



Canada Wood
캐 나 다 우 드



경골 구조체의 단열 성능

INTERNATIONAL

Building series NO. 5

서론

“사람에게 집은 성과 같
다”라는 말은 우리에게 익숙
한 오래된 구절이지만, 사실
을 말하자면 오래된 성은 좁
고 건조합니다. 오늘날의 주
택은 효율적인 중앙 난방시
스템과 단열성이 좋은 건물
외피를 갖추고 있어 안락한
안식처입니다. 겨울에는 열
을 보존하고 무더운 여름에
는 열을 방출하기 위하여 우
리는 주택의 벽과 지붕을 이
용합니다. 오늘날의 주택 구
입자들은 단열 수치가 높은
에너지 효율적인 주택을 원
합니다. 에너지의 비용과 환

경적인 함축사항들이 고려
되면서 “에너지 사용 줄이
기”가 목표가 되어가고 있
습니다.

단열성 수준은 현재 많은 법
규 당국에 의해 요구되는 사
항입니다. 보다 엄격한 단열
성 규정은 설계업체들이 단
열 성능에 사용되는 재료 및
구조체의 영향을 반드시 이
해해야 함을 의미합니다.

목조 건축은 오랜 역사를 지
녔기 때문에, 단열 특성과 성
능 기록을 잘 정립해 왔습니

다. 단열 특성에 대한 다른
시공 시스템의 영향은 널리
알려져 있지도 이해되고 있
지도 않습니다. 이 간행물은
목재의 단열 성능과 기타 골
조 기술에 대한 현 지식을 살
펴봅니다.

이 정보는 설계업체와 시공
업체가 최고의 단열 성능을
제공하는 시공 기술을 선정
하는 데 도움을 줄 것입니다.

단열 성능

온대기후에서는, 총 에너지
소비량의 약 20%가 주택건
물의 난방, 냉방, 조명을 위
해 사용됩니다. 이러한 에너
지 사용은 비용이 많이 들지
만 선택적인 자재의 사용과
건물 시스템으로 건물의 전
반적인 단열 성능을 개선시
킬 수 있습니다.

열 전달 정의

열은 항상 따뜻한 곳에서 찬
곳으로 이동합니다. 열은 거
울에 건물 외피를 통해 실내
에서 외부로, 그리고 여름에
는 외부에서 실내로 이동합
니다. 건물 내외로 이동하는
열을 전부 다 막을 수는 없지
만, 열의 흐름에 저항하는 재
료의 복합적 사용으로 최소
화할 수 있습니다. 열은 다
음과 같은 방식으로 전달됩
니다:

1. 전도는 고체 재료의
한 쪽에서 열로 인
해 분자들이 여기될

때 일어납니다. 이
러한 분자들이 에너
지(열)를 재료의 차
가운 쪽으로 전달합
니다. 전도는 주로
건물의 기초와 골조
부재를 통해 발생합
니다. 열의 이동 속
도는 사용된 재료에
따라 다릅니다.

2. 대류는 공기의 이동
으로 가열된 공기가
밀도가 낮아져 상승
하고 추운 공기가
가열된 공기에 의해
남겨진 공간을 채우
기 위해 유입되면서
발생합니다.
3. 복사는 열파에 의해
한 물체에서 다른
물체로 열을 전달할
때 일어납니다. 예
를 들면, 태양은 지
구를 가열하는 복사
에너지를 생산합니
다. 복사는 건물의
표면 온도에 영향

- 을 줄 수 있지만 주
로 유리 창문과 문
에 대한 난방 규정
에 영향을 줍니다.
4. 기류는 건물 내부와
외부 간의 기압차에
따라 뜨거운 공기나
차가운 공기 뿐만
아니라 건물 외피에
서 새어 나오는 공
기를 운반할 수 있
습니다. 이것이 대
류를 초래하곤 한다
해도, 공기 유출은
작은 구멍을 통해
벽이나 지붕으로 직
접 움직일 수도 있
습니다. 이는 수증
기를 벽 공간으로
운반하여 결로를 초
래할 수 있습니다.

이 4가지 열 전달방식 모두가
건물에 영향을 줍니다. 하지
만, 기밀하게 시공된 건물 내
에서 대부분의 열 손실은 건
물 요소들을 통한 전도로 발

생합니다. 에너지 효율성을
최대화하려면, 반드시 열 흐
름에 대한 저항력이 있는 골
조 자재를 사용하여 건물 조
립물을 설계하고 연속적인
공기막, 단열재, 내후막을 사
용하여 건물 외피를 통한 공
기 누출을 방지해야 합니다.
(그림 1 참조)

기밀막이란 건물의 외피 안팎으로의 공기 이동을 제한하는 막입니다. 이는 제어되지 않은 공기 유출을 통한 열손실을 제어하기 위한 것이며 또한 원치않는 수분이 벽이나 지붕 개구부를 통해 유입되지 않게 해줍니다.

전형적인 골조 시공에서, 공기 유출은 외벽과 천장을 횡

단하는 설비, 환기구, 파이프를 통해 일어날 수 있습니다. 적용된 기밀막은 반드시 건물 외피 전체에서 연속적인 내구성과 강도를 지녀야 하며 바람, 환기, 공기 이동으로 생기는 기압차에 저항하도록 올바르게 설치되어야 합니다. 예를 들면, 골조 부재 안쪽에 설치된 0.15 mm

두께의 폴리에틸렌 막은 코킹처리되고 석고보드의 사용으로 제자리에 기밀하게 부착되어 기밀막을 형성합니다. 또 다른 예로는 폴리에틸렌 레핀계 부직포 “방습지” 막으로 연결부가 테이프로 붙여져 벽 덮개 외부에 적용됩니다.

추운 기후에서는, 실내용 폴리에틸렌 막과 외부용 “방습지” 막이 함께 사용됩니다. 왜냐하면 폴리에틸렌 기밀막은 방습막이기도 하고 외부용 “방습지”는 내후막이기도 하기 때문입니다. 추운 기후에서는, 수증기가 내벽 또는 천장 마감재를 통하여 확산되어 나중에 벽이나 지붕 구조체 내에서 냉각, 결로되는 것을 방지하기 위하여 방습막을 단열재의 따뜻한 면에 설치합니다.

폴리에틸렌은 벽 구조체 내에 있는 모든 수분을 가두기 때문에 추운 기후에서 주택의 외부에 사용되어서는 안 됩니다. “방습지” 형태의 재료는 증기 막이 아니어서 주택의 외부에 사용하기에 적합합니다.

벽, 지붕 또는 바닥 공간에 설치된 단열재는 따뜻한 곳에서 차가운 곳으로 열을 전달하는 속도를 늦춥니다. 단열재의 효율성은 구조물 내의 공기 주머니를 통한 열 전달을 감소시키고 공기주머니를 작게 유지하여 대류를 최소화하는 것에 기초합니다. 일반적인 단열재는 광물질이나 유리섬유 그리고 팽창가능한 포상물질 등의 다양한 재료로 만들어집니다.

내후막은 바람, 비, 눈으로부

터 외피를 보호하기 위한 첫 번째 방어라인으로 외부 덮개에 설치되는 막입니다. 어떤 경우에는 기밀막으로 사용되는 “방습지” 형태의 막이나 다른 형태의 덮개 종이도 포함되지만 이러한 막은 반드시 배수를 원활하게 하기 위하여 벽 개구부 주위에서 비흘림과 함께 연속적으로 설치되어야만 합니다.

단열 성능이 나쁜 구조체를 사용함으로써 초래되는 분명한 결과는 건물의 난방과 냉방에 더 많은 에너지가 필요하게 된다는 것입니다. 부정적인 환경에 대한 영향 이외에도, 이같은 에너지 사용의 증가는 건물의 수명기간 동안, 건물주의 계속적인 비용 증가를 의미합니다. 반드시 올바른 설계 기술을 사용하여 건물의 에너지 효율성과 내구성을 증가시켜야 합니다.

그림 1: 에너지 효율성 극대화



목재 골조와 단열재 상의 연속적인 기밀막 적용은 공기 유출을 감소시켜 건물의 단열 성능을 크게 개선시킵니다.



이러한 천장 환기구 주위에 코킹 처리와 더불어 기밀막을 겹쳐 설치하면 건물 외피를 통한 공기 유출 방지에 도움이 된다.



외벽널 재료 설치 이전에 외부 덮개에 내후막을 적용하는 것은 바람, 비, 눈에 대한 추가막 역할을 한다.

출처: John W. Wren Holdings Ltd.



목재: 천연 단열재

목재는 자체 세포 구조 속에 수백만개의 작은 공기 주머니를 가지고 있는 천연 단열재입니다 (그림 2 참조). 열 전도성은 상대밀도에 따라 증가하므로, 목재는 밀도가 높은 재료보다 나은 단열재입니다.

침엽수는 유사한 두께의 유리섬유 단열재가 갖는 단열 성능의 반 정도를 갖지만 콘크리트와 석재에 비하면 약 10배이고 강재에 비하면 약 400배입니다. 그러나, 주골조 재료 가운데 목재가 최고의 단열 특성을 가짐에도 불구하고 목조 건축 기술은 벽, 지붕, 또는 바닥 구조 내의 효율적인 단열제품을 포함하는 것에 기초를 둡니다 (그림 3 참조).

자체의 공기 주머니 구조로 인해, 목재는 효과적인 차음재이기도 하며, 자체 구조는 음 진동을 감소시키는 데 도움을 줍니다.

그림 2: 목재의 현미경적 구조

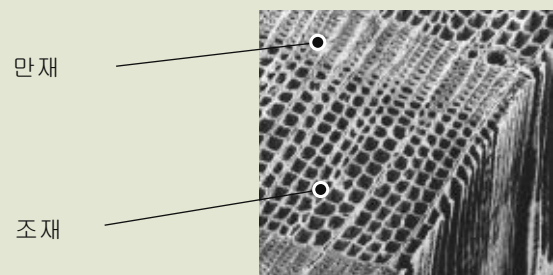


그림 3: 일반적인 재료의 열 저항성 (RSI/mm)

강판	주요 저항 없음
콘크리트	0.001
제재 및 구조용 목재 패널	0.009
석고보드	0.006
유리섬유 단열재	0.022
광물질 섬유 단열재	0.024

출처: 캐나다주택공사 (CMHC)

골조가 단열값에 미치는 영향

건물 외피 구조체의 열 흐름에 대한 저항은 사용된 재료의 특성에 달려 있습니다. 재료가 열 흐름에 저항하는 정도를 열저항(RSI)이라고 합니다. 열저항은 $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ 의 단위를 가진 RSI 값으로 표시됩니다. RSI 값이 높을수록 열의 흐름에 대한 저항이 커집니다. 열 투과(U)는 구조체의 열저항과 반대의 개념입니다.

단열된 구조체들은 보통 건물 외피 전체에 걸쳐 균일하지 않습니다. 목조나 경량 철골 벽 또는 지붕에서, 골조 부재는 규칙적인 간격을 갖고 배치되고 이러한 위치에서는 골조 부재 사이의 공간과는 다른 수준의 열 전달이 일어납니다. 골조 부재는 전체적인 벽 또는 천장 구조체의 단열 효율성을 낮춥니다. 이 위치에서의 열 전달율은 골조 재료의 열적 또는 단열 특성에 의해 좌우됩니다. 골조 부재에서 일어나는 높은 열 전달율을 열교라고 부릅니다.

구조체의 단열값은 전통적으로 구조체에 사용된 단열재의 표면에 명시되어 있는 공칭 RSI 값으로 표현되어 왔습니다. 즉, RSI 값은 단열재 자체에만 기초를 두었습니다. 일반적으로, 이러한 접근은 골조 시스템이 동일한 경우에 한하여 상대적인 단열 특성을 표시하는 데 효과가 있습니다.

그러나 구조체의 단열 성능은 골조와 단열재의 결합된 영향에 달려 있습니다. 벽 표면적의 20% 이상을 차지할 수 있는 골조 재료의 단열 특성은 구조체의 열저항에 큰 영향을 줄 수 있습니다. 새로운 에너지 법규는 이 점을 인지하고 규정을 충족시키는데 있어, 유효 RSI 값이 사용될 것을 요구합니다.

유효 RSI 값은 구조체의 측정된 열저항입니다. 이는 구조체 내의 모든 재료들의 단열 효과를 고려합니다. 골조로 만들어진 구조체에서는, 골조 부재들이 열교 역할을

합니다. 전체적인 구조체의 열 흐름에 대한 저항을 결정하기 위해서 이 부재들의 영향이 계산되고 부재들 사이의 공간에 대한 단열값이 결합되어 유효 RSI 값으로 표현됩니다. 유효 RSI 값은 서로 다른 시스템들의 열저항을 비교하는 데 사용될 수 있습니다.

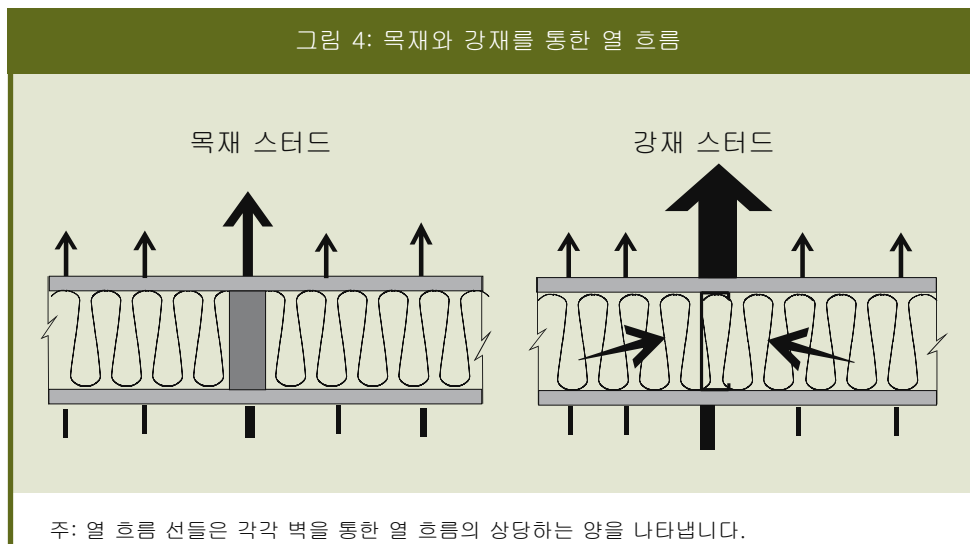
목조 구조체의 전체적인 단열 효율성은 구조 부재가 차지하는 면적의 크기만큼 떨어집니다. 대부분의 목조 구조체의 경우, 유효 RSI 값은 공간에 채워지는 단열재의 RSI 값의 약 90%입니다.

경량 철골 구조체에서, 열은 병렬 경로로 전달되지 않습니다. 왜냐하면 강재는 높은 열 전도율을 갖고 있기 때문입니다. 열 흐름은 구조체를 통해 외피의 안쪽에서 밖으로 이루어지기도 하지만 또한 단열된 공간의 중심에서 골조 부재로 이동하기도 합니다. 그러므로 열 흐름은 강재 스타드에 집중됩니다 (그

림 4 참조).

경량 철골 부재는 자체의 폭보다 구조체를 통한 열 투과에 훨씬 큰 영향을 미치며 단열재를 통해 열교 역할을 합니다. 이러한 열교현상은 경량 철골 구조체의 유효 RSI 값이 공간에 채워지는 단열재의 RSI 값의 50~60%가 되도록 만듭니다.

그림 4: 목재와 강재를 통한 열 흐름



에너지 보존과 목조 건축

목조 건축 기술은 지난 수십 년간 새로운 에너지 보존 목표를 성취하기 위해 발전해 왔습니다.

예를 들면, 에너지 효율적인 주택을 위한 새로운 기준을 정하기 위하여 R-2000이라고 불리는 프로그램이 캐나다 천연자원부(Natural Resources Canada)와 캐나다의 주택 건축 업계의 협력으로 개발되었습니다. R-2000 설계세칙에 따른 건물은 건축법규의 규정을 능가하며, 에너지 소비가 적고 온실가스를 덜 생산합니다. R-2000 주택은 또한 개선된 신선한 환기 시스템, 창문 성능 규정 및 환경적으로 개선된 건축재료를 통합합니다.

캐나다 정부의 후원을 받은 또 하나의 프로그램은 캐나다 이외의 국가들을 위한 슈퍼 E 주택 프로그램입니다. 슈퍼 E 주택 프로그램은 캐나다의 기술, 전문지식, 훈련을 지원받아 영국, 아일랜드, 일본에 도입되었습니다.

R-2000 프로그램과 슈퍼 E 주택 프로그램에 대한 더 자세한 정보는 <http://www.oeenrncan.gc.ca/r-2000> 및 <http://www.super-e.com>을 각각 방문해 주십시오.

건물에서의 에너지 보존에는 투입 에너지와 운영 에너지의 두 가지 측면이 있습니다.

체화 에너지

건물의 “투입 에너지”는 원료의 확보, 처리, 제조, 현장 운송, 그리고 시공에 소비되

는 에너지를 의미합니다. 초기 투입 에너지에는 두 가지 요소가 있습니다. 직접 에너지는 건축재료의 제조와 현장 운송 및 건물 시공에 사용되는 에너지입니다. 간접 에너지는 사용 시점까지 연료 및 에너지를 처리, 운송, 전환, 배달하는 데 관련되는 에너지 사용입니다.

건물에서의 반복 투입 에너지는 건물의 수명기간 동안 재료, 구성요소 또는 시스템의 관리, 수리, 복구, 개장 또는 교체에 소비되는 재생 불가능 에너지를 의미합니다.

운영 에너지의 보존에만 초점을 두는 것이 더 간단하고 더 일반적이거나, 투입 에너지의 영향은 구조물에서 중

요할 수 있습니다. 캐나다 목재위원회(Canada Wood Council)는 지구온난화 가능성, 대기와 수질 오염, 폐기물의 측면에서 구조물의 투입 에너지가 환경에 주는 영향을 보여주는 ‘환경 영향 평가(Environmental Impact Study)’를 간행했습니다.

전과정에 걸친 건물의 투입 에너지와 운영 에너지에 대한 오늘날의 비교에서는 운영 요소가 우위를 차지합니다. 그러나, 건물들이 점점 더 높은 에너지 효율성을 갖게 되고, 에너지원으로 화석 연료 사용을 멀리함에 따라 수명기간에 걸친 운영 에너지 소비량에 대한 투입 에너지의 비율은 점점 더 중요해지고 있습니다.

표 1: 1970년 시공 대 R-2000 설계

건물 요소	1970년대 시공 예	R-2000 설계 예
바닥 면적	207.4m ²	207.4m ²
설계 수명	30 년	30년
주요 구조	목조 시공, 콘크리트 지하	목조 시공, 콘크리트 지하
외피	38 x 89 mm 스테드 (GRN), RSI-2.1 유리섬유 단열재	38 x 140 mm 스테드 (KD), RSI-3.5 유리섬유 단열재
창문	목재 창문, 표준 이중유리	PVC 창문, low-E, 이중유리, 아르곤 충전
외부 클래딩	벽돌	벽돌
지붕 시스템	목조 트러스, 아스팔트 싱글, RSI-3.5 유리섬유 단열재	목조 트러스, 아스팔트 싱글, RSI-8.8 유리섬유 단열재

운영 에너지

건물의 운영 에너지를 줄여 에너지를 절약하려는 요구는 전 세계적으로 널리 인식되고 있습니다.

캐나다에서, 주택 에너지 소비는 지난 30년 동안 40%가 줄었습니다. 1970년 주택 설계와 R-2000 주택 설계의 전과정 환경 영향에 대한 비교는 Athena™ 지속가능재료평가원 (Sustainable Materials Institute)와 CANMET 에너지 기술 센터 및 캐나다천연자원부의 협력으로 수행되었습니다.

Athena™ 지속가능재료평가원은 1970년대부터 현재까지 캐나다에서 전형적으로 시공된 단독주택 설계들

에 대한 투입 환경 영향 등의 환경적 성능을 비교했습니다. 이 연구는 온타리오주 오타와에 있는 캐나다연구위원회(National Research Council)의 부지에 위치한 캐나다주택기술센터 주택들의 “준공” 설계에 근거하였습니다. 1970년에 지어진 것과 동일한 주택에 대한 세부 사항들이 오늘날의 R-2000 준수 시공과 비교되었습니다 (표 1 참조).

주거용 및 상업용 건물에서의 운영 에너지 효율성은 단열성이 높고 기밀한 건물 외피 시스템, 단열성이 높은 창문, 에너지 효율성이 높은 난방, 냉방 및 온수 설비, 에너지 소비가 적은 조명 및 에너지 스타(Energy Star) 주택 가전제품 등에서 크게 증대

될 수 있습니다.

기초, 벽, 다락방에서의 단열성 증가 및 단열처리된 문과 창문은 건물의 운영 에너지를 감소시키는 데 크게 기여하지만, 투입 에너지 영향이 더 높은 재료를 더 많이 사용해야 합니다.

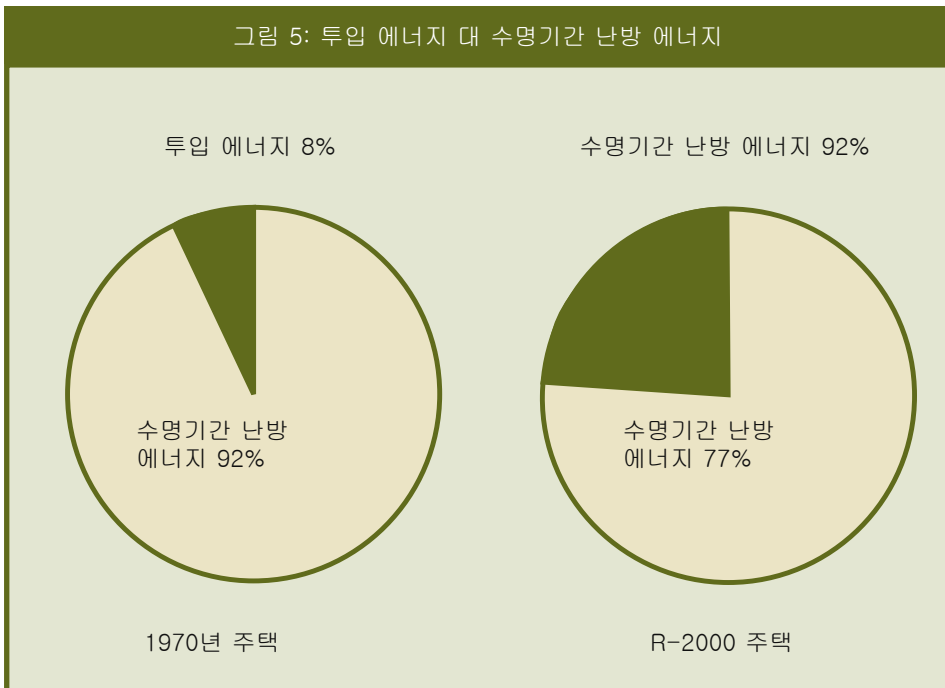
R-2000 주택에 대한 연간 공간 난방은 1970년대 주택의 27%밖에 되지 않았습니다 (4개의 인자 감소). 총 R-2000 연간 운영 에너지 사용은 1970년대 설계의 42%였으며 R-2000 주택에 대한 총 30년 전과정 동안 사용되는 에너지는 1970년대 주택의 46%에 지나지 않았습니다. 운영 효율성 총 개선량의 약 반 정도가 발전된 외피 설계 덕분이고 나머지는 높아

진 기계설비 효율성의 기능 때문입니다.

앞에서 지정한 바와 같이, 투입 에너지 영향은 건물의 운영 에너지 규정이 감소함에 따라 점점 더 중요해지고 있습니다 (그림 5 참조). 이는 또한 R-2000 주택을 시공하는 데 들어간 재료 규정의 증가에 의해 영향을 받았습니다.

투입 에너지 영향이 공간 난방의 영향과 결합되면, R-2000 주택은 30년에 걸쳐 에너지를 60% 덜 사용하고 온실가스를 61% 더 적게 배출하게 됩니다.

그림 5: 투입 에너지 대 수명기간 난방 에너지



목재와 강재의 단열 성능 비교

강재는 목재보다 열을 400배나 빠르게 전도합니다. 그러나 강재 C-채널 스테드가 목재 스테드보다 훨씬 얇기 때문에, 20개이지 강재 스테드는 폭 38mm의 목재 스테드보다 약 10배 가량 많은 열을 전도합니다. 골조 시스템의 단열 성능은 실험실과 주택에서 광범위하게 연구되어 왔습니다. 그 결과는 목조 시스템의 우월한 성능을 증명해줍니다.

실험실 연구 결과

목조는 오랜 역사동안 사용되어져 왔습니다. 테스트와 성능에 기초하여, 미국난방냉동공조기술자협회(ASHRAE)의 기초 안내서는 병렬 경로 열 흐름에 대한 유효 열저항을 산출하는 절차를 사용합니다. RSI 값은 골조(R_F)와 단열재(R_I)에서 산출하고 그런 다음 평균 유효 RSI 값(R_E)은 총 면적에 대한 비율로 각 면적에 기초하여 결정됩니다.

캐나다연구위원회(NRC)의 건설기술연구소(IRC) 및 미국주택건축업자협회(NAHB) 연구센터와 오크리지국립연구소에서 수행된 경량 철골 벽 성능에 대한 실험실 연구는 병렬 경로 열 흐름에 대한 가정이 경량 철골 시스템에는 적용되지 않음을 보여줍니다.

실험실 테스트는 구조의 모든 부분으로부터 격리된 공벽 시스템을 시험하는 열상자법을 사용합니다. 이 실험들은 강재 스테드가 구조체의 유효 RSI 값을 현격하게 낮춘다는 사실을 확인해주었습니다. 근래에, IRC는 3가지 강재 스테드 벽 구조체의 RSI 값을 측정했습니

다. 이 연구는 강재 스테드 벽 구조체의 경우 유효 RSI 값이 단열재의 약 반 정도라고 결정을 내렸습니다. 즉, 강재 스테드를 사용하면 전체 구조체의 전반적인 성능이 크게 줄어든다는 것입니다.

강재 스테드의 외부면에 단열재를 추가하는 것은 자체 RSI 값에만 기여하게 됩니다. 벽 구조체에 있는 강재의 영향을 완전하게 없애지 못하며, 별도의 단열재를 위한 비용이 분명히 들어갑니다.

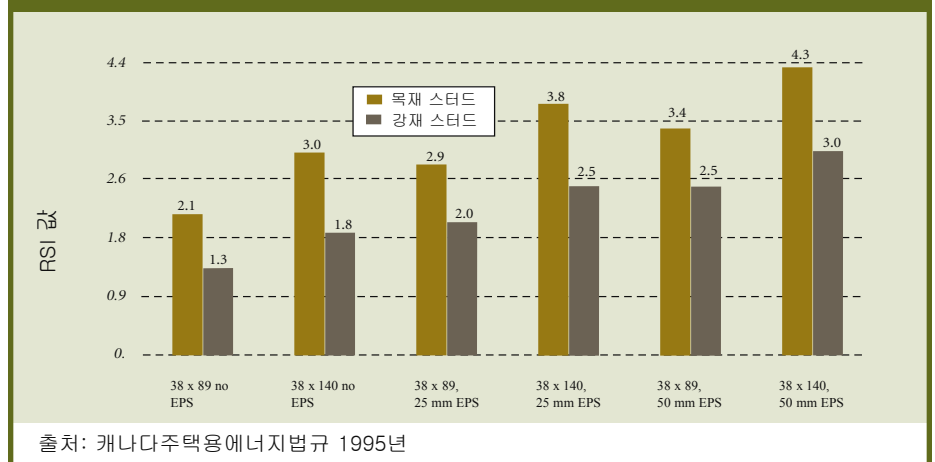
캐나다에너지법규(Canadian National Energy Codes)는 대부분의 일반적인 벽, 지붕, 바닥 구조체 구성에 대한 유효 단열 수치를 측정하기 위하여 IRC가 개발한 엄격한 산출법을 사용합니다. 그림 6에서 보여지는 바와 같이, 경량 철골은 빈 공간에 채워지는 단열재의 유효 RSI 값을 거의 50% 가까이 감소시키는 반면, 목조는 유효 RSI 값에 10% 미만의 영향을 줍니다. 즉, 38 x 140 mm 경

량 철골 벽이 공간 단열재를 갖춘 목조 벽과 동일한 단열 수치를 얻으려면 별도의 51 mm 포상물질 단열재를 필요로 합니다.

경량 철골 구조체에 대한 유효 RSI 값은 동일한 단열재로 채워진 목조 구조체보다 훨씬 낮습니다. 경량 철골 구조체는 포상물질 덮개가 없는 목조 벽과 동일한 유효 RSI 값을 얻기 위하여 외부 포상물질 덮개로부터 높은 열저항을 필요로 합니다. 이는 동일한 성능을 얻기 위해 비용의 증가를 초래합니다.

HOT2000은 캐나다천연자원부에서 개발한 주택 건물용 에너지 분석 프로그램이며 www.buildingsgroup.nrcan.gc.ca에서 볼 수 있습니다. 이 프로그램은 설계자로 하여금 다양한 건물 설계에서의 에너지 사용을 평가할 수 있게 합니다.

그림 6: 목조 대 경량 철골 - 유효 단열 값



현장 측정과 모델링

현장 보고서는 실제 크기 철골조 주택의 단열 성능이 앞서 토의된 실험실 측정치보다 떨어짐을 보여줍니다.

실험실에서 사용한 표본은 표준 시공에서 볼 수 있는 교차점, 창문을 또는 문틀과 같은 이형이 없는 “공”벽이었습니다. 이러한 실험실 테스트들은 또한 지붕 골조나 토대와 같은 구조의 다른 부분들로부터 단열 측면에서 격리된 벽 부분에 국한되었습니다. 다음 테스트는 성능이 실제로 산정되는 철골조 주택에서 수행되었습니다.

온도기록 테스트

적외선 온도기록은 전통적인 목조 벽과 비교하여 경량 철골이 건물 외부로부터 많은 열 손실을 초래하고, 강재 트러스를 목재 트러스로 바꾸면 다락방의 단열 성능을 크게 향상시킴을 보여줍니다. 강재 스타드 지점에서 측정된 온도는 사이 공간 지점에서 측정된 것보다 4°C가 낮았습니다.

오리건주 포틀랜드의 본느빌 전력공사(Bonneville Power Administration)가 경량철골 주택에 대해 실시한 온도기록 테스트는 합판 덮개와 18.5 mm 포상물질 덮개를 지닌 벽들이 단열 측면에서 동일함을 보여주었습니다.

공간 단열재와 RSI 1.1 덮개를 갖춘 140 mm 벽의 적외선 온도기록에 의하면 외부 온도가 4.4°C일때 강재 스타드 위의 실내벽 표면 온도는 7.3°C였습니다. 이 연구는 열이 강재를 통해 아래로는 기초와 위로는 강재 지붕 구조까지 이동했음을 보여줍니다.

미국철강협회(AISI)가 실시한 실험실 테스트는 12.5 mm 포상물질 덮개가 강재 스타드와 공간의 기온차를 1.6°C 아래로 유지시킨다고 결정을 내렸습니다. 실제 주택에 대한 온도기록 현장 테스트에 의하면 강재 스타드와 공간의 기온차는 50 mm 포상물질을 사용한다해도 2.3°C였습니다.

현장 성능은 실험실에서 측정한 성능보다 크게 떨어지는 것으로 나타납니다.

공기 침입

델라웨어주 월밍턴의 에너지 서비스그룹(Energy Service Group)은 ‘에너지 디자인 업데이트(Energy Design Update)’ 1995년 8월호에서, 주택에 있는 경량 철골 벽의 측정된 침기율은 목조 벽의 침기율보다 약 50%가 높다고 언급했습니다.

이는 강재 벽 시공에서 상단과 하단 플레이트에 사용된 채널에 있는 구멍 때문입니다. 이는 다락방으로 가는 수많은 침기점을 제공해 줍니다. 공기 침입의 증가는 또한 열교환상과 소음 전달을 줄이기 위해 사용되는 “햇(Hat)” 채널에 기인합니다. 채널의 사용은 다락방에서 벽 전체 길이의 홈 구멍을 만들어 증가된 공기 흐름을 허용하게 됩니다.

실험실과 현장 테스트의 결과 차이때문에, 테네시주 오크리지의 오크리지국립연구소에 있는 연구원들은 실제 창문, 문 및 기타 건물요소들의 교차점이 공벽 실험실 테스트에 미친 영향에 대해 조사하게 되었습니다.



이 연구에서 보고된 벽 시스템의 경우, 전체 벽에 대한 경량 철골 벽의 유효 RSI 값은 공벽의 값보다 19%가 낮았습니다. 전체 벽에 대한 목조 벽의 유효 RSI 값은 공벽의 값보다 9%가 낮았습니다. 전체 벽을 고려할때, 경량 철골 벽의 유효 RSI 값은 목조 벽의 유효 RSI 값보다 40%가 낮았습니다.

요약하자면, 이 보고서는 창문, 문, 벽의 교차점과 지붕 및 토대와 연결부와 같은 시공 특성들의 영향은 경량 철골 벽의 단열 성능을 목조 벽에 비해 더 많이 떨어뜨렸다는 결론입니다. 목조 건축은 전체적인 단열 성능 측면에서 분명히 뛰어납니다.

낮은 단열 성능의 영향

강철 스테드 벽의 열록

강재 스테드 벽의 열록 (Ghost Marks on Steel Stud Walls)
열록은 보기 싫고 어두운 수직의 자국으로 외벽의 안쪽 표면 위 골조에 나타납니다. US Steel이 1971년에 발표한 보고서에서 인용한 “열록 (ghost marks)”은 주택 시장에서 강재 스테드에 대한 일반적인 수용을 저해하는 가장 큰 단일 미해결 기술 문제로서 강재때문에 나타나는 것입니다. 강재 스테드의 설계는 바뀌지 않았고 열록은 문제로 남아 있습니다.

일반적인 믿음과는 반대로, 열록은 수분 응축으로 초래되는 것이 아니며, 심지어 완벽하게 건조한 환경에서도 발생할 수 있습니다. 열록은 떠다니는 먼지 입자 때문에 발생하는데 이는 사방으로 끊임없이 움직이며 차가운 벽에서보다 따뜻한 공기에서 더 빠른 속도로 에너지를 흡수합니다. 그 결과, 먼지 입자는 차가운 벽 표면쪽으로 밀려집니다.

목조 벽과 같이 균일한 표면 온도를 가진 벽에서, 축적된 먼지는 벽 표면에 고르게 펼쳐 있으므로 눈에 띄지 않습니다. 그러나 경량 철골 벽과 같이 냉점을 갖는 벽에서는, 먼지가 냉점 위에 더 빨리 쌓이고 열록으로서 눈에 띄는 것입니다.

US Steel은 1970년대 초에 일련의 실험을 수행하여 열록을 초래하는 조건을 조사했습니다. 발견 사항은 다음

과 같습니다:

- 열록은 벽 온도차가 1.8°C 이상 바뀔 때 마다 생겼습니다.
- 심각한 변색은 강재 스테드의 온도가 공간보다 4.5°C 이상 차가울 때 발생했습니다.

실내 공기질

열교지점에 국부적인 냉점이 생기는 것을 피하려면 강재 스테드 같은 높은 전도성을 지닌 골조 재료로 다르게 시공하는 것이 중요합니다. 한 캐나다 연구원은 환경 건축 뉴스(Environmental Building News) 1995년 9/10월호에 보낸 서한에서 강재 스테드 상의 열교지점에 생기는 곰팡이 성장이 가져오는 건강 문제에 대해 주의를 주었습니다.

곰팡이는 대부분의 주택에 있어 주요 실내 오염원입니다. 습도가 높은 주택에서 국부적인 차가운 표면은 추운 첫 몇개월이 지난 후 심각한 곰팡이 성장을 초래합니다.

이 연구원은 곰팡이 성장 가능성과 건강에 대한 나쁜 영향을 줄이기 위해 경량 철골 부재의 외부에 단열재를 설치하여 냉점을 감소시키는 것의 중요성에 대해 반복하여 언급했습니다.

시공 비용 증가

경량 철골은 목조 시스템과 동일한 열저항을 얻기 위해 외부에 별도의 포상물질 단열재를 필요로 합니다. 예를

들면, 38 x 140 mm 목조 벽과 동등한 단열성을 지닌 경량 철골 벽을 만드는 데 50 mm 두께 포상물질 덮개가 필요합니다. 또한, 확장 창문과 문설주 등의 별도 설비를 위해서는 비용이 증가됩니다.

에너지 규정과 환경 비용의 증가 (Increased Energy Requirements and Environmental Costs)
캐나다 몬트리얼 지역에서, 예를 들어, 90 m² 벽 면적에 38 x 89 mm 골조와 RSI 2.3 단열재가 설치된 작은 주택은 경량 철골인 경우가 목조인 경우보다 연간 추정치 2900 kW-h를 더 사용하게 됩니다.

단열 성능이 낮은 경량 철골은 건물의 난방과 냉방에 드는 에너지 사용이 증가됩니다. 경량 철골의 낮은 단열 성능으로 인해 증가된 에너지 사용의 환경적 영향은 사회가 부담해야만 하는 비용으로 전환됩니다. 이 비용은 대기 오염 증가, 이산화탄소 배출 증가, 재생불가능 화석 연료의 추가적 사용의 형태로 나타납니다.

경량 철골 구조체의 단열 성능을 높이기 위한 포상물질 덮개의 사용 또한 환경적인 비용을 초래합니다. 포상물질 덮개는 재생불가능한 화석연료로부터 생산됩니다. 일부 포상물질 덮개의 생산은 오존층 고갈을 초래하는 수불화탄소(HCFC)를 만들어내고 높은 수준의 에너지를 사용합니다. 예를 들면, 25 mm 고형 포상물질 100m²를 만들거나 120 m² 방갈로를 피복하려면 대략

1600 kW-h의 에너지가 소요됩니다.

포상물질의 추가적 환경 비용은 경량 철골의 환경적 비용을 결정할 때 포함되어야만 합니다. 왜냐하면 목조와 동등한 성능을 얻기 위해서는 포상물질이 반드시 사용되어야 하기 때문입니다.

결론

건물에 대한 에너지 규정은 점점 더 중요해지고 있습니다. 건물의 단열 성능은 원하는 특성일 뿐만 아니라 많은 관할지역에서 의무적인 법규상 규정입니다. 목조와 경량 철골 시스템에 대한 최근의 연구 및 경험은 단열 성능 문제를 상세하게 조사해 왔습니다.

다음은 목조와 경량 철골 시스템의 단열 성능에 대하여 현재까지 알려진 사항들의 요약입니다:

- 공벽을 대상으로 한 실험실 연구에 의하면 경량 철골 벽은 목조 벽에 비해 단열 성능을 크게 떨어뜨렸습니다.
- 현장 연구에 따르면 경량 철골 주택의 단열 성능은 실험실 테스트가 예상한 것보다 더 나빴습니다.
- 컴퓨터 모델링에 의하면 창문, 문과의 교차점 및 코너들과 같은 시공 특성의 영향은 강재 벽의 단열 성능을 비교대상인 목조 벽에서보다 훨씬 많이 떨어뜨리며, 이는 실험실과 현장 연구 사이의 차이를 설명해 줍니다.
- 경량 철골 구조체를 사용하여 단열 성능을 얻기 위한 시공 방법은 구조체의 낮은 현장 성능을 감안하여 조절되어야 합니다.

- 경량 철골은 목조 구조체와 동일한 단열 성능값을 얻기 위해 골조 외부에 추가적인 단열재를 필요로 합니다.

추가 단열재를 제공하지 않으면 난방비와 냉방비가 많아지고, 벽에 얼룩이 지며 곰팡이 성장이 증가하여 실내 공기질이 나빠집니다.

경량 철골 시스템은 동등한 단열막을 제공하도록 설계될 수 있으나 별도의 단열재 사용으로 시스템에 대한 재료량과 환경 비용이 증가됩니다. 설계업체들은 선택을 할 때 반드시 시스템의 총 성능과 비용을 고려해야 합니다.

강재 및 콘크리트에 비교하여 목재는 독특한 세포 구조 덕분에 열 흐름에 대한 월등한 저항성을 지닙니다. 그러므로, 건물 외피 설계에 있어서, 목조는 다른 건축 재료보다 전도를 통한 열 손실이 적습니다.

또한, 목조가 단열재, 기밀막과 내후막 등의 적절한 시공 기술 및 재료와 결합되면 공기 유출이 최소화되어 주택의 수명기간에 걸친 에너지 소비량에 손감소를 초래합니다. 1970년 목조주택 시공과 R-2000 목조 설계를 비교하면, 운영 에너지 총 개선량의 약 반 정도가 발전된 외피 설계에서 그 원인을 찾을 수 있습니다.

아울러, 목재는 유일한 재생 가능 건축재료이며 목제품 생산은 산업용 에너지 규정을 감소시키고 지구 환경에



미치는 영향을 줄여 줍니다. 목조 건물은 또한 강하고, 안전하며, 따뜻하고 비용 효율성도 지닙니다.



Canada Wood
캐 나 다 우 드

캐나다 우드 한국 사무소
4th Fl, Shinhan Bldg.,
128-4 Nonhyon-Dong, Kangnam-Gu
Seoul, Korea 135-010
전화: (82-2) 3445-3834
팩스: (82-2) 3445-3835
웹사이트: www.canadawood.or.kr

캐나다 우드 중국 사무소
425 Hong Feng Road
Pudong New Area
Shanghai 201206, China
전화: (86-21) 5030-1126 (Ext.209)
팩스: (86-21) +86 (21) 5030-2916
이메일: info@canadawood.cn
웹사이트: www.canadawood.cn

캐나다 우드 유럽 사무소
12A Place Stéphanie
B-1050 Brussels, Belgium
전화: (32-2) 512 5051
팩스: (32-2) 502 5402
이메일: info@canadawood.info

캐나다 우드 영국 사무소
PO Box 1
Farnborough, Hants
United Kingdom
GU14 6WE
전화: (44-1252) 522545
팩스: (44-1252) 522546
이메일: office@canadawooduk.org

캐나다 우드 베이징 사무소
Room 909 East Ocean Center
No. 24A JianGuoMen Wai Street
ChaoYang District
Beijing, China 100004
전화: (86-10) 6515 6182
팩스: (86-10) 6515 6184
웹사이트: www.canadawood.cn

캐나다 우드 일본 사무소
Tomoecho Annex-11 9F
3-8-27 Toranomom
Minato-ku
Tokyo 105-0001, Japan
전화: (81-3) 5401-0531
팩스: (81-3) 5401-0538
웹사이트: www.canadawood.jp



Canada Wood
Produits de bois canadien

