재가 눌릴 경우 그 부분의 실제 열저
항이 감소하기 때문에 눌리지 않도록 주의해야
한다. 그러나 처마 부분에서는 이와 같이 눌림
을 피할 수 없는 경우가 많다. 시공시 시공경비
를 줄이고 전면적을 확실하게 덮기위해 단열재
의 폭을 잘 조절해야 한다. 발포 형태의 단열재
를 이용할 때는 [그림-22]와 같이 천정면 전
체에 걸쳐 두께가 일정하게 유지되도록 해야
한다.

천정단열은 가능한 한 꿰어짐이 없는 blanket

형태로 해야 한다. 천정 관통부위 등에서 단열 부위가 끊어지는 것은 할 수 없으나 천정을 관통하는 전기 배선부분등[그림-23]과 같이 관통하는 물체 주위를 기밀하게 함으로써 단열 결함을 줄일 수 있다. 이러한 단열재와 천정 사이의 빈 공간은 열손실을 증가시키는 통로 역할을 한다. [그림-24]와 같이 천정 내에 매립되는 전등에서 발생하는 열의 방산을 위하여 그 상부에는 단열재를 덮지 않게 된다. 그러나 이와 같이 단열재가 없는 부분은 겨울철에는 열손실, 여름철에는 열취득의 원인이 될 수 있다.



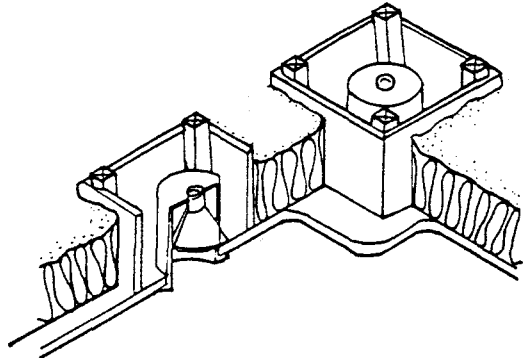
[그림-22] Truss 구조의 천정 단열



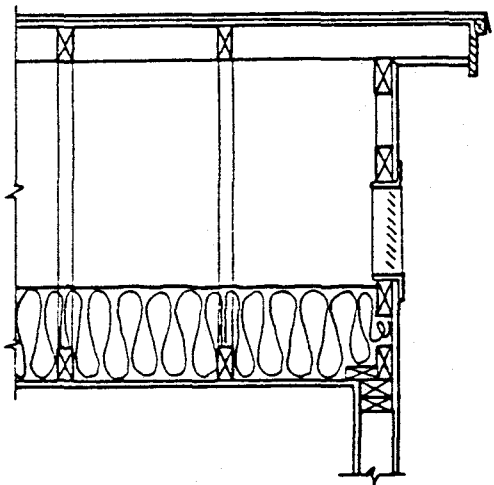
[그림-23] 천정관통부 주위의 단열

그리고 설치된 단열재의 성능을 최대한으로 유지시키기 위해서는 습기의 조절이 가장 중요한 요소이다. 주택 내에서의 습기는 재실자와 취사, 목욕에 의한 것이 가장 많다. 이런 습기는 천정을 통해 상승하고 단열재에 결로를 일으켜 열저항을 감소시킨다. 이와 같은 습기제거에 가

장 효과적인 방법은 처마 부분이나 용마루 부분에 환기를 가능하도록 하는 것이다. 환기구를 설치할 때는 [그림-25]와 같이 단열재가 그 통로를 차단하지 않도록 하여 공기의 흐름을 자연스럽게 유지되도록 해야 한다.



[그림-24] 전등부착에 따른 천정단열



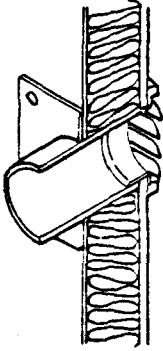
[그림-25] 천정의 환기구설치

다. 벽체단열

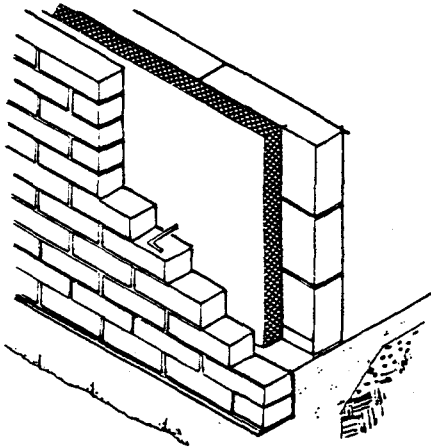
벽체단열재로는 판형이나 솜, 모포 형태의 것들이 많이 사용된다. 특히 벽체단열시에는 창문의 개구부와 접하는 부분이 기밀하게 시공되도록 해야 한다. 벽체를 관통하는 배관이나 환기구등의 개구부 주위는 [그림-26]과 같이 완전하게 단열처리 되어야 한다. 자칫 무시되기 쉬운 창문이나 문등 개구부의 상부에도 단열을 해야 하며 이때는 판형의 단열재를 이용하면

시공이 간편하다.

조적조의 벽체 내부에 단열재를 설치할 경우에는 [그림-27]과 같이 환기를 위한 공기층을 만들어 주면 좋다. 이것은 습기로 인한 단열재의 성능저하를 방지하여 준다. 그러나 공기층 하부에는 응축된 물이 고이게 되어 물을 흘러 보내기 위한 구멍을 설치해 주어야 한다.



[그림-26] 벽체관통부위의 단열

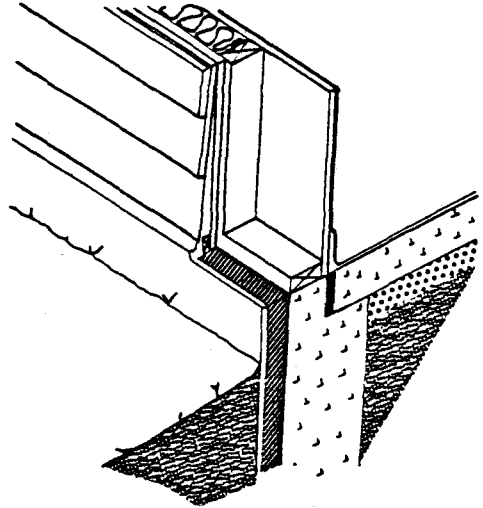


[그림-27] 조적벽체의 단열

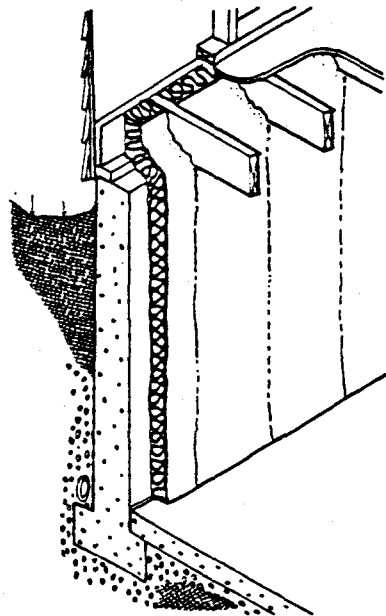
라. 바닥, 기초 단열

바닥, 기초의 단열은 지하의 유무, 난방여부 등에 따라 여러 방법을 선택할 수 있다. Slab-on-Grade 형태의 콘크리트 슬래브 단열재로는 폴리스티렌과 같은 비투습성의 단단한 형태의 단열재가 대개 이용된다. 이는 동결선 아래의 기초 벽체를 따라 Slab의 외부에 설치된다. 슬래브의 가장자리 부분은 열교가 발생할 수 있기

때문에 이를 막기 위해서는 외부단열이 효과적이다. [그림-28]과 같은 외부단열은 기초부위를 통한 열출입을 차단하여 보다 완벽한 기초부위의 단열을 제공한다.



[그림-28] Slab-on-grade 기초부위의 단열



[그림-29] 지하내부벽체의 단열

비난방 Crawl Space를 가진 바닥에서는 최소한 4곳의 기초부분에 대한 환기구가 필요하다.

환기구의 설치 목적은 단열재의 열저항을 감소시키는 습기의 배출을 위한 것이다.

지하실이 비거주공간일 경우에는 단열이 무시되기 쉽다. 지하실을 둘러싸고 있는 흙의 지중온도는 겨울철, 외기에 비해 높으나 난방되지 않는 지하공간과의 온도차는 지상의 난방공간과에 비해 작기 때문에 결로발생의 정도가 작다. 반대로 여름철, 지하실의 내벽면에는 지상에 비해 온도가 낮은 지하공간과 지중온도와의 온도차로 인해 결로가 발생된다. 이러한 결로는 대개 환기를 통해 방지할 수 있다고 여겨 왔으나 환기구보다 낮은 곳에 위치한 벽체는 환기만으로는 전적으로 결로를 방지할 수 없다. 이럴 경우에는 비거주공간일 지라도 [그림-29]와 같이 지하실을 단열함으로써 효과적으로 결로를 방지할 수 있다. 이 경우 단열재로는 roll, 솜이나 판 형태의 것도 좋다.

3. 단열과 결로

가. 결로현상

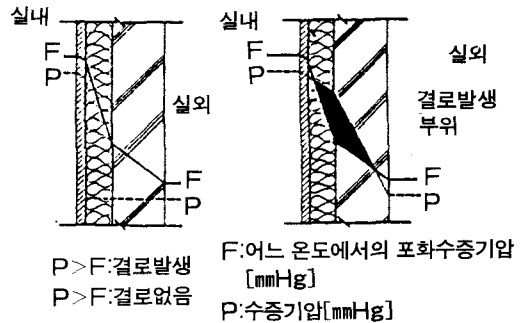
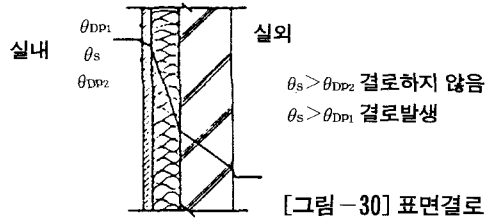
건물의 결로에는 표면결로와 내부결로가 있다. 표면결로는 실내의 습한 공기가 벽, 천정, 바닥 또는 유리창 등의 저온 표면에 닿을 때, 만일 그 온도가 실내공기의 노점온도이하이면 공기는 포화 상태를 초과하여 공기 중의 수증기가 그 표면에서 이슬이 맺히게 되는 현상이다. 반면 벽체의 실내측 표면이 실내공기의 노점 이하로 내려가지 않을 경우에는 벽 표면에는 결로가 일어나지 않지만 수증기는 벽체내의 공극을 확산에 의해 침투하며 벽체내의 온도가 낮은 부분에서 결로한다. 즉 수증기압이 다른 두 공기가 여러가지의 재료나 틈이 있는 벽을 사이에 두고 있을 때 수증기압이 높은쪽에서 낮은쪽으로 수증기가 이동하게 된다. 이 경우 벽체내부의 수증기압 분포와 포화수증기압 분포를 비교하여 포화수증기압이 낮은 부분이 있으면 이 부분에 결로가 발생하며 이를 내부결로라 한다. 이를 벽체에 대해 그림으로 나타내면 [그림-30, 31]과 같다.

나. 결로의 해

건물에서 발생하는 결로로 인한 주된 피해는 다음과 같다. 첫째, 건물 내에서의 쾌적성을 잃

게 된다. 벽의 표면에 결로가 발생되면 실내가 추울 경우, 심할 때는 결빙이 되며 온도가 상승하면 녹아 표면을 따라 흐르게 된다. 창 유리나 틀에서도 결로 발생이 많으며 심하면 창틀의 개폐마저도 어렵게 된다. 둘째, 벽의 내부결로는 열손실을 크게 한다.

내부결로가 발생되면 벽체 내부의 단열재가 젖게 되며 이로 인해 열의 흐름이 쉬워져서 단열성이 저하된다. 이것이 다시 얼거나 녹아 단열재와 건물 부위의 내구성도 저하하게 된다. 셋째, 결로로 인해 재료에 곰팡이가 발생하거나 부식된다. 결로가 계속 발생하면 곰팡이가 생긴다. 이는 벽의 표면을 손상시키며 내부결로로 인해 주택의 내용년수도 줄어든다.



다. 결로발생이 쉬운 장소

일반적으로 주택에서 결로가 발생하기 쉬운 장소는 다음과 같다.

- 북측, 동서측의 벽, 특히 벽귀통이, 가구의 뒷 부분

햇빛이 비치지 않고 북풍이 닿는 북측벽이나 동서측벽은 특히 벽돌조, 콘크리트조의 경우, 단열성이 나쁘면 결로의 위험이 있다. 방의 구석 부분이나 바닥과 벽이 접하는 부분에서는 공기 유동이 적기 때문에 결로가 발생하기 쉽다. 북측면에 가구 등을 설치하면 공기 흐름이

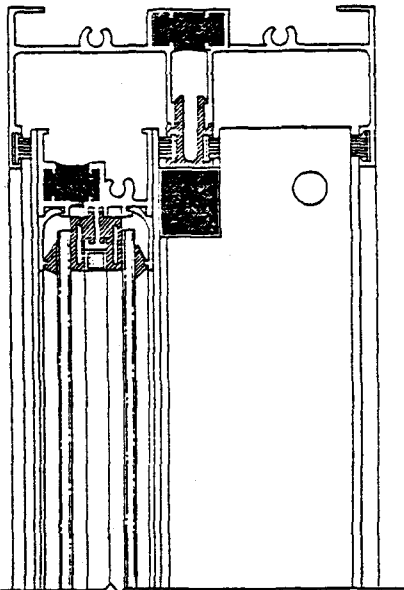
방지되어 내벽면에 결로가 생길 수 있다.

• 벽장 내부

벽장 내부는 실내에 비해 온도가 낮다. 그러나 벽장 문을 열면 거실의 따뜻하고 습기찬 공기가 들어가 이로 인해 벽표면에서 결로가 발생하기 쉽다. 특히 벽장의 1면이 북측에 면해 있을 경우, 결로발생이 용이해 진다.

• 지붕 속

천정에 단열재를 시공할 때 방습층이 불완전하거나 지붕 속에 환기구가 설치되지 않으면 천정 속에는 결로가 발생한다. 거실 내의 수증기를 포함한 따뜻한 공기가 천정 속으로 들어가 야간의 열방사로 지붕 내표면에서 결로가 발생된다. 천정 속을 단열할 때에는 방습층을 설치하거나 동시에 천정 속을 환기시켜 그 속의 수증기를 배출시킬 필요가 있다.



[그림-32] 단열장치가 부착된 알루미늄 창틀단면

• 유리, 창틀

유리, 창틀 중 알루미늄 창틀은 열전달저항이 낮기 때문에 표면에 결로가 많이 발생된다. 이를 피하기 위하여 [그림-32]와 같이 창틀을 통한 열을 차단하는 구조로 된 창틀이 개발되고 있다. 그러나 플라스틱 등 합성수지나 나무로 된 창틀은 열전달저항이 크기 때문에 결로발생의 우려가 적다. 유리창의 경우도 단층유리

에서는 결로가 많이 발생하나 다중유리나 복층유리의 사용으로 이를 방지할 수 있다.

• 여름철, 지하 벽표면

사람이 거주하지 않는 지하공간은 단열의 대상에서 제외되는 경우가 많다. 지하는 외기에 비해 안정된 지중온도로 인해 지상보다도 외벽을 통한 열손실이 작다. 이런 이유로 지하의 단열이 무시되는 경우가 많으나 반면 결로발생이 심하게 일어난다. 특히 여름철에는 외벽내표면의 온도가 실내온에 비해 낮으며 습기가 많기 때문에 결로가 발생하게 된다. 이러한 여름철, 지하공간의 결로는 환기만으로는 방지되지가 어려우며 지하일지라도 단열에 의해 많은 부분의 결로를 방지할 수 있다.

라. 결로방지대책

1) 표면결로방지대책

• 부재의 단열성을 높인다.

외벽부분의 결로는 그 부분의 온도가 되도록 벽체의 단열성을 높여주는 것이 좋다. 즉 실내 벽체 및 천정의 표면온도를 높여주는 것이다.

• 실내의 온도를 낮춘다.

습기 발생이 많은 물체나 기기 사용을 가급적 피하며 제습 장치를 이용하거나 환기에 의해 실내의 습기를 제거해 준다.

• 흡습성 마감재를 사용한다.

흡습성이 좋은 내부 마감재료를 사용하면 표면결로의 발생을 둔화시킬 수 있다.

2) 내부결로 방지대책

• 방습층을 설치한다.

복합재료로 구성된 벽체 내의 온도가 높은 쪽에 방습층을 설치하여 습기의 침투를 막는다.

• 단열재의 위치 조절

포화수증기압 분포와 어느 시기의 수증기압 분포를 검토하여 단열재의 위치를 선정한다. 이 경우 단열재의 위치는 외단열이 가장 우수하다.

• 외부로의 습기발산

가능한 한 내부의 습기를 외부로 발산할 수 있는 구조 및 자재를 선정하는 것이 좋다.

• 중공층의 환기

벽체 내에 중공층이 있을 경우 공간 내의 습기를 외부로 발산시킬 수 있는 환기공을 마련하는 것이 좋다. <연재 끝>