

열손실 방지를 위한 건축물의 구조에 관한 연구

1. 서 론

1. 1 연구의 배경

1973년 겨울에 돌연한 석유수출국기구(OPEC)의 원유 값 인상으로 시작된 오일 쇼크(oil shock)는 세계적인 에너지 위기(Energy Crisis)를 몰고 왔다. 이래 세계 각국은 자국의 에너지 자원 확보와 사용절약에 관심을 쏟게 되어 에너지의 유효이용과 절약(Energy Conservation)이 강조되고 있다.

건축물의 열손실방지는 건축물의 에너지절약(구미에서는 Energy Conservation, 일본에서는 省에너지라 부른다) 중에서도 설비용 에너지중 건축물을 통한 열손실을 줄이는 것을 목표로 하는 단열공법과 틈새바람을 줄이는 기밀구조를 주축으로 하고 있다.

에너지문제에 대한 연구동향은 다음과 같다.*

1. 기존에너지의 유효이용

- ㄱ. 건축물의 열손실방지
- ㄴ. 온도의 열손실방지와 개량
- ㄷ. 공장, 설비의 열효율향상

2. 대체 에너지 원의 개발

- ㄱ. 태양열이용(Solar House)
- ㄴ. 풍력, 조력, 원자력, 지열개발
- ㄷ. 저질탄 활용 등

금회의 연구는 에너지의 유효이용에 관한 부분이다. 이 부분은 최근의 태양열주택에서도 강조되는 바와 같이 건물의 단열 즉 열손실방지가 선행되어야 하는 주요부분이다.

*배순훈 1974년도 중요에너지 연구사업결과 공기조화 냉동공학회 Vol. 4 No. 1

1.2 연구의 결과

○ 전향의 에너지절약 추세에 따라 1975년 12월 31일부의 건축법 개정시 법 제23조의 4 「건축물에 있어서의 열손실방지」 조항을 신설하였다. 이 법에 따라 건축법 시행령 제16조의 2

「건축물에 있어서의 열손실방지」조항을 1976년 4월 16일 개정시 신설하고, 연료사용기기는 열관리법의 규정에 따를것을 명시하고, 벽, 반자 및 개구부의 재료·시공 방법등은 건설부장관이 정하는 기술적 기준에 적합하도록 규정하였다.

○ 금회의 연구는 이 기술적기준을 작성하는 작업이다.

○ 건설부 주택국 기술지도과의 주도하에 대한건축사협회로 하여금 연구보고서를 제출토록 지시하였다.

건축사협회는 회원중에서 실적과 관심이 많은 한국건축연구소 대표 이종관에게 연구용역을 의뢰하고, 사협 회내에 연구위원회를 두고 자문위원을 위촉하였다.

○ 자문위원 및 연구위원은 다음과 같다.

- 자문위원 윤 장 섭 (서울대 건축과 교수)
- 자문위원 김 광 문 (한양대 건축과 교수)
- 자문위원 한 규 봉 (건설부 기술지도과장)
- 자문위원 박 우 하 (건축사협회 총무이사)
- 연구위원 이 건 (서울대 건축과 교수)
- 연구위원 오 창 희 (한양대 건축과 교수)
- 연구위원 이 종 관 (한국건축연구소 대표)

1.3 건물의 단열재사용

1.3.1 단열재의 효과

건물의 외벽 반자 및 바닥에 단열재를 사용하면 열손실 방지만이 아닌 여러가지의 효과를 얻을 수 있다. 효과를 크게 나누면,

- 1) 결로방지의 효과
- 2) 실내기후계획상의 효과
- 3) 열손실방지에 의한 에너지절약 효과

1)은 단열력이 부족한 경우 북측 외벽의 실내측 결로로 곰팡이가 생기고, 벽지가 떨어지는 현상등을 보게 되는바, 결로방지를 위한 단열재의 사용은 상식이다.

2)는 단열재의 사용으로 실내표면온도를 높게 유지할 수 있어 겨울철 거주자의 온열감 향상에 크게 기여한다. 여름철 단열력이 부족한 평지붕주택의 실내온도가 심하게 올라가는 경우나, 피로티부분 마루에 단열재를 사용하는 것은 실내기후 계획상 필요한 일이다.

3)은 단열재사용의 가장 대표적이고, 직접적인 효과로 열손실 방지에 의한 에너지절약은 곧 난방비의 절감을 의미한다.

이상의 효과를 얻기 위하여 건축물에 단열재의 사용이 필요함은 재언할 필요가 없으나, 설계에 반영하기 위한 문제점을 들어보면,

- 1) 단열재사용에 따르는 경제성
- 2) 적정 단열재의 선택과 질의 보장
- 3) 합리적인 공법과 시공기술의 확립

1)은 단열재의 구입, 시공에 따르는 초기공사비의 증액과 이 증액분이 난방비의 절감, 기기의 용량축소등과 어떤 상관관계의 경제성이 있는지의 문제이다. 이 문제는 다음 절에서 상세히 검토하기로 한다.

2)는 국산단열재의 현황, 가격과 재료의 균질성 등에 대한 지식과 보증문제이다. 국산단열재의 현황은 2.2절에서 상세히 검토한다.

3)은 단열재를 사용한 공법의 표준화 연구이다, 2.1에서 국내 단열공법의 현황을, 5.2에서 권장할 만한 부위별 단열공법의 예제, (외벽, 반자 및 바닥)을 수록한다.

1.3.2 단열재 사용의 경제성 시산

CASE 1 : 주택공사 시범주택 20평형

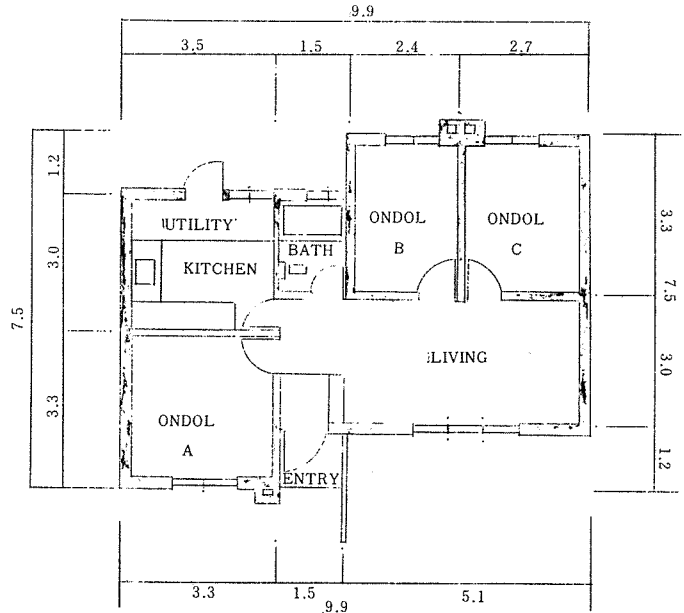
○난방방식 : 연탄보일러 (효율 50%)

○설계온도조건 외기온도 = -12°C (TAC 2.5%)

실내온도 = 20°C

지 온 = 0°C

그림 1. CASEI 평면도



◎열관류율 비교

단열재사용하지 않음 (A)				단 열 재 사 용 (B)		
재	료	K		K	재	료
1.5B		1.32	외벽	0.63	(A)+STYROP	
MORTAR	15M/M				OR 25M/M	
방수모르타르	20M/M	1.39	지붕	0.65	(A)+SYTRO-	
신더 CONC	60M/M				POR 25M/M	
방수층	10M/M					
CONC	140M/M					
공기층						
TEX천정	12M/M				(A)+단열재 (λ	
모르타르	10M/M				=0.05)	
CONC	100M/M				25M/M	
깨 돌	120M/M					
지 반	1,000M/M					

전도열손실계산

단열재사용하지 않음 = 8,750 Kcal/HR

단 열 재 사 용 시 = 5,140 Kcal/HR

감 소 폭 3,610 Kcal/HR

경제성 검토

A) 난방비 절감폭

○열원 단가계산

구공탄 제원 : 3.6kg/장 70원/장, 8시간연소기준
4300Kcal/kg

보일러 효율 : 50%

1,000Kcal당단가 = $\frac{70\text{원/장}}{3.6\text{kg/장} \times 4,300\text{Kcal/kg}} \div 1,000$

Kcal ≃ 9 원

○설계용 외기온도와 월평균기온

$\frac{20 - 1\text{월평균기온}}{20 - (-12)} \div 0.7$

○ 1월중난방비절감액 (연간 난방비의 20%)
 $3,610\text{Kcal/HR} \times 24\text{HR} \times 30\text{DAYS} \times 9\text{원/1,000Kcal}$
 $\times 0.7 \approx 16,400\text{원}$
 ○ 연간 난방비 절감액
 $16,400\text{원} \times \frac{1}{0.2} = 82,000\text{원/YR}$ (가)

CASE II

○ 난방방식 : 기름보일러 (효율 75%)

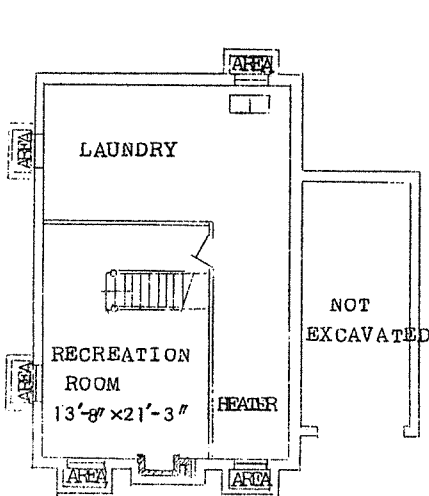
B) 단열재 설치의 초기 투자액

○ 단열 면적 : 187.9m^2

STYROPOR 규격 : $1.62\text{m}^2 (900 \times 1,800)$

소요매수 = $187.9 / 1.62 \times (1 + 0.2) = 140\text{매}$

○ STYROPOR 1 등품 1,250원 /매 $\times 140\text{매} = 175,000\text{원}$



CEILING HEIGHT 7'-0"
BASEMENT PLAN

시공비, 운임등 → 75,000원

∴ TOTAL COST = 250,000원

○ 보상기일 = (가) ÷ (나) = 3.05 년

전도열손실계산

단열재 사용안함 = $12,450\text{ Kcal/HR}$

단열재 사용시 = $8,340\text{ Kcal/HR}$

감 소 폭 = $4,110\text{ Kcal/HR}$

경제성 검토

A) 난방비 절감폭

열원단가계산

경유 → $65.5\text{원/ℓ}, 9,800\text{Kcal/ℓ}$

$1,000\text{Kcal당 단가} = \frac{65.5\text{원/ℓ}}{9,800\text{Kcal/ℓ} \times 0.75} \times 1,000$

$\text{Kcal} \approx 9\text{원}$

연간 난방비 절감액

$4,110\text{Kcal/HR} \times 24\text{HR} \times 30\text{DAYS} \times 9\text{원/1,000Kcal}$
 $\times 0.7 \times \frac{1}{0.2} \approx 93,000\text{원}$ (가)

B) 단열재 설치 초기 투자액

단열면적 : 222m^2

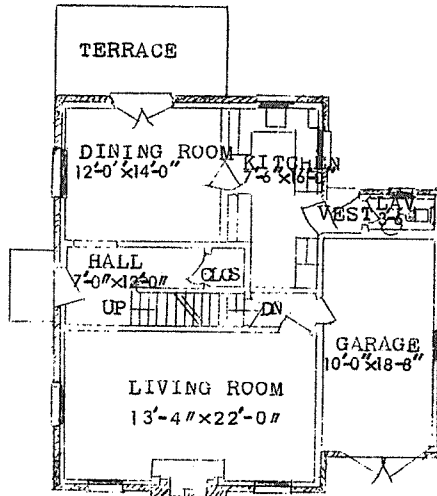
소요매수 = $222 \div 1.62 \times (1 + 0.2) = 165\text{매}$

$1,250\text{원/매} \times 165\text{매} \approx 210,000\text{원}$

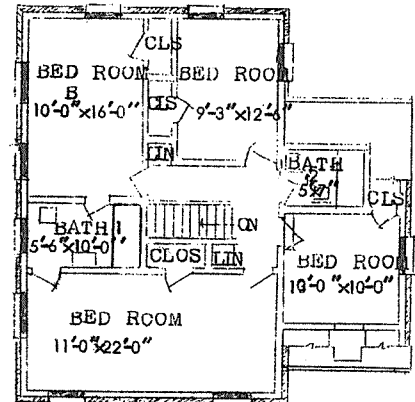
시공비, 운임등 90,000원

300,000원 (나)

보상기일 = (가) ÷ (나) = 3.2년



CEILING HEIGHT 8'-6"
FIRST FLOOR PLAN



CEILING HEIGHT 8'-0"
SECOND FLOOR PLAN

2.2 단열재의 특성

2.2.1 개설

건축성능에서 열적성능은 건축전반에 걸쳐 큰 비중을 차지하고 있다. 이 건축의 열적성능에는 건축계획에서부터 시공에 이르기까지 많은 변화요인을 가지고 있다. 이를 대별하면,

○ 열에 대한 심리적인 요인

○ 기후변동의 요인

○ 정상상태에서의 열전달 요인

○ 주기적인 변동조건하의 열전달 요인

○ 투광체에 의한 열전달 요인

○ 열절연방법에 관한 요인

등으로 분류되어 건축계획적인 문제와 시공성이 열적성능에 미치는 영향은 자못 크다 하겠다.

이상과 같은 변화요인중 가장 정성적으로 받아드리고 있는 열절연은 사용재료의 열적성질과 각부위별 단열재료의 적용 및 구조형식에 따라 그 효과를 달리하고 그 결과에서 건물의 질적문제와 관리유지등에 대한 평가의 초점을 맞추려는 경향도 없지 않다.

건축의 열적성능에 대한 건축계의 관심은 1973년 Energy 파동이래 가일층 고조되고 있는 한편 건물의 질적향상이란 명제아래 많은 연구가 계속되어 오고 있는 것으로 보겠다.

그러나 현재에 이르기까지 이에 대한 기준이나 재료성능에 대한 뚜렷한 평가와 효과적인 사용방법 또는 구조형식이 일반화 되어 있지 않은 상태에서 건물의 열적성능을 의식하고 있을뿐 실제에는 이를 뒷받침하는 확고한 근

거없이 제 나름대로의 방법으로서 해결책을 강구하여 왔다고 보겠다.

2.2.2 단열재의 일반성능

단열재라 함은 열전도율 $0.06 \sim 0.07 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$ 이하의 것으로 일반적으로 상온영역에서 보온, 보냉을 간단히 처리할 수 있는 것을 비롯하여 극고온 극저온하에서 열차단성질을 가지는 재료를 뜻하며 대체로 다공질의 재료가 많다.

단열재는 그 성능면에서 재료 자체의 단열성능도 중요하겠으나 이를 사용한 구조적인 복합체로서의 단열 성능을 기대하는 것이 더욱 중요하다.

즉 재료 자체의 열전도율을 최소한으로 줄이는 방법과 이를 활용하여 구조적으로 열전도율을 최소한으로 줄이는 방법을 뜻한다.

이 양자는 건물부위에 따라 적용범위가 상이하게 되므로 재료의 특성을 충분히 파악하여 적재적소의 재료사용이 가장 중요시 된다. 단열재는 일반적으로 다음 성질을 갖게 된다.

① 공극과 열전도율

비중이 적은 것일수록 열전도율이 적어진다.

공극을 함유하고 있지 않은 비금속이나 무기질재료의 열전도율은 보통 $2 \sim 3 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$ 정도이며 기질이 독립적인 공극의 등가 열전도율은 $0.025 \sim 0.03$ 정도이다.

재료내부의 공극이 많을수록 열전도율은 이값에 가까워진다.

② 함수상태, 온도의 열전도율

함수율이 클수록 열전도율이 커진다.

온도가 높을수록 열전도율은 증가한다.

그러나 보통 건물의 온도범위내에서는 크게 영향을 받지 않으며 오히려 유리하게 된다.

③ 열전도율이 적어지는 요인

- 비투습성이라야 한다.
- 장기 사용에도 변질되지 않아야 한다.
- 어느정도 기계적인 강도가 있어야 한다.
- 시공이 용이하고 확실해야 한다.
- 내화성이라야 한다.

2.2.3 각 단열재의 특성

(1) 유리섬유 (Glass Wool)

유리를 고온으로 용해시켜 섬유화한것을 적당한 접착제를 사용하여 보온판 또는 이불솜모양(Blanket) 등으로 성형한 것이다. 겉보기 비중은 보온판류가 $10 \sim 60 \text{ kg/m}^3$ 이불솜류가 $20 \sim 100 \text{ kg/m}^3$ 이며 최고안전사용온도가 300°C 정도 최저사용온도 -200°C 로 보고 있다.

공극은 연속기포로 형성되어 있으므로 투습율·흡습율이

크다.

따라서 사용부위에 따라 결로현상이 일어날 경우가 많다.

일반적으로 pipe 보온 건축 일반단열 방음등에 쓰인다.

(2) 석면 (Asbestos)

사문암에 맥상으로 함유된 천연산무기질의 섬유상결정체로서 섬유의 길이는 약 10mm 정도이다. 시멘트 또는 석면등과 혼합하여 건축용판류로 성형하여 마감재료로서 사용된다.

최고 안전사용온도는 약 350°C 이며 열전도율은 종류에 따라 큰차이를 가진다.

(3) 암면 (Rock wool)

안산암 현무암 광재등을 $1400 \sim 1600^\circ\text{C}$ 의 고온으로 섬유화한 무기질섬유로서 그 굵기는 유리면 보다 약간 굵은 $1 \sim 20 \mu$ 정도이다. 이 섬유에 접착제를 사용하여 판류로 성형 또는 이불솜 모양으로 제품화한다.

겉보기 비중은 판류인 것은 $100 \sim 200 \text{ kg/m}^3$ 이며 최고안전사용온도가 약 600°C 인 불연재이다.

건축설비 일반단열재 및 천정, 벽등의 흡음, 단열용으로 쓴다.

(4) 합성수지 Foam 류

가. Foam Polystyren

염화 Methylene의 휘발성재료를 포함한 Polystyren 덩어리를 형틀에 넣어 증기로 가열하여 연화 발포시킨 것이다.

발포과정에서 원료의 소입자가 서로 밀착한 사이에 독립기포가 생기게 되며 발포정도에 따라 겉보기 비중이 달라지나 일반적으로 20 kg/m^3 이하인것은 열전도율이 $0.03 \sim 0.035 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$ 로서 최고율을 나타낸다.

Polystyren은 가열성으로 염화 Perlite 등과 혼합하여 난연화하여 단열재료로서 사용된다.

최고안전사용온도가 70°C 정도이며 그 이상에서 연화 변형 된다.

독립기포를 형성하고 있어 투습, 흡수 투기성은 적고 내산 내 Alkali성이 크나 유기용제에 용해되기 쉽다.

나. 경질 Polyurethan Foam

Isocyanate와 Polyester 또는 Polyethylene을 물과 혼합하여 발포와 동시 다공질화한 것이다. 원료배합비에 따라 비중의 차가 있으나 겉보기 비중범위는 $20 \sim 80 \text{ kg/m}^3$ 이다.

이 재료의 특징은 85°C 정도이며 화학약품에 대하여 안전한 재료이나 사용기간경과에 따라 부피가 줄어들고 점차 열전도율이 커지는 결점을 가지고 있다.

연속기포의 연결형이 제품화되고 있으나 투습성이 크므로 건축용 판류로는 별로 쓰여지지 않는다.

다. 경질 (Perlite Foam)

합성고무 또는 천연고무를 기포화시켜 성형시킨 것으

로 성형시 형틀과 접하는 부분에 단단한 표피가 생겨 내부의 독립기포를 보호하게 된다. 가공 절단이 용이하고 내약품성이 크며 Plastic Fome류에서는 가장 압축강도가 크다.

최고안전사용온도는 50℃이며 직사일광이 닿으면 변질하게 된다.

라. 염화 (Vinyl Foma)

염화 Vinyl에 발포재 또는 탄산 개스등의 가압개스를 첨가시켜 연속기포인 연질의 것과 독립기포의 경질의 것이 제품화되고 있으나 단열재로서 경질의 것이 효과적이다.

최고내열온도는 70℃이며 사용 기간경과에 따라 부피가 줄어드는 결점이 있다.

(5) 탄화 (Cork)

나무껍질을 원료로 하여 300℃정도로 탄화하여 압축하면 원료에 함유된 수지로 입자가 밀착한 것이다. 겉보기 비중은 약 150 kg/m³ 정도이며 최고안전사용온도는 130℃이다. 과거에는 단열재로서 널리 사용되었으나 현재에는 건축용미장재로서 사용범위가 더 넓다.

(6) Foam Glass

유리가루에 개스 발생재를 첨가하여 가열시킨 것으로 개스 발생재의 량 또는 가열정도에 따라 독립기포와 연속기포로 만들수 있다.

독립기포인 것은 열전도율, 투기율이 크므로 단열재로서 쓰여지나 고온인 환경에서는 기포내의 가스 팽창으로 인하여 유리 실질부에 균열이 생길 우려가 있다.

그러므로 상온에서도 단열재로 사용하는 것이 바람직하다.

압축강도가 10~15 t/m² 정도이므로 바닥 단열재로서 쓰게된다.

연속기포의 것은 내열온도가 400℃정도이다.

(7) 연질 섬유판 (Insulation Board)

Pulp목질섬유 벚짚등의 식물성 섬유를 주원료로 하여 적당한 접착제를 혼합하여 성형한 것으로 비중량 400kg/m³ 이하의 것을 말한다.

투습성 흡습성이 크고 흡습하게 되면 부피가 팽창한다. 그러므로 습도가 높은 곳에서 사용하지 않는 것이 바람직하다. 경우에 따라서는 실내의 온도조절용으로 내장재로서 사용하기도 한다. 열전도율은 0.05~0.08 Kcal/mhr℃ 정도로서 저렴한 단열재이다.

(8) Perlite

진주석을 고온처리하여 다공질화하여 구슬모양으로 만든것을 말하고 이들을 그대로 충전시켜 쓰기도 한다.

일반적으로 mortar 또는 Plaster의 골재로서 사용된다 골재의 배합비에 따라 비중 및 열전도율을 조절할수 있다.

석면등 무기질 섬유를 첨가하고 접착제로서 성형하여 단열재로서 사용된다.

최고 안전 사용온도는 약 600℃정도이며 흡수성이 있으므로 외부 마감재로서는 사용되지 않는다.

(9) 질석 (Vermiculite)

운모계의 광석을 약 1,000℃ 정도로 가열하여 만든 것으로 내부에 미소공극을 가지는 운모상의 작은 입자이다. 단열재로서는 이 입자를 골재로서 사용하여 미장재로서 질석 Mortar 또는 Plaster로 쓰여진다.

열전도율과 비중은 배합비에 따라 조절할 수 있으며 단열재로서는 시멘트:질석은 1:4~8 정도의 용적비로서 사용된다.

또한 합성수지 접착제로 성형하여 판재로 사용된다.

(10) 석면뿔칠 (Spray Asbestos)

석면섬유를 물과 광물질 결합제를 첨가하여 Spray Gun으로서 현장에서 벽의 바탕에 뿔칠하는 일종의 도장 재료이다.

철, 콘크리트, 벽돌, 목재 기타 각종재료의 바탕에 뿔칠이 가능하며 최고사용온도는 겉보기 비중에 따라 다르나 약 300~400℃인 불연재이다.

비중량은 150~250 kg/m³ 정도이며 열전도율은 0.04 Kcal/mhr℃ 정도이다.

투습, 흡습이 크므로 내부 결로에 대한 주의를 요한다.

(11) 규산 칼시움 보온재

가용성 규산분을 90%이상 함유한 소석회 구조토 석면 섬유를 원료로 수중에서 Gel화 반응을 일으키게 하여 성형한다. 건조로에서 수분을 증발시키면 공극이 만들어진다.

이 보온재의 특징은 공극에서 가열하여도 붕괴되지 않는다.

사용최고온도는 650℃ 정도이며 비중이 0.20~0.22 g/cm³ 휜강도 5 kg/cm² (상온) 정도로서 보온판 또는 보온통으로서 사용된다.

(12) 목모 시멘트판

가늘고 긴 나무 오래기를 시멘트 Mortar와 반죽하여 판류로 만든것으로 Mortar와 잘 붙기 때문에 Mortar만큼 바탕으로서 사용된다.

겉보기 비중은 400~900 kg/m³, 열전도율은 비중량 400 kg/m³ 경우 0.13 Kcal/mhr℃정도이다.

2.2.4 국산 단열재 보온재의 제품내용

입수된 자료에서 생산업체는 19사로서 그 중 15사가 서울에 본사를 두고 있다.

생산규모와 시설면에서도 상당한 차이가 있는 한편 상품명과 제품내용도 다종 다양하며 용도에 대한 범위등이 불명확하여 단열재 또는 보온재의 성능을 파악하기가 매우 곤란한 실정이다.

특히 재료 성능표시에 있어서 성능시험에 있어서 시험소 또는 시험자, 시험방법, 사용기기, 시험일자, 재료의 성분 시공상의 주의 사항등 특성에 따른 사용범위와 단열효과에 대한 특기사항등 소요량과 시공성등이 결여되어 불명확한 점이 많다.

따라서 수요자의 입장에서 재료선택에 많은 문제점을 가져오고 있다.

2.2.5 단열 구조 계획의 일반적인 현황

대규모 건축에 있어서는 열손실을 의식한 공간계획을 하고 있는것이 일반적이나 구조체 자체의 열관류량에 대한 재료의 단열성능에 대하여는 크게 고려하고 있지 않는 실정이다. 실제로 구조재료에 대한 열손실에 대하여는 긍정적으로 받아들이고 있으면서도 내부 마감재로 하여금 단열효과를 기대하고 있는 것이 일반적인 실태라고 하겠다.

특히 열손실의 비중을 크게 차지하고 있는 외부 창문에 대한 단열구조적인 고려가 부실한 가운데 통례적으로 창문은 이중창을 설치하고 있는것이 보편화되고 있다.

그러나 기밀성과 이중창의 간격들에 대한 단열구조의 효과적인 기준이 아쉬운 상태이다.

소규모 건축에서는 열손실을 의식한 창문계획보다 단열을 위한 구조적인 면에 비중을 두고 있는듯한 느낌이다. 특히 단독주택인 경우 벽체를 이중으로 하여 그 공동부에 단열재를 넣는 방법이 일반적으로 알려진 단열을 위한 공법으로 되어 있으나 벽체의 재료가 벽돌인 경우에는 그 조적에 있어서 각 줄눈이 완전하게 시공되어 투기성이 적어야만 단열의 효과를 크게 기대할 수 있으므로 이에 대한 시공성이 문제시 된다.

천정부분에는 단열성이 큰 마감재를 붙이던가 천정 윗면에 단열재를 붙이고 천정내부 공간에 대한 대책은 무방비 상태로 놓여지는 것이 일반화되어 있는 실정이다.

천정윗면의 단열재 사용에 있어서도 천정구조형태와 단열구조와 시공성이 또한 문제시 된다.

바닥에 있어서는 단열에 대한 고려가 없고 일반적으로 마감재료에 의존하는 상태이다.

온돌구조에 있어서는 최근 보온과 방습을 아울러 단열재를 사용하고 있으나 그 구조적인 문제점과 적외선 재료 사용에 문제점을 남기고 있다.

이상과 같이 건물의 규모와 질에 따라 열손실에 대한 개념과 의식의 차이는 있겠으나 냉난방에 따른 설비와 열손실에 관련한 제반 변화 요인에 대한 명확한 기준설정이 절실히 요망된다.

3. 외국의 현황

건축물의 에너지절약을 위한 기술기준의 설정은 세계적인 추세로 각국마다 국가실정에 맞는 기준을 제정하였거나 준비하고 있다.

문헌을 토대로 각국의 상황을 살펴보고 참고로 제공한 다.

3.1 미국(U.S.A)의 현황

미국 상무성연방기준국(NBS)에서 제정한 "신축 건물에 대한 에너지 절약을 위한 설계 및 평가기준" Design and Evaluation Criteria for Energy Conservation in New Buildings(NBSIR74-452)을 1974년 2월 27일 공식으로 발표하였다. 미국의 건축행정은 주 단위로 이루어짐으로 각주가 이 기준을 주의 건축법규에 채용하면 비로서 법적인 강제력을 갖게된다.

주요내용은

1) 열부하 계산용 실내조건 난방	21.1℃ 30%RH이하
냉방	25.6℃ 60%RH이상

외기조건 난방	TAC 95%의 값
냉방	TAC 2.5%의 값

외기도입량 8.5 m² /HR 인

2) 건물의 단열 최대열통과율K(Kcal/HR. m². deg)

난방도일	외표면전체 (창포함)	바닥
2,000	1.80	0.87
3,000	1.75	0.78
기밀성	틈새바람	
	일반건물	0.5회/시간이하
	소 주택	0.7회/시간이하

* 1 清水邦雄 미국에 있어서의 성에너지 사정 일본공위지 Vol. 49 No. 11, 1975. 11 p. 10~p. 32.

한편 민간학회인 ASHRAE(AMERICAN SOCIETY OF HEATINGREFRIGERATING AND AIR -CONDITIONING ENGINEERS)에서도 ASHRAE STANDARD FOR ENERGY CONSERVATION IN NEW BUILDING ASHRAE 90-75(1975)를 제정 발표하였다.

주요내용은

1) 열부하계 산용	실내조건 난방	21.1℃
	냉방	25.5℃
	외기조건 난방	TAC 97.5%의 값
	냉방	TAC 2.5%의 값

2) 건물의 단열 주저용과 비주저용으로 구분 규정하고 있다.

주저용건물	최대열통과율K[Kcal/HR m ² deg]		
난방도일	외벽전체	바닥	천정
2,000	1.36	0.73	0.244
3,000	1.26	0.73	0.244

비주저용 건물

난방도일	외벽전체	바닥	천정
2000	2.10	1.27	0.54
3000	2.00	1.27	0.48

본 연구보고서의 부록A-1에 ASHRAE 90-75의 건물관계 부분규정을 전문 번역하여 게재하였다.

이러한 기준이나 규정은 건축가들의 반대에 부딪혀 아직 실시가 보류된 상태인듯 하며, 집행을 위한 기술기준의 보완과 연구가 계속중인 것으로 알려져 있다.

3.2 독일(West Germany)의 기준

○ 서독의 단열기준은 DIN 4108에 규정되어 있다. 단열 난방 부하, 냉방부하 계산기준에 관한 서독의 기준은 아래와 같다.

1) DIN 4108(1969) 건축물의 단열

1975.11 부록 건축물의 단열-고도화하는 단열에 대한 해설 및 예

DIN4108 Wärmeschutz im Hochbau(1969)

(Erläuterungen und Beispiele für einenerhöhten Wärmeschutz Beiblatt(1975))

2) DIN4701(1959) 건축물의 난방부하규칙 1976년 수정 DIN4701 Heizungen Regeln für die Berechnung des Wärmebedarf von Gebäuden(1979)

3)VDI 2078(1977) 건축물의 냉방부하 계산규칙

VDI2078 Berechnung der Kuhllast Klimatisierter Räume(VDI-Kuhllastregeln 1977)

○ 단열기준의 DIN 4108은 에너지위기 전인 1969년에 발표된 것으로 그후 1975년에 좀더 엄격한 규정이 부록으로 보완되었다.

* 3 石川幸雄 서독에 있어서의 건축물 열부하 계산법
일본공기 조화 위생공학회지 Vol.52 No. 8 p.39~p.52.

* 2 田中辰明 유럽의 단열공법 일본공기조화 위생공학회지 Vol.52 No.1 1978. 1 p.45 ~p. 51.

* 2 田中辰明 유럽의 단열기준과 특성 일본공위지 Vol.49 No.11 1975. 11 p.34~ p. 40

○ 1976. 7. 22「건축물의 에너지절약에 관한 법률」이 발효되어 신축건물의 단열을 의무화하고 있으며, 위반시는 5 만마르크 이하의 벌금에 처하는 벌칙조항도 있다고

한다, 78년 개정판 법률의 원문은 KIST 기계공학 연구부장 이춘식박사가 소지하고 있다.

○ 서독의 단열기준의 특징은 최저단열 (Mindestwärmeschutz) 및 완전단열 (Vollwärmeschutz)의 개념을 도입한 이론적인 단열두께를 계산하는 근거를 제시하고 있는 점이다.

최저단열이란 설계용 외기온도, 실내온도 조건에 대하여 외벽의 실내측 표면에 결로가 생기지 않게하는 단열을 의미한다.

완전단열이란 최저단열에서 얻어지는 실내측 표면온도가 실내의 인체의 쾌감 (Thermal Comfort)을 위해서는 낮기 때문에 표면 온도를 그보다 높은 17~17.5℃가 유지되도록 좀더 완전한 단열 성능을 단열을 의미한다.

○ 최저단열의 경우 실내조건 20℃, 60%의 경우 노점온도는 12℃이다. 안전을 고려하여 1.5℃높게 즉 실내측 표면온도를 13.5℃로 유지할 수 있는 단열이 필요하다. Rt는 열관류 저항

$$\begin{aligned} \frac{\theta_R - \theta_s}{\theta_R - \theta_o} &= \frac{RS}{R_t} = \frac{20 - 13.5}{20 - (\theta_o)} = \frac{0.125}{R_t} \\ R_t &= \frac{20 - \theta_o}{6.5} \times 0.125 \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

(1)식에서 외기온도 θ_o 을 대입하여 Rt를 구하고, K = 1 / Rt에서 K 값을 구해보면

외기온도	Rt	K[Kcal / m ² HR. deg]
- 5℃	0.481	2.08
- 10℃	0.577	1.73
- 15℃	0.673	1.49

○ 완전단열의 경우라면

$$\begin{aligned} \frac{\theta_R - \theta_s}{\theta_R - \theta_o} &= \frac{RS}{R_t} = \frac{20 - 17.5}{20 - \theta_o} = \frac{0.125}{R_t} \\ R_t &= \frac{20 - \theta_o}{2.5} \times 0.125 \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

(2)식에서

외기온도	Rt	K[Kcal / m ² HR. dey]
- 5℃	1.25	0.80
- 10℃	1.50	0.67
- 15℃	1.75	0.57

○ DIN 4108에 의한 단열기준값은 다음과 같다.

건축부위	최저단열			완전단열		
단위면적당무게 (kg/ m ²)	K[Kcal / m ² . HR. deg]			K[Kcal / m ² . HR. deg]		
기후구	I	II	III	I	II	III

외 벽	300	2.2	1.8	1.5	1.25	0.91	0.77
	200	2.0	1.7	1.3	1.18	0.91	0.77
	150	1.8	1.5	1.1	1.0	0.83	0.67
	100	1.4	1.1	0.77	0.83	0.72	0.53
	50	1.0	0.72	0.5	0.77	0.57	0.44
	20	0.77	0.54	0.38	0.77	0.54	0.38

3.3 일본의 기준

○일본은 대부분의 에너지를 수입에 의존하고 있음으로 에너지 쇼크 이후 일찍부터 에너지 절약에 관한 연구가 시작되었다. 1974년 9월에 공기소화 위생공학회의 공조설비 기준위원회의 제5소위원회로 성에너지위원회(위원장 木村建一)가 발족되었고 일본 건축학회의 설비분과 위원회에도 성에너지가 소위원회(주사伊藤直明)가 발족되어, 건축관계는 건축학회가 설비방식과 기기는 공조학회가 분담 연구하고 있다.

○위원회 활동의 중간보고 형식으로 성과가 발표되고 있으나 국가기준까지는 도달되지 않고 있는 실정이다.

통산성과 건설성의 합동으로 종래의 “열관리법”을 폐지하고 새로이 “에너지의 사용의 합리화에 관한 법률”안을 작성 국회에 상정 중이라고 한다. 이법은 공장, 건축물, 기계기구에 걸쳐 광범위하게 다루고 있으며 상세한 기술기준은 시행령에 위임하고 있음으로 현재로서는 불명이다

○ 단열성능기준으로는 K값으로 $0.91(\text{Kcal}/\text{m}^2\text{HR} \cdot \text{deg})$, 창등개구부의 K값 3.30이하가 되도록 하며 이러한 기준의 시행방안의 하나로 우량 단열재** 인정제도를 도입하고 있다.

** (株)일본건설자료협회 “우량단열재인정제도 신청 안내”1978. 9

* 일본 건축잡지 “건축에 있어서의 성에너지” 특집호 1978.2 Vol.93 No.1132.

* 공기조화 위생공학 “단열특집호 1978.1 Vol.52 No1

3-4 영국의 기준

영국은 건물단열기준은 아래표와 같다.

(표) 건물단열 기준의 비교

	(1) 건축법규 1972	(2) 건축법규 1974	(3) IHVE기준 1974	(4) Billington 보고 1974	
최대K값($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)				설계의기온도-4℃	
				경구조	중구조
지붕	1.42	0.7	0.6	0.4	0.5
외벽(창제외)	1.7	1.0	0.6	0.4	0.5
바닥	1.42	1.0	0.6	0.4	0.5
최대열손실($\text{W}/\text{m}^3\text{K}$ (건물단위용적당))			0.9	0.5	0.7

1) The Building Regulations, 1972

2) The Building(Second Amendment) Regulations, 1974

3) IHVE Domestic Engineering Services, 1974

4) H. S. Billington: Thermal Insulation of BLDGS. J, IHVE June 1974

영국에서는 오일 쇼크 직후 건축법규를 고쳐 부위별 최대 K값 바닥면적에 대한 창면적 비, 건물단위용 적당(단위 바닥면적당이 아님)의 열손실, 등 상세한 기준을 엄격하게 규정한 것이 최대의 특징이다. 이 K값은 겨울의 난방조건 만으로 결정하고 있다.

최근 2, 3년 기존주택의 건물외벽의 벽돌사이 공기층이나 틈새에 발포제 단열재를 주입하는 공법(예를 들면 ICI사, Pentokil사, Megaform 사등)이 많이 채용되고 있다. 또 기존주택의 목재창틀에는 페인트를 새로 칠하면서 틈새에 스펀지 실 테이프를(예를 들면 Kwikstik Products 사 등) 사용하여 틈새 바람을 줄이려고 노력하고 있다.

3-5 유럽제국의 기준

본문은 발표된지 오래된 글이나 열관리 문제가 본격적으로 논의되는 요즘 참고자료로 가치가 있다고 생각되어 번역한 것임. 원문입수가 곤란하여 일문에서 중역한 것임을 밝혀둠.

많은 국가들이 자국의 자원을 아끼고 연료의 낭비를 막기 위하여 건물의 단열에 관한 법규나 기준을 정하고 있다. 이 글은 영국을 비롯한 여러나라의 건물의 단열에 관한 기준의 개요를 조사한 것이다.

□ 영국

1965년의 건축기준법이 잉글랜드와 웨일스에 적용되고 있다.

이 법률은 시행상 필요한 각지방 자치체별 조례를 보완하여 1966년부터 실시되고 있는데, 이법의 제6장에 건물의 단열에 관해 언급되고 있고, 지방조례에 지붕, 벽, 마루등의 열관류율 값의 최대치를 규제하고 있다.

스코트랜드에서는 1964년에 제정한 건축법 9장에 열관류율의 값을 규제하고 있는바 이것이 잉글랜드와 웨일스 기준의 모퉁이 되었다.

예를들면 두법규모두 열관류율은 $1.46(\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C})$ 이고, 또 스코트랜드에서는 창을 포함한 전체의 오-버올의 열관류율의 값을 $2.1(\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C})$ 이하로 하고 있으며, 이중 유리틀 사용하도록 지시하고 있으며, 지붕이나 마루의 경우도 잉글랜드의 기준보다 엄격하게 되어있다.

□ 스웨덴

1950년에 제정된 건축기준법이 전국에 통용되며, 단열에 관해서는 기후조건에 따라 설계외기조건이 -14°C 인 남부의 구역에서, -40°C 의 북부의 구역까지 전국을 4개의 구역으로 나누고 각 구역마다 열관류율의 값을 규정하고 있다. 열관류율의 값은 벽돌조를 대상으로 한 것이며, 창유리에는 창틀 30mm 이하의 이중유리를 사용하도록 규정하고 있다. 또 단열을 잘한 건물에는 자금의 융자를 쉽게 받을 수 있는 특전을 주고 있다.

□ 노르웨이

1949년에 제정된 법률에 주택, 사무소, 학교의 단열을 규제하고 있으며, 목조건축을 포함한 여러가지 구조에 대한 열관류율의 값을 정하고 있다. 노르웨이의 것은 스웨덴의 값보다 엄격하지 않은데 이는 서쪽이 해안에 면하고 있어 스웨덴보다 기후가 온화하기 때문이다. 이 나라도 스웨덴과 마찬가지로 기후조건에 따라 4개의 구역으로 나누어 두었으며, 그 제일구역은 영국의 조건에 가까운 값을 규정치로 하고 있다. 창유리는 이중유리를 사용하는 것이 표준이며, 일중유리를 사용하는 경우에는 은행용자의 금액이 적어진다.

표-1. 열 관 류 율 $U \text{ Kcal}/\text{m}^2 \text{ hr }^{\circ}\text{C}$

국명(지방명)	기	본	년도	지역	설계온도℃	벽				바			다	비	붕
						외			내벽	지붕					
						석	조	경구조							
잉그랜드 웨일스	건축기준법		1965		-4 / -1		1.46 1.46(a)			1.22	1.22		유리창을 포함한 전외벽의 평 균치		
스코트랜드	건축기준법		1963		-4 / -1				0.98	0.98					
잉그랜드 스코트랜드 웨일스	단열규준		1958		-4 / -1				1.46						
독 일	DIN 4108		1960	1	-12	0.45	1.00(b)		0.30	0.65	0.75	0.55	(b) 중량50kg/m ² 의 치		
				2	-15	0.55	1.40(b)		0.30	0.65	0.75	0.55			
				3	-18	0.65	2.00(b)		0.40	0.65	0.75	0.55			
오스트리아	ONORM B8110		1959		-15	1.31			1.29	0.78	0.53	1.18			
					-30	0.32			0.91	0.55	0.37	1.18			
스 웨 덴	건축기준법 B A B S.		1950	1	-30	0.85	0.65(c)	0.65(d)	0.55		0.45(e)		(c) 중량 100kg/m ² 이하 (d) 중량 100kg/m ² 이하 (e) 또는 난방하지 않은 지하 실의 천정 (f) 중량 100kg/m ² 이상 (g) 콘크리트 지붕		
				4	-16	1.15	0.95(c)	0.75(d)	0.75		0.55(e)				
			1960	1		0.80	0.40(f)			0.40(g)	0.40	0.60			
				4		1.10	0.50(f)			0.50(g)	0.50	0.70			
노르웨이	Ministry Supply Regulation		1949	1	-10	1.00(h)		0.90	0.90	0.90		1.00	(h) 상면적 200m ² 이상의 경 우		
				4	-30	0.70(h)		0.60	0.60	0.60		0.70			
덴마크	건축표준		1961		-15	0.85(i)	0.50(i)			0.40	0.40		(i) 1~2 개건 (j) 중량 100/kgm ² 이하		
네덜란드	NEN 1068		1964		-8	0.80(m)	1.2 (k)			100 (i)	0.30	1.00	(k) 중량 100kg/m ² 이하 (l) 중량 100kgm ² 이상 (m) 중량 100kg/m ² 이상		
스위스	H L M		1960	A	-20 / -9	1.50	1.30			1.20					
뉴저랜드	N Z S S 1340	1959	B	-9 / -5	1.70	1.50			1.20						
			C	-5 / +1	1.90	1.50			1.20						
			온화	7.2	1.40				1.46	1.46	1.46				
			보통	4.4	1.22				1.22	1.22	1.22				
				한지	-1.0	0.98				0.68	0.93	0.98			

□ 독 일

DIN 4108(1960) - 건물의 단열 - 은 영국의 규정보다 광범위한 것으로, 이규격에 다시 지방조례로서 보충하고 있다. 이규격은 열량을 전부 메타법으로 나타내고, 각종재료 및 구조체의 열전도율을 정한후 이를 열관류저항(열관류율의 역수) $1/R[\text{m}^2 \text{ hr }^{\circ}\text{C}/\text{Kcal}]$ 으로 표시하는 방법을 사용하고 있다.

□ 오스트리아

ONORM B8110-건물의 단열 -에 건물자부의 단열에 관한 열관류율의 최대치와, 난방시간의 최소치에 관해서

규정하고 있다.

설계용외기온도는 위도와 기후조건에 따라 $-15^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 6개의 구역으로 나누어져 있다. B8110은 하등 법적 강제력이 없지만, 거의 100% 이중유리가 사용되고 있다.

□ 덴 마 크

1961년에 광범위한 규준이 발효되고 있으며 그내용은 스칸디나비아반도의 내륙지방의 것과 거의 같아서 벽돌조, 경구조, 유리창, 그밖의 벽, 바닥등에 관한 열관류율을 규정하고 있다. 단지 스웨덴과 달라서 이중유리의 간격을

12mm로 제한하고 있다.

□ 스위스

건물의 내벽에 결로가 생기지 않을 구조일 것을 요구하는 이외에는, 단열에 대한 별다른 법적규제가 없으나, 새로운 건물에는 이중유리가 극히 일반적으로 사용되고 있으며 데그리데이가 3,000을 넘는 지방에서는 중유리의 사용을 권하고 있다.

□ 네델란드

NEN 1068(1964) - 건물에 단열 -에 독일의 규격과 마찬가지로 건물의 각부에 대한 열관류저항에 최소치를 추천하고 있다.

이 규격에는 위도나 기후에 따라 구역을 나누는 대신에 온화(mild) 보통(moderate), 한지(Severe)의 3으로 나뉘고 있으며, 다른나라와 마찬가지로 경구조, 지붕등에 대한 열관류저항의 값을 규정하고 있다. 또 2현의 집의 경계벽, 또는 경계되는 바닥에 대한 값도 규정하고 있다. 이규격은 법적의무는 없지만 NEN 1068에 따르지 않는 건물에는 조성금의 용자를 거절할 수도 있다.

□ 프랑스

특별한 법적규제는 없고 1960년에 발포된 국립임대주택법(H.L.M)에 있으며 각종건물에 대한 단위용적당의 열손실을(외기와 실내의 온도차 1℃당의 열손실 Kcal/hr을 실의 용적 m³으로 나눈 값)의 표준을 정하고 있다. 프랑스에서도 위도와 지도상 상의 위치로부터 국내를 3개의 구역으로 나누고 있다.

□ 뉴-질랜드

Z.Z.S.S.1340(1959) - 건물의 단열재료 -에 영국과 닮은 규정을 하고 있다. 이 나라에서는 년간의 데그리데이를 기준으로 국내를 3개의 구역으로 나누어 데그리데이 1,800이하의 구역을 온화(mild), 1,800~3,600의 구역은 보통(Moderate), 3,600이상의 구역은 한지(Severe)로 구별하고 있다.

4-1 열손실 방지를 위한 기술기준(법규사항)

(1) 목 적

법 제23조의 4항, 및령 제16조 2항의 규정에 의한 열손실 방지를 위한 건축물의 벽, 반자 및 개구부의 구조, 재료, 시공방법등의 기술기준을 제시함을 목적으로 한다.

(2) 용어의 정의

주거용 건축 : 사람이 상주하여 야간에도 난방을 필요로 하는 건축물인 주택, 아파트, 기숙사, 병원 호텔등을 말한다.

비거주용 건축 : 주거용 이외의 건축물로 사무소, 극장, 공장, 교회등을 말한다.

비난방용 건축 : 겨울철에 통상 난방을 하지 않거나 특수한 온도 조건을 유지하는 건물로 창고, 체육관, 냉동창고등을 말한다.

단 열 재 : 통상의 사용상태에서 열전도율의 값이 0.06[Kcal/mHR deg]이하인 열 절연재로서 건축물의 보온에 사용되는 재료를 말한다.

(3) 일반원칙

3-1 난방시의 열손실은 구조체를 통한 전도열손실과 틈새바람으로 인한 환기열손실이 주된 것임으로 이들 두가지의 열 손실을 최소한으로 줄이도록 노력하여야 한다.

3-2 열손실 방지구조로 인하여 건축물의 구조내력, 방습, 채광등에 결함이 생기지 않아야 되며, 기밀성을 좋게 함으로서 환기량 부족을 가져와서는 안된다.

(4) 외벽의 기준

4-1 주거용 건축의 외벽에는 두께 25mm이상의 단열재를 사용하여야 한다.

4-2 비주거용 건축의 외벽에는 단열재를사용하거나 공기층을 두어 실내측 표면에 결로가 생기지 않아야 한다.

(5) 반자 및 바닥의 기준

5-1 주거용 건축의 최상층의 반자에는 두께 25mm이상의 단열재를 사용하여야 한다.

5-2 주거용 건축의 최하층의 바닥에는 두께 25mm이상의 단열재를 사용 하여야 한다. 바닥이 지면에 접하는 구조일 때는 연속기초의 안쪽으로 두께 25mm 이상의 단열재를 지반면으로부터 30cm 이상 깊이로 네열하여야 한다.

5-3 평지붕 건물의 반자에는 지붕면에 단열하고, 천정안을 환기 하는 지붕의 경우는 반자면에 단열재를 설치하여야 한다.