

# 住居用 建物の 設計改善方案 研究(2)

朴相東 朴孝洵 尹龍鎭

韓國動力資源研究所

Report/A Study on the Energy Efficient  
Design Methods in Residences  
Park, Sang-Dong Park, Hyo-Soon Yoon, Yong-Jin

### Ⅲ. 住居用建物の 에너지節約計劃

#### 2. 住居用建物の 에너지節約方案

#### 2. 建築計劃

#### 바. 開口部

창문을 설계할 때에는 창에 의한 온열환경, 自然採光, 開放感 등 실내거주자의 심리면, 통풍 등에 대한 영향을 종합적으로 판단해야 한다. 건물의 열성능과 관련해서는 외기온의 급격한 변동이나 일사등이 실내에서 불리하게 작용하지 않도록 설계에 주의를 기울여야 한다. 창은 暖房에너지 소비에 가장 큰 영향을 미칠 수 있다. 대체로 건물의 다른 부위에 비해 창은 열을 잃는 부위로 간주되나 창이 남향으로 설치될 때에는 열손실에 비해 열취득이 결코 작지 않다는 점을 고려해야 한다. 건물의 熱負荷와 관련하여 창호를 통해 얻을 수 있는 이점으로는 다음의 5가지를 들 수 있다.

- 겨울철의 일사취득
- 여름철의 일사차폐
- 단열효과
- 氣密性の 제공
- 자연환기 제공

미치는 요소들로는 다음과 같은 사항들이 있다.

- 크 기
- 유리면의 數
- 方 位
- 유리材料 및 접착필름
- 창틀 材料
- 氣密장치 및 코킹
- 形 態
- 內部遮陽施設
- 開閉方法
- 施工精度
- 壁에서의 부착위치
- 外部遮陽施設

#### 1) 유리면의 수

유리면의 수가 많을수록 단열효과가 좋아진다. 유리면의 수를 결정하기 위해서는 물론 창호의 크기, 무게, 비용과 그 효과등을 고려해야만 한다. 실험\*에 의하면 單層유리에 비해 2중유리를 사용하면 熱損失이 50% 감소되나 3중유리를 사용할 경우에는 2중유리에 비해 33% 감소된다. 또 3중유리에 비해 4중유리의 사용으로 얻어지는 감소량은 25%에 불과하다. 그러므로 4중유리의 사용은 거의

□註\*

Affordable Housing through Energy Conservation, U.S-DOE, 1983, p. 41.

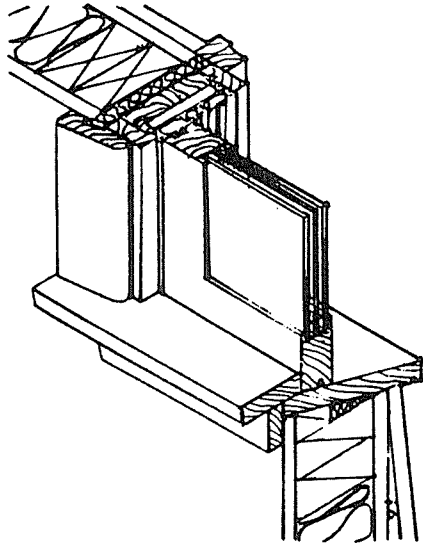
이와 같은 창호의 기능에 영향을

#### ■ 필자약력

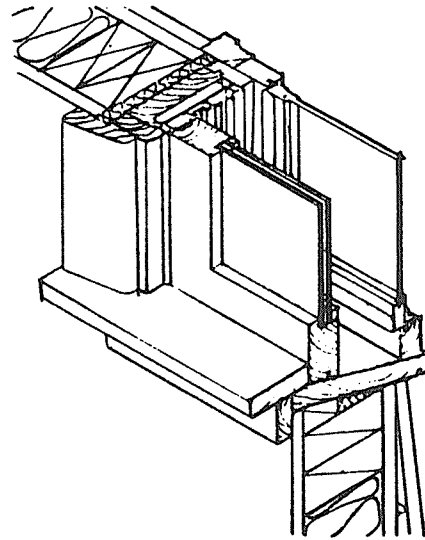
朴相東 : 韓國動力資源研究所  
建物研究室長, 工学博士

朴孝洵 : 韓國動力資源研究所  
建物研究室 前任研究員

尹龍鎭 : 韓國動力資源研究所  
建物研究室 研究員



[그림 - 12] 단일샷시 3重유리



[그림 - 13] 2重샷시 3重유리

드물며 단지 극한지역에서 이용될 뿐이며 單窓 2중, 3중창이 많이 이용되고 있다.

유리를 2중으로 사용할 때에는 1개의 샷시에 복층유리를 사용하거나 별도의 샷시에 단층유리를 사용하여 구성하는 방법이 있다. 이 때 후자에 의한 2중창이 에너지 절약측면에서 더욱 바람직하다. 이는 유리 사이의 공기층으로 인해 단열효과를 증대시킬 수 있으며 틈새바람에 의한 열손실 방지에도 유리하기 때문이다.

3중유리를 사용할 때는 외국의 경우에는 [그림-12]와 같이 하나의 샷시로 구성하거나 [그림-13]과 같이 복층유리 및 단층 유리의 조합으로 구성하는 방법이 있다. 2중창과 마찬가지로 후자의 방법이 에너지절감면에서 효과가 크다. 이 때 샷시를 2중으로 할 경우에는 창과 창사이에 結露가 발생하지 않도록 복층유리를 실외측에 설치하거나 氣密性을 유지하기 위하여 Weather Strip 을 잘 설치해야 한다. 한편 유리의 열관류율은 (표-8)과 같다.

## 2) 창틀 材料

창틀은 재료에 따라 熱抵抗에 차이가 크다. 이중 금속재료가 에너지 절약측면에서 가장 효과가 나쁘며 특히 열류차단장치가 되어있지 않은 알루미늄 창틀에서의 열손실이 크다.

금속재의 창틀은 값이 싼 반면에 熱傳導率이 매우 높으며 이로 인해 熱橋를 형성하여 겨울에는 실외로 여름에는 실내로 열을 이동시켜 주는 통로가 된다. 그러나 이러한 금속제 창틀에는 고무나 플라스틱 등을 이용하여 열류차단장치를 할 수 있으며 이 차단장치는 열저항을 높여 창호를 통한 열손실을 줄여준다. 나무는 본래 금속에 비해 훌륭한 단열성 재료이며 나무를 창틀로 이용한 창호는 다른 금속제 창호에 비해 대개 에너지절약측면에서 효과가 높다. 이는 열류차단장치를 갖춘 금속창호에 비해서도 대개 손실량이 더 작다. 새로운 창틀 재료로는 플라스틱이 많이 이용되고 있으며 이 재료의 열성능은 나무와 금속재료의 중간쯤에 해당된다.

실험에 의한 각종 창틀 재료의 열관류율은 (표-9)와 같다. 같은 알루미늄 창틀일지라도 열류차단장치를 갖춘 창틀의 열관류율이 2.9로 약 33%나 낮은 값을 보여준다.

## 3) 유리재료

우리나라의 경우 유리재료로는 대부분 유리가 이용되고 있으나 재료의 종류에 따라 건물내부로 사입되는 일사량이 달라진다. 유리의 종류로는 투명유리, 반사유리 및 필름, 흡열유리 및 필름등이 있다. 透明유리는 가장 이용이 많으며 위의 세가지 종류중 투과율이 가장 높다. 이는 실내로의 일사유입에 가장 유리함을 의미한다. 또한 남면창일 경우 겨울철 일사를

(表-8). 유리의 熱貫流率

種 類	두께 및 구성(mm)	熱貫流率(Kcal/m <sup>2</sup> h°C)		
		韓國 <sup>a</sup>	日本 <sup>b</sup>	美國 <sup>c</sup>
單層유리	3.0	4.8	5.8	5.3
複層유리	12 (S <sub>3</sub> +A <sub>6</sub> +S <sub>3</sub> ) <sup>d</sup>	2.6	3.25	2.8
二重窓	3mm 2매, 간격 100mm		3.5~4.5	

\* a) 實驗條件: 外氣風速 5 m/sec, 室外 0°C, 室內 20°C

住居用建物の 에너지節約研究(Ⅲ), 動資研, 1985.

b) 實驗條件: 外氣風速 5 m/sec, 室內自然對流, 室外 0°C, 室內 18°C  
大林組編: 負荷計算매뉴얼 1, 昭和40, p. 103.

c) 實驗條件: 外氣風速 6.7 m/sec, 室內自然對流, 室外 -18°C,  
室內 21°C

ASHRAE HANDBOOK, 1985 FUNDAMENTALS, 1985, ch. 27

d) S: 單層유리 A: 空氣層

材 料	두께(mm)	熱貫流率[kcal / m <sup>2</sup> h℃]	비 고
알루미늄	80	4.3	*各窓들間에는 구
알루미늄(열류차단 장치부착)	80	2.9	성상 두께 및 내
합성수지	90	1.5	부구조에 차이가
목 재	120	1.2	있음

〈表 - 9〉 창틀재료의 熱貫流率

효과적으로 받아들이기 위해서도 투명유리가 좋다. 그러나 여름철의 일사차단에는 불리하기 때문에 거실 내로의 빛 투과를 조절하기 위한 방안이 필요하다. 이와 같은 냉방부하를 줄이기 위해서는 반사유리(필름)와 吸熱유리(필름)의 사용이 효과적이다. 흡열유리는 빛의 형태로 실내로 유입되는 많은 태양에너지를 흡수함으로써 태양열취득을 감소시킨다. 흡열유리를 투명유리와 함께 이용할 때에는 흡열유리를 외부에 설치하는 것이 좋다. 이렇게 함으로써 흡열유리가 흡수한 열을 실내와 차단할 수 있다. 반사유리는 햇빛이 실내로 들어오기 전에 거울처럼 그 표면에서 반사시키는 것이다. 이 유리도 다른 유리와 같이 사용할 때에는 외부에 설치하는 것이 효과적이다. 일사조절을 위해 투명유리에 직접 필름을 부착시키는 방법이 있다. 이 필름은 앞에 언급한 반사 및 흡열유리와 유사한 성능을 갖고 있다. 그러나 이들은 유리에 비해 유지 관리가 까다롭다. 또한 시간이 지나면 교체해 줄 필요가 있다. 이와 같이 투과율을 감소시키는 유리들은 일사취득을 감소시키기 때문에 겨울철 일사취득이 필요한 남면에 사용되는 것은 바람직하지 못하나 여름철의 일사차폐에 유리하다.

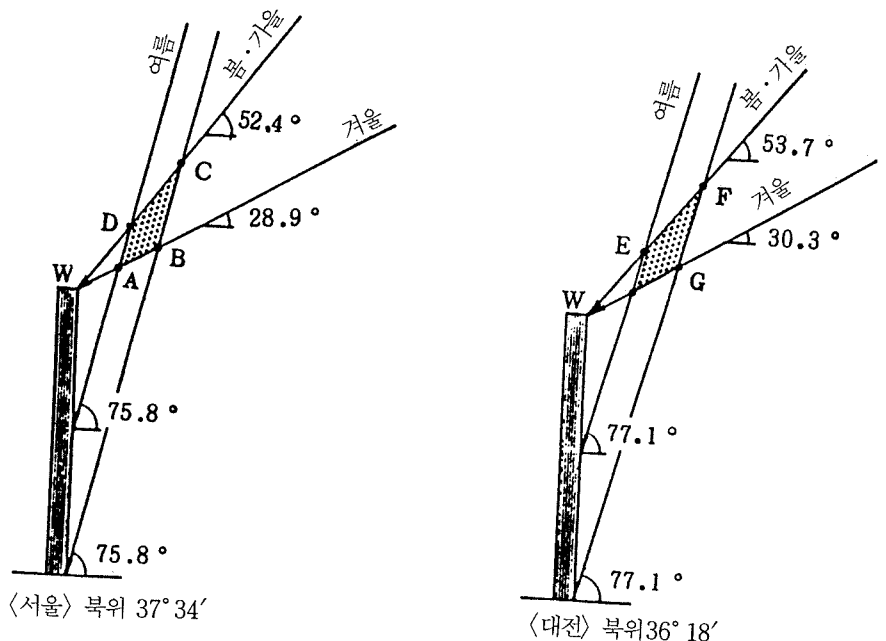
4) 창의 방위

暖房負荷는 창의 방위와도 관계가 깊어서 동, 서, 북면에서는 창면적비의 증가에 따라 난방부하도 증가하지만 남 및 남동면에서는 거꾸로 감소한다. 건물의 방위별로 창면적이 얼마를 차지하는지 일별 및 계절별로 태양의 경로에 대해 어느 정도의 창면적이 마주하고 있는지 등이 요소가 된다.

사. 일사차폐시설

창으로부터의 일사에 의한 부하를 감소시키기에 가장 효과적인 수단은 차양, 루버, 블라인드의 사용이다. 실내설치 블라인더보다도 외부에 설치된 루버나 차양에 의한 효과가 더 크며 이를 위해서는 기후, 창의 향과 크기 등을 고려해야 에너지절약효과를 높일 수 있다. 여름철의 태양을 차단하기 가장 쉬운 곳은 건물의 南面이다. 이 때는 태양고도가 높기 때문에 작은 遮陽으로도 창만이 아니라 벽까지도 적절하게 음영을 만들 수 있다. 그러나 동, 서면은 日出 및 日沒로 인해 음영을 만들기 어렵다. 이러한 차폐시설은 건물 외부에 설치하는 것이 유리하다. 이는 건물 내부에 차폐시설을 하면 차폐시설이 있음에도 불구하고 유리창을 통하여 건물 내부로 태양열이 투과되기 때문이다. 효과적이면서도 시각적인 효과를 거둘 수 있는 외부 일사차폐시설로는 나무 등을 들수

있다. 그렇기 때문에 건물을 지을 대지를 택할 때에는 대지 자체의 식생 등 자연조건을 잘 이용해야 한다. [그림-14]는 서울, 대전의 차양계획도이다. 차양은 겨울철에 일사를 차단하지 않고 여름철에는 건물에 음영을 만들 수 있도록 계획되어야 한다. 이 방법에서는 3월21일, 6월21일, 12월21일 정도의 태양고도를 기준으로하여 차양을 설계한다. 우선 겨울철을 고려하면 12월21일의 태양고도에 의한 WB 선은 창에 일체의 음영을 만들지 않으나 나머지 기간 동안에는 음영이 생기는 선이다. 만일 9월21일에서 3월21일까지 창에 음영이 생기지 않도록 하기 위해서는 3월21일의 태양고도인 WC 선이 차양선이 된다. 다음으로 여름철에는 6월21일의 태양고도와 창의 하부를 연결한 선은 창 전체에 음영을 만든다. 여름철의 음영선과 겨울철의 음영이 생기지 않도록 3월21일 태양고도선과 만나는 점 C나 D는 겨울철, 여름철 공히 적절한 차양길이를 제공한다. 여름철 창의 반 높이가까지만 음영을 만들기 위해서는 WD 를 연결하면 되나 전체에 음영을 만들려면 WC 가 遮陽計劃線이 된다. WA 선은 12월21일에만 음영이 생기지 않으며 WD 선은 3월21일까지 음영이 생기지 않는 선이다. 사변형 ABCD 내가 차양계획에 가장 적절한 범위가 되면 최소 WAD 내에는



〈그림-14〉 遮陽計劃圖

들어야 한다.

건물 내부에 베네시안 블라인드 등을 설치할 경우에는 어두운 색보다는 반사율이 높은 밝은 색상의 것을 사용하는 것이 좋다. 천으로 된 커텐도 일사를 차단하는데 효과적이며 커텐의 가장자리 부분을 건물과 잘 밀착시키면 어느 정도의 단열효과도 얻을 수 있다.

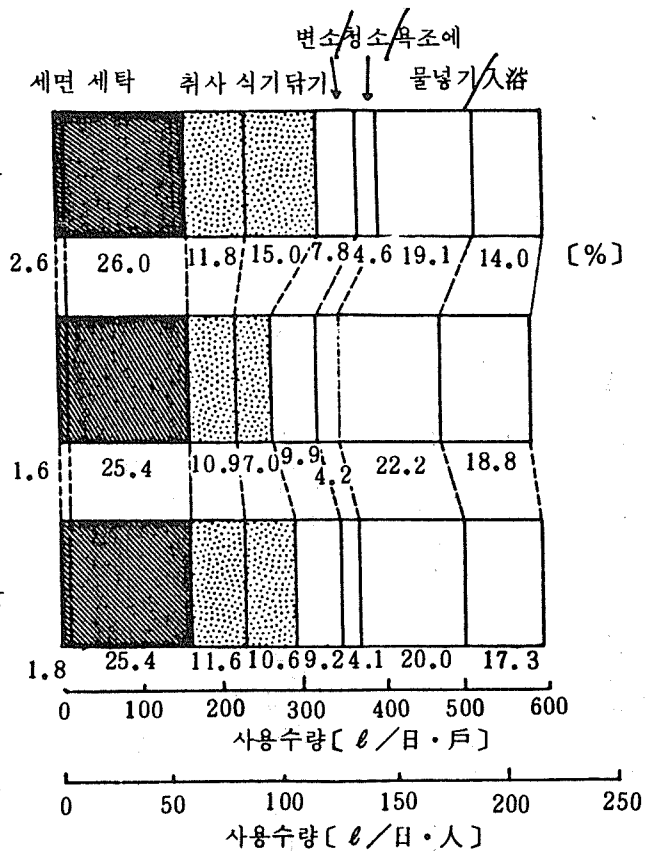
아. 틈새바람

환기와 습기의 발산을 위해서는 어느 정도의 실내공기를 외부공기와 교환해 주어야 하나 이 양이 증가하면 에너지 문제가 대두된다. 틈새나 개구부를 통해 실내로 취입된 공기의 온도는 외부공기온과 같기 때문이다. 겨울철 외부에서 取入된 공기는 가열시켜야 하는 반면 여름철에는 쾌적수준에 맞도록 냉각시켜야 한다. 이것이 틈새바람으로 인한 에너지손실의 이유이다. 틈새바람의 양을 조절하는 방법은 여러가지가 있으나 건물구조와 관련하여 틈새바람 감소에 가장 유효한 방법은 건물외피를 기밀하게 하는 것이다. 이는 틈이나 개구부 등 틈새바람의 source를 막는 것이다. 틈새바람과 관련하여 '건물의 부위별 성능 및 설비기준(안)'에서는 건물 개구부의 空氣漏出 허락기준을 다음과 같이 규정하고 있다.

- 누기측정은 내외기압차가 75 pa (7.5mm H<sub>2</sub>O)인 상태에서 건설부 공시 제201호 건축물 개구부등의 기밀성능 시험방법에 의한다.
- 창, 미닫이, 여닫이문, 출입문, 회전문등 개폐적으로 이용되는 모든 개구부는 侵氣를 제한할 수 있도록 설계, 제작되고 漏氣試驗에 합격되어야 하며 허용누기량은 틈새길이 1m당 1.6 l/s (6m<sup>3</sup>/h)로 함이 바람직하다.
- 불필요한 틈새, 창문과 벽체사이, 벽과 지붕(또는 천정)사이, 벽, 지붕(또는 천정)에서의 부재간의 틈새 등 불필요한 침기원인이 되는 개소는 코킹재, 가스켓 또는 기타의 기밀재로 밀봉되어야 한다.

자. 通風

통풍을 정량적으로 예측하기는 대단히 어려우며 또한 통풍의 효과를 예측하는



[그림-15] 用途別 家口當 旧使用水量

것도 어려운 일이다. 통풍을 이용하면 여름철 실내의 온습도를 저하시켜 냉방부하를 감소시키므로 에너지절약에 효과적이다. 이러한 통풍을 효과적으로 이용하기 위해서는 건물에 바람이 잘 닿을 수 있도록 해야 한다. 통풍의 효과는 평면적, 단면적으로도 통풍경로에 큰 영향을 받기 때문에 바람의 입구와 출구의 적절한 배치, 즉 통풍에 방해가 되지 않도록 室配置를 해야 한다.

3. 設備計劃

가. 暖房設備

난방설비의 에너지절약방안을 크게 나누면 설계조건의 완화, 장치용량의 저감, 고효율기기의 사용, 자연에너지 이용, 배열회수, 운전제어의 최적화, 설계의 합리화 및 최적화를 들 수 있다. 우리나라의 경우 주거용건물의 난방시스템은 대개가 온수온돌에 의한 바닥 난방방식이다. 보일러를 선택할 때에는 에너지 원에 따른 경비나 설비효율을 고려하여 선택하여야 한다. 비록 기기의 가격이나 설치 비용이 저렴하더라도 유지 비용이 많이 들거나

내구성이 약한 器機는 비경제적이다. 기기의 효율에 영향을 미치는 것 중의 하나는 건물에 대한 기기의 용량이다. 물론 기기의 용량은 최대한부하를 감당할 수 있어야 한다. 그러나 기기의 용량이 소요 규모에 비해 과다하면 運轉費用이 항시 많이 들게 된다. 난방량의 조절에는 thermostat의 이용이 효과적이다. 특히 겨울철 야간에는 거실이나 식당, 주방 등의 난방온도를 下向調節 (setback) 함으로써 야간에 在室者가 없는 공간의 난방에너지소비를 줄일 수 있다. 실내에 thermostat를 설치할 때에는 直達日射나 Cold draft를 피할 수 있도록 바닥으로부터 120~150cm 상부에 설치하는 것이 좋다.

나. 給排水設備

급배수설비의 에너지 소비량은 사용수량과 송수저항의 습으로 결정된다. 주택의 경우, 용도별 사용수량은 [그림-15]와 같다. 이는 일본의 예로서 목욕수량 등 우리 실정과 차이는 있으나 특기할 만한 점으로는 변기 선정 및 세탁기의

보급으로 인한 세탁용 물의 사용이 많은 점 등이 있다. 급배수설비와 관련하여 효율적인 에너지절약방안은 우선 사용수량을 줄이는 것이 바람직하나 급배수 기구에서의 절수와 누수 방지가 기본이다. 절수형기구의 개발 및 사용이 바람직하며 사용자의 절수의식 또한 필요하다.

다. 給湯設備

급탕설비는 절수 및 누수방지 외에도 열손실방지를 고려해야 한다. 기기자체의 효율을 높이는 것도 중요하지만 저장 탱크나 파이프 등의 보온을 잘 해 주어야 한다. 또한 송수저항 및 그로 인한 열손실을 줄이기 위해 가능한 한 배관거리를 단축시키는 것이 좋다.

4. 照明計劃

주택에서의 조명용 전기에너지는 난방에너지에 비해 그 양은 적으나 주거생활수준의 향상에 따라 소비량이 점점 증가하는 추세이며 이에 따라 조명용 전력의 합리적 사용을 통한 에너지절약도 중요한 과제로 부각되고 있다. 그러나 조명에너지절약의 강조로 인해 시작업성적이나 視效率이 저하되어서는 안된다. 조명에서 소비되는 연간에너지량(전력량)은 다음 식으로 구해진다.

$$KWh = W \cdot T \cdot \frac{E \cdot A}{F \cdot U \cdot M}$$

- 여기서 W: 器具 1대당消費電力(Kw)
- T: 점등시간(h)
- E: 平均설계照度(Lux)
- A: 바닥면적(m<sup>2</sup>)
- F: 기구1대당 램프光束(1m)
- U: 照明率
- M: 補修率

그래서 조명에서의 에너지절약은 상기 7요소에 대한 검토를 바탕으로 추진되어야 한다. 조명설비에서의 효율적인 에너지절약방안으로는

- 적정조도 기준의 설정
- 고효율램프 및 點燈장치 사용
- 고조명을 조명기구 및 高反射率 내장재 사용

- 작업 공간의 국부조명 및 가변조절기의 사용
- 자연채광의 적극 이용 등을 들 수 있다.

3. 斷熱計劃

1. 建物の 斷熱

2절에서 언급한 바와 같이 건물의 에너지절약 방안은 무수히 많다. 한 편 기존건물의 예를 들면 신축건물과 달리 기존건물은 절약방안이 한정돼 있으며 그 가운데 건물의 단열에 의한 절약효과가 가장 큼을 <표-10>을 통해 알 수 있다. <표-10>에서와 같이 여러가지 절약방안 중 건물단열을 통해 얻을 수 있는 절감효과가 6.7%로 절약요인 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이와 같이 단열은 건물에너지절약에 영향을 미치는 큰 요소 중의 하나가 된다. 본 절에서는 이러한 단열의 방법 및 효과 등에 대하여 살펴본다. 참고로 외국의 단열관련 법규에 대해 부록에서 설명하였다.

가. 斷熱의 目的

단열이란 열이 흐르는 물체의 열저항을 크게 하여 열류량을 작게 하는 것이며 단열재료란 열전도율이 작은 재료로서 일반적으로 0.05 Kcal/mh °C 이하의 열전도율을 가지는 재료를 말한다. 인간은 야생동물과 달리 자연상태의 기후하에 노출된 채로는 생활을 영위할 수 없다. 여름의 더위, 겨울의 추위, 혹은 비바람 등 모든 자연현상에 순응하는 기능은 퇴화하였기 때문에 생명을 유지하기 위해서는 이러한 자연현상에 대처하기 위한 Shelter 가 필요하며 그러한 Shelter로서 건물이 존재한다. 이런 건물내의 공간에서 느낄 수 있는 인간의 불쾌감은 더위, 추위 외에도 空氣汚染, 심리적 요인 등 여러 가지가 있으나 단열재는 더위, 추위 등에 의한 불쾌감을 방지하여

적정한 실내온도 유지를 돕는다. 또 겨울철의 외기온 저하로 인한 건물 외벽면의 표면결로 방지를 위해서도 단열재의 사용이 효과적이다. 그러나 주택의 기밀화 및 실내에서 발생하는 수증기 때문에 단열만으로는 결로가 방지되지 않으며 적당한 환기가 병용되어야 한다. 이와 같이 단열재는 에너지절약의 역할도 하지만 실내의 쾌적성을 유지하는 역할도 겸하고 있다.

단열의 목적은 실내의 거주환경과 관련하여 크게 다음의 5가지를 들 수 있다.

- ① 외기의 온도변화나 일사의 영향을 실내에 직접 전달하지 않는다.
- ② 벽의 실내측 표면온도가 실온에 가깝게 되어 벽체로부터의 열복사가 작아진다.
- ③ 실내의 상하온도차가 작아지기 때문에 쾌적감이 증대한다.
- ④ 단열로 인해 건물의 열용량이 높아지기 때문에 난방 정지시에도 실온의 급격한 변화를 막을 수 있다.
- ⑤ 벽표면의 결로를 방지하여 곰팡이 등으로 인한 표면의 손상을 막을 수 있다.

나. 壁體溫度와 斷熱

실내에 사람이 있을 경우, 在室者와 벽체간에는 輻射에 의한 傳熱이 발생한다. 이 때 재실자의 위치나 자세등에 따라 벽체표면온도에 대한 감각이 달라지게 된다. 이는 재실자의 위치에 따라 주위 실내표면과의 형태계수가 달라지기 때문이다. 표면온도는 벽면의 재질과 부위에 따라서도 다르기 때문에 재실자와 표면온도와의 관계를 파악하기 위해서는 동일한 복사전열을 하는 것과 같은 평균표면온도를 이용하며 이를 平均輻射溫度(MRT, Mean Radiant Temperature)라 한다.

$$MRT = \theta_{\varphi 1s} + \theta_{\varphi 2s} + \theta_{\varphi 3s} + \dots + \theta_{\varphi ns} [^{\circ}C]$$

θ : 壁體表面溫度  
φ : 壁體와 在室者간의 形態係數

<表-10> 既存建物の 節約要因別 에너지 節減可能率(%)

운전관리 합리화	폐열회수	보일러체	배관 및 트랩교체	설비보온	건물단열	기타	계
1.6	0.9	1.7	0.3	0.1	6.7	0.3	11.6

그러나 이 식의 형태계수 산출은 대단히 複雜하기 때문에 일반적으로 천정고가 4m 이하인 실내에서는 벽체의 평균온도로 대신 이용한다.

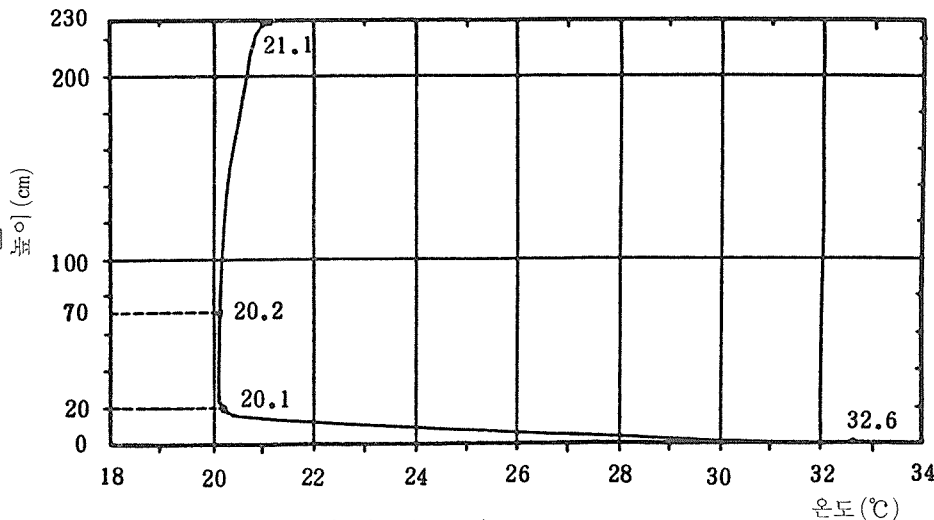
$$MRT = \frac{\theta_1 A_1 + \theta_2 A_2 + \theta_3 A_3 + \dots + \theta_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

재실자의 추위에 대한 감각은 전술한 바와 같이 벽체와의 輻射熱傳達이 크게 작용하기 때문에 MRT의 영향은 대단히 크다. 단열이 잘 된 건물에서는 실내온도가 동일할 경우, 단열되지 않은 건물에 비해 벽체온도가 높으며 이로 인해 MRT도 높아지게 된다. 이는 또 실내의 수직온도 분포도 고르게하여 쾌적환경 조성에도 크게 기여하게 된다. 또한 단열된 건물의 실내온이 비단열실에 비해 다소 낮을지라도 동일한 MRT를 가질 수 있으므로 에너지절약에도 도움이 된다. 바닥복사난방 방식의 실내에서 행한 쾌적온도범위 설정 실험에 의하면 室温이 中性範圍일 경우, 벽체온도는 17°C 이상, 바닥온도와 벽체온도간의 관계에 의한 백터복사온도가 17 K 이하일 경우에 재실자들은 쾌적반응을 나타내었다.

#### 다. 室温의 分布와 斷熱

겨울철 실내에 난방 기구를 이용하여 발열시키면 주위 공기는 따뜻해져 상승한다. 이에 비해 외벽에 접한 공기는 냉각하여 하강하므로 실내공기는 대류를 일으키게 된다.

이때 외벽의 실내측 표면온도가 낮을수록 공기의 하강이 강해지며 실내온도분포가 고르지 않게 된다. [그림-16]은 바닥난방시 실내공기의 수직온도분포를 나타낸 것으로 단열이 불충분할 경우에는 천정 근처와 바닥과의 온도차가 단열이 잘 된 경우에 비해 월등히 커진다. 이때 수직온도만이 아니라 수평온도분포도 고르지 않게 되어 실내환경을 해치게 된다. 이와 같이 건물의 단열은 단순히 난방에너지 절감할 뿐 아니라 실내의 공기온도분포를 고르게 하여 쾌적감을 높여 준다. 더우기 MRT가 높아지기 때문에 주거환경이 좋아지게 된다.



(그림-16) 室温의 垂直分布

라. 바닥난방과 단열  
바닥난방은 對流暖房과 같이 방열기로 주위 공기를 덮히고 그 더워진 공기가 바닥, 벽, 천정온도를 상승시키는 과정과 달리 바닥면이 발열면이 되어 공기를 덮힘과 동시에 바닥, 벽, 천정을 복사열에 의해 온도를 상승시킨다. 따라서 바닥과 벽, 천정의 5면과의 복사열평형과 실내온도의 평형에 의해 바닥온도가 결정된다. 바닥면에서는 복사발열 외에 바닥 하부로의 관류열량

$$\left( \frac{1}{k_f} - \frac{1}{\alpha_f} \right) (t_f - t_{01}) \quad \text{실내공기와의}$$

대류열전달에 의한  $\alpha_{cf}(t_f - t_a)$ 가 더해진다. 이에 비해 수열은 천정과 4

벽면으로부터의 바닥을 향한 복사열이 있다. [그림-17]은 바닥난방에 있어 바닥면의 熱平衡을 나타낸 것이며 바닥면에서의 필요열량은 다음식과 같다.

따라서 바닥발열을 유효하게 이용하기 위해서는 우선 바닥하부의 熱貫流率을 작게 해야 한다.

#### 2. 部位別 斷熱方法

가. 단열재의 종류와 특징

단열재는 그 섬유나 기포 중에 움직임이 없는 공기를 가지고 있는 것이 특징으로 일반적으로 열전도율이 0.05 Kcal/mh°C 이하인 재료를 말한다. 현재 주택에 많이 이용되고

$$MRT = \theta_1 \varphi_{1s} + \theta_2 \varphi_{2s} + \theta_3 \varphi_{3s} + \dots + \theta_n \varphi_{ns} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$\theta$ : 壁 體表面溫度

$\varphi$ : 壁體와 在室者간의 形態係數

$$q = \{ \alpha_{cf}(t_f - t_a) + \frac{1}{\frac{1}{k_f} - \frac{1}{\alpha_f}} (t_f - t_{01}) + \sum \frac{C_1 \cdot C_2}{C_b} \left[ \left( \frac{T_f}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_n}{100} \right)^4 \right] \varphi_{mf} \} A \quad [\text{kcal/h}]$$

여기서,

$t_{01}$ : 바닥 下部의 空氣溫度 [°C]

$t_f$ : 바닥 表面溫度 [°C]

$t_a$ : 室内 空氣溫度 [°C]

$T_f$ : 바닥 表面 絕對溫度 [°K]

$T_n$ : 天井, 壁의 表面絕對溫度 [°K]

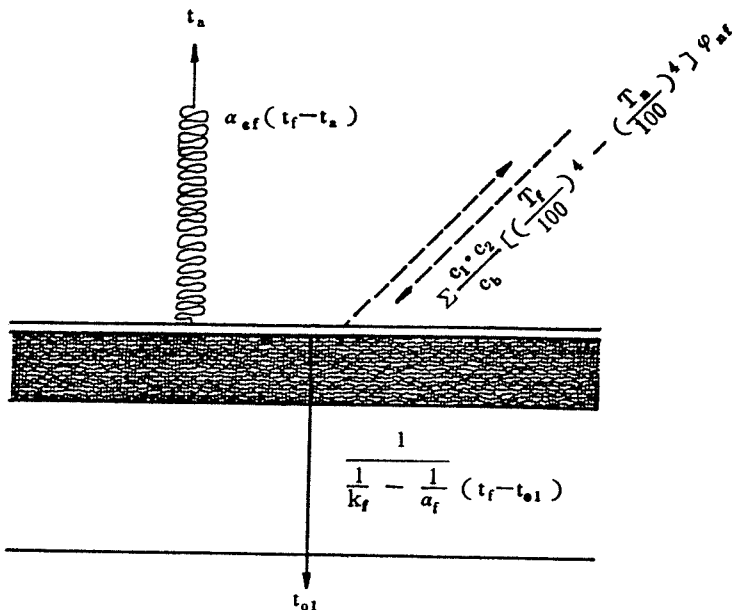
$T_f$ : 바닥 熱貫流率 [kcal/m<sup>2</sup>h°C]

$\alpha_f$ : 바닥 室内側表面 熱傳達率 [kcal/m<sup>2</sup>h°C]

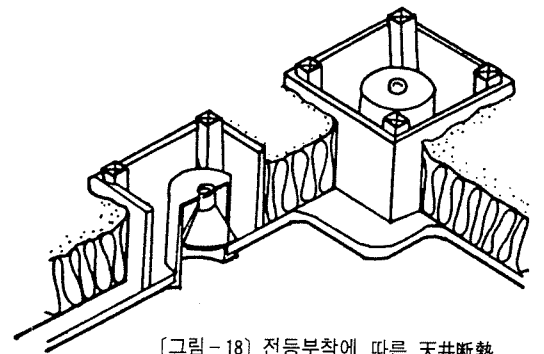
$\alpha_{cf}$ : 바닥 室内側表面 對流 熱傳達率 [kcal/m<sup>2</sup>h°C]

$C_1 \cdot C_2$ : 바닥과 各 表面과의 有效輻射整數 [kcal/m<sup>2</sup>h°C]

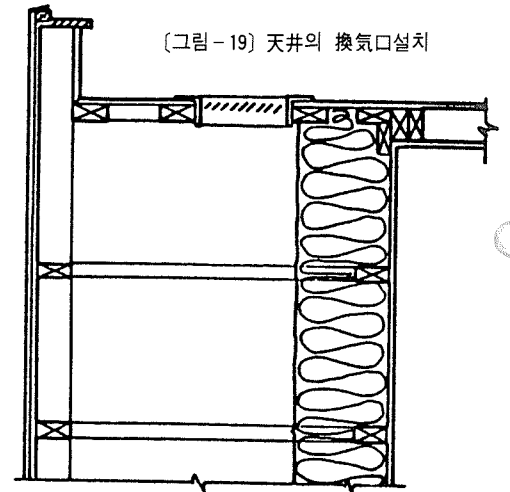
$\varphi_{mf}$ : 바닥과 他面과의 形態係數



(그림-17) 바닥暖房에 있어 바닥의 熱平衡



(그림-18) 전등부착에 따른 天井斷熱



(그림-19) 天井의 換氣口 설치

있는 단열재나 단열성이 있는 建築資料는 다음과 같다.

1) 無機섬유계 단열재

유리섬유나 암면등은 유리나 암석을 녹여 섬유 형태로 만든 것이다. 투습성이 있는 것이 결점이나 난연, 흡음, 탄력성이 있어 시공이나 취급이 간단하다. 주로 천정 위나 외벽, 바닥 등에 사용된다.

2) 發泡플라스틱계 단열재

포장재로도 사용되는 foam stylen 이나 압출발포 폴리스티렌, 변질우레탄폼, 폴리에틸렌 폼등이 있으며 이들은 플라스틱을 발포시켜 촘촘한 틈새에 공기나 기타 기체를 형성시킨 板 형태의 단열재이다. 붙어 타는 것이 결점이나 흡수성이 작고 耐壓縮性이 좋다. 이 외에 현장에서 발포하여 충전시키는 형태인 우레탄폼이나 우레아폼이 있다.

3) 연질 섬유탄

천연의 목재섬유를 이용하여 판 형태로 성형한 것으로 내장 마감재로 많이 이용된다.

4) 輕量氣泡 콘크리트

콘크리트에 기포를 삽입하여 경량화시킨 것으로 ALC 라 불리는 것이 주요 제품이다. 특히 이 재료는 구조재로도 직접 이용 가능한 단열재이다.

나. 천정단열

주택의 지붕을 통한 열손실을 최소화하는데 가장 좋은 방법은 天井斷熱을 증가시키는 것이다. 이는 난방기에 그 효과가 더욱 좋으며 여름철에는 열취득을 줄이는 역할을 한다. 천정의 단열재로는 솜이나 두루마리등 여러 형태가 있다. 현재 천정 단열재로 가장 많이 이용되는 것은 Fiber glass, Mineral wool, Cellulose fiber, 발포 플라스틱계 단열재 등이 있다. 단열재를 시공할 때는 단열재가 눌릴 경우 그 부분의 실제 열저항이 감소하기 때문에 눌리지 않도록 주의해야 한다. 그러나 처마 부분에서는 이와 같은 눌림을 피할 수 없는 경우가 많다. 시공시 시공경비를 줄이고 전면적을 확실하게 덮기 위해 단열재의 폭을 잘 조절해야 한다. 발포 형태의 단열재를 이용할 때에는 천정면 전체에 걸쳐 두께가 일정하게 유지되도록 해야 한다.

천정단열은 가능한 한 끊어짐이 없는 Blanket 형태로 해야 한다.

천정관통부위 등에서 단열부위가 끊어지는 것은 피할 수 없으나 천정을 관통하는 전기배선부분등은 주위를 氣密하게 함으로써 단열결함을 줄일 수 있다. 이러한 단열재와 천정 사이의 빈 공간은 열손실을 증가시키는 통로 역할을 한다. [그림-18]과 같이 천정 내에 매립되는 전등에서 발생하는 열의 放散을 위하여 그 상부에는 단열재를 덮지 않게 된다. 그러나 이와 같이

단열재가 없는 부분은 겨울철에는 열손실, 여름철에는 열취득의 통로가 될 수 있다. 그리고 설치된 단열재의 성능을 최대로 유지시키기 위해서는 습기의 조절이 가장 중요한 요소이다. 주택내에서의 습기는 재실자와 취사, 목욕에 의한 것이 가장 많다. 이런 습기는 천정을 통해 상승하고 단열재에 결로를 일으켜 열저항을 감소시킨다. 이와 같은 습기의 제거에 가장 효과적인 방법은 처마나 용마루 부분에 환기구를 설치할 때에는 [그림-19]와 같이 단열재가 그 통로를 차단하지 않도록 하여 공기의 흐름을 자연스럽게 유지되도록 해야 한다.

다. 벽체단열

벽체단열재로는 판형이나 솜, 모포형태의 것들이 많이 사용된다. 특히 벽체단열시에는 창등의 개구부와 접하는 부분이 기밀하게 시공되도록 해야 한다. 벽체를 관통하는 배관이나 환기구등의 개구부 주위는 [그림-20]과 같이 완벽하게 단열처리되어야 한다. 자칫 무시되기 쉬운 창문이나 문등 개구부의 상부에도

단열을 해야 하며 이 때는 판형의 단열재를 이용하면 시공이 간편하다. 조적조의 벽체 내부에 단열재를 설치할 경우에는 [그림-21]과 같이 환기를 위한 공기층을 만들어 주면 좋다. 이것은 습기로 인한 단열재의 성능저하를 방지해 준다. 그러나 공기층 하부에는 응축된 물이 고이게 되어 이 물을 흘려보내기 위한 구멍을 설치해 주어야 한다.

#### 라. 바닥·기초단열

바닥·기초의 단열은 지하의 유무, 난방여부등에 따라 여러 방법을 택할 수 있다. Slab-on-Grade 형태의 콘크리트 슬래브 단열재로는 폴리스티렌 폼과 같은 非透濕性의 단단한 형태의 단열재가 대개 이용된다. 이는 凍結線 아래의 기초 벽체를 따라 Slab의 외부에 설치된다. Slab의 가장자리 부분은 열교가 발생할 수 있기 때문에 이를 막기 위해서는 외부단열이 효과적이다. [그림-22]와 같은 외부단열은 기초부위를 통한 열출입을 차단하여 보다 완벽한 기초부위의 단열을 제공한다.

비난방 Crawl Space를 가진 바닥에서는 최소한 4곳의 기초부위에 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 발생할 수 있다. 이러한 결로는 대개 환기를 통해 방지할 수 있다고 여겨왔으나 환기만으로는 전적으로 결로를 방지할 수 없다. 오히려 습도가 높은 외부공기의 취입은 결로를 촉진시킬 우려도 있다. 이럴 경우에는 비거주공간일 지라도 [그림-23]과 같이 지하벽체를 단열함으로써 효과적으로 결로를 방지할 수 있다. 이

경우의 단열재로는 Roll, 솜이나 版 형태의 것도 좋다.

### 3. 단열과 결로

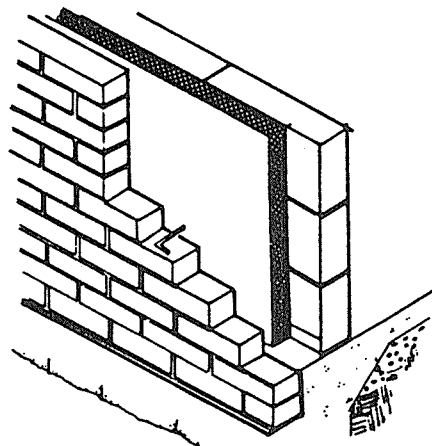
#### 가. 結露現象

건물의 결로에는 표면결로와 내부결로가 있다. 표면결로는 실내의 습한 공기가 벽, 천정, 바닥 또는 유리창 등의 저온 표면에 닿을 때, 만일 그 온도가 실내공기의 노점온도 이하이면 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 발생하지 않지만 수증기는 벽체내의 공극을 확산에 의해 침투하며 벽체내의 온도가 낮은 부분에서 결로한다. 즉 수증기압이 다른 두 공기가 여러 가지의 재료나 틈이 있는 벽을 사이에 두고 있을 때 수증기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로

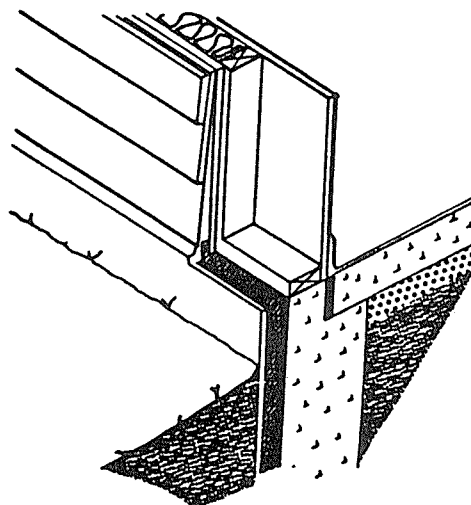
수증기가 이동하게 된다. 이 경우 벽체 내부의 수증기압 분포와 포화수증기압 분포를 비교하여 포화수증기압이 낮은 부분이 있으면 이 부분에 결로가 발생하며 이를 내부결로라 한다. 이를 벽체에 대해 그림으로 나타내면 [그림-24, 25]와 같다.

#### 나. 結露의 害

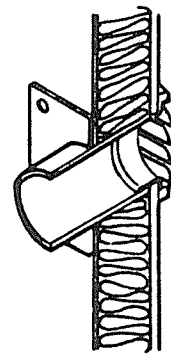
건물에서 발생하는 결로로 인한 주된 피해는 다음과 같다. 첫째, 건물내에서의 쾌적성을 잃게 된다. 벽의 표면에 결로가 발생되면 실내가 추울 경우 심할 때는 결빙이 되며 온도가 상승하면 녹아 표면을 따라 흐르게 된다. 창이 유리나 틀에서도 결로 발생이 많으며 심하면 창이 개폐마저도 어렵게 된다. 둘째, 벽의 내부결로는 열손실을 크게 한다. 내부결로가 발생되면 벽체내부의 단열재가 젖게 되며 이로 인해 열의 흐름이 쉬워져서 단열성이 저하된다. 이것이 다시 얼거나 녹아 단열재와



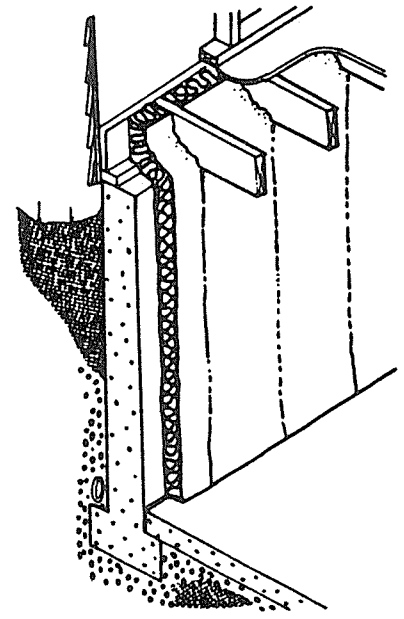
[그림-21] 組積壁體의 斷熱



[그림-22] Slab-on-grade基礎部位의 斷熱

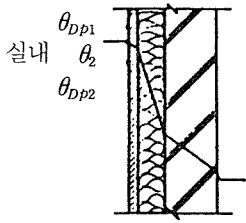


[그림-20] 壁體貫通부위의 斷熱



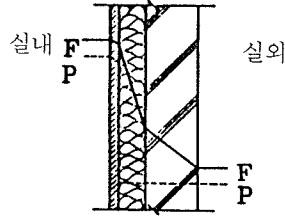
[그림-23] 地下內部壁體의 斷熱





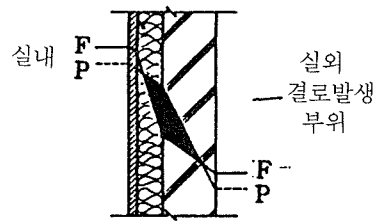
$\theta_s < \theta_{Dp2}$  결로하지 않음  
 $\theta_s > \theta_{Dp1}$  결로발생

(그림-24) 表面結露



$P > F$  : 결로발생  
 $P < F$  : 결로없음

(그림-25) 内部結露



$F$  : 어느 온도에서의  
 포화수증기압(mmHg)  
 $P$  : 수증기압(mmHg)

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 공기유동이 적기 때문에 결로가 발생하기 쉽다. 북측면에 가구 등을 설치하면 공기흐름이 방지되어 내벽면에 결로가 생길 수 있다.

- 벽장 내부  
 벽장내부는 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. 거실내의 수증기를 포함한 따뜻한 공기가 천정속으로 들어가 야간의 열방사로 지붕 내표면에서 결로가 발생된다. 천정 속을 단열할 때에는 방습층을 설치하거나 동시에 천정 속을 환기시켜 그 속의 수증기를 배출시킬 필요가 있다.

- 유리, 창틀  
 유리, 창틀 중 알루미늄 창틀은

열전달저항이 낮기 때문에 표면에 결로가 많이 발생된다. 이를 피하기 위하여 [그림-26]과 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 단층유리에서는 결로가 많이 발생하나 多重유리나 복층유리의 사용으로 이를 방지할 수 있다.

- 여름철, 지하벽표면  
 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 결로 발생이 심하다. 특히 여름철에는 외벽내표면의 온도가 실내온에 비해 낮으며 습기가 많기 때문에 결로가 발생하게 된다. 이러한 여름철, 지하공간의 결로는 환기만으로는 방지되기가 어려우며 지하일지라도 단열에 의해 많은 부분의 결로를 방지할 수 있다.

#### 라. 結露防止對策

##### 1) 표면결로방지대책

- 부재의 단열성을 높인다.  
 외벽부분의 결로는 그 부분의 온도가 실내공기의 노점온도 이상이 되도록 벽체의 단열성을 높여주는 것이 좋다. 즉 실내벽체 및 천정의 표면온도를 높여주는 것이다.

- 실내의 습도를 낮춘다.  
 습기발생이 많은 물체나 기기 사용을 가급적 피하며 제습 장치를 이용하거나 환기에 의해 실내의 습기를 제거해

준다.

- 흡습성 마감재를 사용한다.  
 흡습성이 좋은 내부 마감재를 사용하면 표면결로의 발생을 둔화시킬 수 있다.

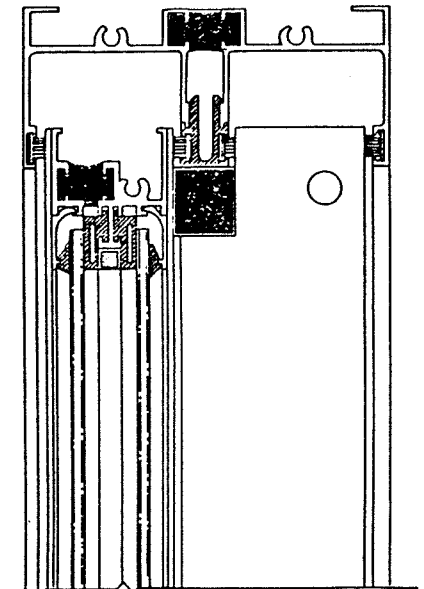
##### 2) 내부결로 방지대책

- 방습층을 설치한다.  
 복합재료로 구성된 벽체내의 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.

- 中空層의 換氣  
 벽체 내에 중공층이 있을 경우 공간 내의 습기를 외부로 발산시킬 수 있는 환기유를 마련하는 것이 좋다.



(그림-26) 斷熱장치가 부착된 알루미늄 창틀斷面