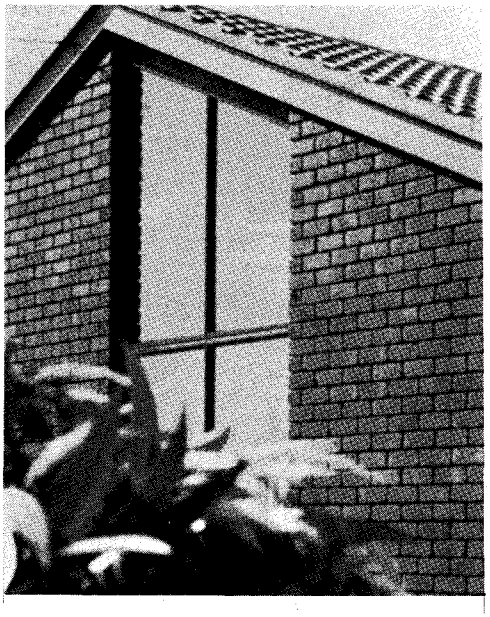


온돌리포트 ②

주거용건물의 에너지절약 계획

본고는 한국동력자원연구소 박상동 건물연구실장과 박효순 · 윤용진 연구원에 의해 연구보고된 「주거용 건물의 설계 개선 방안」에 관한 보고서 중 「주거용 건물의 에너지절약 계획」을 발췌, 게재한다.(편집자주)

마. 외피계획

앞서 언급한 바와 같이 외피는 건물의 열성능에 가장 큰 영향을 미치는 부위이다. 당연구실에서는 1983년, 유관단체와 공동으로 건물에너지절약과 관련하여 '건물별부위별성능 및 설비기준(안)'을 작성한 바 있으며 여기서는 이중의 '건물외피'항에 대해 설명한다. '건물외피의 성능기준(안)'은 에너지절약을 위한 건물외피구조의 최저 조건을 제공하기 위한 것으로 '84년도에 1차 개정된 바 있다.*

1) 일반사항

건물설계시에는 이 기준 외에도 건물의 위도, 경도, 건물이 위치한 장소의 고도, 형태, 건물의 길이와 폭의 비, 건물면적에 대한 층수, 건물의 열용량, 건물외부의 색, 인접구조물, 주위의 표면 또는 식물에 의한 음영과 반사 등의 건물에 관한 조건과 외기의 대기압, 풍속, 풍향, 시간별 태양일사 등을 고려함이 좋다.

난방되는 모든 건물은 여러 요소가 규정된 열적성능을 만족하도록 건축되어야 한다. 지붕과 천정, 벽, 개구부, 바닥 등에 대해 임의의 K값을 사용하여 계산한 외피 전체에 대한 K_0 값을 초과하지 않는다면 본 기준(안)의 해당 지역의 각 부위별 성능기준의 K_a 값에 제한받지 않는다.

〈표-11〉 지역별 K_0의 값

지 역	K_0 [kcal / m²hC)
Ⅰ	0.637
Ⅱ	0.771
Ⅲ	1.150

한편, 겨울철의 난방기준온도는 18℃로 한다.

2) 부위별 성능기준

신축건물의 각 부위별 평균열관류율(K_a)은 다음 〈표-12〉에 표기된 해당 지역의 부위별 열관류율 이하가 되도록 해야 한다.

주거용건물 중 화장실, 현관, 계단실, 복도(통로포함) 등은 제외한다.

① 벽

어떤 지역의 난방되는 건물의 벽은 〈표-12〉에 의한 해당 지역의 열관류율 이하가 되도록 해야 한다.

② 지붕과 천정

어떤 지역의 난방되는 건물의 지붕과 천정은 〈표-12〉에 의한 해당 지역의 열관류율 이하가 되도록 해야 한다. 지붕과 천정은 일체화된 구조로 간주한다.

③ 개구부

어떤 지역의 난방되는 건물의 개구부는 〈표-12〉에 의한 해당지역의 열관류율 이하가 되

〈표－12〉 지역구분에 따른 건물부위별 K_a값

부위 \ 지역	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
개구부	2.86	3.12	5.80
벽	0.44	0.57	0.70
지 붕	0.33	0.43	0.52
바 닥	0.55	0.67	1.00

도록 해야 한다.

④ 바닥

어떤 지역의 난방하는 건물의 바닥은 〈표－12〉에 의한 해당 지역의 열관류율 이하가 되도록 하여야 한다.

바. 개구부

창문을 설계할 때에는 창에 의한 온열환경, 냉난방부하, 자연채광, 개방감 등 실내주거자의 심리면, 통풍 등에 대한 영향을 종합적으로 판단해야 한다. 건물의 열성능과 관련해서는 외기온의 급격한 변동이나 일사등이 실내에서 불리하게 작용하지 않도록 설계에 주의를 기울여야 한다. 창은 난방에너지 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 열부하와 관련하여 창호를 통해 얻을 수 있는 잇점으로는 다음의 5가지를 들 수 있다.

- 겨울철의 일사취득
- 여름철의 일사차폐
- 단열효과
- 기밀성의 제공
- 자연환기 제공

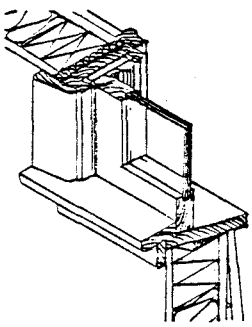
이와 같은 창호의 기능에 영향을 미치는 요소들로는 다음과 같은 사항들이 있다.

- 크기
- 유리면의 수
- 방위
- 유리재료 및 접착필름
- 창틀 재료
- 기밀장치 및 코킹
- 형태
- 내부차양시설
- 개폐방법
- 시공정도
- 벽에서의 부착위치
- 외부차양시설

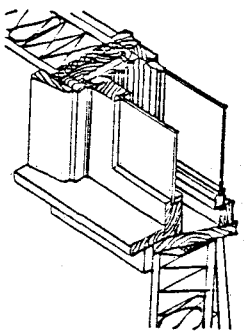
1) 유리면의 수

유리면의 수가 많을수록 단열효과가 좋아진다. 유리면의 수를 결정하기 위해서는 물론 창호의 크기, 무게, 비용과 그 효과등을 고려해야만 한다. 실험에 의하면* 단층유리에 비해 2중유리를 사용하면 열손실이 50% 감소되나 3중유리를 사용할 경우에는 2중유리에 비해 33% 감소된다. 또 3중유리에 비해 4중유리의 사용으로 얻어지는 감소량은 25%에 불과하다. 그러므로 4중유리의 사용은 거의 드물며 단지 극한지대에서 이용될 뿐이며 단창, 2중, 3중창이 많이 이용되고 있다.

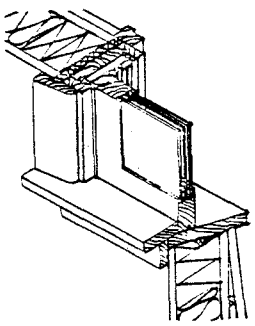
[그림－14] 2중샛쉬 2중유리



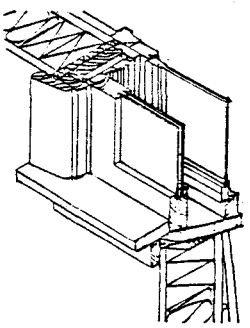
[그림－13] 단일샛쉬 2중유리



[그림－16] 2중샛쉬 3중유리



[그림－15] 단일샛쉬 3중유리



유리를 2중으로 사용할 때에는 [그림－13]과 같이 1개의 샛쉬에 복층유리를 사용하거나 [그림－14]와 같이 별도의 샛쉬에 단층유리를

사용하여 구성하는 방법이 있다. 이때 후자에 의한 2중창이 에너지절약측면에서 더욱 바람직하다. 이는 유리 사이의 공기층으로 인해 단열효과를 증대시킬 수 있으며 틈새바람에 의한 열손실 방지에도 유리하기 때문이다.

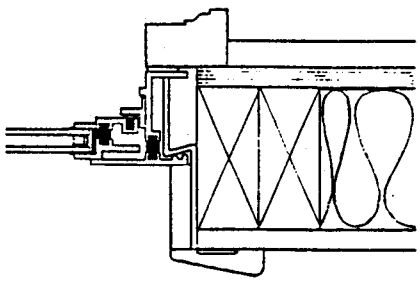
3중유리를 사용할때는 외국의 경우에는 [그림-15]와 같이 하나의 샛쉬를 이용하여 구성하거나 [그림-16]과 같이 복층유리 및 단층유리의 조합으로 구성하는 방법이 있다. 2중창과 마찬가지로 후자의 방법이 에너지절감면에서 효과가 크다. 이때 샛쉬를 2중으로 할 경우에는 창과 창 사이에 결로가 발생하지 않도록 복층유리를 실외측에 설치하거나 기밀성을 유지하기 위하여 Weather strip을 잘 설치해야 한다. 한편 유리의 열관류율은 〈표-13〉과 같다.

〈표-13〉 유리의 열관류율

종 류	두께 및 구성(mm)	열관류율(kcal/㎡hC)		
		한국[9]	일본[9]	미국[9]
단층유리	3.0	4.8	5.8	5.3
복층유리	$12(S_1+A_6+S_1)$ [9]	2.6	3.25	2.8
이 중 창	3mm 2매, 간격 100mm		3.5~4.5	

2) 창틀 재료

창틀은 재료에 따라 열저항에 차이가 크다. 이중 금속재료가 에너지절약측면에서 가장 효과가 나쁘며 특히 열류차단장치가 되어있지 않은 알루미늄 창틀에서의 열손실이 크다. 금속재의 창틀은 값이 싼 반면에 열전도율이 매우 높으며 이로 인해 열교를 형성하여 겨울에는 실외로 여름에는 실내로 열을 이동시켜 주는 통로가 된다. 그러나 이러한 금속제 창틀에는 고무나 플라스틱 등을 이용하여 [그림-17]과 같



[그림-17] 열류차단 장치가 된 금속제 창틀

〈표-14〉 창틀 재료의 열관류율 비교

재 료	두께(mm)	열관류율(kcal/㎡hC)	비 고
알루미늄	80	4.3	*각 창틀간에는 구성상 두께 및 내부구조에 차이가 있음.
알루미늄(열류차단장치부착)	80	2.9	
합성수지	90	1.5	
목 재	120	1.2	

이 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 에너지절약 측면에서 효과가 높다. 이는 열류차단장치를 갖춘 금속창호에 비해서도 대개 손실량이 더 작다. 새로운 창틀 재료로는 플라스틱이 많이 이용되고 있으며 이 재료의 성능은 나무와 금속 재료의 중간쯤에 해당된다. 실험에 의한 각종 창틀 재료의 열관류율은 〈표-14〉와 같다. 같은 알루미늄 창틀일지라도 열류차단장치를 갖춘 창틀의 열관류율이 2.9로 약 33%나 낮은 값을 보여준다.

3) 유리 재료

우리나라의 경우 유리재료로는 대부분 유리가 이용되고 있으나 재료의 종류에 따라 건물 내부로 사입되는 일사량이 달라진다. 유리의 종류로는 투명유리, 반사유리 및 필름, 흡열유리 및 필름 등이 있다.

투명유리는 가장 이용이 많은 재료로서 위의 세 가지 종류중 투과율이 가장 높다. 즉 이는 실내로의 일사유입에 가장 유리하다는 것을 의미한다. 또한 남면창일 경우 겨울철 일사를 효과적으로 받아들이기 위해서도 투명유리가 좋다. 그러나 여름철의 일사차단에는 불리하기 때문에 거실내로의 빛 투과를 줄이기 위한 방안의 마련도 필요하다. 이와 같은 냉방부하를 줄이기 위해서는 반사유리(필름)와 흡열유리(필름)의 사용이 효과적이다.

흡열유리는 빛의 형태로 실내로 사입되는 많은 태양에너지를 흡수함으로써 태양열취득을 감소시킨다. 흡열유리를 투명유리와 함께 이용할 때는 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 플라스틱 필름으로 만들어지기 때문에 유리에 비해 유지 관리가 까다롭다. 또한 시간이 지나면 교체를 해 줘야 할 필요가 있다.

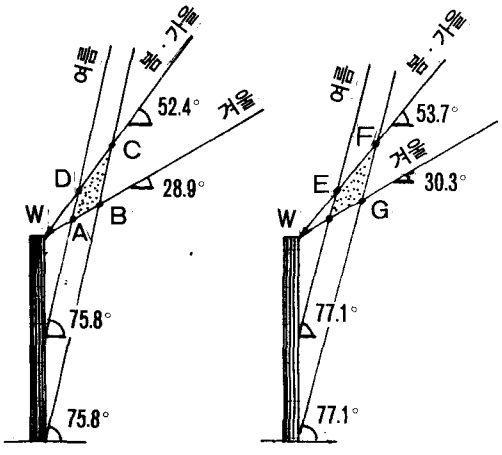
이와 같이 투과율을 감소시키는 유리들은 일사취득을 감소시키기 때문에 겨울철 일사취득이 필요한 남면에 사용되는 것은 바람직하지 못하나 여름철의 일사차폐에 유리하다.

4) 창의 방위

난방부하는 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

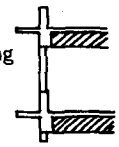
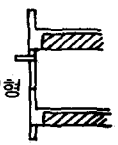
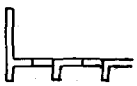
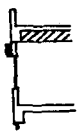
창으로부터의 일사에 의한 부하를 감소시키기에 가장 효과적인 수단은 차양, 루버, 블라인더의 이용이다. 실내 설치 블라인더보다도 외부에 설치된 루버나 차양에 의한 효과가 더 크며 이를 위해서는 기후, 창의 향과 크기 등을 고려해야 에너지절약효과를 높일 수 있다. 여름철의 태양을 차단하기 가장 쉬운 곳은 건물의 남면이다. 이때는 태양고도가 높기 때문에 작은 차양으로도 창만이 아니라 벽까지도 적절하게 음영을 만들 수 있다. 그러나 동·서면은 일출 및 일몰로 인해 음영을 만들기 어렵다. 〈표-15〉는 차양형태별 일사차폐계수, 즉 수직면전일사량중, 창면에 도달하는 일사량의 비율을 나타낸 것이다. 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 들 수 있다. 그렇기 때문에 건물을 지을 대지를 택할 때에는 대지 자체의 식생 등 자연적 조건을 잘 이용해야 한다. [그림-18]은 서울, 대전의 차양계획도이다. 차양은 겨울철에 일사를 차단하지 않고 여름철에는 건물에 음영을 만들 수 있도록 계획되어야 한다. 이 방법에서는 3월 21일, 6월 21일, 12월 21일 정오의 태양고도를 기준으로 하여 차양을 설계한다. 우선 겨울철을 고려하면 12월 21일의 태양고도에 의한 WB선은 창에 일체의 음영을 만들지 않으나 나머지 기간동안에는 음영이 생기는 선이다. 만일 9월 21일에서 3월 21일까지 창에 음영이 생기지 않도록 하기 위해서는 3월 21일의 태양고도인 WC선이 차양선이 된다. 다음으로 여름철에는 6월 21일의 태양고도와 창의 하부를 연결한 차양선은 창 전체에 음영을 만든다. 여름철의 음영선과 겨울철의 음영이 생기지 않을 3월 21일 태양고도선과 만나는 점 C나 D는 겨울철, 여름철 공히 적절한 차양길이를 제공한다. 여름철 창의 반 높이까지만 음영을 만들기 위해서는 WD를 연결하면 되나 전체에 음영을 만들려면 WC가 차양 계획선이 된다. WA선은 12월 21에만 음영이 생기지 않으며 WD선은 3월 21일까지 음영이 생기지 않는 선이다. 사변형 ABCD내가 차양 계획에 가장 적절한 범위가 되며 최소한



〈서울〉 북위 37°34′ 〈대전〉 북위36°18′

[그림-18] 차양계측도

〈표-15〉 차양에 의한 일사차폐계수

차양형태	돌출길이	동기(12.1. 2.3월) 북	동	남	서	중간기(4.5. 10.11월) 북	동	남	서	하기(6.7. 8.9월) 북	동	남	서
상자형	0.5m	.85	.84	.89	.83	.83	.87	.84	.85	.82	.88	.77	.87
	1.0	.71	.68	.78	.66	.68	.74	.66	.69	.67	.76	.54	.71
	1.5	.57	.54	.65	.52	.55	.62	.52	.55	.54	.63	.39	.58
Overhang 	0.5m	.97	.98	1.00	.97	.96	.97	.96	.96	.96	.96	.89	.96
	1.0	.89	.91	.98	.89	.89	.90	.84	.87	.88	.89	.70	.86
	1.5	.80	.83	.90	.78	.79	.81	.75	.76	.79	.78	.56	.74
중간설치형 	0.5m	.83	.82	.83	.80	.82	.82	.77	.79	.82	.81	.72	.79
	0.75	.77	.76	.75	.73	.76	.74	.70	.72	.76	.73	.64	.71
	1.0	.72	.70	.67	.70	.71	.68	.63	.66	.70	.67	.59	.65
Side Fin 	0.5m	.87	.85	.90	.84	.85	.89	.87	.87	.84	.91	.94	.89
	1.0	.76	.71	.78	.70	.73	.79	.75	.76	.72	.83	.71	.80
	1.5	.67	.60	.71	.59	.64	.71	.65	.67	.63	.76	.60	.73
Louver 		.71	.90	.95	.86	.73	.89	.91	.84	.74	.87	.85	.84

WAD내에는 들어야 한다.

건물 내부에 베네시안 블라인드 등을 설치할 경우에는 어두운 색 보다는 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 외부 공기와 교환해 주어야 하나 이 양이 증가하면 에너지 문제가 대두되게 된다. 틈새나 개구부를 통해 실내로 취입된 공기의 온도는 외부공기온과 같기 때문이다. 겨울철 외부에서 취입된 공기는 가열시켜야 하는 반면 여름철에는 쾌적수준에 맞도록 냉각시켜야 한다. 이것이 틈새바람으로 인한 에너지 손실의 이유이다. 틈새바람의 양을 조절하는 방법은 여러 가지가 있다. 건물의 구조와 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 공기누출 허용기준을 다음과 같이 규정하고 있다.

-누기측정은 내외기압차가 75Pa(7.5㎜H_2O)인 상태에서 건설부 공시 제201호 건축물 개구부등의 기밀성능 시험방법에 의한다.

-창, 미닫이, 여닫이문, 출입문, 회전문 등 개폐적으로 사용되는 모든 개구부는 침기를 제한할 수 있도록 설계, 제작되고 누기시험에

합격되어야 하며 허용누기량은 틈새길이 1m 당 1.6 l / s (6㎥ / h)로 함이 바람직하다.

—불필요한 틈새, 창문과 벽체사이, 벽과 지붕(또는 천정)사이, 벽, 지붕(또는 천정)에서의 부재간의 틈새등 불필요한 침기원인이 되는 개소는 코킹재, 가스켓 또는 기타의 기밀재로 밀봉돼야 한다.

자. 통풍

통풍을 정량적으로 예측하기는 대단히 어려우며 또한 통풍의 효과를 예측하는 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 실 배치를 해야 한다.

3. 설비계획

가. 난방설비

난방설비의 에너지절약방안을 크게 나누면 설계조건이 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 에너지원에 따른 경비나 설비효율을 고려하여 선택해야 한다. 비록 기기의 가격이나 설치비용이 저렴하더라도 유지 비용이 많이 들거나 내구성이 약한 기기는 비경제적이다. 기기의 효율에 영향을 미치는 것 중의 하나는 건물에 대한 기기의 용량이다. 물론 기기의 용량은 최대난방부하를 감당할 수 있어야 한다. 그러나 기기의 용량이 소요 규모에 비해 과다하면 운전 비용이 항시 많이 들게 된다.

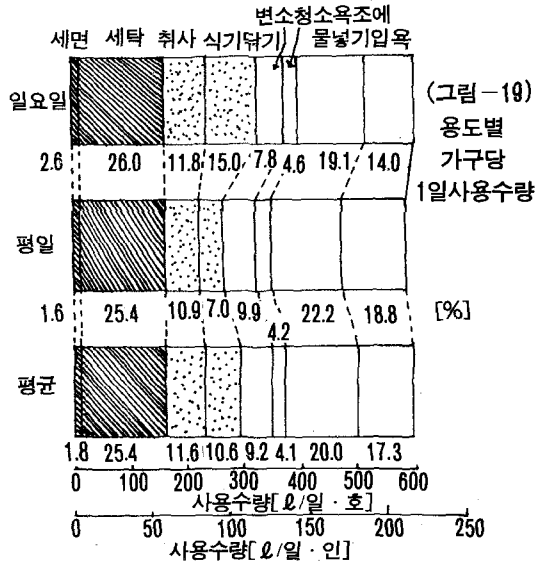
난방량의 조절에는 thermostat의 이용이 효과적이다. 특히 겨울철 야간에는 거실이나 식당, 주방 등의 난방온도를 하향 조절(setback) 함으로써 야간에 재실자가 없는 공간의 난방에너지 소비를 줄일 수 있다. 실내에 thermostat를 설치할 때에는 직달일사나 cold draft를 피할 수 있도록 바닥으로부터 120~150㎝ 상부에 설치하는 것이 좋다.

나. 급배수설비

급배수설비의 에너지소비량은 사용수량과 송수저항의 합으로 결정된다. 〈표-16〉은 일본의 경우, 급수 기구 1개당 소요수량을 나타낸 것이다. 이는 급수관의 토수압에 의해 토수량이 다르다. 일반적으로 급수압이 높으면 급수량도 많아지나 수압이 낮으면 사용이 불편해 진다. 주택의 경우, 용도별 사용수량은 [그림-19]와 같다. 이는 일본의 예로서 목욕수량 등 우리 실정과 차이는 있으나 특기할 만한 점으로는 변기 세정 및 세탁기의 보급으로 인한 세탁용 물의 사용이 많은 점등이 있다. 급배수설비와 관련하여 효과적인 에너지절약 방안은 우선 사용수량을 줄이는 것이 바람직하나 급배수 기구에

〈표-16〉 기구1개당 소요수량(일반건물포함)

종 류	1회당 소요량(ℓ)	1시간당 사용횟수	1분간당 유량비율(ℓ)
대변기(세정밸브)	15	6~12	110~180
대변기(세정수조)	6~15	6~12	15
소변기(세정밸브)	5	12~20	30
세면기	10	6~12	10
샤 워	24~60	3	12~20



(그림-19) 용도별 가구당 1일사용수량

서의 절수와 누수 방지가 기본이다. 절수형기기의 개발 및 사용이 바람직하며 사용자의 절수의식 또한 필요하다.

다. 급탕설비

급탕설비는 절수 및 누수방지 외에도 열손실 방지를 고려해야 한다. 기기자체의 효율을 높이는 것도 중요하지만 저탕 탱크나 파이프 등의 보온을 잘 해 줘야 한다. 또한 송수저항 및 그로 인한 열손실을 줄이기 위해 가능한한 배관거리를 단축시키는 것이 좋다.

4. 조명계획

주택에서의 조명용 전기에너지는 난방에너지에 비해 그 양은 작으나 주거생활수준의 향상에 따라 소비량이 점차 증가하는 추세이며 이에 따라 조명용 전력의 합리적 이용을 통한 에너지절약도 중요한 과제로 부각되고 있다. 그러나 조명에너지절약의 강조로 인해 시작업성적이나 시효율이 저하되어서는 안 된다.

조명설비에서의 효과적인 에너지절약방안으로는

- 적정조도 기준의 설정
- 고효율램프 및 점등장치 사용
- 고조명율 조명기구 및 고반사율 내장재 사용
- 작업공간의 국부조명 및 가변조절기의 사용
- 자연채광의 적극 이용

등을 들 수 있다.

제3절 단열계획

1. 건물의 단열

2절에서 언급한 바와 같이 건물의 에너지절약 방안은 무수히 많다. 한편 기존건물의 예를 들면 신축건물과 달리 기존건물은 절약방안이 한정돼 있으며 그 가운데 건물의 단열에 의한 절약효과가 가장 큼을 〈표-17〉을 통해 알 수 있다. 〈표-17〉에서와 같이 여러 가지의 절약방안 중 건물단열을 통해 얻을 수 있는 절감효과가 6.7%로 절약요인 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이와 같이 단열은 건물에너지 절약

〈표-17〉 기존건물의 절약요인별 에너지절감가능율

운전관리 합리화	폐열회수	보일러교체	배관 및 트랩교체	설비보온	건물단열	기 타	계
1.6	0.9	1.7	0.3	0.1	6.7	0.3	11.6

에 영향을 미치는 큰 요소 중의 하나가 된다. 본절에서는 이러한 단열의 방법 및 효과 등에 대하여 살펴본다. 참고로 국내의 단열기준 및 외국의 단열관련 법규에 대해 부록에서 설명하였다.

가. 단열의 목적

단열이란 열이 흐르는 물체의 열저항을 크게 하여 열류량을 작게 하는 것이며 단열재료란 열전도율이 작은 재료로서 일반적으로 0.05kcal/mh℃ 이하의 열전도율을 가지는 재료를 말한다.

인간은 야생동물과 달리 자연상태의 기후 하에 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 Shelter가 필요하며 그러한 Shelter로서 건물이 존재한다. 이런 건물내의 공간에서 느낄 수 있는 인간의 불쾌감은 더위, 추위 외에도 공기오염, 심리적 요인 등 여러가지가 있으나 단열재는 더위, 추위 등에 의한 불쾌감을 방지하여 적정한 실내온도 유지를 돕는다. 또 겨울철의 외기온저하로 인한 건물 외벽면의 표면결로 방지를 위해서도 단열재의 사용이 효과적이다. 그러나 주택의 기밀화 및 실내에서 발생되는 수증기 때문에 단열 만으로는 결로가 방지되지 않으며 적당한 환기가 병용되어야 한다. 이와같이 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 쾌

적감이 증대한다.

④ 단열로 인해 건물의 열용량이 높아지기 때문에 난방 정지시에도 실온의 급격한 변화를 막을 수 있다.

⑤ 벽표면의 결로를 방지하여 곰팡이등으로 인한 표면의 손상을 막을 수 있다.

나. 벽체온도와 단열

실내에 사람이 있을 경우, 재실자와 벽체간에는 복사에 의한 전열이 발생한다. 이때 재실자의 위치나 자세 등에 따라 벽체표면온도에 대한 감각이 달라지게 된다. 이는 재실자의 위치에 따라 주의실내 표면과의 형태계수가 다르기 때문이다.

표면온도는 벽면의 재질과 부위에 따라서도 다르기 때문에 재실자와 표면온도와의 관계를 파악하기 위해서는 동일한 복사전열을 하는 것과 같은 평균표면온도를 이용하며 이를 평균복사온도(MRT, mean radiant temperature)라 한다.

재실자의 추위에 대한 감각은 전술한 바와 같이 벽체와의 복사열전달이 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 고르게 하여 쾌적환경의 조성에도 크게 기여하게 된다. 또한 단열된 건물의 실내온이 비단열실에 비해 다소 낮을지라도 동일한 MRT를 가질 수 있으므로 에너지 절약에도 도움이 된다. 바닥복사난방 방식의 실내에서 행한 쾌적온도범위설정 실험에 의하면 실온이 중성범위일 경우, 벽체온도는 17℃이상, 바닥온도와 벽체온도 간의 관계에 의한 벡터복사온도가 17K 이하일 경우에 재실자들은 쾌적반응을 나타내었다.

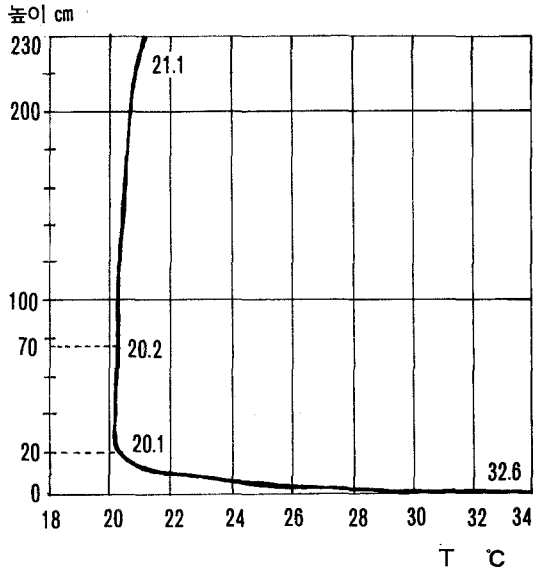
다. 실온의 분포와 단열

겨울철 실내에 난방기구를 설치하여 발열시키면 주위 공기는 따뜻해져 상승한다. 이에 비해 외벽에 접한 공기는 냉각하여 하강하므로 실내공기는 대류를 일으키게 된다. 이때 외벽의 실내측 표면온도가 낮을수록 공기의 하강이 강해지며 실내의 온도분포가 고르지 않게 된다.

[그림-20]은 바닥난방시 실내공기의 수직온도 분포를 나타낸 것으로 단열이 불충분할 경우에는 천정 근처와 바닥과의 온도차가 단열이 잘 된 경우에 비해 월등히 커진다. 이때 수직온도만이 아니라 수평온도 분포도 고르지 않게 되어 실내환경을 해치게 된다. 이와 같이 건물의 단열은 단순히 난방에너지를 절감할 뿐 아니라 실내의 공기온도 분포를 고르게 하여 쾌적감을 높여 준다. 더우기 MRT가 높아지기 때문에 거주환경이 좋아지게 된다.

라. 바닥난방과 단열

바닥난방은 대류난방과 같이 방열기로 주위 공기를 덮히고 그 더워진 공기가 바닥, 벽, 천정 온도를 상승시키는 과정과 달리 바닥면이 발열면이 되어 공기를 덮힘과 동시에 바닥, 벽, 천정을 복사열에 의해 온도를 상승시킨다. 따라서 바닥과 벽, 천정의 5면과의 복사열평형과 실내기온의 평형에 의해 바닥온도가 결정된다.



[그림-20] 실온의 수직분포

따라서 바닥발열을 유효하게 이용하기 위해서는 우선 바닥하부의 열관류율을 작게 해야 한다.

〈다음호에 계속〉