

건물 리모델링을 위한 태양에너지 응용 기술

윤 중 호

서론

70년대 중동 특수를 기점으로 고도 성장을 해오던 건설시장은 21세기를 맞아 커다란 변화를 맞고 있다. 우리나라의 압축적 경제성장과 함께 지난 30~40년간의 엄청난 물량의 구조물을 건설해왔으며, 이들의 대부분은 신축 물량이었다. 그러나 대부분의 선진국에서 나타난 바와 같이 경제성장이 안정권에 진입하는 과정에서 신규 건설 수요의 성장세는 크게 둔화되는 경향을 나타내며, 우리나라에서도 최근 이러한 증상이 뚜렷이 나타나고 있다. 한편 신규 건설수요의 둔화 증세는 곧, 기존 건축물의 유지, 관리 및 개보수 시장이 확대됨을 시사한다. 일례로 1997년 기준 서유럽 15개국의 평균 리모델링 시장의 규모는 전체 건설시장의 35%를 차지하며, 프랑스, 이태리, 영국 등의 일부국가는 40%를 상회하고 있다. 일본과 미국의 경우는 1980년대 이후부터 리모델링 시장이 활성화 되어 현재 약 30%의 시장을 형성하고 있다. 반면 우리나라는 아직 전체 건설시장의 약 10% 정도를 차지하고 있지만, 향후 10년 후에는 20%를 상회할 정도로 급속히 성장할 것으로 예측되고 있다.

현재 국내의 건설시장은 IMF 체제 이후에 급속히 냉각된 국내 건설경기와 함께, 갈수록 줄어드는 건설수요로 인해 큰 고비를 맞고 있다. 한편 6.25 전쟁 이후 경제성장과 함께 엄청난 물량으로 건립되었던 건물의 상당수가 현재 30~40년의 수명을 가지게 되어 국내에서도 시기적으로 리모델링에 대한 수요가 급증하는 추세를 보이고 있다. 따라서 국내의 건설관련 업계에서는 리모델링 분야를 현재의 건설시장 침체를 타파할 수 있는 돌파구로 인식하고 적극적인 사업추

진을 시도하고 있으며, 리모델링(remodeling)의 용어 자체도 유행처럼 급속히 확산되고 있다. 사실 리모델링의 용어가 국내에 사용되기 시작한 것은 불과 몇 년 되지 않았으며, 아직도 리모델링의 정의와 범위를 명확히 구분하기에는 생소한 감이 있다. 일본의 경우 리폼(reform), 리뉴얼(renewal)의 용어를, 미국의 경우 리모델링(remodeling)의 용어를 주로 사용하며 국내에서는 리모델링과 리노베이션(renovation)을 가장 많이 쓰고 있다. 리노베이션이 건물의 성능개선에 초점을 맞춘 개념이라면, 리모델링은 이를 포함하여 건물의 구조 변경까지를 포괄하는 광의의 개념으로 보기도 한다. 최근 관련 학계를 중심으로 리모델링에 대한 학문적 체계화가 추진됨에 따라 향후 정확한 정의와 범위가 확립될 것을 기대하지만 아직까지는 각 용어상에 정확한 개념차이를 구분하기는 어려운 것으로 판단된다.

한편 지난 수십년간 에너지 환경 문제로 인해 세계 모든 나라가 고심해온 경험을 비추어 본다면 리모델링 시장에서 태양에너지의 응용 기술은 향후 21세기를 주도할 수 있는 새로운 도전과 기회를 제공할 수 있는 매력적인 대안이 될 수 있을 것이다. 본 고에서는 최근 급속히 성장하고 있는 리모델링 시장의 기술 다변화를 위해 건물 에너지 성능 개선 리모델링 중, 청정 대체에너지원인 태양에너지를 응용할 수 있는 기술 분야에 대해 다루고자 한다. 태양에너지를 건물에 적용하고자 하는 기술 분야는 매우 광범위하지만, 특히 솔라 리모델링과 관련해서는 지난 1993년~1998년까지 스웨덴을 주관국가로 하여 벨기에, 덴마크, 독일, 네덜란드, 스위스, 미국 등 선진 7개국을 중심으로 IEA(international energy agency)

SHC(solar heating & cooling program)의 국제공동 연구인 Task 20 “Solar Energy in Building Renovation”이 수행된 바 있다. 따라서 본 고에서는 IEA SHC Task 20의 연구결과를 중심으로 건물 리모델링 분야에 적용 가능한 태양에너지 응용 기술 분야를 소개하고자 한다.

건물 리모델링과 태양에너지

건물 시공 후 일정기한이 지나면 주거건물 및 비주거건물 모두가 개보수 또는 리모델링되어야 한다. 이러한 리모델링의 동기는 침수되는 지붕이나, 열화된 콘크리트 발코니 또는 노후화된 창틀 등을 교체 또는 수리하고 싶은 욕망과 같이 매우 다양하다. 리모델링의 필요성을 간략히 요약해 보면 다음과 같다.

- 생활공간 또는 작업공간의 증가
- 건물 외관의 향상
- 실내 쾌적 수준의 개선
- 전기 및 에너지 비용의 절감
- 냉난방 환기, 급탕 설비의 교체
- 건물 용도의 변경 등

솔라 리모델링의 가능성

리모델링을 추진하는 동기가 무엇이든 간에, 태양에

너지 관련 기술은 리모델링의 적용 과정 전반에 기존 기술과 차별되는 특별한 가능성 및 기회를 부여할 수 있다. 태양에너지는 지속가능한 청정 무공해 에너지원이기 때문에 경제성 문제 이외에도 환경 및 사회적 가치를 내재하고 있다. 표 1은 리모델링이 필요한 원인을 건물의 성능관련 요소와, 요구 부위 및 시스템으로 구분하고, 대표적인 솔라 리모델링 기술분야의 적용 가능성을 도식한 표이다. 다양한 솔라리모델링 기술분야 중에서도 특히 현재의 태양에너지 관련 기술 수준을 고려할 때 건물의 리모델링 분야에 적용가능한 가장 잠재성이 큰 기술분야는 다음의 3개 시스템을 들 수 있다.

- 건물 일체형 태양열 집열기 (building integrated solar collectors)
- 온실형 발코니 (glazed balconies)
- 투명단열 (transparent insulation, TI)

이들 기술의 적용을 통해 건물의 구조 및 열적 성능, 거주자의 쾌적성을 향상시키는데 기여할 수 있다. 공기식 태양열 집열 시스템은 환기를 위한 외기도입시 예열용으로 적용가능함으로 난방 에너지를 절감시킬 수 있다. 온실형 발코니의 경우도 환기 및 침기와 관류열손실을 절감시키고, 열교를 통한 열손실 문제를 해결할 수 있으므로 동일한 효과를 기대할 수 있다.

그림 1은 네덜란드 Reitse 연립주택의 리모델링 사

<표 1> 리모델링의 필요성과 태양에너지 시스템의 가능성

	건물일체형 집열기	온실형 발코니	투명단열	천공형무창 집열기	건물일체형 PV	천창	로이 이중유리	이중외피
건물성능								
• 건축적 이미지	●	●	●	●	●	●	●	●
• 에너지 성능	●	●	●	●	●	●	●	●
• 주광환경의 개선		●	●			●		●
• 생활공간의 확대		●	●					●
• 실내 쾌적수준		●	●	●			●	●
건물 리모델링 요구조건								
• 파사드	●	●	●	●	●		●	●
• 창틀		●	●			●	●	●
• 지붕	●				●			
시스템 리모델링 요구조건								
• 난방	●	●	●	●	●			●
• 환기	●	●	●	●	●			●
• 급탕	●							●

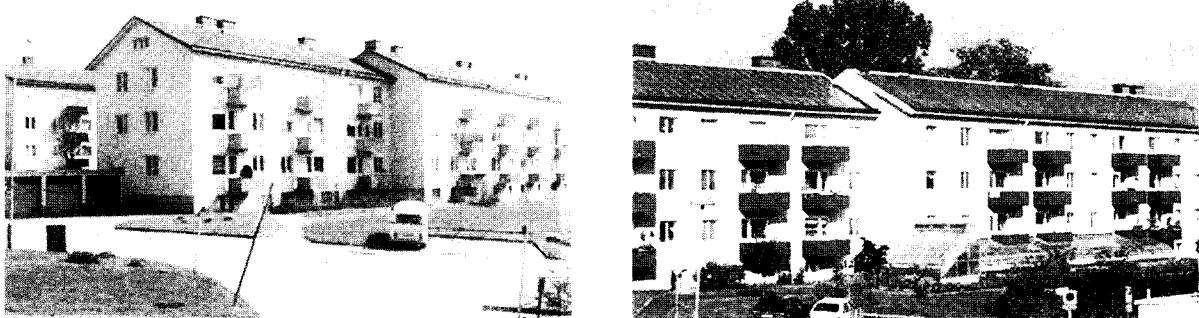


(a) 리모델링 전

(b) 일반적 리모델링 후

(c) 솔라 리모델링 후 (온실형 발코니)

[그림 1] 네덜란드 Reitse Hoeve 연립주택의 리모델링



(a) 리모델링 전

(b) 리모델링 후

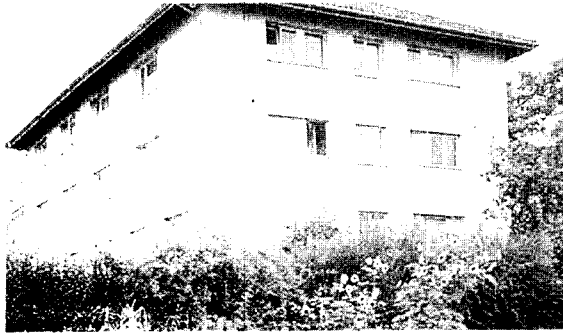
[그림 2] 스웨덴 Goteborg의 솔라 하우스의 지붕 일체형 태양열 집열 시스템의 리모델링 전 및 리모델링 후 전경

례를 예시한 것으로, 단열보강 등의 일반적 리모델링과 온실형 발코니를 적용한 솔라 리모델링의 적용 사례를 보여준다.

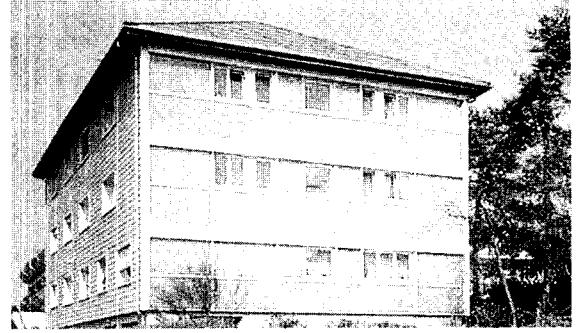
액체식 태양열 집열시스템은 급탕시스템의 예열용으로 적용가능하며, 공간 난방에도 기여할 수 있다.

그림 2는 스웨덴 소재 연립주택에 지붕 일체형 태양열 집열 시스템을 리모델링한 사례이다.

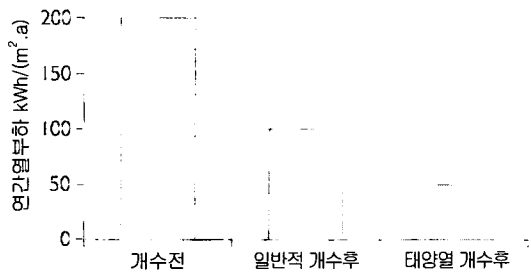
투명단열재의 경우 기존에 단열이 부실한 외벽체에 가장 적합하게 적용가능 하며 창 및 개구부에는 채광요소로서 적용할 수도 있다. 투명단열재는 탁월한 단



(a) 리모델링 전



(b) 리모델링 후



[그림 4] IEA SHC Task 20 참여국의 건물 개수전 및 개수후의 평균 연간 에너지 소비량

열 성능과 함께 채광과 태양열 집열을 위한 우수한 투과성도 가지고 있기 때문이다.

그림 3은 스위스 Hedingen의 솔라 리모델링 사례로 건물 남측면에 투명단열재를, 지붕면에는 지붕일체형 태양열 집열기를 적용한 사례이다.

이러한 모든 요소는 지붕이나 발코니 또는 파사드(facade)에 개별적 또는 몇 개 시스템을 복합하여 적용함으로써 건물에 새로운 건축 의장적 기능을 부여할 수 있다.

솔라 리모델링의 장점

솔라 리모델링을 통해 건물 소유주 및 거주자가 받을 수 있는 혜택을 요약하면 다음과 같다.

- 에너지의 절감
- 열 및 시각적 쾌적의 향상
- 유지, 보수 문제의 해결
- 건축적 이미지의 향상
- 공간 활용성의 증대

[그림 3] 스위스 Hedingen의 솔라 리모델링 사례 ; 급탕을 위한 지붕일체형 태양열 집열기와 자연형 난방을 위한 투명단열 외피 시스템 개수 사례

- 유지, 보수 문제의 해결
- 건축적 이미지의 향상
- 공간 활용성의 증대

이러한 결론은 유럽 및 미국의 여러 주에서 실제로 리모델링을 수행한 프로젝트의 설계 보고서 및 사례 연구를 통해 입증되어진 것들이다.

그림 4는 IEA SHC Task 20에 참여한 국가들의 리모델링과 관련한 건물의 연간 에너지소비량 원단위에 대한 평균값 조사결과를 나타낸다. 연간 난방 및 급탕 열부하의 평균값은 리모델링 전의 경우 대략 난방 바닥면적당 150~250 kWh/m² 정도이다.

여기에 단열보강 및 기밀화 등의 일반적 리모델링을 적용할 경우 연간 열부하는 100 kWh/m² 정도 수준이 되며, 태양에너지 시스템의 적용을 통한 솔라 리모델링을 적용하면 10~50 kWh/m²의 에너지를 추가로 더 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 거주자들의 대부분은 이러한 리모델링 결과에 만족하는 것으로 평가되었다.

솔라 리모델링의 경제성

IEA SHC Task 20 “Solar energy in building renovation”의 설계 보고서 및 사례연구의 결과에 따르면 초기 투자비용의 증가 규모는 사례에 따라 큰 차이를 나타내었다. 그러나 태양에너지 시스템의 적용에 따른 순수한 리모델링 비용은 대부분 적절한 수준으로 평가되었다. 일례로 온실형 발코니의 경우 콘크리트 또는 파사드 리모델링을 대체하여 적용하는 것

이며, 지붕 일체형 태양열 집열기의 경우 지붕 개보수를 대체하는 것이기 때문이다. 상당수의 경우에 있어 태양에너지 시스템이 포함됨으로 해서 건물의 가치가 증가하는 것으로 나타났다.

솔라 리모델링의 조건

기존 건물에 솔라 리모델링을 적용하기 위한 주요 기본조건은 건물의 전면 또는 지붕면의 상당부분이 남향을 향하고 있는 것이다. 이때 동서 및 동남향의 경우도 성능에 큰 영향을 미치지 않는다. 또 다른 고려조건은 건물의 외피가 난방기 동안 어느정도 주변 건물 및 지형지물에 의해 음영이 지는가의 문제이다. 일반적으로 지붕에 설치되는 태양에너지 시스템은 인접건물에 의한 음영 영향을 적게 받는다.

열에너지 및 전기에너지 사용량을 줄이기 위해서는 일반적으로 솔라 리모델링 설계와 함께 단열 보강 및 고단열 창호 등과 같은 고전적 에너지 절약기술을 병행하여 적용한다. 이 경우 설계는 기술 자체가 아니라 리모델링의 요구조건으로부터 시작되어야 한다.

설계는 건물의 요소별 성분보다는 건물 전체를 하나의 시스템으로 간주하고 진행되어야 한다. 예를 들어 지붕일체형 태양열 집열기는 건물의 지붕 개수가 필요할 경우 포함될 수 있을 것이다. 그러나 이것이 필요한지의 여부는 전적으로 새로운 급탕 및 난방시스템의 현 기술수준과 관련되는 것이다. 따라서 리모델링의 협의과정은 건축가 및 엔지니어링 전문가 사이의 협업을 통해 진행되어야 한다. 또한 열에너지 성능은 태양에너지 기술 및 고전적 에너지 절약기술의 영

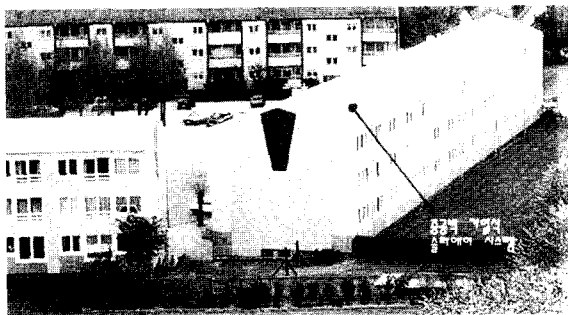
향을 정량적으로 평가할 수 있는 해석도구를 이용해 계산되어야 할 것이다. 건물의 시뮬레이션은 일반적으로 숙련된 전문가 또는 전문 기업과의 협력을 통해 수행된다.

건물일체형 태양열 집열기

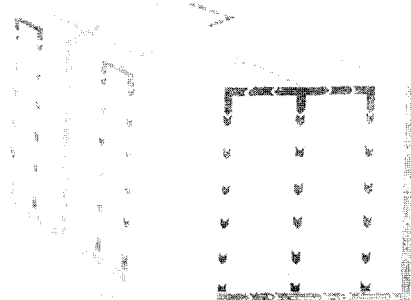
건물의 외피와 일체시킨 태양열 집열기(ingegrated solar collectors)의 사용은 건물의 리모델링, 특히 급탕 시스템의 교체가 필요한 경우에 적용될 수 있는 가장 유망한 태양에너지 응용기술 중의 하나이다. 평지붕을 개수하거나 지붕 마감재를 교체할 필요가 있을 때 일체형 태양열 집열기는 새로운 방수층을 형성하는 지붕마감재의 역할을 대신할 수 있다. 즉 태양열 집열기의 비용 일부가 지붕의 침수를 개수하는 비용을 상쇄함으로써 초기 투자비를 절감할 수 있는 것이다.

액체식 태양열 집열기의 경우 급탕 및 난방부하 절감에 상당부분 기여할 수 있는 반면, 공기식 태양열 집열기는 난방 및 환기 시스템의 개선에 기여한다. 대부분의 기존 주거건물은 틈새를 통한 자연침기량을 통해 최소 환기량 조건을 충족시킨다. 그러나 단열보강 및 기밀화 시공과 같은 에너지 절약 기술이 적용될 경우 건물의 자연 침기량이 크게 감소함으로써 인해 최소 환기량 확보를 위한 강제 기계환기의 필요성이 커진다. 기계식 배기 시스템과 함께 공기식 태양열 집열 시스템은 외기부하의 예열에 효과적으로 적용될 수 있다.

그림 5는 덴마크 연립주거에 대한 공기식 지붕일체형 집열기의 리모델링 사례이다. 집열된 공기를 기존

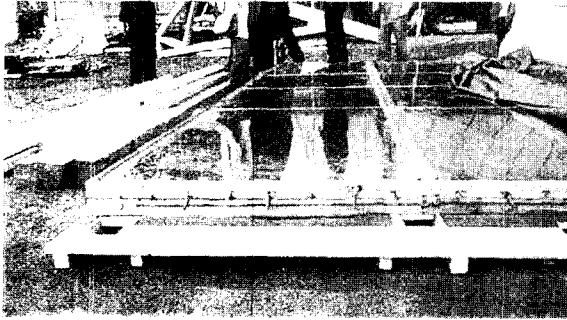


(a) 리모델링후의 솔라에어 시스템 지붕



(b) 중공벽 가열식 솔라에어 시스템의 작동 개념도

[그림 5] 덴마크 코펜하겐의 하이브리드 솔라 하우스 : 중공벽의 난방을 위한 지붕 일체형 태양열 집열기 사례



(a) 조립된 지붕일체형 태양열 집열기 모듈



(b) 일체형 집열기가 설치된 후의 전경

[그림 6] 스웨덴 Goteborg의 기성제품형 건물일체형 태양열 집열기 지붕모듈 사례

건물 외피의 중공층에 활용하여 난방부하 절감에 기여한 방식이다. 그림 6은 스웨덴에서 수행된 액체식 지붕일체형 태양열 집열기의 리모델링 사례로, 현장에서 조립된 지붕일체형 집열기가 기존 지붕마감재를 완전 대체하여 설치된 예를 보여준다.

가능성

태양열 집열기는 건물 대지내에 설치되거나 기성화된 지붕재료 모듈 형태로 지붕에 장착될 수 있다. 또한 태양열 집열기는 수직 외벽의 마감재가 교체되어야 할 경우 남향 파사드에 외피 일체형으로 적용될 수도 있다.

설계원칙

일체형 태양열 집열기는 새로운 건축적 요소로서 건물 이미지에 새로운 독창성과 특징을 부여할 수 있다. 지붕에 설치될 경우도 손쉽게 시야에 들어오기 때문에 다양한 형태와 크기, 패턴 및 표면상태를 가질 수 있다. 수직외벽 파사드에 설치될 경우는 지붕 설치의 경우보다 세심한 배려가 필요하며, 특히 음영에 대한 고려가 중요한 요소이다. 또다른 설계 고려요소는 강우 및 강설에 대한 해결책, 시공과 관련된 적재 및 연결, 배관방법 등을 들 수 있다.

성능 및 비용

일반적으로 태양열 집열기는 다세대 연립주거 형태의 연간 급탕부하에 약 40~50%를 충당하며, 이때

단위세대당 약 200리터의 축열탱크와 3~5m²의 집열면적이 필요하다. 난방 및 환기를 위한 연간 열부하의 10~20%를 충당하기 위해서는 단위 세대당 약 10m²의 집열면적이 요구된다.

집열기 가격은 집열기 유형에 따라 틀리지만 일반적으로 120,000~540,000원/m² (1ECU=1,200원 기준 환산)의 비용이 요구된다. 다세대 건물용 지붕 모듈형 집열기와 단독주택용 자가 설치 집열기 형태가 가장 저렴하다.

축열조를 포함한 전체 시스템 비용은 비교적 저렴한 다세대 주거건물의 경우 집열기당 240,000~960,000원/m²의 비용이 필요하다.

온실형 발코니(glazed balconies)

온실형 발코니는 건물 리모델링 분야의 태양에너지 설계기법 중 매우 중요한 전략중의 하나이다. 온실형 발코니의 적용을 통해 부실한 단열이나, 콘크리트의 열화, 열교 및 창틀의 보수 등과 같은 건물외피의 주요 문제점을 해결하는데 기여할 수 있다. 온실형 발코니를 통해 기존 발코니 또는 파사드를 보호하는 동시에 아파트 생활의 질을 개선시킬 수 있다. 또한 부가적인 내부 생활공간을 제공하고, 열적 쾌적성을 개선시키는 동시에 인접실의 습기문제도 해결할 수 있는 여러 장점을 가지고 있다. 의장적 측면에서도 온실형 발코니를 통해 건축적 이미지를 제고시킬 수 있다.

온실형 발코니를 적용하기에 가장 적합한 건물 유형

은 연립주거 형태의 기존 아파트 건물이다. 온실형 발코니의 경우 보조적인 난방공급 없이 기존 개방형 발코니 보다 최소한 연중 100일 이상을 더 생활공간으로 사용 가능하다.

적절히 설계된 온실형 발코니는 기존의 난방공급방식이 아닌, 자연형 원리에 의해 상당한 에너지를 절감할 수 있다. 기본적인 절감량은 주간에 온실효과를 통해 태양복사에너지를 획득하는 것이며, 결과적으로 환기부하 및 침기와 관류열손실을 절감시키는 효과를 발휘한다. 온실형 발코니를 통해 획득한 태양복사를 환기부하의 예열용으로 이용하기 위해서는 건물 전면의 파사드 요소 및 시스템을 특별히 설계하여 실내로 유입되는 대부분의 침기 및 환기가 온실형 발코니를 통과하도록 해야한다.

그림 7은 스위스 소재 저층 연립주거 건물에 적용된 온실형 부착온실의 전형적 사례이며, 그림 8은 코펜하겐의 고층 아파트 건물에 적용된 온실형 발코니의

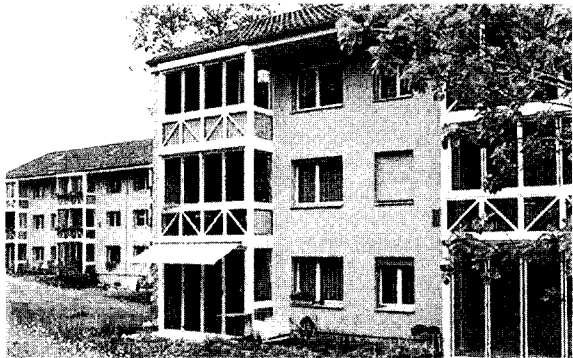
리모델링 사례이다. 그림 9는 네덜란드 노인주거 아파트 건물전면에 리모델링된 온실형 발코니의 사례를 보여준다.

건물 리모델링에 온실형 발코니를 적용할 경우 장점을 요약하면 다음과 같다.

- 에너지 절감
- 환기를 위한 외기도입 신선공기의 예열
- 실내 열환경의 개선
- 유지, 보수 문제의 해결
- 건축적 이미지의 향상
- 공간 활용도의 증대
- 임대 및 전세 등의 재산적 가치 증대

가능성

온실형 발코니를 위한 다양한 가능성을 가진 창조적 설계를 도출할 수 있으며, 기존 건물을 완전히 새로운 이미지의 건물로 재 탄생시킬 수 있다. 그림 10은 덴



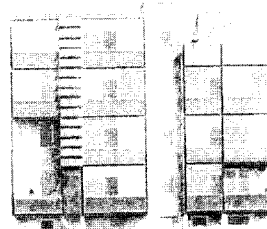
[그림 7] 스위스 Glaubtenstrasse의 온실형 발코니 설치 사례



[그림 8] 덴마크 코펜하겐 Hoje Gladsaxe 온실형 발코니 사례



[그림 9] 네덜란드 Amstenrade의 노인주거 아파트 건물의 온실형 발코니



[그림 10] 덴마크 Aalborg Yellow House 온실형 발코니 리모델링 계획안

마크 Aalgorg yellow house의 온실형 발코니 리모델링 계획을 예시한 것이다. 온실형 발코니의 열적인 기능성외에 의장적 측면의 이미지 개선 가능성을 보여주는 좋은 사례이다.

에너지 절감과 관련해서는 건물의 방위가 비교적 중요하여, 남향 건물일 경우 그 효과를 극대화 시킬 수 있다. 발코니의 면적이 넓을수록 절감폭도 커지며, 발코니의 측벽에 외기에 노출된 형태보다 실내측으로 매립된 형태가 에너지 절약적이다.

한편 그림 11은 핀란드 Vaasa의 조립식 온실발코니 사례를 나타낸 것이다. 이미 공장에서 다양한 형태로 기성화된 온실형 발코니를 리모델링 대상 건물의 전면에 간단히 부착할 수 있게 함으로서 보다 경제적이고 용이하게 리모델링을 수행할 수 있는 또다른 방법상의 가능성을 보여주는 사례이다.

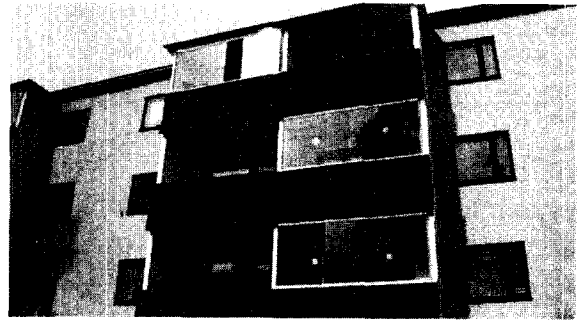
설계원칙

온실형 발코니를 통과시켜 환기용 외기를 예열시키는 과정은 건물의 배열 환기시스템을 이용하여 수행할 수 있다. 온실 발코니의 전면을 제외한 다른 모든 외피요소들은 보다 강화된 기밀화 시공을 적용하여 대부분의 외기유입이 발코니를 통해 이루어지고 분배되어지도록 설계하여야 한다.

건물의 파사드 또는 발코니의 파사드는 로이(low-E) 코팅이 적용된 이중유리를 적용함으로써 관류 열손실을 최소화할 수 있다. 하절기 유입 일사조절을 위해서 온실형 발코니에도 개구부나 슬라이딩 유리 등의 가동형 조절요소를 고려해야 하며, 열쾌적 측면에서 차양기구의 설치도 반영되어야 할 것이다.

성능 및 비용

열적인 요인 및 환기측면의 요인이 최적설계될 경우 온실형 발코니를 통해 상당량의 에너지 절감을 기대할 수 있다. 건물의 방위는 일정 범위내에서는 비교적 영향이 적다. 환기 예열에 대한 고려 없이 온실형 발코니를 기존 건물에 단순 추가할 경우 단위 바닥면적당 연간 약 10~20 kWh/m²의 에너지를 절감할 수 있다. 로이 이중유리를 포함하여 온실형 발코니를 전체 건물 외피의 리모델링 일환으로 적용할 경우 연간 난



[그림 11] 핀란드 VAASA의 창틀이 없는 조립식 온실형 발코니의 사례

방 열부하량을 35~55 kWh/m²까지 절감시킬 수 있다. 로이유리의 적용을 통해 30~40 kWh/m² 정도의 연간 열부하를 절감할 수 있는 것이다. 온실 발코니를 환기부하의 예열용으로 적용할 경우 70m² 규모의 아파트 단위세대를 기준하여 연간 약 30kWh/m²까지 에너지를 절감할 수 있다.

온실 발코니를 통한 35~55 kWh/m²의 연간 절감량은 일반 주거건물의 리모델링 전 평균 연간 열부하량인 200 kWh/m²와, 단열보강 및 이중창 교체등의 일반적 리모델링 적용후 평균치인 100 kWh/m²와 비교해보면 그 양을 쉽게 짐작할 수 있을 것이다.

또다른 혜택으로는 난방기동안 발코니 공간의 온도가 5~8℃정도 높게 유지되기 때문에 적용전보다 연간 100일 이상을 더 생활공간으로 활용할 수 있는 점이다.

온실형 발코니의 리모델링을 통한 에너지 절감 효과는 사용자가 어떻게 발코니 공간을 운영하느냐에 따라 큰 차이를 나타낼 수 있다. 일례로 난방기 동안 발코니의 실내측 문을 항상 열어 놓은 경우 기대한 효과를 얻기가 힘들 것이다. 따라서 온실형 발코니 리모델링의 성공을 위해서는 시스템이 어떻게 작동하는가에 대한 이해와 운영에 필요한 적절한 사용 지침이 거주자에게 제시될 필요성이 있다.

온실형 발코니의 비용은 국가에 따라 차이가 있지만 대략 단위세대 아파트당 2,400,000~8,400,000원의 비용이 요구된다. 하지만 일반적 리모델링 비용 즉, 콘크리트 열화에 따른 리모델링, 열교현상의 제거, 창틀의 유지와 관련된 리모델링을 상쇄하는 측면에서 보면 보다 합리적인 경제성을 확보하는 것으로 판단된다.

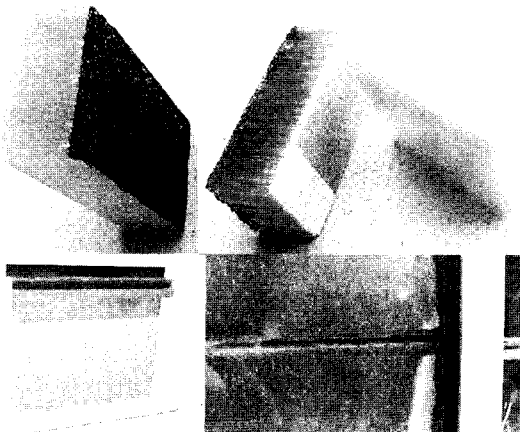
투명단열

에너지 성능과 관련된 리모델링의 필요성은 대부분 건물 노후화에 따른 외피 관류열손실 및 침기량의 증대 때문이다. 일반적으로 이러한 문제는 단열 보강 및 고단열 창호와 기밀화 시공 등의 에너지 절약기술을 통해 해결해 왔다. 이러한 고전적 절약기술은 단지 열손실을 억제하는 수단을 제공하는데 반해, 투명단열 (transparent insulation)은 열손실의 감소와 함께 축열벽을 이용한 태양열의 집열까지 동시에 제공하기 때문에 매우 큰 에너지 성능개선 효과를 기대할 수 있다. 그림 12는 현재 시판중인 다양한 형태의 투명단열 소재를 예시한 것이다.

투명단열은 용어에서 의미하는 바와 같이 열저항값이 매우 낮으면서도 재료 자체가 투광성이 있어 태양 에너지를 투과시킬 수 있는 특성이 있다. 따라서 건물 외피의 중량 축열벽과 함께 사용할 경우 주간에 집열된 태양열을 흡수 축열한 뒤에 야간에 서서히 실내측으로 전달함으로써 난방부하를 절감시킬 수 있는 것이다. 외피에 부가적인 단열을 추가하는 것은 열손실의 절감이외에도 실내측 벽 표면온도를 높게 유지할 수 있기 때문에 실내 쾌적성 또한 향상시킬 수 있다.

그림 13은 건물 남측면에 수직 집열기 형태로 적용된 투명단열 시스템의 일례를 나타낸다.

투명단열 시스템을 기존 건물의 외피에 적용할 경우



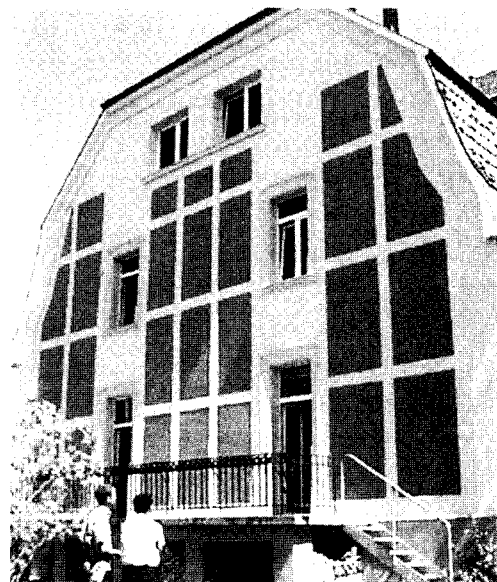
[그림 12] 다양한 형태의 투명단열재

그림 13의 예시에서와 같이 전혀 다른 건축적 이미지를 제공할 수 있기 때문에 의장적 측면에서도 리모델링에 큰 영향을 줄 수 있다.

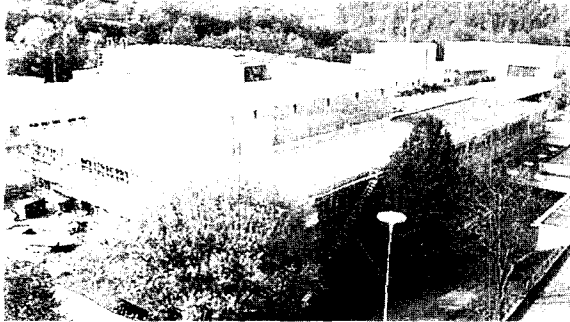
그림 14는 독일 남부 Freiburg에 위치한 세계태양



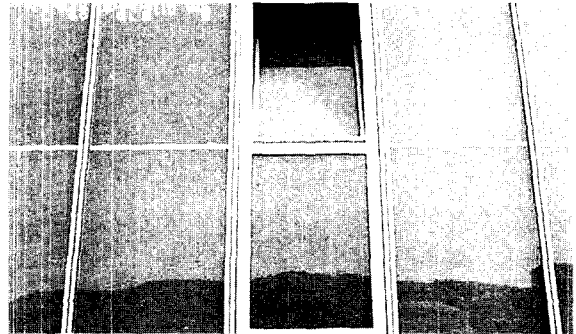
[그림 13] 건물 파사드형 투명단열 집열기



[그림 14] 독일 Freiburg의 ISES 사무국 건물 ; 투명단열/ 석고 통합형 모듈 리모델링 사례

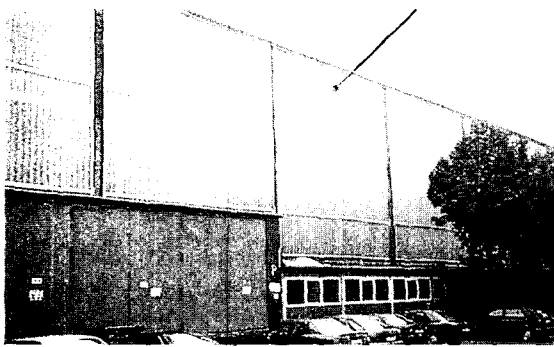


(a) 자연채광용 T모듈이 적용된 사무소 건물 전경



(b) T모듈이 적용된 부위의 확대사진

[그림 15] 채광겸용 투명단열 시스템 사무소 적용예



[그림 16] 채광겸용 투명단열 시스템 공장건물 적용예

에너지 학회 사무국 건물이다. 100년 이상된 무단열 중량구조 건물의측에 투명단열 시스템을 적용해 리모델링한 사례이다.

가능성

리모델링의 대상건물로 가장 적합한 것은 단열이 되지않은 중량 축역벽 외피구조에 개구부가 없거나 또는 그 면적이 매우 작은경우가 바람직하다. 방위는 남향 또는 남동 및 남서측이 이상적이다. 투명단열 시스템은 작동원리상 일사량 조건이 우수하고 한냉한 기후지역에 매우 효과적으로 적용될 수 있다.

한편 투명단열재는 투광성이 있기 때문에 열성능 개선과 동시에 채광이 필요한 리모델링 분야에도 효과적으로 적용가능하다. 그림 15는 사무소 건물 기존 유리부분을 채광이 가능한 투명단열 시스템으로 리모델

링한 사례이며, 그림 16은 공장건물에 적용한 사례를 보여준다.

설계원칙

투명단열은 재료의 밀도가 1200 kg/m³ 이상되는 콘크리트나 벽돌, 석조 등의 축열매스를 단열재를 적용하지 않은 상태로 같이 사용할 때 가장 효율적이다. 투명단열재가 불투명 외벽에 적용될 경우 대부분 투명단열 소재를 보호하기 위해 유리 등의 커버층을 부착한다. 따라서 설계 초기단계부터 결로 및 현회현상에 대해 고려해야 한다. 투명단열은 건물 그 자체 및 기계적 시스템과 매우 큰 영향관계를 가지게 됨으로, 설계 전개과정에서 초기부터 투명단열의 사용에 대한 고려가 반영되어야 한다. 하절기에는 손쉽게 고온에 도달하기 때문에 과열방지를 위한 차양장치의 적용또한 설계단계에서 반영되어야 한다.

현재까지의 응용 예를 보면 투명단열의 대표적 응용 부위는 커튼월의 유리 파사드 시스템이 가장 일반적이다. 그러나 최근에는 흡수판을 포함한 기성화된 통합 제품도 출시되어 보다 손쉽게 기존건물을 리모델링 할 수 있게 되었다.

성능 및 비용

적절히 설계되어 적용된 고성능 투명단열 시스템은 남향일 경우를 가정할 때 투명단열 파사드 단위면적당 약 65~100 kWh/m²의 건물 연간 열부하량을 절

감할 수 있다. 그러나 고효율 시스템으로 구성할수록 일사조절을 위한 차양장치 등 부대적 설비로 인해 시스템이 복잡해지고 결과적으로 시스템 비용도 상승하게 된다. 기성 완제품 형태의 투명단열/석고 일체열 모듈의 경우는 투명단열 파사드 단위면적당 약 50~75 kWh/m²의 연간 열부하를 절감할 수 있다.

투명단열 패널 및 차양장치를 포함한 시스템 비용은 대략 벽체 단위면적당 600,000~1,080,000원/m²이 필요하다. 공장에서 기성화된 조립식 투명단열 파사드 모듈은 540,000~780,000원/m², 투명단열/석고 일체형 복합모듈은 240,000~300,000원/m²의 비용이 필요하다.

결언

국내 60~70년대에 건립된 수많은 건물에 대해 점차 개보수의 필요성이 대두되는 시점에 이르렀으며, IMF 이후 침체속에 곤란을 겪고 있는 국내 건설시장의 장기적인 불황 및 신규 건설시장의 축소 현상이 두드러지는 21세기를 맞아, 최근 국내에서는 리모델링 시장 수요에 큰 기대를 걸며 마치 유행처럼 급속히 리모델링 관련 사업에 많은 관심과 투자 준비를 서두르고 있다.

단순히 노후화된 설비시스템을 수리, 교체하는 수준의 개보수단계를 넘어, 성능개선과 건물의 구조변경을 포함하는 광의적 의미의 리모델링 기술분야는 그 특성상 태양에너지 시스템의 건물 적용에 매우 효과적인 기회를 제공할 수 있다. 에너지와 환경문제는 지난 수십년간 세계 각국의 가장 큰 고민거리중 하나가 되어왔으며, 앞으로도 그 중요성 및 영향도는 더욱 커질 것이다.

특히 고전적 에너지 절약기술의 한계를 극복하고 매우 높은 수준의 에너지 성능을 개선시킴은 물론 부가적으로 건물에 친환경성, 지속가능성 등의 차별화된 건물 이미지 및 독창성을 부여할 수 있기 때문에 더욱 매력적인 미래 기술분야라 할 수 있다.

본 고에서는 이러한 차원에서 현재 기술수준 및 경제성 측면에서 건물 리모델링 분야에 가장 손쉽게 접목시킬 수 있는 건물일체형 태양열 집열기, 온실형 발코니 및 투명단열 등의 3개 주요 태양에너지 응용 기

술분야에 대해 소개하였다. 이외에도 본 고에서 세부적으로 소개하지는 않았지만 건물 리모델링 분야에 곧바로 적용가능한 태양에너지 응용 기술은 천공형(穿孔型) 공기식 집열시스템(Unglazed transpired collectors), 건물 일체형 태양광 발전 시스템(Integrated photovoltaic system), 천창(Roof windows), 저방사 로이 이중유리(Double glazing with low-E coating) 및 이중외피(Second-skin facade 또는 Double skin) 등을 들 수 있다.

신규건물은 물론 기존건물을 태양에너지 시스템으로 리모델링 하려는 경우 성공을 위한 가장 중요한 사안은 설계의 통합 개념이다. 우리가 흔히 접할 수 있는 패키지형 태양열 온수급탕 시스템과 같이 기존건물의 지붕에 간단히 얹어놓고 기계실과 배관만 연결하면 시스템이 작동하는 독립형 시스템과 달리, 여기서 소개한 대부분의 유망한 태양에너지 응용 시스템은 건물의 구조체와 직접 연결되기 때문에 건물과 분리되어 설계될 수 없다. 예를 들어 건물일체형 태양열 집열기나 건물일체형 PV 시스템 및 투명단열 시스템은 건물외피의 일부요소로서 설치된다. 따라서 이러한 시스템을 적용할 경우 건물 외피 전체에 상호 영향을 미치기 때문에 적용 시스템과 건물 자체를 분리시켜 고려할 수 없다.

따라서 이러한 시스템의 설계는 건축 설계 초기단계부터 건축가와 엔지니어 및 에너지 전문가의 협업을 통해 건축설계와 병행하여 설계에 반영되는 것이 가장 중요하다.

최근 급속히 화두가 되고 있는 국내 리모델링 시장은 우리나라의 경제수준이 높아지고 선진국 대열에 들어설수록 시장규모가 커질 것이며, 멀지 않은 미래에 국내 총 건설시장에서 매우 큰 비중을 차지할 것임이 자명하다. 그러나 단순히 노후화된 설비를 유지, 보수, 교체하고 단열 보강, 기밀화 시공 등의 고전적 에너지 절약기술에 의존한 접근방식으로는 미래의 치열한 경쟁 구조 속에서 존립하기 힘들 것으로 판단된다.

차별화된 기술력을 보유하고 보나 미래 지향적인 리모델링 기술 분야 및 시장을 확립하고자 한다면 태양에너지 건물 응용기술이 매우 매력적인 대안이 될 수 있을 것이다. ☼